



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Ανάπτυξη εφαρμογών αυτοματισμού μέσω
προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC) με
χρήση τεχνητής νοημοσύνης και ενσωμάτωσης
αισθητήρων IoT**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σωκράτης Θεοφάνης Μιχαηλίδης

Επιβλέπων: Γεώργιος Κορρές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Ανάπτυξη εφαρμογών αυτοματισμού μέσω
προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC) με
χρήση τεχνητής νοημοσύνης και ενσωμάτωσης
αισθητήρων IoT**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σωκράτης Θεοφάνης Μιχαηλίδης

Επιβλέπων: Γεώργιος Κορρές, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 25/02/2025

.....
Κορρές Γεώργιος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Δημέας Άρης
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Νικολαΐδης Βασίλειος
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025

.....

Σωκράτης Θεοφάνης Μιχαηλίδης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Σωκράτης Θεοφάνης Μιχαηλίδης, 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη δύο φυσικών υλοποιήσεων με τη χρήση υπό κλίμακα IoT αισθητήρων, που θα αφορούν σε ένα αντλιοσταίο κι ένα smart parking. Στις εν λόγω εφαρμογές, δίνονται συγκεκριμένες προτάσεις βελτιστοποίησης της καθημερινής λειτουργίας τους, οι οποίες στοχεύουν στην εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας και στην ενεργειακή αποδοτικότητα καθώς και στη βελτίωση του συντελεστή ισχύος.

Στο πρώτο κεφάλαιο, αρχικά, παρουσιάζεται το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών. Επειτα, παρουσιάζονται τόσο οι αρχιτεκτονικές διαφορές των PLC της Yaskawa και της Mitsubishi όσο και οι προγραμματιστικές διαφορές του περιβάλλοντος σχεδίασης - προσομοίωσης της Speed 7 Studio και της GX Works 3. Ακολουθεί, ενδελεχής περιγραφή των standards γύρω από το περιβάλλον των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών. Τέλος, παρουσιάζονται οι διαφορές και η χρησιμότητα μεταξύ των χρησιμοποιούμενων πρωτοκόλλων επικοινωνίας των PLC σήμερα.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά στο κομμάτι της παρουσίασης και εκτενούς ανάλυσης της λειτουργίας των υλοποιήσεων του αντλιοσταίου και του smart parking.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται τόσο η τρισδιάστατη σχεδίαση (3D Modeling) όσο και η ηλεκτρολογική μελέτη των εφαρμογών της παρούσας διπλωματικής.

Λέξεις κλειδιά: Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC), Yaskawa, Αντλιοστάσιο, Mitsubishi, Smart Parking, Ελεγχος PWM.

Abstract

The purpose of this thesis is to develop two physical implementations using scaled IoT sensors, focusing on a pumping station and a smart parking system. These implementations propose specific optimisation strategies for their daily operations, aiming to enhance energy efficiency and improve the power factor.

The first chapter presents the past, present, and future of Programmable Logic Controllers (PLCs). It details the architectural differences between Yaskawa and Mitsubishi PLCs, along with the programming distinctions of the Speed 7 Studio and GX Works 3 design and simulation environments. Additionally, an in-depth description of PLC-related standards is provided, as well as an analysis of the differences and significance of contemporary PLC communication protocols.

The second chapter provides a thorough presentation and detailed analysis of the functionality of the pumping station and smart parking implementations.

The third chapter outlines the 3D modelling and the electrical design study of the applications developed in this thesis.

Keywords: Programmable Logic Controller (PLC), Yaskawa, Pumping Station, Mitsubishi, Smart Parking, PWM Control.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	7
1 Το θεωρητικό υπόβαθρο για από τον Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC)	19
1.1 Εισαγωγή στους Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές (PLC)	19
1.2 Ιστορική εξέλιξη των PLC της Yaskawa και της Mitsubishi	19
1.3 Οι δυνατότητες των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών σήμερα	20
1.4 Οι μελλοντικοί τρόποι αξιοποίησης των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών	20
1.5 Η αρχιτεκτονική του Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή M13-CCF0000 (Yaskawa) :	21
1.6 Η αρχιτεκτονική του Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή FX5UC-R32MR/DS-TS (Mitsubishi)	23
1.7 Οι βασικές λειτουργίες του λογισμικού Speed 7 Studio (Yaskawa)	25
1.8 Οι βασικές λειτουργίες του λογισμικού GX Works 3 (Mitsubishi)	26
1.9 Οι βασικές αρχές του Standard IEC 61000-6-2/-4 :	27
1.10 Οι βασικές αρχές του Standard IEC 61131-1 έως IEC 61131-2	27
1.11 Οι βασικές αρχές του Standard IEC 61131-3	27
1.12 Οι βασικές αρχές του Standard IEC 62443	28
1.13 Οι βασικές αρχές του Standard ISO 13849	28
1.14 Οι βασικές αρχές του Standard ISO 50001	29
1.15 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας EtherNet/IP	29
1.16 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας Profinet	30
1.17 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας OPC UA	30
1.18 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας MQTT	31
1.19 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας CANopen	31
1.20 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας DNP3	32
2 Ανάπτυξη εφαρμογών	33
2.1 Εφαρμογή Αντλιοστασίου	33
2.1.1 Περιγραφή της εφαρμογής	33
2.1.2 Πίνακας Συμβόλων	34
2.1.3 Ανάλυση Αλγορίθμου	36
2.2 Εφαρμογή Smart Parking	129
2.2.1 Περιγραφή της εφαρμογής	129
2.2.2 Πίνακας Συμβόλων	130

2.2.3	Ανάλυση Αλγορίθμου	133
3	Τρισδιάσταση Σχεδίαση	204
4	Συμπεράσματα	211
5	Βιβλιογραφία	212

Λίστα Εικόνων

1.1 Yaskawa PLC	22
1.2 Mitsubishi PLC	24
1.3 Speed 7 Studio	25
1.4 GX Works 3	26
2.1 Symbol Table	35
2.2 Pumping Station's Network 1 - Ladder	36
2.3 Pumping Station's Network 1 - STL Code	37
2.4 Pumping Station's Network 2 - Ladder	38
2.5 Pumping Station's Network 2 - STL Code	39
2.6 Pumping Station's Network 3 - Ladder	41
2.7 Pumping Station's Network 3 - STL Code	42
2.8 Pumping Station's Network 4 - Ladder	43
2.9 Pumping Station's Network 4 - STL Code	44
2.10 Pumping Station's Network 5 - Ladder	44
2.11 Pumping Station's Network 5 - STL Code	45
2.12 Pumping Station's Network 6 - Ladder	45
2.13 Pumping Station's Network 6 - STL Code	46
2.14 Pumping Station's Network 7 - Ladder	47
2.15 Pumping Station's Network 7 - STL Code	49
2.16 Pumping Station's Network 8 - Ladder	50
2.17 Pumping Station's Network 8 - STL Code	52
2.18 Pumping Station's Network 9 - Ladder	53
2.19 Pumping Station's Network 9 - STL Code	53
2.20 Pumping Station's Network 10 - Ladder	54
2.21 Pumping Station's Network 10 - STL Code	54
2.22 Pumping Station's Network 11 - Ladder	55
2.23 Pumping Station's Network 11 - STL Code	56
2.24 Pumping Station's Network 12 - Ladder	56
2.25 Pumping Station's Network 12 - STL Code	57
2.26 Pumping Station's Network 13 - Ladder	58
2.27 Pumping Station's Network 13 - STL Code	58
2.28 Pumping Station's Network 14 - Ladder	59
2.29 Pumping Station's Network 14 - STL Code	59
2.30 Pumping Station's Network 15 - Ladder	60
2.31 Pumping Station's Network 15 - STL Code	61

2.32 Pumping Station's Network 16 - Ladder	62
2.33 Pumping Station's Network 16 - STL Code	63
2.34 Pumping Station's Network 17 - Ladder	63
2.35 Pumping Station's Network 17 - STL Code	64
2.36 Pumping Station's Network 18 - Ladder	65
2.37 Pumping Station's Network 18 - STL Code	65
2.38 Pumping Station's Network 19 - Ladder	66
2.39 Pumping Station's Network 19 - STL Code	67
2.40 Pumping Station's Network 20 - Ladder	68
2.41 Pumping Station's Network 20 - STL Code	68
2.42 Pumping Station's Network 21 - Ladder	69
2.43 Pumping Station's Network 21 - STL Code	69
2.44 Pumping Station's Network 22 - Ladder	70
2.45 Pumping Station's Network 22 - STL Code	71
2.46 Pumping Station's Network 23 - Ladder	72
2.47 Pumping Station's Network 23 - STL Code	72
2.48 Pumping Station's Network 24 - Ladder	73
2.49 Pumping Station's Network 24 - STL Code	74
2.50 Pumping Station's Network 25 - Ladder	75
2.51 Pumping Station's Network 25 - STL Code	76
2.52 Pumping Station's Network 26 - Ladder	77
2.53 Pumping Station's Network 26 - STL Code	77
2.54 Pumping Station's Network 27 - Ladder	78
2.55 Pumping Station's Network 27 - STL Code	79
2.56 Pumping Station's Network 28 - Ladder	80
2.57 Pumping Station's Network 28 - STL Code	80
2.58 Pumping Station's Network 29 - Ladder	81
2.59 Pumping Station's Network 29 - STL Code	81
2.60 Pumping Station's Network 30 - Ladder	82
2.61 Pumping Station's Network 30 - STL Code	83
2.62 Pumping Station's Network 31 - Ladder	83
2.63 Pumping Station's Network 31 - STL Code	84
2.64 Pumping Station's Network 32 - Ladder	85
2.65 Pumping Station's Network 32 - STL Code	86
2.66 Pumping Station's Network 33 - Ladder	87
2.67 Pumping Station's Network 33 - STL Code	88
2.68 Pumping Station's Network 34 - Ladder	88
2.69 Pumping Station's Network 34 - STL Code	89

2.70 Pumping Station's Network 35 - Ladder	90
2.71 Pumping Station's Network 35 - STL Code	90
2.72 Pumping Station's Network 36 - Ladder	91
2.73 Pumping Station's Network 36 - STL Code	92
2.74 Pumping Station's Network 37 - Ladder	93
2.75 Pumping Station's Network 37 - STL Code	93
2.76 Pumping Station's Network 38 - Ladder	94
2.77 Pumping Station's Network 38 - STL Code	94
2.78 Pumping Station's Network 39 - Ladder	95
2.79 Pumping Station's Network 39 - STL Code	96
2.80 Pumping Station's Network 40 - Ladder	97
2.81 Pumping Station's Network 40 - STL Code	98
2.82 Pumping Station's Network 41 - Ladder	99
2.83 Pumping Station's Network 41 - STL Code	100
2.84 Pumping Station's Network 42 - Ladder	102
2.85 Pumping Station's Network 42 - STL Code	102
2.86 Pumping Station's Network 43 - Ladder	103
2.87 Pumping Station's Network 43 - STL Code	104
2.88 Pumping Station's Network 44 - Ladder	105
2.89 Pumping Station's Network 44 - STL Code	106
2.90 Pumping Station's Network 45 - Ladder	107
2.91 Pumping Station's Network 45 - STL Code	108
2.92 Pumping Station's Network 46 - Ladder	109
2.93 Pumping Station's Network 46 - STL Code	109
2.94 Pumping Station's Network 47 - Ladder	110
2.95 Pumping Station's Network 47 - STL Code	111
2.96 Pumping Station's Network 48 - Ladder	112
2.97 Pumping Station's Network 48 - STL Code	113
2.98 Pumping Station's Network 49 - Ladder	114
2.99 Pumping Station's Network 49 - STL Code	115
2.100 Pumping Station's Network 50 - Ladder	116
2.101 Pumping Station's Network 50 - STL Code	117
2.102 Pumping Station's Network 51 - Ladder	118
2.103 Pumping Station's Network 51 - STL Code	119
2.104 Pumping Station's Network 52 - Ladder	119
2.105 Pumping Station's Network 52 - STL Code	120
2.106 Pumping Station's Network 53 - Ladder	120
2.107 Pumping Station's Network 53 - STL Code	120

2.108 Pumping Station's Network 54 - Ladder	121
2.109 Pumping Station's Network 54 - STL Code	122
2.110 Pumping Station's Network 55 - Ladder	122
2.111 Pumping Station's Network 55 - STL Code	123
2.112 Pumping Station's Network 56 - Ladder	124
2.113 Pumping Station's Network 56 - STL Code	124
2.114 Pumping Station's Network 57 - Ladder	125
2.115 Pumping Station's Network 57 - STL Code	126
2.116 Pumping Station's Network 58 - Ladder	126
2.117 Pumping Station's Network 58 - STL Code	127
2.118 Pumping Station's Network 59 - Ladder	128
2.119 Pumping Station's Network 59 - STL Code	128
2.120 Smart Parking Global Network Setting	132
2.121 Smart Parking Network 1 - Ladder	133
2.122 Smart Parking Network 1 - ST Code	134
2.123 Smart Parking Network 2 - Ladder	134
2.124 Smart Parking Network 2 - ST Code	135
2.125 Smart Parking Network 3 - Ladder	135
2.126 Smart Parking Network 3 - ST Code	136
2.127 Smart Parking Network 4 - Ladder	136
2.128 Smart Parking Network 4 - ST Code	137
2.129 Smart Parking Network 5 - Ladder	138
2.130 Smart Parking Network 5 - ST Code	138
2.131 Smart Parking Network 6 - Ladder	139
2.132 Smart Parking Network 6 - ST Code	140
2.133 Smart Parking Network 7 - Ladder	140
2.134 Smart Parking Network 7 - ST Code	141
2.135 Smart Parking Network 8 - Ladder	142
2.136 Smart Parking Network 8 - ST Code	142
2.137 Smart Parking Network 9 - Ladder	143
2.138 Smart Parking Network 9 - ST Code	144
2.139 Smart Parking Network 10 - Ladder	144
2.140 Smart Parking Network 10 - ST Code	145
2.141 Smart Parking Network 11 - Ladder	145
2.142 Smart Parking Network 11 - ST Code	145
2.143 Smart Parking Network 12-13 - Ladder	146
2.144 Smart Parking Network 12-13 - ST Code	147
2.145 Smart Parking Network 14 - Ladder	147

2.146 Smart Parking Network 14 - ST Code	148
2.147 Smart Parking Network 15 - Ladder	148
2.148 Smart Parking Network 15 - ST Code	148
2.149 Smart Parking Network 16 - Ladder	149
2.150 Smart Parking Network 16 - ST Code	150
2.151 Smart Parking Network 17 - Ladder	150
2.152 Smart Parking Network 17 - ST Code	151
2.153 Smart Parking Network 18 - Ladder	152
2.154 Smart Parking Network 18 - ST Code	152
2.155 Smart Parking Network 19 - Ladder	153
2.156 Smart Parking Network 19 - ST Code	154
2.157 Smart Parking Network 20 - Ladder	154
2.158 Smart Parking Network 20 - ST Code	155
2.159 Smart Parking Network 21 - Ladder	155
2.160 Smart Parking Network 21 - ST Code	155
2.161 Smart Parking Network 22 - Ladder	156
2.162 Smart Parking Network 22 - ST Code	157
2.163 Smart Parking Network 23 - Ladder	157
2.164 Smart Parking Network 23 - ST Code	158
2.165 Smart Parking Network 24 - Ladder	158
2.166 Smart Parking Network 24 - ST Code	158
2.167 Smart Parking Network 25 - Ladder	159
2.168 Smart Parking Network 25 - ST Code	159
2.169 Smart Parking Network 26 - Ladder	160
2.170 Smart Parking Network 26 - ST Code	160
2.171 Smart Parking Network 27 - Ladder	161
2.172 Smart Parking Network 27 - ST Code	161
2.173 Smart Parking Network 28 - Ladder	161
2.174 Smart Parking Network 28 - ST Code	162
2.175 Smart Parking Network 29 - Ladder	162
2.176 Smart Parking Network 29 - ST Code	163
2.177 Smart Parking Network 30 - Ladder	163
2.178 Smart Parking Network 30 - ST Code	163
2.179 Smart Parking Network 31 - Ladder	164
2.180 Smart Parking Network 31 - ST Code	164
2.181 Smart Parking Network 32 - Ladder	165
2.182 Smart Parking Network 32 - ST Code	165
2.183 Smart Parking Network 33 - Ladder	165

2.184 Smart Parking Network 33 - ST Code	166
2.185 Smart Parking Network 34 - Ladder	166
2.186 Smart Parking Network 34 - ST Code	166
2.187 Smart Parking Network 35 - Ladder	167
2.188 Smart Parking Network 35 - ST Code	167
2.189 Smart Parking Network 36 - Ladder	168
2.190 Smart Parking Network 36 - ST Code	168
2.191 Smart Parking Network 37 - Ladder	169
2.192 Smart Parking Network 37 - ST Code	169
2.193 Smart Parking Network 38 - Ladder	170
2.194 Smart Parking Network 38 - ST Code	170
2.195 Smart Parking Network 39 - Ladder	171
2.196 Smart Parking Network 39 - ST Code	171
2.197 Smart Parking Network 40 - Ladder	171
2.198 Smart Parking Network 40 - ST Code	172
2.199 Smart Parking Network 41 - Ladder	172
2.200 Smart Parking Network 41 - ST Code	173
2.201 Smart Parking Network 42 - Ladder	173
2.202 Smart Parking Network 42 - ST Code	174
2.203 Smart Parking Network 43 - Ladder	174
2.204 Smart Parking Network 43 - ST Code	174
2.205 Smart Parking Network 44 - Ladder	175
2.206 Smart Parking Network 44 - ST Code	175
2.207 Smart Parking Network 45 - Ladder	176
2.208 Smart Parking Network 45 - ST Code	176
2.209 Smart Parking Network 46 - Ladder	176
2.210 Smart Parking Network 46 - ST Code	177
2.211 Smart Parking Network 47 - Ladder	177
2.212 Smart Parking Network 47-48 - ST Code	178
2.213 Smart Parking Network 49 - Ladder	179
2.214 Smart Parking Network 49 - Ladder	180
2.215 Smart Parking Network 49 - ST Code	180
2.216 Smart Parking Network 50 - Ladder	181
2.217 Smart Parking Network 50 - ST Code	181
2.218 Smart Parking Network 51 - Ladder	182
2.219 Smart Parking Network 51 - ST Code	182
2.220 Smart Parking Network 52 - Ladder	182
2.221 Smart Parking Network 52 - ST Code	183

2.222 Smart Parking Network 53 - Ladder	183
2.223 Smart Parking Network 53 - ST Code	184
2.224 Smart Parking Network 54 - Ladder	184
2.225 Smart Parking Network 54 - ST Code	184
2.226 Smart Parking Network 55 - Ladder	185
2.227 Smart Parking Network 55 - ST Code	185
2.228 Smart Parking Network 56 - Ladder	186
2.229 Smart Parking Network 56 - ST Code	186
2.230 Smart Parking Network 57 - Ladder	187
2.231 Smart Parking Network 57 - ST Code	187
2.232 Smart Parking Network 58 - Ladder	187
2.233 Smart Parking Network 58 - ST Code	188
2.234 Smart Parking Network 59 - Ladder	188
2.235 Smart Parking Network 59 - ST Code	189
2.236 Smart Parking Network 60 - Ladder	189
2.237 Smart Parking Network 60 - ST Code	190
2.238 Smart Parking Network 61 - Ladder	190
2.239 Smart Parking Network 61 - ST Code	190
2.240 Smart Parking Network 62 - Ladder	191
2.241 Smart Parking Network 62 - ST Code	191
2.242 Smart Parking Network 63 - Ladder	192
2.243 Smart Parking Network 63 - ST Code	192
2.244 Smart Parking Network 64 - Ladder	192
2.245 Smart Parking Network 64 - ST Code	193
2.246 Smart Parking Network 65 - Ladder	193
2.247 Smart Parking Network 65 - ST Code	194
2.248 Smart Parking Network 66 - Ladder	194
2.249 Smart Parking Network 66 - ST Code	194
2.250 Smart Parking Network 67 - Ladder	195
2.251 Smart Parking Network 67 - ST Code	195
2.252 Smart Parking Network 68 - Ladder	196
2.253 Smart Parking Network 68 - ST Code	196
2.254 Smart Parking Network 69 - Ladder	197
2.255 Smart Parking Network 69 - ST Code	197
2.256 Smart Parking Network 70 - Ladder	197
2.257 Smart Parking Network 70 - ST Code	198
2.258 Smart Parking Network 71 - Ladder	198
2.259 Smart Parking Network 71 - ST Code	198

2.260 Smart Parking Network 72 - Ladder	199
2.261 Smart Parking Network 72 - ST Code	199
2.262 Smart Parking Network 73 - Ladder	200
2.263 Smart Parking Network 73 - ST Code	200
2.264 Smart Parking Network 74 - Ladder	200
2.265 Smart Parking Network 74 - ST Code	201
2.266 Smart Parking Network 75 - Ladder	201
2.267 Smart Parking Network 75 - ST Code	201
2.268 Smart Parking Network 76 - Ladder	202
2.269 Smart Parking Network 76 - ST Code	202
2.270 Smart Parking Network 77 - Ladder	203
2.271 Smart Parking Network 77 - ST Code	203
2.272 Smart Parking Network 78 - Ladder	203
3.1 Καλωδίωση Συστημάτων Ελέγχου	204
3.2 Χωροταξική Κατανομή Εφαρμογής	205
3.3 Αριστερό Τμήμα Κέντρου Χειρισμού	205
3.4 Μεσσαίο Τμήμα Κέντρου Χειρισμού	206
3.5 1 ^η Δεξαμενή Αντλιοστασίου	206
3.6 Δεξαμενή Αποχέτευσης	207
3.7 Αρσενικό Πώμα 0.5 inch	207
3.8 Θηλυκός Αντάπτορας 0.5 inch	208
3.9 Αριστερή Βάση Πλακετών	208
3.10 Βάση Δεξαμενής Αποχέτευσης	209
3.11 Βάση 1 ^{ης} Δεξαμενής	209
3.12 Βάση Περισταλτικών Αντλιών	210

1 Το θεωρητικό υπόβαθρο για από τον Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC)

1.1 Εισαγωγή στους Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές (PLC)

Η εξέλιξη των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (PLCs) αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της σύγχρονης βιομηχανικής αυτοματοποίησης, σηματοδοτώντας μια επαναστατική αλλαγή στον τρόπο ελέγχου και διαχείρισης των βιομηχανικών διεργασιών. Τα PLC εισήχθησαν για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1960, ως λύση στην ανάγκη αντικατάστασης των πολύπλοκων και συχνά δυσλειτουργικών ηλεκτρομηχανικών συστημάτων ελέγχου με μια πιο ευέλικτη, προγραμματιζόμενη και επεκτάσιμη λύση. Αρχικώς σχεδιάστηκαν για να εκτελούν βασικές λογικές λειτουργίες, ενώ εξελίχθηκαν σχετικά γρήγορα σε συστήματα ικανά να διαχειρίζονται πολύπλοκες διεργασίες, ενσωματώνοντας τεχνολογίες όπως ο έλεγχος κίνησης, οι επικοινωνίες δεδομένων και οι προηγμένοι αλγόριθμοι αυτοματισμού. Η πρόοδος στους τομείς της μικροηλεκτρονικής και του λογισμικού κατέστησε δυνατή την ενσωμάτωση πιο εξελιγμένων δυνατοτήτων, όπως η υποστήριξη διασυνδεδεμένων δικτύων βιομηχανικού Διαδικτύου των Πραγμάτων (Industrial IoT) και οι λειτουργίες προγνωστικής συντήρησης μέσω της ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Παράλληλα, η τήρηση διεθνών προτύπων, όπως το IEC 61131-3, συνέβαλε στην ενοποίηση των γλωσσών προγραμματισμού και στη διασφάλιση της διαλειτουργικότητας μεταξύ διαφορετικών κατασκευαστών. Σήμερα, αποτελούν βασικό εργαλείο στη μετάβαση προς την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0), συνδυάζοντας την αποδοτικότητα, την ευελιξία και την αξιοπιστία με καινοτομίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη και η υπολογιστική στο cloud.

1.2 Ιστορική εξέλιξη των PLC της Yaskawa και της Mitsubishi

Η ιστορική εξέλιξη των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (PLC) από εταιρείες όπως η Yaskawa και η Mitsubishi, αποτελεί σημαντικό κεφάλαιο στην πορεία της βιομηχανικής αυτοματοποίησης. Η Yaskawa (Electric Corporation), η οποία ιδρύθηκε το 1915 στην Ιαπωνία, ξεκίνησε ως πρωτοπόρος στους τομείς των ηλεκτρικών κινητήρων και συστημάτων αυτοματισμού, επεκτείνοντας τη γκάμα προϊόντων της με PLCs για να καλύψει τις ανάγκες της βιομηχανίας σε ευέλικτα και αξιόπιστα συστήματα ελέγχου. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, η Yaskawa ενσωμάτωσε λειτουργίες όπως ο έλεγχος κίνησης και η ρομποτική, δίνοντας έμφαση στη συμβατότητα με άλλες πλατφόρμες και στις λύσεις βασισμένες στο πρότυπο IEC 61131-3, το οποίο διασφαλίζει την ανοικτή αρχιτεκτονική και τη διαλειτουργικότητα των συστημάτων ελέγχου. Παράλληλα, η Mitsubishi Electric, ιδρυθείσα το 1921, ανέπτυξε τη δική της σειρά PLC, επιδιώκοντας την ενσωμάτωση καινοτομιών που προωθούν την ενεργειακή αποδοτικότητα και την ευφυΐα στα συστήματα αυτοματισμού. Με την κυκλοφορία της σειράς MELSEC τη δεκαετία του 1980, η Mitsubishi καθιέρωσε πρότυπα υψηλής αξιοπιστίας και επεκτασιμότητας, προσφέροντας λύσεις που καλύπτουν τις απαιτήσεις διάφορων βιομηχανιών, από απλές εφαρμογές ελέγχου έως προηγμένες διασυνδέσεις IoT και λύσεις για τον ψηφιακό δίδυμο (Digital

Twin). Οι δύο εταιρείες συνεχίζουν να επενδύουν στην έρευνα και ανάπτυξη, επικεντρωμένες στη βελτίωση της διασυνδεσιμότητας των PLC με συστήματα cloud, την ενσωμάτωση της τεχνητής

1.3 Οι δυνατότητες των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών σήμερα

Οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLCs) έχουν φτάσει σε εξαιρετικά υψηλό επίπεδο εξέλιξης και πολυπλοκότητας, καθιστώντας τους θεμελιώδη συστατικά της βιομηχανικής αυτοματοποίησης. Οι βασικές τους λειτουργίες περιλαμβάνουν τον έλεγχο και τη διαχείριση διεργασιών, την αλληλεπίδραση με αισθητήρες κι ενεργοποιητές, καθώς και την εκτέλεση ακριβών λογικών και αριθμητικών υπολογισμών σε πραγματικό χρόνο. Σήμερα, τα PLCs ενσωματώνουν δυνατότητες προηγμένου ελέγχου κίνησης, εποπτείας και ρύθμισης παραμέτρων μέσω γραφικών διεπαφών, καθώς και διαχείρισης πολύπλοκων συστημάτων επικοινωνίας μέσω βιομηχανικών πρωτοκόλλων, όπως τα Ethernet/IP, Profinet και Modbus. Οι σύγχρονοι ελεγκτές διαθέτουν δυνατότητες εξαιρετικής ταχύτητας και ακρίβειας, ενώ ταυτόχρονα υποστηρίζουν την απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ διασυνδεδεμένων συστημάτων, παρέχοντας έναν ενιαίο έλεγχο για πολλαπλές γραμμές παραγωγής. Τα σύγχρονα PLCs, όπως εκείνα που αξιοποιήσαμε στην παρούσα διπλωματική εργασία, διαθέτουν ενσωματωμένες δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων και συνδεσιμότητας με πλατφόρμες IoT, επιτρέποντας την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και την πρόβλεψη σφαλμάτων μέσω τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης (AI) και μηχανικής μάθησης. Η ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών δίνει τη δυνατότητα στους ελεγκτές να λειτουργούν ως κεντρικοί κόμβοι για τη συλλογή, την ανάλυση και τη διάχυση δεδομένων σε ολόκληρη την αλυσίδα παραγωγής, βελτιώνοντας την απόδοση, μειώνοντας το κόστος συντήρησης και αυξάνοντας την ενεργειακή αποδοτικότητα.

1.4 Οι μελλοντικοί τρόποι αξιοποίησης των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών

Ο μελλοντικός σχεδιασμός των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών επικεντρώνεται στην επέκταση των δυνατοτήτων τους για να ανταποκριθούν στις προκλήσεις που παρουσιάζουν οι νέες τεχνολογίες, οι βιομηχανικές τάσεις και οι στόχοι βιωσιμότητας. Πρωτεύον στόχος θα είναι να ενσωματώσουν περισσότερες λειτουργίες συνδεσιμότητας και υπολογιστικής στην περιφέρεια (edge computing), επιτρέποντας την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και τη λήψη αποφάσεων κοντά στο σημείο παραγωγής. Αυτές οι δυνατότητες θα ενισχυθούν μέσω εξελιγμένων πρωτοκόλλων, όπως τα OPC UA και MQTT, που θα υποστηρίξουν μεγαλύτερη διαλειτουργικότητα και κλιμακωσιμότητα συστημάτων. Παράλληλα, οι τεχνολογίες Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και Μηχανικής Μάθησης (ML) θα διαδραματίσουν κεντρικό ρόλο, επιτρέποντας στα PLCs να προβλέπουν αστοχίες, να βελτιστοποιούν διαδικασίες και να προσαρμόζονται δυναμικά στις αλλαγές των συνθηκών λειτουργίας, μειώνοντας τις διακοπές λειτουργίας και τα κόστη συντήρησης. Επιπρόσθετα, ο σχεδιασμός τους θα επικεντρωθεί στη κυβερνοασφάλεια, με σκοπό την προστασία των βιομηχανικών συστημάτων από απειλές που ανακύπτουν λόγω της αυξανόμενης συνδεσιμότητας. Τέλος, εξίσου σημαντική θα είναι η έμφαση στην ενεργειακή αποδοτικότητα και τη βιωσιμότητα.

1.5 Η αρχιτεκτονική του Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή M13-CCF0000 (Yaskawa) :

Η αρχιτεκτονική της Micro CPU "M13-CCF0000" της Yaskawa PLC αποτελεί ένα παράδειγμα σύγχρονης τεχνολογίας στον τομέα του αυτοματισμού. Από τους κύριους λόγους για την υψηλή απόδοση και την αξιοπιστία του συστήματος είναι η εφαρμογή της αρχιτεκτονικής RISC (Reduced Instruction Set Computing). Η RISC επικεντρώνεται στη χρήση ενός περιορισμένου συνόλου εντολών, σχεδιασμένων να εκτελούνται με ελάχιστους κύκλους ρολογιού, καθιστώντας έτσι την εκτέλεση τους ταχεία και αποδοτική. Αυτό σημαίνει ότι οι εντολές εκτελούνται σε λιγότερο χρόνο, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής καθυστέρησης στον έλεγχο και τη λειτουργία των βιομηχανικών διαδικασιών. Η αρχιτεκτονική RISC του M13-CCF0000 περιλαμβάνει τη δυνατότητα επεξεργασίας πολλαπλών εντολών ταυτόχρονα μέσω της τεχνικής του *pipelining*. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι ενώ μία εντολή εκτελείται, άλλες εντολές μπορούν να φορτώνονται και να αποκωδικοποιούνται ταυτόχρονα, γεγονός που αυξάνει σημαντικά την αποδοτικότητα της CPU. Αυτή η παραλληλία στη διαχείριση εντολών επιτρέπει στον M13-CCF0000 να διαχειρίζεται σύνθετα σενάρια ελέγχου με μεγαλύτερη ευκολία, καθιστώντας τον χρήσιμο σε εφαρμογές που απαιτούν ταχεία απόκριση, όπως είναι οι βιομηχανικές αυτοματοποιήσεις, η ρομποτική και η διαχείριση των πηγών παραγωγής. Σε σχέση με τη μνήμη RAM, ο M13-CCF0000 διαθέτει αρχιτεκτονικές μνήμης που επιτρέπουν την αποτελεσματική αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων. Η χωρητικότητα της RAM επιτρέπει τη ταχεία προσωρινή αποθήκευση δεδομένων και εντολών, διευκολύνοντας την ταυτόχρονη εκτέλεση πολλαπλών διεργασιών. Από την άλλη, η μνήμη Flash προσφέρει μόνιμη αποθήκευση για τα προγραμματισμένα δεδομένα και τις διαμορφώσεις ελέγχου, διασφαλίζοντας ότι η ρύθμιση παραμένει ανέπαφη ακόμη και σε περιπτώσεις διακοπής ρεύματος ή άλλων απρόβλεπτων συμβάντων. Αυτή η οργανωμένη διάρθρωση μνήμης ενισχύει την απόδοση του συστήματος και παρέχει άμεση πρόσβαση σε κρίσιμες πληροφορίες για τη λειτουργία του ελέγχου. Η δυνατότητα ενημέρωσης και αναβάθμισης του λογισμικού μέσω Ethernet αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές δυνατότητες του M13-CCF0000. Η εν λόγω δυνατότητα διευκολύνει την αναβάθμιση του firmware χωρίς την ανάγκη διακοπής της παραγωγής, που μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες σε περιβάλλοντα υψηλής παραγωγικότητας. Οι μηχανικοί μπορούν να ενημερώνουν το σύστημα και να εφαρμόζουν τις τελευταίες βελτιώσεις ή διορθώσεις σφαλμάτων σε πραγματικό χρόνο, διατηρώντας το σύστημα λειτουργικό και αποδοτικό. Επιπλέον, η δυνατότητα εφαρμογής νέων αλγορίθμων ελέγχου και λειτουργιών διασφαλίζει ότι οι χρήστες έχουν πρόσβαση στις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα στο σύνολο της παραγωγικής διαδικασίας. Μια ακόμη καθοριστική πτυχή του M13-CCF0000 είναι η υποστήριξή του από πλήθος πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Με τις θύρες RS-232, RS-485 και Ethernet, ο επεξεργαστής μπορεί να διασυνδεθεί με άλλα PLC, αισθητήρες, επιτρέποντας τη δημιουργία πολυσύνθετων δικτύων ελέγχου. Αυτή η ευελιξία διευκολύνει την ανάπτυξη εφαρμογών με δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης και διαχείρισης σε πραγματικό χρόνο. Η επικοινωνία μπορεί να είναι είτε ενσύρματη είτε ασύρματη. Η σχεδίαση του M13-CCF0000 εστιάζει επίσης στην

ασφάλεια και στη σταθερότητα του συστήματος. Οι ενσωματωμένοι μηχανισμοί προστασίας από τα λεγόμενα internal failures του συστήματος και η διαχείριση κινδύνων διασφαλίζουν ότι οι διαδικασίες παραγωγής παραμένουν αξιόπιστες και ασφαλείς. Ειδικά, ο επεξεργαστής περιλαμβάνει λειτουργίες παρακολούθησης της υγείας του συστήματος, οι οποίες παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση του επεξεργαστή και των συνδεδεμένων συσκευών, διευκολύνοντας την προληπτική συντήρηση. Αυτή η προληπτική προσέγγιση μειώνει τον χρόνο αδράνειας και τα έξοδα συντήρησης, βελτιώνοντας τη συνολική αποδοτικότητα του συστήματος. Συνοψίζοντας, ο M13-CCF0000 εκπροσωπεί μια λύση που συνδυάζει σύγχρονες τεχνολογίες επεξεργασίας, εξελιγμένα χαρακτηριστικά μνήμης και υποστήριξη επικοινωνίας, προσφέροντας στους μηχανικούς και τους προγραμματιστές την απαραίτητη ευελιξία και την αποδοτικότητα για τη δημιουργία προσαρμοσμένων και αξιόπιστων συστημάτων ελέγχου.

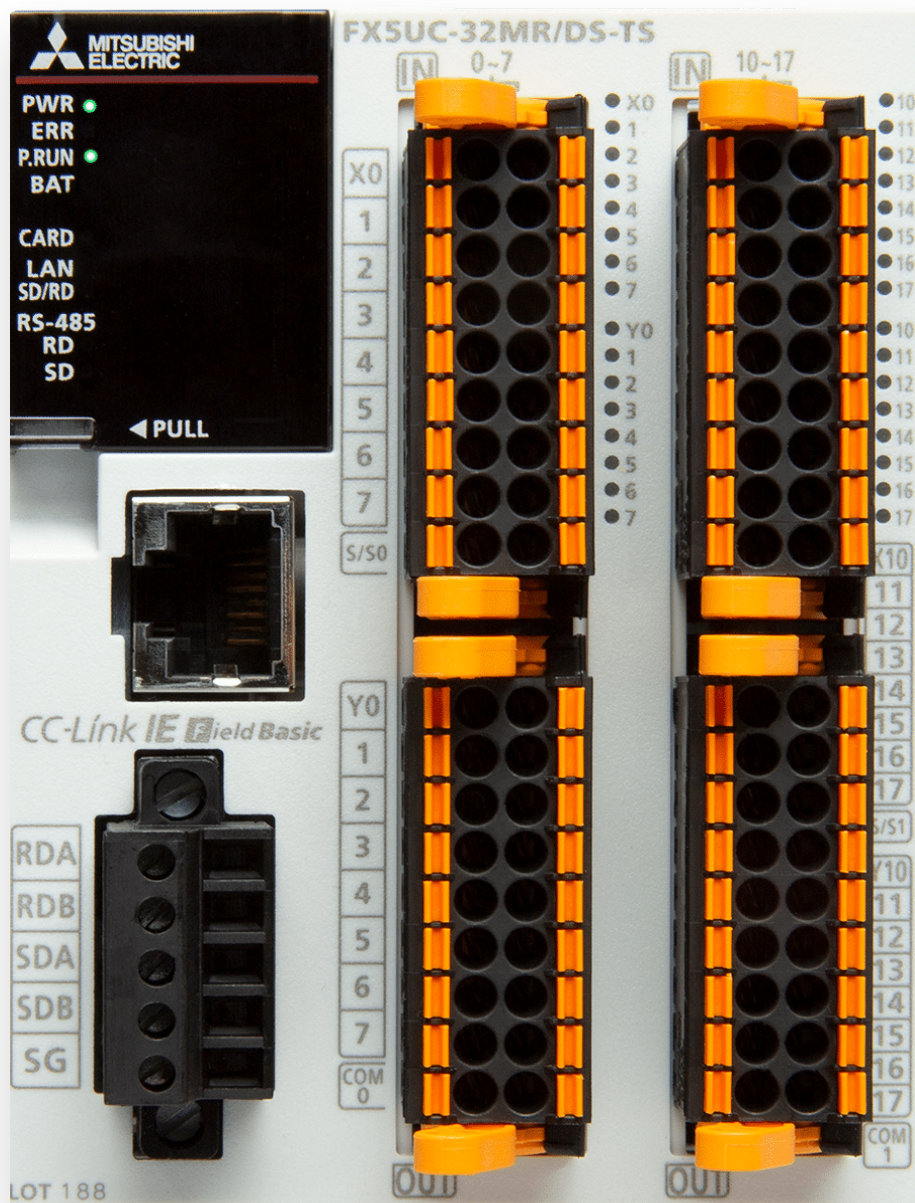


Εικόνα 1.1: Yaskawa PLC

1.6 Η αρχιτεκτονική του Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή FX5UC-R32MR/DS-TS (Mitsubishi)

Η αρχιτεκτονική της CPU του FX5UC-R32MR ενσωματώνει κι εκείνη μια σύγχρονη αρχιτεκτονική RISC (Reduced Instruction Set Computing), που διασφαλίζει την απόδοση και την ταχύτητα επεξεργασίας. Συγκεκριμένα, βασίζεται σε μια περιορισμένη και απλοποιημένη σειρά εντολών, οι οποίες εκτελούνται σε έναν μόνο κύκλο ρολογιού, γεγονός που επιτρέπει πιο γρήγορη εκτέλεση των εντολών. Αυτή η επιλογή αρχιτεκτονικής είναι σχεδιασμένη να μεγιστοποιεί την ταχύτητα επεξεργασίας, ενώ ταυτόχρονα εξασφαλίζει χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Οι εντολές του επεξεργαστή είναι ειδικά διαμορφωμένες για τη διαχείριση σημάτων εισόδου/εξόδου και τη λειτουργία χρονισμένων διαδικασιών, προσφέροντας έτσι ευελιξία και αποδοτικότητα. Οσον αφορά στη μνήμη του FX5UC-R32MR, περιλαμβάνει ποικιλία τύπων μνήμης οργανωμένων με τέτοιο τρόπο ώστε να υποστηρίζουν τις ανάγκες του συστήματος. Η μνήμη προγράμματος (program memory) βασίζεται σε μνήμη flash, εξασφαλίζοντας σταθερότητα και μακροχρόνια αποθήκευση των προγραμμάτων χωρίς κινδύνους απώλειας δεδομένων λόγω διακοπής ρεύματος. Επιπλέον, η μνήμη δεδομένων αποθηκεύει μεταβλητές, μετρητές, καθώς και άλλα κρίσιμα δεδομένα που χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση των προγραμμάτων. Αυτή η οργανωμένη δομή μνήμης επιτρέπει γρηγορότερη πρόσβαση στα δεδομένα και ενισχύει την αποδοτικότητα της επεξεργασίας, ενώ η υποστήριξη για μνήμη υψηλής ταχύτητας διευκολύνει τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων σε πραγματικό χρόνο κι αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για εφαρμογές που απαιτούν σχετικά μεγάλες ταχύτητες επεξεργασίας και επικοινωνίας. Ακόμη, η μνήμη μόνιμης αποθήκευσης παρέχει προστασία των προγραμμάτων και αποφυγή τυχόν απωλειών δεδομένων, διασφαλίζοντας τη συνεχιζόμενη λειτουργία του συστήματος χωρίς ανάγκη επαναφόρτωσης των προγραμμάτων. Εν συνεχεία, η επικοινωνία είναι μια ακόμη καθοριστική πτυχή της αρχιτεκτονικής του FX5UC-R32MR, η οποία υποστηρίζει ποικιλία πρωτοκόλλων για την ενσωμάτωσή του σε δίκτυα αυτοματισμού και ελέγχου. Η ενσωματωμένη υποστήριξη Ethernet επιτρέπει την επικοινωνία μέσω πρωτοκόλλων όπως το Ethernet/IP, Modbus TCP και MQTT, που είναι ευρέως χρησιμοποιούμενα σε βιομηχανικές εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων SCADA και HMI συστημάτων. Αυτή η διαλειτουργικότητα επιτρέπει την εύκολη σύνδεση του PLC με άλλες συσκευές και δίκτυα, βελτιστοποιώντας τη διαδικασία ελέγχου και παρακολούθησης. Επιπλέον, μέσω των σειριακών συνδέσεων RS-232/RS-485, το PLC μπορεί να συνεργαστεί με άλλες βιομηχανικές συσκευές. Ακολούθως, μια επίσης κρίσιμη λειτουργία που εισάγει ο FX5UC-R32MR είναι το ρολόι πραγματικού χρόνου (RTC), το οποίο διατηρεί την τρέχουσα ώρα και ημερομηνία. Αυτή η λειτουργία είναι ζωτικής σημασίας για την καταγραφή χρονολογημένων δεδομένων και την εκτέλεση προγραμματισμένων εργασιών, όπως η ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση συσκευών σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα. Η ακριβής διαχείριση του χρόνου, ακόμη και σε περιπτώσεις διακοπής της τροφοδοσίας, καθιστά το RTC χρήσιμο για εφαρμογές που απαιτούν ακριβή χρονοδιάγραμμα, όπως σε συστήματα παραγωγής. Επιπλέον, η καταγραφή του χρόνου είναι σημαντική για την ανάλυση της απόδοσης του συστήματος και την εκτέλεση στατιστικών αναλύσεων σχετικών με την αποτελεσματικότητα των

διαδικασιών. Τέλος, η αρχιτεκτονική του FX5UC-R32MR περιλαμβάνει μηχανισμούς ασφαλείας που ενισχύουν τη σταθερότητα και την αξιοπιστία του PLC. Χαρακτηριστικά όπως η διαγνωστική οθόνη LED και η παρακολούθηση μέσω watchdog timer προσφέρουν αξιοπιστία, διασφαλίζοντας την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Η παρακολούθηση μέσω του watchdog timer επιτρέπει στο PLC να επανεκκινείται σε περίπτωση σφαλμάτων ή καθυστερήσεων, ελαχιστοποιώντας την ακινησία της διαδικασίας.



Εικόνα 1.2: Mitsubishi PLC

1.7 Οι βασικές λειτουργίες του λογισμικού Speed 7 Studio (Yaskawa)

Οι λειτουργίες του λογισμικού Speed 7 Studio, που χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό των Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών της Yaskawa βασίζεται στους εξής άξονες. Αρχικά, στον προγραμματισμό, όπου το λογισμικό SPEED7 Studio επιτρέπει τον προγραμματισμό στις γλώσσες προγραμματισμού με διαφορετικούς τύπους γλωσσών, όπως η Ladder Diagram (LAD), η Function Block Diagram (FBD) και η Statement List (STL). Η δυνατότητα αυτή, διευκολύνει τη χρήση του λογισμικού από διαφορετικούς τύπους χρηστών, ενώ τα ενσωματωμένα εργαλεία προσομοίωσης επιτρέπουν τη δοκιμή των προγραμμάτων πριν από την εφαρμογή τους στο υλικό. Επειτα, αναφορικά με τη διαμόρφωση του υλικού, η πλατφόρμα παρέχει μια διαδραστική διεπαφή για τη διαμόρφωση του υλικού του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των μονάδων εισόδου/εξόδου και των μονάδων επικοινωνίας. Η χρήση γραφικών παραστάσεων και λειτουργιών όπως drag-and-drop διευκολύνει τη διαδικασία της διαμόρφωσης. Επιπλέον, το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα προβολής σε πραγματικό χρόνο, για την ανάλυση της κατανάλωσης ρεύματος του συστήματος. Εν συνεχεία, όσο αφορά στην επικοινωνία και στη δικτύωση, το εν λόγω λογισμικό όπως ήδη αναφέραμε, υποστηρίζει πρωτόκολλα όπως PROFIBUS, PROFINET και Modbus TCP, καθιστώντας δυνατή την ενσωμάτωση των PLC σε δίκτυα βιομηχανικού αυτοματισμού, προσφέροντας τη δυνατότητα διαχείρισης δικτυακών τοπολογιών, καθιστώντας την ενσωμάτωση του συστήματος πιο εύκολη και περισσότερο αποτελεσματική. Εν συνεχεία σε ό,τι αφορά στη διάγνωση και στη δοκιμή του προγράμματος, διατίθενται εργαλεία παρακολούθησης και ανάλυσης, όπως είναι ο ενσωματωμένος αναλυτής λογικής. Αυτά τα εργαλεία παρέχουν τη δυνατότητα εντοπισμού σφαλμάτων και ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα και μειώνοντας τον χρόνο διάγνωσης. Ακόμη, αναφορικά με την οπτικοποίηση δεδομένων και διεργασιών γίνεται μέσω της χρήσης ενσωματωμένων εργαλείων SCADA ή web-based εφαρμογών. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν και να ελέγχουν τα συστήματά τους απομακρυσμένα. Τέλος, όσο αφορά στον έλεγχο κίνησης (motion control), περιλαμβάνονται εξειδικευμένα εργαλεία για συστήματα κίνησης, στους βιβλιοθήκες της PLCopen.



Εικόνα 1.3: Speed 7 Studio

1.8 Οι βασικές λειτουργίες του λογισμικού GX Works 3 (Mitsubishi)

Το λογισμικό GX Works3 αφορά στα PLC της σειράς MELSEC iQ-R και MELSEC iQ-F και είναι σχεδιασμένο για εφαρμογές βιομηχανικού αυτοματισμού. Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι τα εξής. Αρχικά, η γραφική διαμόρφωση συστήματος που υποστηρίζει προηγμένο GUI για drag-and-drop τοποθέτηση μονάδων, με άμεση αντιστοίχιση σε παραμέτρους συστήματος. Χρησιμοποιείται ιεραρχική διαχείριση των μονάδων, όπως είναι η CPU, I/O και επικοινωνιακά modules, προσφέροντας πιο άμεση αναγνώριση και προσαρμογή. Επειτα, η υποστήριξη των αναγνωρισμένων γλωσσών προγραμματισμού λογικών ελεγκτών του διεθνούς προτύπου IEC 61131-3, όπως η Ladder Diagram (LAD), η Structured Text (ST) και Function Block Diagram (FBD), που επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα και την ανάπτυξη σύνθετων αλγορίθμων. Επιπρόσθετα, το ενσωματωμένο εργαλείο Program Flow Control, βελτιώνει τη σαφήνεια λογικής σε επίπεδο αλγορίθμου. Στη συνέχεια, οι ρυθμίσεις δικτύου και κίνησης μέσω της ενσωμάτωσης του CC-Link IE Field και MELSEC iQ-R Motion χάρη στη χρήση προκαθορισμένων templates και εργαλείων παραμετροποίησης ενώ παρέχεται και η υποστήριξη για συγχρονισμό εφαρμογών υψηλής ακρίβειας. Ακολουθώντας, μέσω των λειτουργικών βιβλιοθηκών, οι χρήστες μπορούν να εκμεταλλευτούν προκαθορισμένα blocks κώδικα, όπως βιβλιοθήκες για PID control και batch processing, μειώνοντας το χρόνο ανάπτυξης συστημάτων. Επίσης, με τις δυνατότητες εντοπισμού και διόρθωσης σφαλμάτων, προσφέρεται real-time debugging, παρακολούθηση online τιμών και breakpoint analysis για την ανίχνευση λειτουργικών ανωμαλιών σε περίπλοκα περιβάλλοντα. Μετέπειτα, η διαχείριση δεδομένων και δομών, υποστηρίζει σύνθετες δομές δεδομένων, όπως multi-dimensional arrays και user-defined data types και διευκολύνει την ανάπτυξη εφαρμογών με πιο σύνθετες λογικές. Εν συνεχεία, η υποστήριξη IoT και η απομακρυσμένη πρόσβαση, ενσωματώνεται σε συστήματα SCADA και IoT, προσφέροντας δυνατότητες απομακρυσμένης παρακολούθησης και παραμετροποίησης μέσω ασφαλούς σύνδεσης. Τέλος, με την αυτοματοποιημένη αναγνώριση υλικού, το λογισμικό ανιχνεύει και διαμορφώνει αυτόματα τις συνδεδεμένες μονάδες, μειώνοντας τον απαιτούμενο χρόνο εγκατάστασης ενώ υποστηρίζεται και real-time topology detection.



Εικόνα 1.4: GX Works 3

1.9 Οι βασικές αρχές του Standard IEC 61000-6-2/-4 :

Τα standards **IEC 61000-6-2** και **IEC 61000-6-4** αφορούν στην ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) βιομηχανικών συστημάτων και περιγράφουν απαιτήσεις αντοχής και εκπομπών αντίστοιχα. Το **IEC 61000-6-2** καθορίζει τα επίπεδα αντοχής σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, όπως παλμούς τάσης και ραδιοσυχνότητες, που συναντώνται σε βιομηχανικά περιβάλλοντα. Ακόμη, εστιάζει στην προστασία κρίσιμων συστημάτων ώστε να παραμένουν λειτουργικά σε απαιτητικά περιβάλλοντα. Αντίστοιχα, το **IEC 61000-6-4** προσδιορίζει τα όρια εκπομπών ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από βιομηχανικές συσκευές προς το περιβάλλον. Οι εκπομπές αυτές δεν πρέπει να επηρεάζουν τη λειτουργία άλλων συστημάτων στον ίδιο χώρο, διασφαλίζοντας τη συμβατότητα με εξοπλισμό διαφορετικών κατασκευαστών. Η συμμόρφωση με τα δύο standards εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία των συστημάτων σε περιβάλλοντα με υψηλά επίπεδα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, όπως εργοστάσια και κέντρα ελέγχου. Επιπλέον, μειώνει την πιθανότητα διακοπών λειτουργίας, βελτιώνοντας την αξιοπιστία και την απόδοση των συσκευών αυτοματισμού.

1.10 Οι βασικές αρχές του Standard IEC 61131-1 έως IEC 61131-2

Το standard **IEC 61131-1** καθορίζει τις γενικές απαιτήσεις για τους Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές (PLC), περιλαμβάνοντας τις βασικές λειτουργίες και τις προδιαγραφές σχεδιασμού τους. Συγκεκριμένα, αναφέρεται στη δομή και στη λειτουργία των PLC, συμπεριλαμβανομένων των εξωτερικών διεπαφών, των ηλεκτρονικών προδιαγραφών, και των απαιτήσεων περιβαλλοντικής αντοχής. Εξασφαλίζει τη συμμόρφωση των συσκευών με πρότυπα αξιοπιστίας και ασφάλειας, ενώ ορίζει τη συμβατότητά τους με άλλα συστήματα ελέγχου. Το **IEC 61131-2** ορίζει τις ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες (EMC), τα επίπεδα αντοχής σε παρεμβολές και τις απαιτήσεις θωράκισης για να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία σε βιομηχανικά περιβάλλοντα. Περιγράφει επίσης τις απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, τα όρια θορύβου και τις φυσικές προδιαγραφές αντοχής σε δονήσεις, θερμοκρασίες και υγρασία. Ακόμη, η συμμόρφωση με τα IEC 61131-1 και -2 εξασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια των PLC, ειδικά σε σύνθετες βιομηχανικές εγκαταστάσεις ενώ παρέχουν την τεχνολογική βάση για την υιοθέτηση κοινών αρχών σχεδίασης, ενισχύοντας τη δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ διαφορετικών προμηθευτών και υποδομών.

1.11 Οι βασικές αρχές του Standard IEC 61131-3

Το διεθνές standard IEC 61131-3 ορίζει τις γλώσσες προγραμματισμού για Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές (PLC). Περιλαμβάνει πέντε κύριες γλώσσες προγραμματισμού: το Ladder Diagram (LD), το Function Block Diagram (FBD), το Structured Text (ST), το Instruction List (IL) και το Sequential Function Chart (SFC). Οι εν λόγω γλώσσες παρέχουν ευελιξία και τυποποίηση για τη δημιουργία λογικών ελέγχων, καλύπτοντας τόσο γραφικά όσο και κειμενικά πρότυπα για διαφορετικούς τύπους εφαρμογών. Ακόμη, υποστηρίζει την έννοια των Modular Programming Structures, όπως προγράμματα, λειτουργικές μονάδες και μπλοκ δεδομένων που επιτρέπει την αρθρωτή και ανακυκλώσιμη σχεδίαση κώδικα, καθιστώντας τα PLC πιο ευπροσάρμοστα και

αποδοτικά. Επίσης, ενσωματώνει λειτουργίες όπως αποσφαλμάτωση (debugging) και διαγνωστικά εργαλεία για την ανάλυση και την επικύρωση προγραμμάτων, διασφαλίζοντας τη λειτουργική αξιοπιστία των βιομηχανικών διεργασιών. Ένα κρίσιμο πλεονέκτημα του IEC 61131-3 είναι η υποστήριξη τυποποίησης σε διαφορετικούς κατασκευαστές. Η δυνατότητα μεταφοράς κώδικα μεταξύ διαφορετικών συστημάτων PLC μειώνει την εξάρτηση από συγκεκριμένα εμπορικά σήματα, διευκολύνοντας τη διαλειτουργικότητα σε πολυκατασκευαστικά περιβάλλοντα. Επιπλέον, η εφαρμογή του αυξάνει την αποδοτικότητα σχεδιασμού, συντήρησης και επεκτασιμότητας των βιομηχανικών συστημάτων.

1.12 Οι βασικές αρχές του Standard IEC 62443

Το IEC 62443 είναι ένα διεθνές standard που αφορά στην ασφάλεια συστημάτων βιομηχανικού αυτοματισμού και ελέγχου (IACS). Εστιάζει στη δημιουργία ενός ασφαλούς περιβάλλοντος λειτουργίας για κρίσιμες υποδομές, όπως ενεργειακά συστήματα, εργοστάσια παραγωγής και βιομηχανικά δίκτυα. Καλύπτει τις απαιτήσεις τόσο για τους κατασκευαστές εξοπλισμού όσο και για τους χρήστες, προάγοντας την ανθεκτικότητα απέναντι σε κυβερνοαπειλές. Το standard χωρίζεται σε διάφορα τμήματα, με το **62443-1** να παρέχει γενικούς ορισμούς και την ορολογία του συστήματος. Το **62443-2** εστιάζει στη διαχείριση ασφάλειας, ορίζοντας πολιτικές, διαδικασίες και πρακτικές που διασφαλίζουν τη συνολική κυβερνοασφάλεια του συστήματος. Σημαντικό στοιχείο είναι η αξιολόγηση ρίσκου, που περιλαμβάνει την αναγνώριση απειλών και την ανάλυση των επιπτώσεων. Το **62443-3** επικεντρώνεται στις τεχνικές απαιτήσεις για το σύστημα, περιλαμβάνοντας τον σχεδιασμό αρχιτεκτονικής και την ενσωμάτωση μέτρων προστασίας, όπως firewalls, απομόνωση δικτύων και κρυπτογράφηση δεδομένων. Τέλος, το **62443-4**, ορίζει τις απαιτήσεις για την ανάπτυξη ασφαλών προϊόντων, ενθαρρύνοντας την ενσωμάτωση λειτουργιών ασφαλείας από το στάδιο σχεδιασμού (security-by-design). Η υιοθέτηση του IEC 62443 είναι κρίσιμη για την αντιμετώπιση των σύγχρονων προκλήσεων ασφάλειας. Εξασφαλίζει την προστασία δεδομένων, μειώνει τις πιθανότητες διακοπής λειτουργίας λόγω επιθέσεων και διασφαλίζει τη συμμόρφωση με κανονιστικά πλαίσια.

1.13 Οι βασικές αρχές του Standard ISO 13849

Το ISO 13849 ασχολείται με τη λειτουργική ασφάλεια των συστημάτων ελέγχου μηχανημάτων και αποτελεί θεμελιώδη κατευθυντήρια γραμμή για την αξιολόγηση της ασφάλειας σε βιομηχανικές εφαρμογές. Το πρότυπο ορίζει τα Performance Levels (PL), που είναι αριθμητικοί δείκτες για την αξιολόγηση της ικανότητας ενός συστήματος να αποφεύγει κινδύνους. Τα PL ταξινομούνται από το "a" (χαμηλότερη ασφάλεια) έως το "e" (υψηλότερη ασφάλεια) και υπολογίζονται βάσει παραγόντων όπως ο ρυθμός αποτυχίας, η διάγνωση και η αντοχή σε κοινές αιτίες βλαβών. Το πρότυπο θέτει αυστηρές απαιτήσεις για τη σχεδίαση και την ανάλυση των συστημάτων ελέγχου που βασίζονται σε λογικά και ηλεκτρονικά μέρη. Καθορίζει τις διαδικασίες για τον υπολογισμό της MTTFd (Mean Time To Dangerous Failure), την κάλυψη διαγνωστικών (DC) και τον βαθμό αντοχής σε κοινές αιτίες βλαβών (CCF). Αυτά τα χαρακτηριστικά διασφαλίζουν ότι τα συστήματα παρέχουν αξιόπιστη προστασία απέναντι σε μηχανικές αποτυχίες και επικίνδυνες καταστάσεις. Η

συμμόρφωση με το ISO 13849 είναι κρίσιμη για τη βιομηχανική ασφάλεια, καθώς παρέχει ένα πλαίσιο σχεδίασης, επαλήθευσης και συντήρησης ασφαλών συστημάτων ελέγχου. Με τον τρόπο αυτό, μειώνονται οι κίνδυνοι για τους εργαζομένους και ενισχύεται η αξιοπιστία των βιομηχανικών διαδικασιών, εξασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με κανονιστικά πλαίσια και την αποφυγή πιθανών ατυχημάτων.

1.14 Οι βασικές αρχές του Standard ISO 50001

Το ISO 50001 καθορίζει τις απαιτήσεις για τη δημιουργία, υλοποίηση, συντήρηση και βελτίωση ενός Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας (Energy Management System - EnMS). Στόχος του, είναι η συστηματική βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και η ενίσχυση της βιωσιμότητας στις επιχειρήσεις. Το πρότυπο παρέχει ένα πλαίσιο για την παρακολούθηση, τη μέτρηση και τη διαχείριση ενεργειακών επιδόσεων με βάση τις ανάγκες και τους στόχους κάθε οργανισμού. Ενα από τα κεντρικά στοιχεία του ISO 50001 είναι η προσέγγιση Plan-Do-Check-Act (PDCA), η οποία διασφαλίζει τη συνεχή βελτίωση του ενεργειακού αποτυπώματος. Περιλαμβάνει τη θέσπιση ενεργειακής πολιτικής, την ανάλυση ενεργειακών δεδομένων, τον καθορισμό στόχων και δεικτών απόδοσης, καθώς και την εφαρμογή δράσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής χρήσης. Αυτή η προσέγγιση ενισχύει τη δομημένη λήψη αποφάσεων για την υιοθέτηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας. Το εν λόγω standard υποστηρίζει την ενσωμάτωση εργαλείων ανάλυσης, όπως οι Energy Performance Indicators (EnPIs) και οι Energy Baselines (EnBs), τα οποία επιτρέπουν την αξιολόγηση της προόδου και τη σύγκριση των ενεργειακών επιδόσεων με προηγούμενα δεδομένα. Επιπλέον, ενθαρρύνεται η συμμόρφωση με νομοθετικές απαιτήσεις και η διαφάνεια στις αναφορές ενεργειακής απόδοσης, ενισχύοντας τη φήμη του οργανισμού και μειώνοντας το κόστος λειτουργίας. Η εφαρμογή του ISO 50001 είναι ιδιαίτερα σημαντική για βιομηχανικούς και εμπορικούς οργανισμούς, καθώς προσφέρει ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα μέσω της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Παράλληλα, συνεισφέρει στους παγκόσμιους στόχους για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενισχύοντας τη βιώσιμη ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος.

1.15 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας EtherNet/IP

Το EtherNet/IP (Industrial Protocol) είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας βασισμένο στο Ethernet, σχεδιασμένο για χρήση σε βιομηχανικά περιβάλλοντα με Προγραμματιζόμενους Λογικούς Ελεγκτές (PLC). Χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο CIP (Common Industrial Protocol) για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών σε πραγματικό χρόνο, προσφέροντας διαλειτουργικότητα και αποδοτική ενσωμάτωση συστημάτων αυτοματισμού. Το πρωτόκολλο υποστηρίζει TCP/IP και UDP/IP για ταυτόχρονη αποστολή δεδομένων και μηνυμάτων ελέγχου. Ακόμη, βασίζεται στη χρήση των Assembly Objects για τη διαχείριση δεδομένων εισόδου/εξόδου (I/O), επιτρέποντας την ταυτόχρονη σύνδεση μεταξύ αισθητήρων, ενεργοποιητών και PLC. Επιπλέον, υποστηρίζει την ανταλλαγή δεδομένων μέσω Implicit Messaging, που εστιάζει στην αποδοτική μετάδοση δεδομένων σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα και Explicit Messaging, που χρησιμοποιείται για μη κρίσιμες επικοινωνίες, όπως παραμετροποίηση και διαγνωστικά. Επίσης, παρέχει υποστήριξη

για προηγμένα χαρακτηριστικά, όπως Device Level Ring (DLR) για ανθεκτικότητα δικτύου μέσω εφεδρικών διαδρομών, και QoS (Quality of Service) για την προτεραιοποίηση πιο κρίσιμων δεδομένων. Είναι ευρέως διαδεδομένο σε εφαρμογές αυτοματισμού λόγω της ευελιξίας του, της ευρείας υιοθέτησης από κατασκευαστές και της συμμόρφωσής του με standards, όπως το IEEE 802.3.

1.16 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας Profinet

Το Profinet είναι κι αυτό ένα βιομηχανικό πρωτόκολλο επικοινωνίας βασισμένο στο Ethernet, που έχει σχεδιαστεί για συστήματα αυτοματισμού και ελέγχου με PLC. Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση και διαχείριση συσκευών, όπως αισθητήρες, ενεργοποιητές και συστήματα ελέγχου, παρέχοντας επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο. Υποστηρίζει τις λειτουργίες RT (Real-Time) και IRT (Isochronous Real-Time), που εξασφαλίζουν χαμηλότερη καθυστέρηση και ακριβέστερο χρονισμό για κρίσιμες εφαρμογές. Η αρχιτεκτονική του Profinet βασίζεται σε κανάλια επικοινωνίας που περιλαμβάνουν δεδομένα ελέγχου και παραμετροποίησης. Υποστηρίζει τις προδιαγραφές του IEEE 802.3, ενώ ενσωματώνει λειτουργίες όπως Quality of Service (QoS) για την προτεραιοποίηση δεδομένων και Redundancy Protocols για ανθεκτικότητα δικτύου. Επιπλέον, το Profinet υποστηρίζει τεχνικές Device Integration (GSDML), που επιτρέπουν την εύκολη ενσωμάτωση συσκευών στο δίκτυο. Επιπλέον, ενσωματώνει δυνατότητες Industrial Ethernet, προσφέροντας υψηλότερη ταχύτητα επικοινωνίας και συμβατότητα με δίκτυα σχετικά μεγάλης κλίμακας.

1.17 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας OPC UA

Το OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται ευρέως σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, ιδιαίτερα σε συστήματα προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC). Η αρχιτεκτονική του παρέχει μία πλατφόρμα που υποστηρίζει την αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών συσκευών και εφαρμογών, ανεξάρτητα από την πλατφόρμα ή τον προμηθευτή. Η δυνατότητα του να υποστηρίζει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, καθώς και ιστορικά δεδομένα, είναι κρίσιμη για την αποτελεσματική παρακολούθηση και έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής. Στο πλαίσιο του βιομηχανικού αυτοματισμού, η υλοποίηση του OPC UA προωθεί την επικοινωνία μέσω ασφαλών διαύλων που χρησιμοποιούν κρυπτογράφηση και έλεγχο πρόσβασης πολλαπλών επιπέδων. Αυτό διασφαλίζει ότι τα δεδομένα μεταφέρονται με ασφάλεια, ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους που προκύπτουν από παρεμβολές ή μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Ο μηχανισμός αναγνώρισης, μέσω της χρήσης των URI (Uniform Resource Identifier), επιτρέπει τη μοναδική ταυτοποίηση των διαχωρισμένων δεδομένων, καθιστώντας τη διαδικασία πιο εύκολα διαχειρίσιμη. Επιπλέον, η υποστήριξη του μοντέλου πληροφοριών του OPC UA επιτρέπει την απεικόνιση των δεδομένων με ένα αυστηρά καθορισμένο και κατανοητό τρόπο, προσφέροντας τη δυνατότητα ανάπτυξης πολύπλοκων εφαρμογών με βάση την αναγνώριση και την εξαγωγή πληροφοριών από διαφορετικούς τύπους συσκευών. Η συμβατότητα με βιομηχανικά standards, όπως το ISA-95 και το MTConnect, καθιστά το OPC UA ιδιαίτερα χρήσιμο για εφαρμογές που απαιτούν διαλειτουργικότητα.

1.18 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας MQTT

Το πρωτόκολλο MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) σχεδιάστηκε για να υποστηρίζει εφαρμογές με περιορισμένους πόρους και συνθήκες ασταθούς δικτύου. Στο βιομηχανικό περιβάλλον, το MQTT παρέχει μια αξιόπιστη και αποδοτική λύση για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών και κεντρικών συστημάτων. Η αρχιτεκτονική του βασίζεται στο μοντέλο δημοσίευσης-εγγραφής (publish-subscribe), επιτρέποντας στους παραγωγούς δεδομένων να στέλνουν πληροφορίες σε κεντρικούς αγωγούς (brokers), οι οποίοι στη συνέχεια τις διανέμουν στους καταναλωτές σύμφωνα με τις εγγραφές τους. Η χρήση του MQTT σε βιομηχανικές εφαρμογές PLC επιτρέπει την πιο αποδοτική διαχείριση των δεδομένων και την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης εύρους ζώνης αποφεύγοντας την άμεση επικοινωνία, η οποία απαιτεί περισσότερο φόρτο. Η υποστήριξη για QoS (Quality of Service) διασφαλίζει την αξιοπιστία της μεταφοράς των μηνυμάτων, με επίπεδα υπηρεσίας που καθορίζουν τη στρατηγική επανεκπομπής των μη κερδισμένων μηνυμάτων. Τα επίπεδα QoS περιλαμβάνουν: 0 (At most once), 1 (At least once) και 2 (Exactly once), επιτρέποντας στους μηχανισμούς ασφαλείας να συνάδουν με τις διατάξεις των βιομηχανικών διαδικασιών. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα του MQTT είναι η σχετικά μικρή κατανάλωση πόρων, το οποίο είναι κρίσιμο στα PLC με περιορισμένο υπολογιστικό δυναμικό. Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν MQTT μπορούν να επωφεληθούν από το διαχωρισμό του ελέγχου και της παρακολούθησης, επιτρέποντας πιο ευέλικτους και αποδοτικούς χειρισμούς στη βιομηχανική διαδικασία. Με την ικανότητα να συνδέονται πολλαπλές συσκευές και οι διαδικασίες να ελέγχονται σε πραγματικό χρόνο, το MQTT καθίσταται ένα απαραίτητο εργαλείο για τη σύγχρονη βιομηχανική αυτοματοποίηση και το IoT (Internet of Things).

1.19 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας CANopen

Το CANopen είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που βασίζεται στη διασύνδεση Controller Area Network (CAN) και έχει γίνει ευρέως αποδεκτό σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, ιδίως όσον αφορά στον έλεγχο και την αυτοματοποίηση. Η τυποποίηση της αρχιτεκτονικής του CANopen από τον οργανισμό CiA (CAN in Automation) εξασφαλίζει τη συμβατότητα και τη διαλειτουργικότητα των συσκευών που λειτουργούν σύμφωνα με αυτό το πρωτόκολλο. Η δομή των μηνυμάτων CANopen περιλαμβάνει διάφορους τύπους δεδομένων, όπως Object Dictionary που περιγράφει τις παραμέτρους των συσκευών, Services που επιτρέπουν τη διαχείριση των δεδομένων και τον έλεγχο λειτουργιών. Το Object Dictionary οργανώνεται σε κατηγορίες, περιλαμβάνοντας αντικείμενα που σχετίζονται με την κατάσταση λειτουργίας, τις παραμέτρους ρυθμίσεων και τις μεταβλητές εποπτείας. Η χρήση συγκεκριμένων ID (Identifications) για κάθε συνοδευτικό μήνυμα εξασφαλίζει την ακριβή αναγνώριση και επεξεργασία των δεδομένων, επιτρέποντας την αποδοτική λειτουργία του δικτύου. Στο επίπεδο των εφαρμογών, το CANopen υποστηρίζει διάφορες κατηγορίες υπηρεσιών, όπως η SYNC, που επιτρέπει τη συγχρονισμένη εκτέλεση εργασιών σε διαφορετικές συσκευές, και η NMT (Network Management) που χρησιμεύει για τη διαχείριση της κατάστασης του δικτύου. Οι χρήστες μπορούν επίσης να εκμεταλλευτούν τις

δυνατότητες του PDO (Process Data Object) για την ταχεία μετάδοση δεδομένων με χαμηλότερη καθυστέρηση.

1.20 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας DNP3

Το πρωτόκολλο DNP3 (Distributed Network Protocol) είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο επικοινωνίας στη βιομηχανία, που επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ συσκευών, όπως οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές και τα συστήματα SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Σχεδιασμένο αρχικά, για χρήση σε ηλεκτρικά δίκτυα, το DNP3 ενσωματώνει χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για εφαρμογές σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις που απαιτείται η δυνατότητα υποστήριξης πολλαπλών τύπων δεδομένων. Ένας από τους βασικούς μηχανισμούς του DNP3 είναι η οργάνωση των δεδομένων σε αντικείμενα, τα οποία ομαδοποιούνται σε κατηγορίες με βάση τη φύση τους. Τα αντικείμενα αυτά περιλαμβάνουν ψηφιακές εισόδους, αναλογικές εισόδους και στατιστικά στοιχεία, επιτρέποντας τη συνδυασμένη παρακολούθηση και σχεδίαση των δεδομένων. Επιπλέον, το DNP3 υποστηρίζει την επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο μέσω της χρήσης της αρχιτεκτονικής Master-Slave, όπου η κεντρική μονάδα (Master) μπορεί να προσπελάσει και να ελέγξει τις υποστηρικτικές μονάδες (Slaves) ανά πάσα στιγμή, διασφαλίζοντας τη ροή και την ακεραιότητα των πληροφοριών. Η ασφάλεια κατά την μετάδοση δεδομένων στο πρωτόκολλο DNP3 έχει επίσης βελτιωθεί μέσω της εφαρμογής κωδικών ασφαλείας και μηχανισμών αυθεντικοποίησης, στοιχεία κρίσιμα για την προστασία των βιομηχανικών συστημάτων από εξωτερικές επιθέσεις. Με την ενσωμάτωσή του σε δίκτυα βιομηχανικής αυτοματοποίησης, το DNP3 προσφέρει ένα επίπεδο αξιοπιστίας και αποτελεσματικότητας που υποστηρίζει τη σύγχρονη υποδομή των PLC και των SCADA, συμβάλλοντας στη βελτιστοποίηση των λειτουργιών και της συνολικής επιτυχίας των βιομηχανικών διαδικασιών.

2 Ανάπτυξη εφαρμογών

2.1 Εφαρμογή Αντλιοστασίου

Σε αυτό το κεφάλαιο, πραγματοποιείται η ανάπτυξη και η ανάλυση του αλγορίθμου της εφαρμογής του **Αντλιοστασίου**.

Για την εν λόγω εφαρμογή επιλέχθηκε η Micro CPU “M13-CCF0000” με ενσωματωμένες κάρτες εισόδου – εξόδου “16x DI / 12x DO / 2x AI [voltage 0...10 V] / 4x Counter / 2x [PWM/Pulse Train]” και οθόνη HMI “TP1500 Comfort”.

Στην παρούσα υλοποίηση περιέχονται:

✍ Περιγραφή της εφαρμογής

✍ Πίνακας Συμβόλων

✍ Ανάλυση Αλγορίθμου

2.1.1 Περιγραφή της εφαρμογής

Η εφαρμογή του Αντλιοστασίου πραγματεύεται συγκεκριμένες προτάσεις βελτιστοποίησης τις οποίες παρουσιάζουμε ακολούθως. Κατ’αρχήν στοχεύουμε στην εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας - ενεργειακής αποδοτικότητας και τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος. Ακόμη, στο δυναμικό χειρισμό κι έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής και του ρυθμού ροής μετάγγισης των αντλιών, που έχουν ως σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης ευστάθειας του συστήματος. Επίσης, εξυπηρετεί στη μείωση των μηχανικών καταπονήσεων όπως και των ηλεκτρικών και θερμικών απωλειών. Οι προαναφερθείσες απαιτήσεις, ικανοποιούνται ακολούθως, μέσω του αλγορίθμου βαθμιαίας εφαρμογής του ελέγχου PWM (Pulse Width Modulation) που έχουμε κατασκευάσει εκ του μηδενός, γεγονός που τον καθιστά επεκτάσιμο και παραμετροποιήσιμο, καθώς στις περισσότερες των περιπτώσεων, χρησιμοποιείται σε μορφή “black box” δίχως τη δυνατότητα προσαρμογής. Ο συγκεκριμένος έλεγχος, έχει δομηθεί έτσι ώστε να έχει τη δυνατότητα απευθείας εφαρμογής σε κινητήρα (αντλία) συνεχούς (dc), αλλά και στην είσοδο συστήματος αντιστροφέα (inverter) ώστε να επιτευχθεί πιο ενδεδειγμένος έλεγχος. Στην παρούσα εφαρμογή υλοποιείται και αλγόριθμος ο οποίος συντονίζει την επιλογικότητα μεταξύ των αντλιών κι άρα σε κάθε κύκλο χρήσης, ανεξάρτητου της φοράς περιστροφής, ενεργοποιείται διαφορετική αντλία ώστε να επιτυγχάνεται επιμερισμός του φόρτου χρήσης. Επίσης, έχουν προβλεφθεί διαφορετικές ενδεικτικές λυχνίες, για την φωτεινή σηματοδότηση, ανάλογα με το ενεργό σενάριο, ώστε να καθίσταται ευκολότερη η εποπτεία του συστήματος. Επιπρόσθετα, έχουν προβλεφθεί αλγόριθμοι για προληπτική συντήρηση και προστασία για την αποφυγή της εν κενώ λειτουργίας. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση, παρέχεται δυνατότητα για συνολική επιτήρηση της κατάστασης των ελεγκτών του συστήματος οι οποίοι είναι βασισμένοι σε IoT (Internet of Things) και κατά συνέπεια προσφέρεται η δυνατότητα και για απομακρυσμένη επίβλεψη.

2.1.2 Πίνακας Συμβόλων

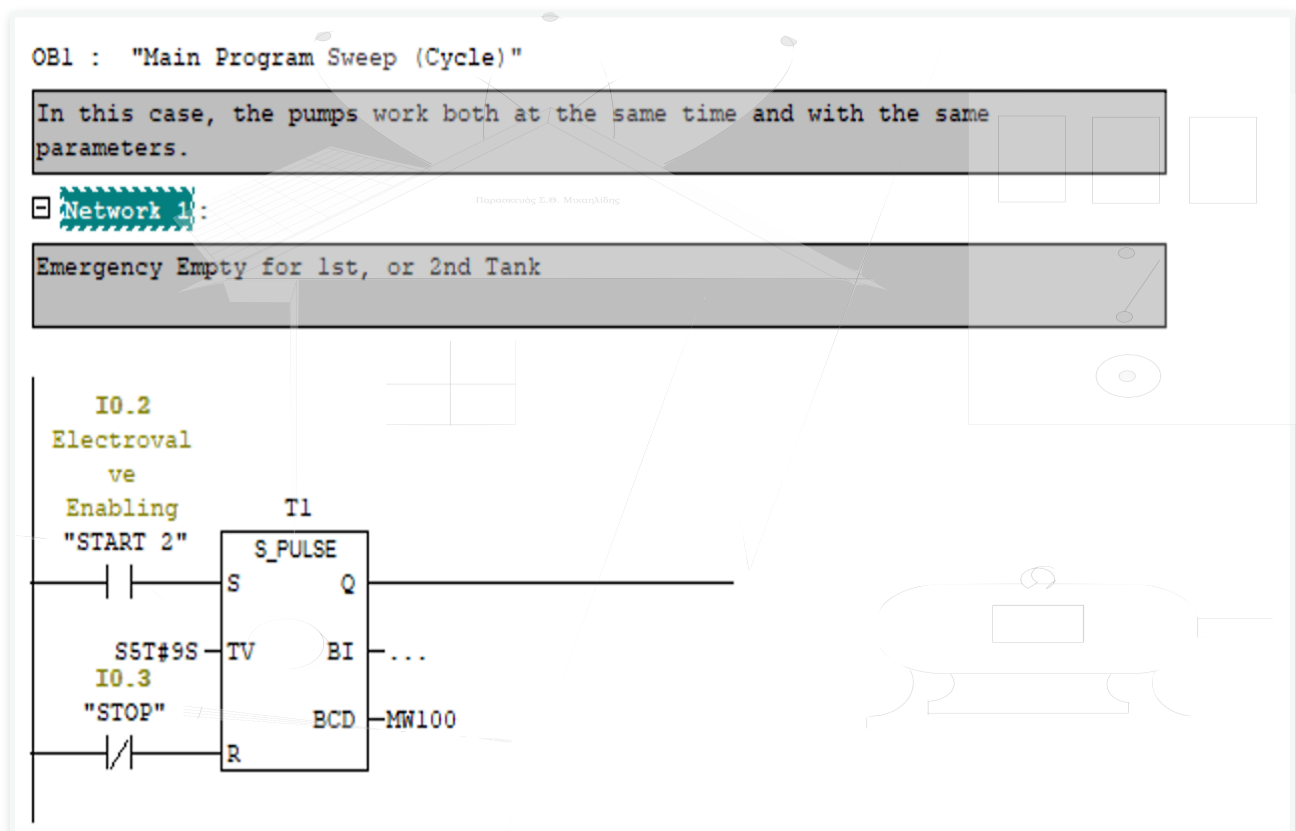
Οπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο **Πίνακα Συμβόλων / Symbol Table** (Εικόνα 2.1), η εφαρμογή συνίσταται από 9 ψηφιακές εισόδους (DI), από 2 αναλογικές εισόδους (AI) και από 13 ψηφιακές εξόδους (DO). Σε ότι αφορά στις **ψηφιακές εισόδους** περιληπτικά έχουμε τα εξής. Αρχικά, η IO.1 [Start 1] ελέγχεται από πιεστικό διακόπτη επαναφοράς μέσω του οποίου καθορίζεται από ποια και προς ποια δεξαμενή θα έχουμε ροή υγρού. Αντίστοιχα, η IO.2 [Start 2] ελέγχεται από πιεστικό διακόπτη επαναφοράς μέσω του οποίου καθορίζεται ποια εκ των ηλεκτροβαλβιδών θα ενεργοποιηθεί προκειμένου να αδειάσει πλήρως η αντίστοιχη δεξαμενή και το υγρό να διοχετευθεί προς την Αποχέτευση (Drainage). Επειτα, η IO.3 [Stop] ελέγχεται κι εκείνη από πιεστικό διακόπτη επαναφοράς που σκοπό έχει την παύση της λειτουργίας των αντλιών. Επίσης, σε κάθε δεξαμενή έχουμε επιτήρηση τριών επιπέδων στάθμης υγρού, ήτοι Χαμηλό / Low, Μεσαίο / Mid και Υπερχειλίσσης / Overflow. Κατά συνέπεια, για την 1^η Δεξαμενή έχουμε τους αισθητήρες IO.4 [Low Level Sensor 1], IO.6 [Mid Level Sensor 1] και IO.0 [Overflow Level Sensor 1]. Αντίστοιχα, για την 2^η Δεξαμενή έχουμε τους αισθητήρες IO.5 [Low Level Sensor 2], IO.7 [Mid Level Sensor 2] και IO.1 [Overflow Level Sensor 2]. Οσον αφορά στις **αναλογικές εισόδους** έχουμε τις PIW272 [Flow Meter 1] και PIW274 [Flow Meter 2] που χρησιμεύουν στην καταμέτρηση της ποσότητας του υγρού που διέρχεται από κάθε μία από τις δεξαμενές. Αναφορικά με τις **ψηφιακές εξόδους**, οι Q0.1 [Peristaltic Pump 1 (FWD)] και οι Q0.2 [Peristaltic Pump 1 (Rev)] αφορούν στα σήματα εξόδου για την τροφοδότηση των κυκλωμάτων ορθής κι ανάστροφης φοράς αντίστοιχα, της 1^{ης} Αντλίας. Αντίστοιχα, οι Q0.3 [Peristaltic Pump 2 (FWD)] και οι Q0.4 [Peristaltic Pump 2 (Rev)] αφορούν στα σήματα εξόδου για την τροφοδότηση των κυκλωμάτων ορθής κι ανάστροφης φοράς αντίστοιχα, της 1^{ης} Αντλίας. Αντίστοιχα, οι Q0.3 [Peristaltic Pump 2 (FWD)] και οι Q0.4 [Peristaltic Pump 2 (Rev)] αφορούν στα σήματα εξόδου για την τροφοδότηση των κυκλωμάτων ορθής κι ανάστροφης φοράς αντίστοιχα, της 2^{ης} Αντλίας. Ακόμη, έχουμε τις Q0.5 [Electrovalve 1] και Q0.6 [Electrovalve 2] που αφορούν στα σήματα εξόδου που έχουν ως σκοπό την ενεργοποίηση της 1^{ης} και 2^{ης} Ηλεκτροβαλβίδας αντίστοιχα. Επίσης, κάθε επίπεδο στάθμης υγρού, εκτός από τον επιτηρητή της, διαθέτει και αντίστοιχη ενδεικτική φωτοσήμανση. Για την 1^η Δεξαμενή έχουμε τις φωτοσημάνσεις Q1.0 [Green Led 1], Q1.2 [Yellow Led 1] και Q1.4 [Red Led 1]. Αντίστοιχα, για την 2^η Δεξαμενή έχουμε τις φωτοσημάνσεις Q1.1 [Green Led 2], Q1.3 [Yellow Led 2] και Q1.5 [Red Led 2]. Τέλος, η λίστα των ψηφιακών εξόδων ολοκληρώνεται με την Q0.7 [Siren] που αφορά στην σειρήνα που σκοπό έχει να προειδοποιεί ηχητικά για βλάβη στο σύστημα. Οι υπόλοιπες σαραντατρείς παράμετροι αφορούν σε βοηθητικές μεταβλητές μνήμης, των οποίων η λειτουργία θα αναλυθεί παρακάτω.

Status	Symbol /	Address	Data type	Comment
1	Dry Protection Trigger	M 0.0	BOOL	
2	Electrovalve 1	Q 0.5	BOOL	
3	Electrovalve 2	Q 0.6	BOOL	
4	Fault Maintance	M 5.1	BOOL	
5	Flow 1	PIW 272	INT	
6	Flow 2	PIW 274	INT	
7	Flow Meter 1	MW 114	INT	
8	Flow Meter 2	MW 116	INT	
9	Green Led 1	Q 1.0	BOOL	
10	Green Led 2	Q 1.1	BOOL	
11	Low Level Sensor 1	I 0.4	BOOL	
12	Low Level Sensor 2	I 0.5	BOOL	
13	Mid Level Sensor 1	I 0.6	BOOL	
14	Mid Level Sensor 2	I 0.7	BOOL	
15	Overflow Level Sen...	I 1.0	BOOL	
16	Overflow Level Sen...	I 1.1	BOOL	
17	P.W.M. Trig.Reset FWD	M 2.6	BOOL	Pump 2
18	P.W.M. Trig.Reset Rev	M 4.4	BOOL	Pump 2
19	P.W.M. Trigger FWD	M 2.5	BOOL	Pump 2
20	P.W.M. Trigger Rev	M 4.6	BOOL	Pump 2
21	P1_Rev_Activated	M 4.7	BOOL	Transition from P1_Rev to P2_FWD
22	P2_Rev_Activated	M 5.0	BOOL	Transition from P2_Rev to P1_FWD
23	Peristaltic Pump 1 (F...	Q 0.1	BOOL	
24	Peristaltic Pump 1 (R...	Q 0.2	BOOL	
25	Peristaltic Pump 2 (F...	Q 0.3	BOOL	
26	Peristaltic Pump 2 (R...	Q 0.4	BOOL	
27	PWM's Reset FWD	M 3.5	BOOL	Pump 1
28	PWM's Reset Rev	M 3.6	BOOL	Pump 1
29	PWM's Signal FWD	M 3.1	BOOL	Pump 1
30	PWM's Signal Rev	M 3.2	BOOL	Pump 1
31	PWM Activ Signal F...	M 1.1	BOOL	Pump 2
32	PWM Activ Signal ...	M 1.5	BOOL	Pump 2
33	PWM Activ. Signal F...	M 1.0	BOOL	Pump 1
34	PWM Activ. Signal ...	M 1.4	BOOL	Pump 1
35	PWM Deact. Sign F...	M 2.1	BOOL	Pump 2
36	PWM Deact. Sign Rev	M 2.2	BOOL	Pump 2
37	PWM Deact. Sign. F...	M 1.7	BOOL	Pump 1
38	PWM Deact. Sign. R...	M 2.0	BOOL	Pump 1
39	PWM Trig.Reset FWD	M 2.4	BOOL	Pump 1
40	PWM Trig.Reset Rev	M 4.3	BOOL	Pump 1
41	PWM Trigger FWD	M 2.3	BOOL	Pump 1
42	PWM Trigger Rev	M 4.5	BOOL	Pump 1
43	PWMs Reset FWD	M 3.7	BOOL	Pump 2
44	PWMs Reset Rev	M 4.0	BOOL	Pump 2
45	PWMs Signal FWD	M 3.3	BOOL	Pump 2
46	PWMs Signal Rev	M 3.4	BOOL	Pump 2
47	Read Analog Value 4...	FC 105	FC 105	Read Analog Value #4-2
48	Red Led 1	Q 1.4	BOOL	
49	Red Led 2	Q 1.5	BOOL	
50	Reset	I 1.2	BOOL	
51	Rotation Selector FWD	M 2.7	BOOL	
52	Rotation Selector Rev	M 3.0	BOOL	
53	Select. Activ. Sign ...	M 0.7	BOOL	Pump 2
54	Select. Activ. Sign ...	M 1.3	BOOL	Pump 2
55	Select. Activ. Sign ...	M 0.8	BOOL	Pump 1
56	Select. Activ. Sign ...	M 1.2	BOOL	Pump 1
57	Selectivity Activ. F...	M 0.5	BOOL	
58	Selectivity Activ. Rev	M 4.1	BOOL	
59	Sirine	Q 0.7	BOOL	
60	START 1	I 0.1	BOOL	Pump Enabling
61	START 2	I 0.2	BOOL	Electrovalve Enabling
62	STOP	I 0.3	BOOL	
63	Timer Reset FWD	M 1.6	BOOL	Selectivity
64	Timer Reset Rev	M 4.2	BOOL	Selectivity
65	VAT_1	VAT 1		
66	Yellow Led 1	Q 1.2	BOOL	
67	Yellow Led 2	Q 1.3	BOOL	

Εικόνα 2.1: Symbol Editor

2.1.3 Ανάλυση Αλγορίθμου

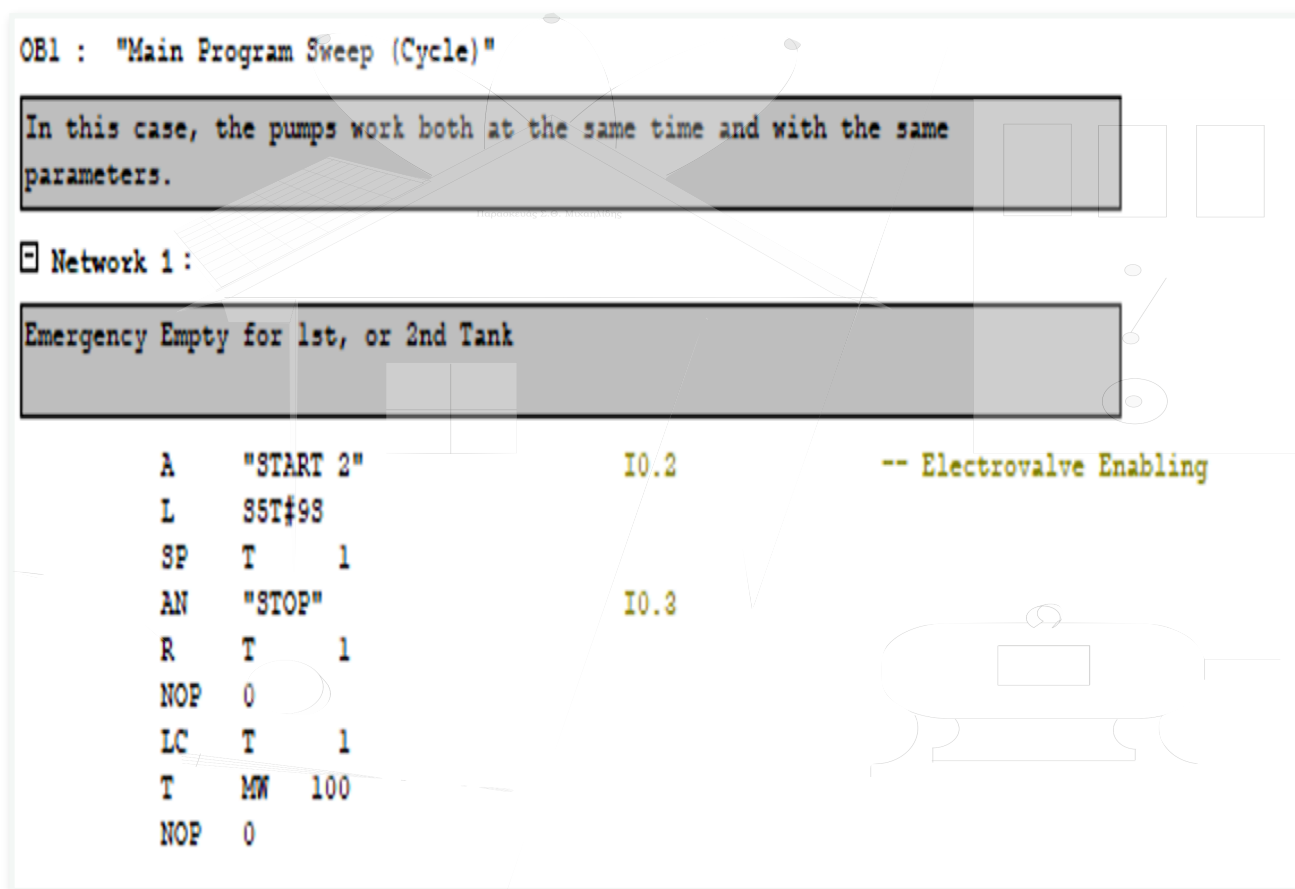
Ακολούθως, θα γίνει η ανάλυση του αλγορίθμου τόσο επί του Ladder κυκλώματος όσο και του αντίστοιχου STL κώδικα. Αρχικά, στόχος του **Network 1** είναι να υλοποιήσει την λογική ενός ηλεκτρονόμου κασάνιας, που σημαίνει ότι με κάθε πίεση του πιεστικού διακόπτη επαναφοράς ενεργοποιείται και διαφορετικό σενάριο. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, με την πίεση του START 2 εκκινεί η λειτουργία του χρονικού T1 και με την πίεση του STOP σταματά και οι παράμετροί του επανέρχονται στις αρχικοποιημένες τους τιμές. Στην μεταβλητή μνήμης (MW100), μεγέθους word, αποθηκεύεται ο χρόνος που απομένει ως τριψήφιος αριθμός σε μορφή BCD. Η διάρκεια του παραγόμενου παλμού του χρονικού T1, είναι ενδεικτικά ορισμένη στα 9s. Στην υλοποίησή μας, με την παρατεταμένη πίεση του START 2, για 3sec, καθορίζεται ως δεξαμενή στόχευσης / target tank η 1^η δεξαμενή και κατά συνέπεια θα ενεργοποιείται, μέσω μίας διαδικασίας που θα αναλυθεί στο Network 2, η Ηλεκτροβαλβίδα 1 / Electrovalve 1. Σε διαφορετική περίπτωση, ενεργοποιείται η Ηλεκτροβαλβίδα 2 / Electrovalve 2. Στον παρακάτω



Εικόνα 2.2: Pumping Station's Network 1 - Ladder

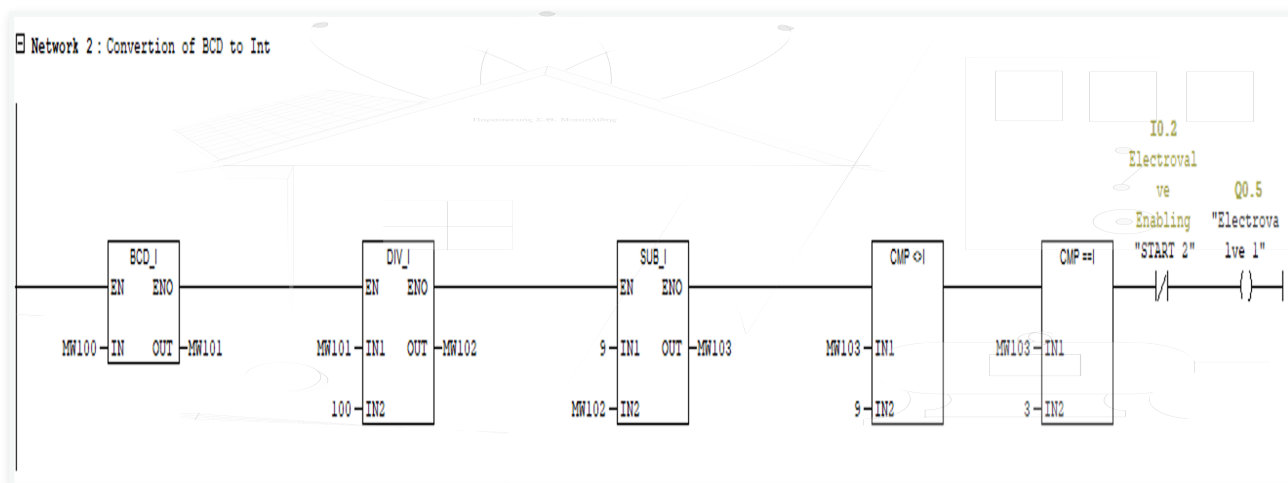
κώδικα STL του Network 1 ισχύουν τα εξής. Με την εντολή "A START 2" ελέγχεται αν ο διακόπτης επαναφοράς START 2 είναι πιεσμένος κι αν αυτό συμβαίνει, η εντολή "L S5T#9S" φορτώνει τη χρονική σταθερά αξίας 9 δευτερολέπτων, ενώ η εντολή "SP T 1" θα την καταχωρήσει στο χρονικό T1. Επειτα, ακολουθεί η εντολή "AN STOP" η οποία ελέγχει αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος. Αν η προηγούμενη συνθήκη ικανοποιείται, μέσω της εντολής "R T 1", γίνεται επαναφορά του χρονικού T1. Επίσης, η εντολή "NOP 0" λειτουργεί ως ένα κενό διάστημα και δεν

εκτελεί καμία πράξη. Εν συνεχεία, η “LC T 1” φορτώνει την τρέχουσα τιμή του T1 στον συσσωρευτή / accumulator κα στο τέλος, η “T MW 100” μεταφέρει την τιμή από τον συσσωρευτή / accumulator στη θέση μνήμης MW100.



Εικόνα 2.3: Pumping Station's Network 1 - STL Code

Επειτα, στο **Network 2** ελέγχεται αν ο διακόπτης επαναφοράς START 2 [I0.2] ήταν πιεσμένος για 3s, διότι όπως έχουμε αναλύσει παραπάνω, τότε, θα ενεργοποιηθεί η Ηλεκτροβαλβίδα 1 / Electrovalve 1. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, από την έξοδο BCD του χρονικού T1, λαμβάνουμε την τιμή του εναπομείνοντος χρόνου ως τριψήφιο BCD αριθμό, μεγέθους word και την οδηγούμε στο “BCD_I” block του οποίου την έξοδο την καταχωρούμε στην θέση μνήμης MW101. Από εκεί οδηγείται στο block “DIV_I” του οποίου την έξοδο την καταχωρούμε στην θέση μνήμης MW102. Ο λόγος χρήσης των προηγούμενων blocks οφείλεται στο γεγονός ότι η προαναφερθείσα τιμή είναι αφενός σε BCD αναπαράσταση κι αφετέρου η κλίμακά της είναι της τάξης των msec. Συνεπώς, για να γίνει η ακέραια σύγκριση με την χρονική διάρκεια που έχουμε ορίσει για την εκτέλεση του ενός ή του άλλου σεναρίου, (δηλαδή της ενεργοποίησης της 1^{ης} ή της 2^{ης} Ηλεκτροβαλβίδας) θα πρέπει πρώτα να γίνει η μετατροπή του τρόπου αναπαράστασης του εναπομείναντος χρόνου (από BCD σε Integer) και ακολούθως να γίνει η προσαρμογή της κλίμακας, μέσω της ακέραιης διαίρεσης με τη σταθερά 10². Στη συνέχεια, η MW102 οδηγείται στο block “SUB_I” προκειμένου να γίνει η ακέραια αφαίρεση της διάρκειας του παραγόμενου παλμού του χρονικού T1, που ενδεικτικά ήταν ορισμένος στα 9s, και του εναπομείναντος χρόνου που



Εικόνα 2.4: Pumping Station's Network 2 - Ladder

ήδη έχουμε μετατρέψει και προσαρμόσει χρονικά. Το αποτέλεσμα της εν λόγω πράξης καταχωρείται στη θέση μνήμης MW103 και συνιστά το χρόνο που ήταν πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς START 2. Ακολούθως, με το block "CMP<>" εξασφαλίζεται ότι η 1^η Ηλεκτροβαλβίδα δεν θα διεγερθεί αν δεν έχει πρώτα ενεργοποιηθεί το χρονικό T1. Ο τελευταίος συγκριτής, δηλαδή το block "CMP==" ελέγχει αν ο χρόνος που ήταν πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς START 2 ήταν ίσος με 3sec και αν ισχύει αυτό και ταυτοχρόνως δεν συνεχίζει να είναι πιεσμένος ο εν λόγω διακόπτης επαναφοράς, ενεργοποιείται η Ηλεκτροβαλβίδα 1 / Electrovalve 1. Εν συνεχεία, στον παραπάνω κώδικα STL του Network 2 ισχύουν τα εξής. Οι εντολές "A(" σηματοδοτούν την έναρξη πολλαπλών AND blocks των οποίων οι συνθήκες θα πρέπει να είναι λογικά αληθείς ώστε ο κώδικας στο εσωτερικό τους να εκτελεστεί. Εσωτερικά στα εν λόγω blocks συναντούμε την εντολή "L MW 100" η οποία φορτώνει την τιμή από θέση μνήμης MW100 στον συσσωρευτή / accumulator ώστε μέσω της εκτέλεσης της "BTI" να γίνει η μετατροπή της καταχώρησης του συσσωρευτή / accumulator από BCD σε μορφή Integer. Μετά, η εντολή "T MW 101" θα μεταφέρει το αποτέλεσμα της μετατροπής από BCD σε Integer, στη θέση μνήμης MW101 και θα ακολουθήσουν οι εσωτερικές εντολές ρουτίνας του PLC, "SET" και "SAVE" που θέτουν κι αποθηκεύουν την τιμή το status bit ίση με 1 καθώς και η "CLR" που θα κάνει reset το status bit. Εν συνεχεία, η εντολή "A BR" θα πραγματοποιήσει τη λογική πράξη AND με το bit που είναι αποθηκευμένο στο Bit Register, ώστε η εντολή "JNB_001" που ακολουθεί, να ελέγξει εάν το status bit είναι false και αν ισχύει αυτό να παραβλέψει τον τμήμα κώδικα που ακολουθεί και να μεταπηδήσει στο label 001. Αν το status bit δεν είναι false, θα εκτελεστεί τόσο η "L MW101" μέσω της οποίας φορτώνεται η τιμή της θέσης μνήμης MW101 που έχει μεταφερθεί στον συσσωρευτή / accumulator, όσο η "L 100" η οποία φορτώνει τη σταθερή αριθμητική τιμή 100 από τον συσσωρευτή / accumulator, ώστε να ακολουθήσει η εντολή "/" που θα πραγματοποιήσει την ακέραια διαίρεση μεταξύ των προαναφερθέντων ορισμάτων που έχουν μεταφερθεί από τον συσσωρευτή. Η εντολή "T MW 102" θα μεταφέρει το αποτέλεσμα της προηγούμενης ακέραιας διαίρεσης στη θέση μνήμης MW 102, με σκοπό την μελλοντική της χρήση. Για λόγους προστασίας του προγράμματος από υπερχειλίση / overflow, θα εκτελεστεί η "AN OV" η οποία πραγματοποιεί

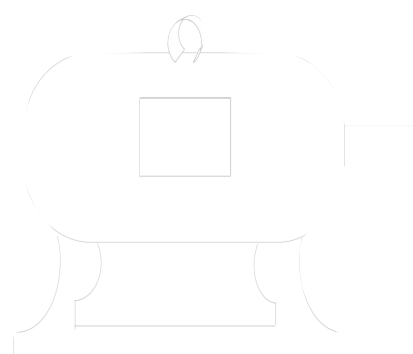
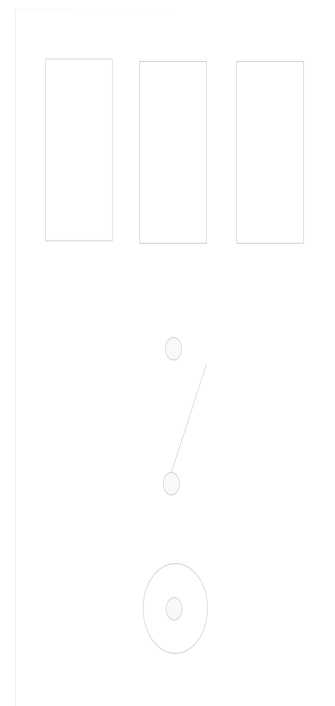
Network 2 : Conversion of BCD to Int

```

A(
A(
A(
L    MW    100
BTI
T    MW    101
SET
SAVE
CLR
A    BR
)
JNB  _001
L    MW    101
L    100
/I
T    MW    102
AN   OV
SAVE
CLR
_001: A    BR
)
JNB  _002
L    9
L    MW    102
-I
T    MW    103
AN   OV
SAVE
CLR
_002: A    BR
)
A(
L    MW    103
L    9
<>I
)
A(
L    MW    103
L    3
==I
)
AN   "START 2"
=    "Electrovalve 1"

```

Παρασκευάς Σ.Θ. Mixanplifing



I0.2
Q0.5

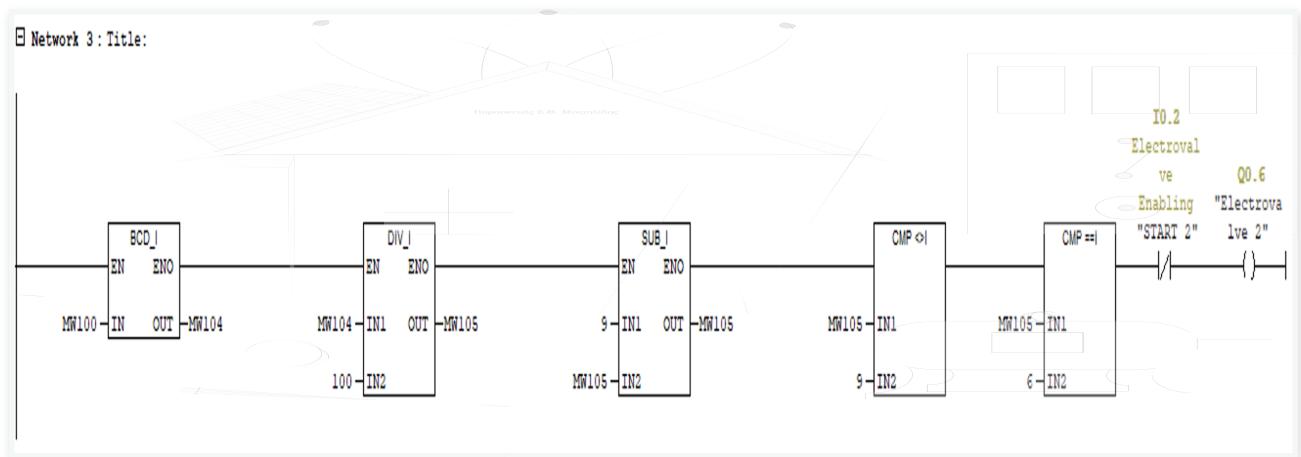
-- Electrovalve Enabling

Εικόνα 2.5: Pumping Station's Network 2 - STL Code

τη λογική πράξη AND NOT με το overflow flag (OV) και ακολουθούν οι εσωτερικές εντολές ρουτίνας του PLC, "SAVE" και "CLEAR" οι οποίες επιτελούν τον ίδιο σκοπό που αναλύσαμε παραπάνω. Επειτα, το σώμα της "JNB_001" που περιγράφηκε, εκτελείται μετά την "_001: A BR" που αποτελεί μία no-op line, ήτοι μία εντολή χωρίς περιεχόμενο εκτέλεσης, αλλά που σκοπό έχει να καθορίσει το σημείο του κώδικα από το οποίο θα συνεχίσει η εκτέλεση, αν το status bit είχε ανιχνευθεί false. Όπως και παραπάνω, η εντολή "JNB_002", θα ελέγξει εάν το τρέχων status bit είναι false και αν ισχύει αυτό, θα παραβλέψει το τμήμα κώδικα που ακολουθεί και θα μεταπηδήσει στο label 002. Μετέπειτα, οι εντολές "L 9" και "L MW 102" θα φορτώσουν τη σταθερή αριθμητική τιμή 9 και την καταχώρηση της θέσης μνήμης MW 102 ώστε να ακολουθήσει η μεταξύ τους ακέραια αφαίρεσης μέσω της εντολής "-" και με τη χρήση της "T MW 103" θα γίνει η μεταφορά του αποτελέσματος στη θέση μνήμης MW103, για μελλοντική χρήση. Όπως και παραπάνω, η εντολή "AN OV" θα χρησιμοποιηθεί για λόγους προστασίας του προγράμματος από υπερχείλιση / overflow και θα ακολουθήσουν οι δομικές - εσωτερικές εντολές του προγράμματος "SAVE" και "CLEAR". Επειτα, το σώμα της "JNB_002" που περιγράφηκε, εκτελείται μετά την εντολή "_002: A BR". Κατά αντιστοιχία με πριν, οι εντολές "A(" σηματοδοτούν την έναρξη πολλαπλών AND blocks. Ακολουθούν οι "L MW 103" και "L 9" που στόχο έχουν να φορτώσουν τις τιμές τόσο της θέσης μνήμης MW 103 όσο της σταθερής αριθμητικής τιμής 9, ώστε να πραγματοποιηθεί η ακέραια σύγκριση μέσω της "<>" η οποία ελέγχει αν η MW 103 δεν ισούται με 9. Επίσης, μέσω των εντολών "L MW 103" και "L 3" φορτώνονται οι τιμές τόσο της θέσης μνήμης MW 103 όσο της σταθερής αριθμητικής τιμής 3, που αυτή τη φορά ακολουθούνται από την ακέραια σύγκριση "==" που ελέγχει αν οι προαναφερθείσες τιμές είναι ίσες. Το αποτέλεσμα την προηγούμενης λογικής πράξης θα εκτελεσθεί η λογική πράξη AND NOT με το σήμα της μεταβλητής εισόδου START 2, διά μέσου της εντολής "AN START 2" και αν η συνθήκη αληθεύει η έξοδος Electrovalve 1 θα γίνει set και θα ενεργοποιηθεί μέσω της εντολής "=Electrovalve 1".

Στη συνέχεια, με το **Network 3** ελέγχεται αν ο διακόπτης επαναφοράς START 2 ήταν πιεσμένος για 6s, διότι τότε, θα ενεργοποιηθεί η Ηλεκτροβαλβίδα 2 / Electrovalve 2. Όσον αφορά στο κύκλωμα Ladder, κατά αντιστοιχία με τον αλγόριθμο ελέγχου της Ηλεκτροβαλβίδας 1 / Electrovalve 1, από την έξοδο BCD του χρονικού T1, λαμβάνουμε την τιμή του εναπομείναντος χρόνου την οποία οδηγούμε στο "BCD_I" block, του οποίου την έξοδο την καταχωρούμε στην θέση μνήμης MW104. Από εκεί οδηγείται στο block "DIV_I" του οποίου την έξοδο την καταχωρούμε στην θέση μνήμης MW105. Στη συνέχεια, η MW105 οδηγείται στο block "SUB_I" προκειμένου να γίνει η ακέραια αφαίρεση της διάρκειας του παραγόμενου παλμού του χρονικού T1 και του εναπομείναντος χρόνου που ήδη έχουμε μετατρέψει και προσαρμόσει χρονικά. Το αποτέλεσμα της εν λόγω πράξης, καταχωρείται στη θέση μνήμης MW105 και συνιστά το χρόνο που ήταν πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς START 2. Ακολούθως, με το block "CMP<>" εξασφαλίζεται ότι η 2^η Ηλεκτροβαλβίδα δεν θα διεγερθεί αν δεν έχει πρώτα ενεργοποιηθεί το χρονικό T1 και ο τελευταίος συγκριτής, δηλαδή το block "CMP==" ελέγχει αν ο χρόνος που ήταν πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς START 2, ήταν ίσος με 6sec . Αν η συνθήκη είναι αληθής και ο

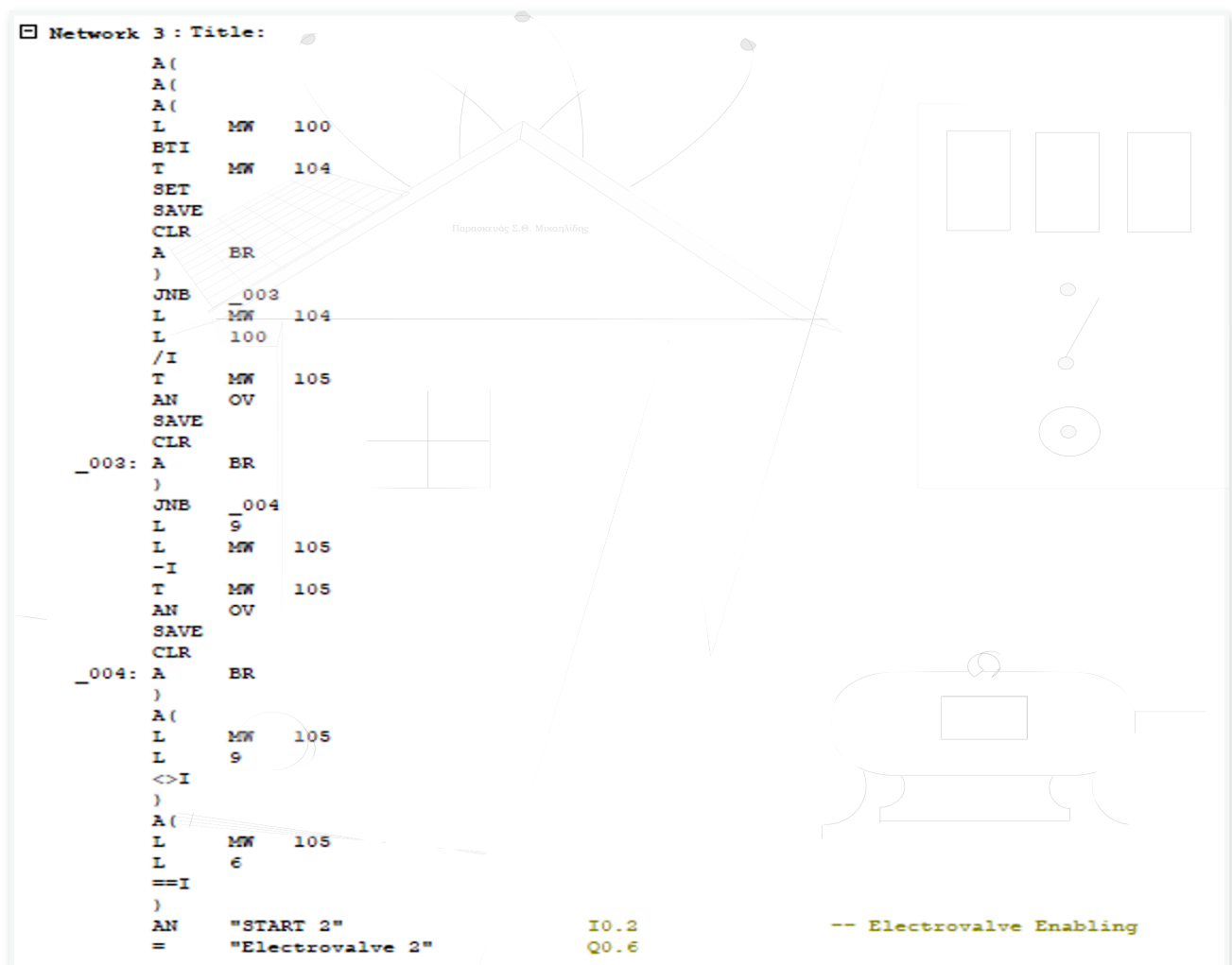
προαναφερθέντας διακόπτης επαναφοράς δεν συνεχίζει να είναι πιεσμένος, ενεργοποιείται η Ηλεκτροβαλβίδα 2 / Electrovalve 2.



Εικόνα 2.6: Pumping Station's Network 3 - Ladder

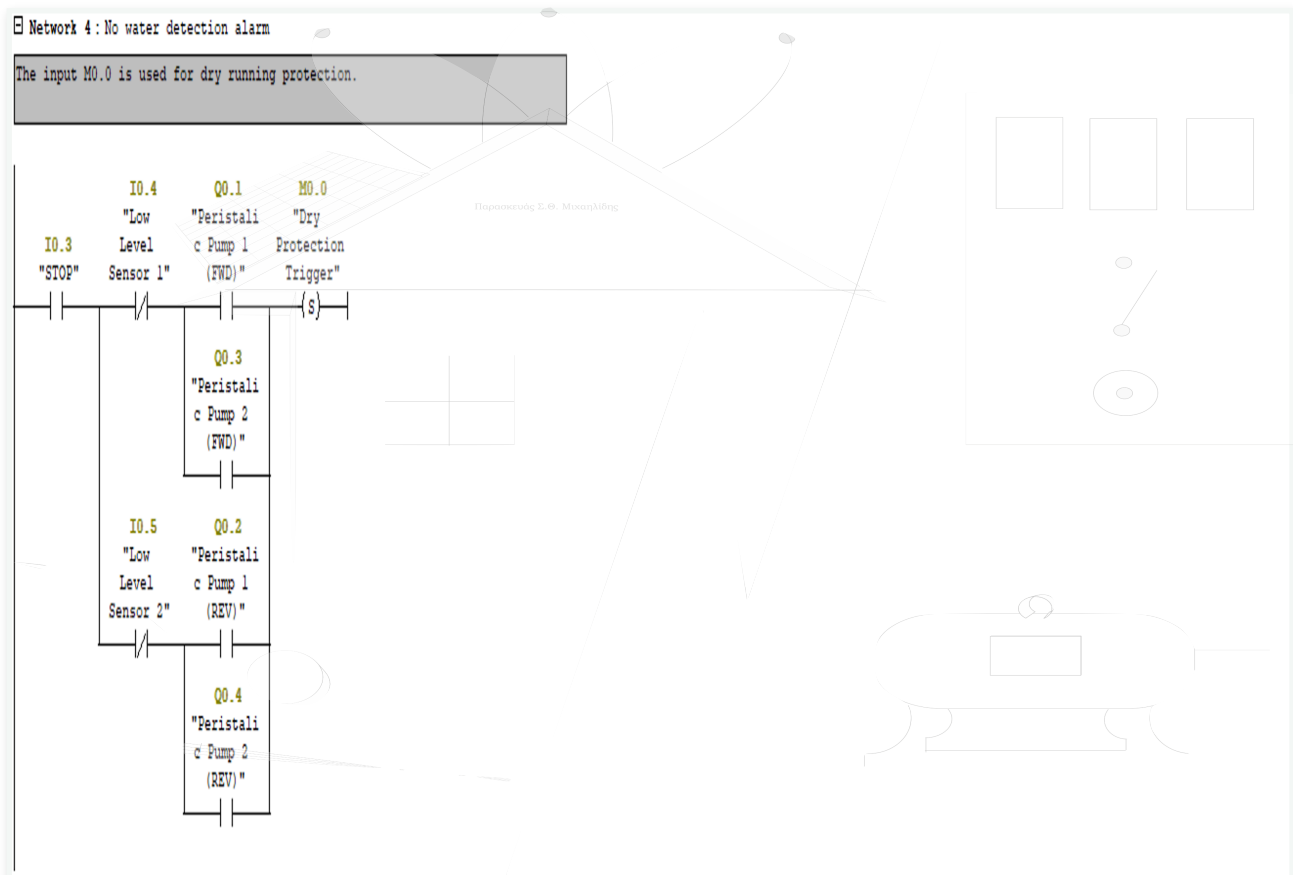
Στον παρακάτω κώδικα STL του Network 3 ισχύουν τα εξής. Οι εντολές “A(” σηματοδοτούν κι εδώ την έναρξη πολλαπλών AND blocks των οποίων οι συνθήκες θα πρέπει να είναι λογικά αληθείς ώστε ο κώδικας στο εσωτερικό τους να εκτελεστεί. Η εντολή “L MW 100” φορτώνει την τιμή από θέση μνήμης MW100, στον συσσωρευτή / accumulator, ώστε με την εκτέλεση της “BTI” να γίνει η μετατροπή της καταχώρησης του συσσωρευτή / accumulator, από BCD σε μορφή Integer. Ακολουθως, η εντολή “T MW 104” θα μεταφέρει το αποτέλεσμα της προαναφερθείσας μετατροπής στη θέση μνήμης MW104 και θα ακολουθήσουν οι εσωτερικές εντολές ρουτίνας του PLC, “SET” και “SAVE”. Στη συνέχεια, η εντολή “A BR” θα πραγματοποιήσει τη λογική πράξη AND με το bit που είναι αποθηκευμένο στο Bit Register, ώστε η εντολή “JNB_003” που ακολουθεί να ελέγξει εάν το status bit είναι false και αν ισχύει αυτό, να παραβλέψει τον τμήμα κώδικα που ακολουθεί και να μεταπηδήσει στο label 003. Αν το status bit δεν είναι false, θα εκτελεστεί τόσο η “L MW104” μέσω της οποίας φορτώνεται η τιμή της θέσης μνήμη MW104, όσο η “L 100”, η οποία φορτώνει την σταθερή αριθμητική τιμή 100 από τον συσσωρευτή / accumulator, ώστε να ακολουθήσει η εντολή “/I” που θα πραγματοποιήσει την ακέραια διαίρεση μεταξύ των προαναφερθέντων ορισμάτων. Η εντολή “T MW 105” θα μεταφέρει το αποτέλεσμα της προηγούμενης ακέραιας διαίρεσης στη θέση μνήμης MW 105, με σκοπό την μελλοντική της χρήση. Για λόγους προστασίας του προγράμματος από υπερχείλιση / overflow, θα εκτελεστεί η “AN OV” η οποία πραγματοποιεί τη λογική πράξη AND NOT με το overflow flag (OV) και θα ακολουθήσουν οι εσωτερικές εντολές ρουτίνας του PLC, “SAVE” και “CLEAR” οι οποίες επιτελούν το σκοπό που ήδη έχουμε αναλύσει. Επειτα, το σώμα της “JNB_003” που ήδη περιγράφηκε, εκτελείται μετά την “_003: A BR” που αποτελεί κι εκείνη μία no-op line, η οποία καθορίζει το σημείο του κώδικα από το οποίο θα συνεχίσει η εκτέλεση, αν το status bit έχει ανιχνευθεί false. Οπως και προηγουμένως, η εντολή “JNB_004”, θα ελέγξει εάν το τρέχων status bit είναι false και αν ισχύει αυτό, θα παραβλέψει το τμήμα κώδικα που ακολουθεί και θα μεταπηδήσει στο label 004. Μετέπειτα, οι εντολές “L 9” και “L MW 105” θα φορτώσουν τη σταθερή αριθμητική τιμή 9

και την καταχώρηση της θέσης μνήμης MW 105 ώστε να ακολουθήσει η μεταξύ τους ακέραια αφαίρεση μέσω της εντολής “-I” και με τη χρήση της “T MW 105” να γίνει η μεταφορά του αποτελέσματος στη θέση μνήμης MW105, για μελλοντική χρήση. Οπως και παραπάνω, η εντολή “AN OV” θα χρησιμοποιηθεί για λόγους προστασίας του προγράμματος από υπερχειλίση / overflow και θα ακολουθήσουν οι δομικές - εσωτερικές εντολές του προγράμματος “SAVE” και “CLEAR”. Επειτα, το σώμα της “JNB_004” που ήδη περιγράφηκε, εκτελείται μετά την εντολή “_004: A BR”. Κατά αντιστοιχία, οι εντολές “ A(“ σηματοδοτούν την έναρξη πολλαπλών AND blocks. Ακολουθούν οι “L MW 105” και “L 9” που στόχο έχουν να φορτώσουν τις τιμές τόσο της θέσης μνήμης MW 105 όσο της σταθερής αριθμητικής τιμής 9, ώστε να πραγματοποιηθεί η ακέραιη σύγκριση μέσω της “<>I” η οποία ελέγχει αν η MW 105 δεν ισούται με 9. Επίσης, μέσω των εντολών “L MW 105” και “L 6” φορτώνονται οι τιμές τόσο της θέσης μνήμης MW 105 όσο της σταθερής αριθμητικής τιμής 6, που αυτή τη φορά ακολουθούνται από την ακέραιη σύγκριση “==I” που ελέγχει αν οι προαναφερθείσες τιμές είναι ίσες. Με το αποτέλεσμα την προηγούμενης λογικής πράξης θα εκτελεσθεί η λογική πράξη AND NOT με το σήμα της μεταβλητής εισόδου START 2, μέσω της εντολής “AN START 2” και αν η συνθήκη αληθεύει, η έξοδος Electrovalve 2 θα γίνει set και θα ενεργοποιηθεί μέσω της εντολής “=Electrovalve 2”.



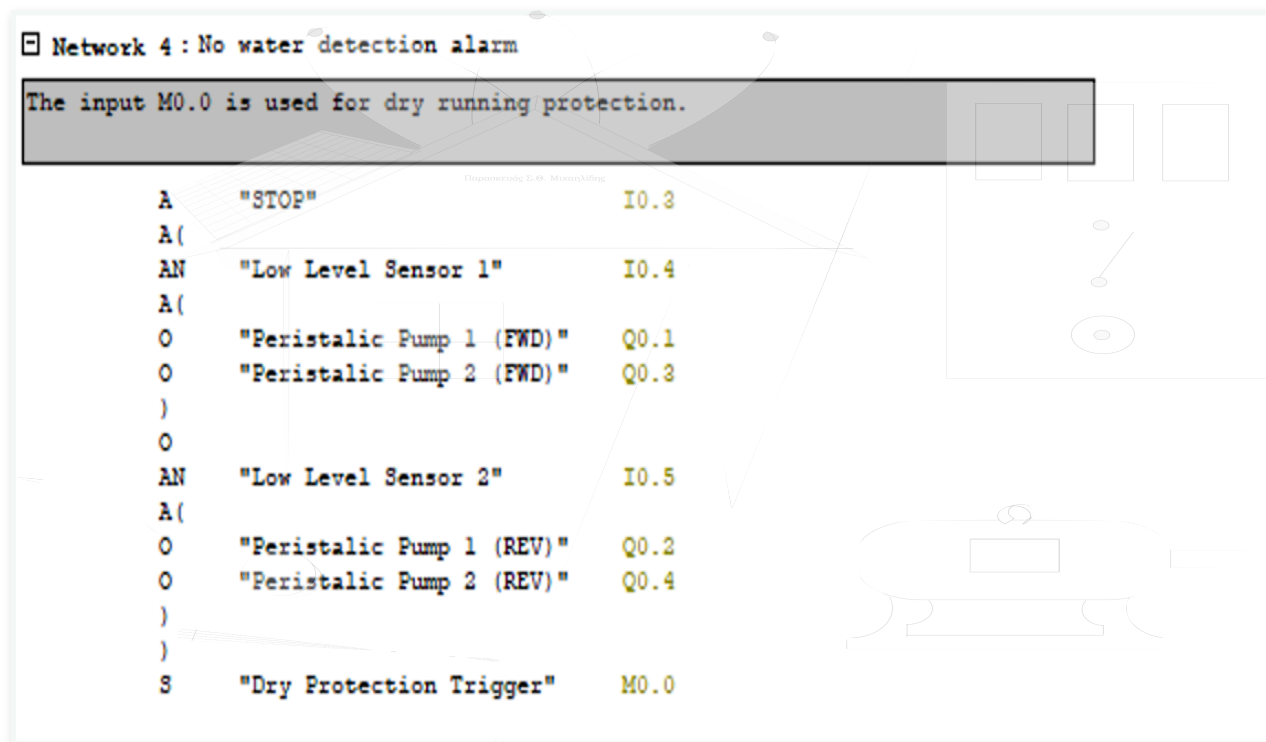
Εικόνα 2.7: Pumping Station's Network 3 - STL Code

Το **Network 4** που ακολουθεί, έχει στόχο να εξασφαλίσει την προστασία των αντλιών από την λειτουργία εν κενώ / dry running. Συγκεκριμένα, στο κύκλωμα Ladder, είτε έχουμε αποδιέγερση του Αισθητήρα Χαμηλής Στάθμης 1 / Low Level Sensor 1 κατά την ορθή φορά περιστροφής των αντλιών (FWD) είτε έχουμε αποδιέγερση του Αισθητήρα Χαμηλής Στάθμης 2 / Low Level Sensor 2 κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής των αντλιών (REV), το σήμα ενεργοποίησης “Dry Protection Trigger” γίνεται set, προκειμένου να γίνει διακοπή της τροφοδοσίας τους. Επειτα, στον παρακάτω κώδικα STL του Network 4 ισχύουν τα εξής. Με την εντολή “A STOP” ελέγχεται εάν ο



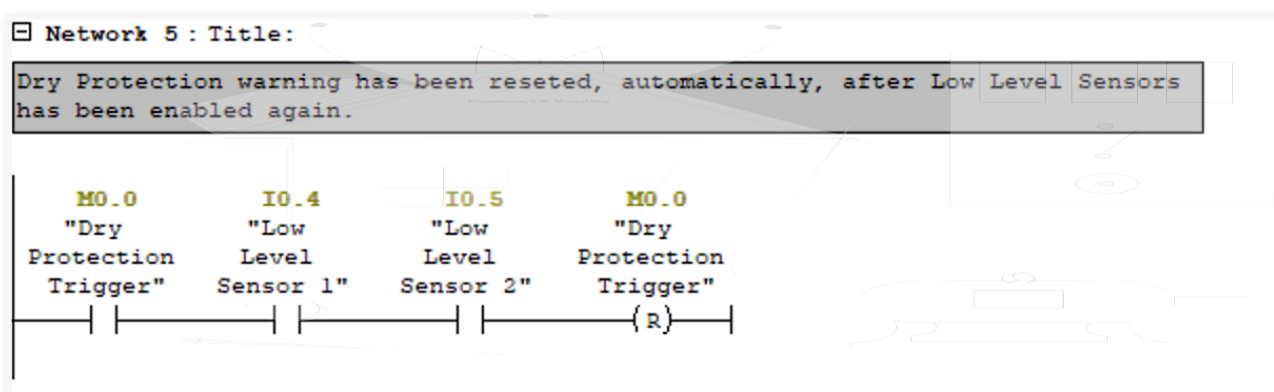
Εικόνα 2.8: Pumping Station's Network 4 - Ladder

ο διακόπτης επαναφοράς STOP είναι πιεσμένος κι αν ισχύει αυτό, το πρόγραμμα προχωρά στην εκτέλεση των επόμενων εντολών. Η “AN ‘Low Level Sensor 1’ ” και η “AN ‘Low Level Sensor 2’ ” ελέγχουν αν οι προαναφερθέντες ελεγκτές χαμηλής στάθμης δεν είναι ενεργοί. Οσον αφορά στην ορθή φορά περιστροφής (FWD), η “O ‘Peristaltic Pump 1 (FWD)’ ” και η “O ‘Peristaltic Pump 2 (FWD)’ ” ελέγχουν αν περιστρέφεται κάποια από τις Peristaltic Pump 1 ή Peristaltic Pump 2, ορθά. Κατά αντιστοιχία, για την ανάστροφη φορά (REV), η εντολή “O ‘Peristaltic Pump 1 (REV)’ ” και η “O ‘Peristaltic Pump 2 (REV)’ ” ελέγχουν αν περιστρέφεται κάποια από τις Peristaltic Pump 1 ή Peristaltic Pump 2, ανάστροφα. Ακόμη, οι εντολές “A(“ σηματοδοτούν κι εδώ την έναρξη πολλαπλών AND blocks των οποίων οι συνθήκες ελέγχονται αν είναι λογικά αληθείς. Ακόμη μέσω της εντολής “S ‘Dry Protection Trigger’ ” ενεργοποιείται ο μηχανισμός προστασίας από εν κενώ λειτουργία των αντλιών.



Εικόνα 2.9: Pumping Station's Network 4 - STL Code

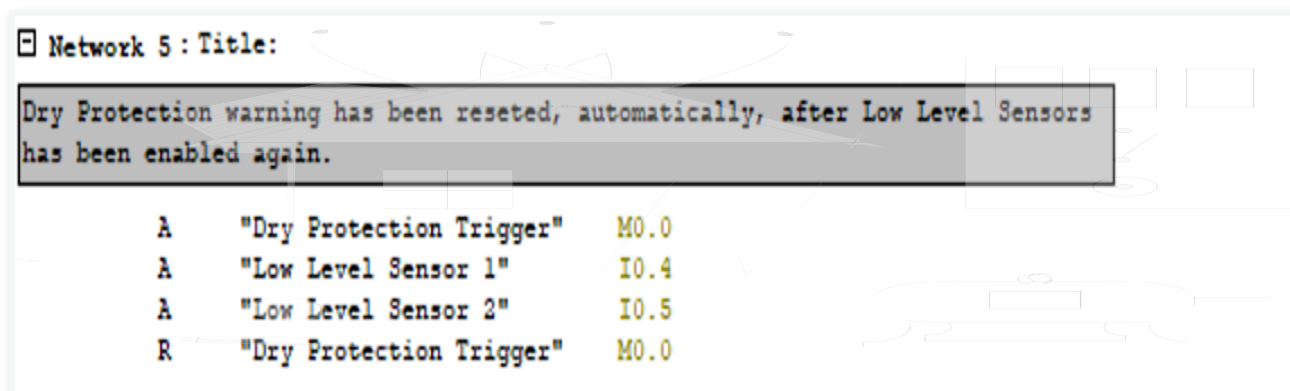
Ακολούθως, στο **Network 5** θα επιτευχθεί πρακτικά, η επαναφορά / reset του σήματος προστασία των αντλιών από την λειτουργία εν κενώ / dry running που παρήχθηκε στο προηγούμενο network, εφόσον έχουμε επαναδιέγερση των ελεγκτών χαμηλής στάθμης των δεξαμενών. Συγκεκριμένα, στο κύκλωμα Ladder, αν έχουμε ενεργό το σήμα "Dry Protection Trigger" / M0.0 και ταυτόχρονα είναι ενεργοποιημένοι οι ελεγκτές χαμηλής στάθμης των δεξαμενών, "Low Level Sensor 1" και η "Low Level Sensor 2", γίνεται επαναφορά / reset του σήματος M0.0. Στη συνέχεια, στον παρακάτω κώδικα STL του Network 5 με τις εντολές "A 'Dry



Εικόνα 2.10: Pumping Station's Network 5 - Ladder

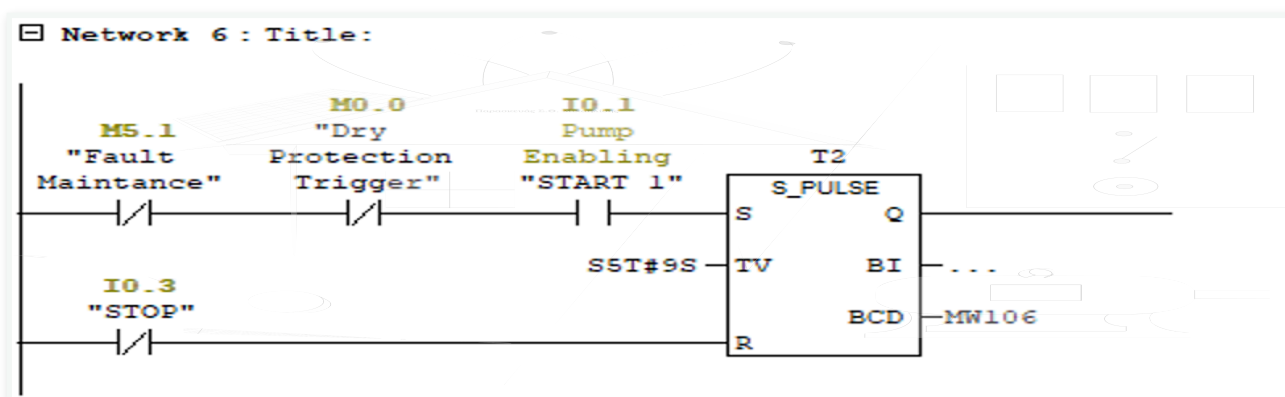
Protection Trigger' ", " A 'Low Level Sensor 1' ", " A 'Low Level Sensor 2' " ελέγχεται εάν το σήμα της αντίστοιχης παραμέτρου είναι ενεργό κι αν ισχύει αυτό, το πρόγραμμα προχωρά στην επαναφορά του σήματος "Dry Protection Trigger" μέσω της εντολής " R 'Dry Protection

Trigger’ ”.Όπως έχουμε αναλύσει και στην ενότητα “Πίνακας Συμβόλων”, μέσω της I0.1 [Start 1] καθορίζεται από ποια και προς ποια δεξαμενή θα έχουμε ροή υγρού.



Εικόνα 2.11: Pumping Station’s Network 5 - STL Code

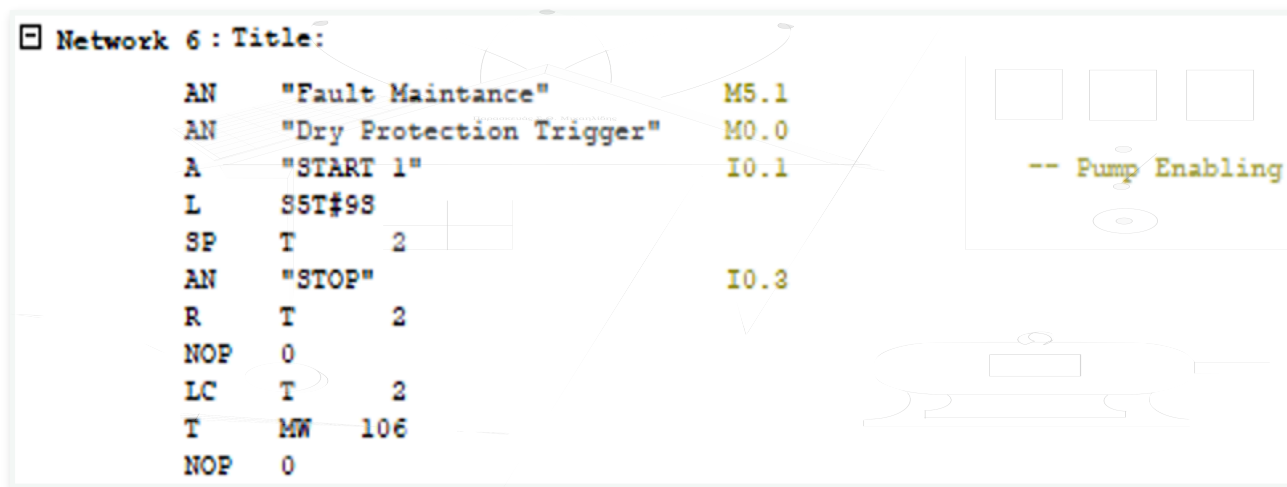
Συνεπώς στο κύκλωμα Ladder του **Network 6**, αν δεν είναι ενεργά τα σήματα “Fault Maintance” και “Dry Protection Trigger” και ταυτόχρονα είναι πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς START 1, θα εκκινεί η λειτουργία του χρονικού T2. Η επαναφορά του, ώστε να ξεκινήσει εκ νέου η διαδικασία της χρονικής καταμέτρησης, επιτυγχάνεται με την πίεση του διακόπτη επαναφοράς STOP. Ο παραγόμενος παλμός, είναι ενδεικτικά ορισμένος στα 9s και ο χρόνος που απομένει για την ολοκλήρωση της λειτουργίας του χρονικού καταχωρείται στην θέση μνήμης, μεγέθους word, MW106. Στη συνέχεια, στον ακόλουθο κώδικα STL του Network 6 με τις εντολές “AN ‘Fault



Εικόνα 2.12: Pumping Station’s Network 6 - Ladder

Maintance’ ” , “ AN ‘Dry Protection Trigger’ ” ελέγχεται αν το σήμα των αντίστοιχων παραμέτρων δεν είναι ενεργό ενώ με την “ A ‘START 1’ ”, αν ο εν λόγω διακόπτης επαναφοράς είναι πιεσμένος. Εφόσον ισχύουν τα προηγούμενα, με την “L S5T#9s” φορτώνεται η σταθερά χρόνου των 9s στο χρονικό T2 και με την “SP T2” εκκινεί η λειτουργία του. Με την χρήση της “ AN ‘STOP’ ” ελέγχεται αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος, καθώς τότε μέσω της “R T2” θα γίνει επαναφορά / reset του χρονικού T2 στις αρχικές του ρυθμίσεις. Επίσης, οι εντολές “NOP 0” λειτουργούν ως ένα κενό διάστημα και δεν εκτελείται καμία πράξη. Εν συνεχεία, η “LC T 2”

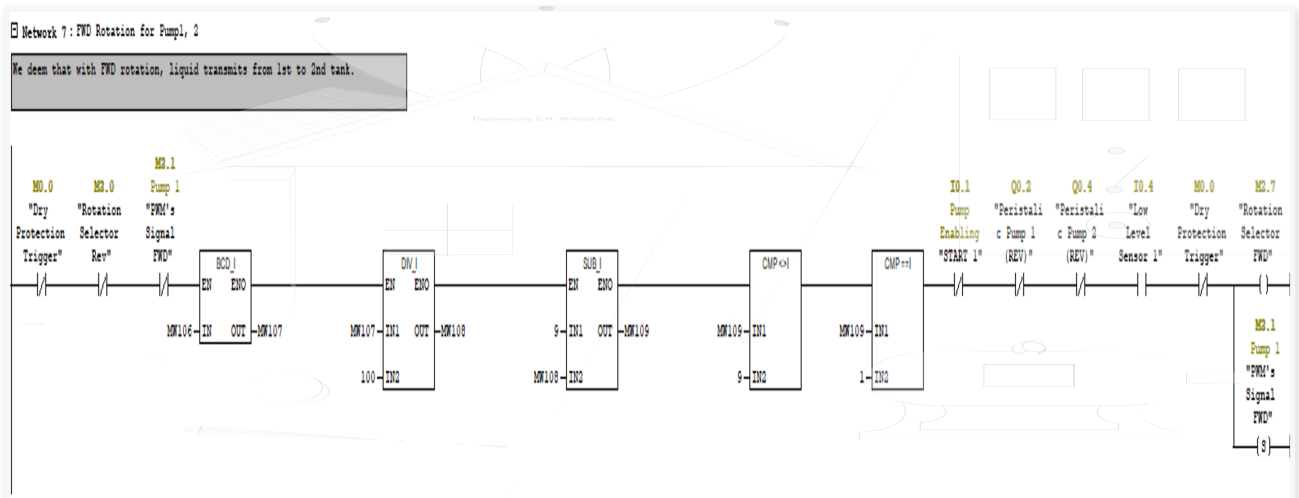
φορτώνει την τρέχουσα τιμή του T2, στον συσσωρευτή / accumulator. Τέλος, η “T MW 106” μεταφέρει την τιμή από τον συσσωρευτή / accumulator, στη θέση μνήμης MW106.



Εικόνα 2.13: Pumping Station's Network 6 - STL Code

Επειτα, με το **Network 7** ελέγχεται αν ο διακόπτης επαναφοράς START 1 ήταν πιεσμένος για 1s, καθώς τότε, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στα Networks που σχετίζονται με την ορθή φορά περιστροφής (FWD) και επιτελούν τις λειτουργίες, τόσο της επιλογικότητας μεταξύ των αντλιών, όσο του ελέγχου PWM, όπως περιγράφησαν στην ενότητα “Περιγραφή της εφαρμογής”. Συγκεκριμένα, στο κύκλωμα Ladder, αν δεν είναι ενεργοποιημένα τόσο τα σήματα “Dry Protection Trigger” για την προστασία από από εν κενώ λειτουργία, “Rotation Selector Rev” για την αποτροπή απότομης αλλαγής περιστροφής όσο το “PWM’s Signal FWD” που αφορά στο σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM για την ορθή φορά (που θα σήμαινε ότι την τρέχουσα χρονική στιγμή ήδη κάποια αντλία βρίσκεται σε λειτουργία), σε αυτή την περίπτωση δίνεται σήμα ενεργοποίησης της διαδικασίας μετατροπής του περιεχομένου της θέσης μνήμης MW106 από BCD, σε Integer αναπαράσταση. Ακολούθως, από την έξοδο του μετατροπέα, την τιμή που λαμβάνουμε, την καταχωρούμε στην θέση μνήμης MW107. Από εκεί οδηγείται στο block “DIV_I” του οποίου την έξοδο την καταχωρούμε στη θέση μνήμης MW108. Στη συνέχεια, η MW108 οδηγείται στο block “SUB_I” προκειμένου να γίνει η ακέραια αφαίρεση της διάρκειας του παραγόμενου παλμού του χρονικού T2 και του εναπομείνοντος χρόνου που ήδη έχουμε μετατρέψει και προσαρμόσει χρονικά. Το αποτέλεσμα της εν λόγω πράξης καταχωρείται στη θέση μνήμης MW109 και συνιστά το χρόνο που ήταν πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς START 1. Ακολούθως, με το block “CMP<>” εξασφαλίζεται ότι δεν θα δοθεί σήμα ενεργοποίησης στις επόμενες βαθμίδες αν δεν έχει πρώτα πιεσθεί ο διακόπτης επαναφοράς START 1 και ο τελευταίος συγκριτής, ήτοι το block “CMP==” ελέγχει αν ο χρόνος που ήταν πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς START 1 ήταν ίσος με 1sec . Αν η συνθήκη είναι αληθής, ο προαναφερθέντας διακόπτης επαναφοράς δεν είναι πιεσμένος, οι δύο αντλίες δεν δίνουν σήμα περιστροφής κατά την ανάστροφη φορά, η προστασία από εκ κενώ λειτουργία είναι ανενεργή και με τον Αισθητήρα Χαμηλής Στάθμης της 1 (Low Level Sensor 1) να είναι ενεργό, δίνεται σήμα

ενεργοποίησης των επόμενων βαθμίδων που αφορούν την Επιλογικότητα μεταξύ των αντλιών (M3.7) και του Ελέγχου PWM (M3.1). Στον παρακάτω κώδικα STL του Network 7 ισχύουν τα εξής.



Εικόνα 2.14: Pumping Station's Network 7 - Ladder

Οι εντολές “ A[“ σηματοδοτούν κι εδώ την έναρξη πολλαπλών AND blocks των οποίων οι συνθήκες θα πρέπει να είναι λογικά αληθείς ώστε ο κώδικας στο εσωτερικό τους να εκτελεστεί. Οι εντολές “ AN ‘Dry Protection Trigger’ ”, “ AN ‘Rotation Selector Rev’ ” και “ AN ‘PWM’s Signal FWD’ ” ελέγχουν αν το σήμα των αντίστοιχων παραμέτρων είναι ανενεργό, με την εντολή “JNB_005” που ακολουθεί, να ελέγχει εάν το status bit είναι false. Σε αυτή την περίπτωση, θα γίνει παράκαμψη του τμήματος του κώδικα που ακολουθεί και θα γίνει μεταπήδηση στο label 005. Η εντολή “L MW 106” φορτώνει την τιμή από θέση μνήμης MW106, στον συσσωρευτή / accumulator, ώστε με την εκτέλεση της “BTI” να γίνει η μετατροπή της καταχώρησης του συσσωρευτή / accumulator, από BCD σε μορφή Integer κι μετά η εντολή “T MW 107” θα μεταφέρει το αποτέλεσμα της προαναφερθείσας μετατροπής στη θέση μνήμης MW107. Θα ακολουθήσουν οι εσωτερικές εντολές ρουτίνας του PLC, “SET”, “SAVE” και “CLR”. Επειτα, το σώμα της “JNB_005” που περιγράφηκε ήδη, εκτελείται μετά την “_005: A BR” που αποτελεί κι εκείνη μία no-op line, η οποία καθορίζει το σημείο του κώδικα από το οποίο θα συνεχίσει η εκτέλεση, αν το status bit είχε ανιχνευθεί false. Όπως και προηγουμένως, η εντολή “JNB_006”, θα ελέγξει εάν το τρέχων status bit είναι false και αν ισχύει αυτό, θα παραβλέψει το τμήμα κώδικα που ακολουθεί και θα μεταπηδήσει στο label 006. Αν το status bit δεν είναι false, θα εκτελεστεί τόσο η “L MW107” μέσω της οποίας φορτώνεται η τιμή της θέσης μνήμης MW107, όσο η “L 100”, η οποία φορτώνει την σταθερή αριθμητική τιμή 100 από τον συσσωρευτή / accumulator, ώστε να ακολουθήσει η εντολή “/I” που θα πραγματοποιήσει την ακέραια διαίρεση μεταξύ των προαναφερθέντων ορισμάτων. Η εντολή “T MW 108” θα μεταφέρει το αποτέλεσμα της προηγούμενης ακέραιας διαίρεσης στη θέση μνήμης MW 108, με σκοπό την μελλοντική της χρήση. Για λόγους προστασίας του προγράμματος από υπερχείλιση / overflow, θα εκτελεστεί η “AN OV” η οποία πραγματοποιεί τη λογική πράξη AND NOT με το overflow flag (OV) και ακολουθούν εσωτερικές εντολές ρουτίνας του PLC, η “SAVE” και “CLEAR”. Ακολούθως, το σώμα

της “JNB_006” που περιγράφηκε παραπάνω, εκτελείται μετά την “_006: A BR” που αποτελεί κι εκείνη μία no-op line. Αντίστοιχα, η εντολή “JNB_007”, θα ελέγξει εάν το τρέχων status bit είναι false και αν ισχύει αυτό, θα παραβλέψει το τμήμα κώδικα που ακολουθεί και θα μεταπηδήσει στο label 007. Μετέπειτα, οι εντολές “L 9” και “L MW 108” θα φορτώσουν τη σταθερή αριθμητική τιμή 9 και την καταχώρηση της θέσης μνήμης MW 108, ώστε να ακολουθήσει η μεταξύ τους ακέραια αφαίρεση μέσω της εντολής “-I” και με τη χρήση της “T MW 109”, θα γίνει η μεταφορά του αποτελέσματος στη θέση μνήμης MW109, για μελλοντική χρήση. Όπως και παραπάνω, η εντολή “AN OV” θα χρησιμοποιηθεί για λόγους προστασίας του προγράμματος από υπερχείλιση / overflow και θα ακολουθήσουν οι δομικές - εσωτερικές εντολές του προγράμματος “SAVE” και “CLEAR”. Επειτα, το σώμα της της “JNB_007”, εκτελείται μετά την εντολή “_007: A BR”. Κατά αντιστοιχία, οι εντολές “A(“ σηματοδοτούν την έναρξη πολλαπλών AND blocks. Ακολουθούν οι “L MW 109” και “L 9” που στόχο έχουν να φορτώσουν τις τιμές τόσο της θέσης μνήμης MW 109 όσο της σταθερής αριθμητικής τιμής 9, ώστε να πραγματοποιηθεί η ακέραια σύγκριση μέσω της “<>I” , η οποία ελέγχει αν η MW 109 δεν ισούται με 9. Επίσης, μέσω των εντολών “L MW 109” και “L 1” φορτώνονται οι τιμές τόσο της θέσης μνήμης MW 109 όσο της σταθερής αριθμητικής τιμής 1, που αυτή τη φορά ακολουθούνται από την ακέραια σύγκριση “==I”, που ελέγχει αν οι προαναφερθείσες τιμές είναι ίσες. Με το αποτέλεσμα της προηγούμενης λογικής πράξης θα εκτελεσθεί λογικό AND NOT με τα σήματα των παραμέτρων START 1, Peristaltic Pump 1 (REV), Peristaltic Pump 2 (REV) μέσω των εντολών “AN START 1”, “Peristaltic Pump 1 (REV)” και “Peristaltic Pump 2 (REV)”. Ακολούθως με το προηγούμενο αποτέλεσμα, θα εκτελεσθεί λογικό AND και αμέσως μετά λογικό AND NOT με τα σήματα των παραμέτρων Low Level Sensor 1 και Dry Protection Trigger, αντίστοιχα. Αν οι προηγούμενες συνθήκες αληθεύουν, θα δοθεί σήμα ενεργοποίησης των βαθμίδων που επιτελούν τους ρόλους της Επιλογικότητας μεταξύ των αντλιών (M3.7) και του Ελέγχου PWM (M3.1).

Στη συνέχεια, με το **Network 8** ελέγχεται αν ο διακόπτης επαναφοράς START 1 ήταν πιεσμένος χρόνο διαφορετικό του 1s, διότι τότε, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στα Network που σχετίζονται με την ανάστροφη φορά περιστροφής (REV) και επιτελούν τις λειτουργίες τόσο της επιλογικότητας μεταξύ των αντλιών όσο του ελέγχου PWM, όπως περιγράφησαν στην ενότητα “Περιγραφή της εφαρμογής”. Συγκεκριμένα, στο κύκλωμα Ladder, αν δεν είναι ενεργοποιημένα τόσο τα σήματα “Dry Protection Trigger” για την προστασία από από εν κενώ λειτουργία, “Rotation Selector FWD” για την αποτροπή απότομης αλλαγής περιστροφής όσο το “PWM’s Signal Rev” που αφορά στο σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM για την ανάστροφη φορά (που θα σήμαινε ότι την τρέχουσα χρονική στιγμή ήδη κάποια αντλία βρίσκεται σε λειτουργία), δίνεται σήμα ενεργοποίησης της διαδικασίας μετατροπής του περιεχομένου της θέσης μνήμης MW106 από BCD σε Integer αναπαράσταση. Ακολούθως, από την έξοδο του μετατροπέα, την τιμή που λαμβάνουμε την καταχωρούμε στην θέση μνήμης MW139. Από εκεί οδηγείται στο block “DIV_I” του οποίου την έξοδο την καταχωρούμε στην θέση μνήμης MW140. Στη συνέχεια, η MW141 οδηγείται στο block “SUB_I” προκειμένου να ολοκληρωθεί η ακέραια αφαίρεση της διάρκειας του

☐ Network 7 : FWD Rotation for Pump1, 2

We deem that with FWD rotation, liquid transmits from 1st to 2nd tank.

```

A(
A(
A(
AN    "Dry Protection Trigger"    M0.0
AN    "Rotation Selector Rev"     M3.0
AN    "PWM's Signal FWD"         M3.1
JNB   _005
L     MW 106
BTI
T     MW 107
SET
SAVE
CLR
_005: A    BR
)
JNB   _006
L     MW 107
L     100
/I
T     MW 108
AN    OV
SAVE
CLR
_006: A    BR
)
JNB   _007
L     9
L     MW 108
-I
T     MW 109
AN    OV
SAVE
CLR
_007: A    BR
)
A(
L     MW 109
L     9
<>I
)
A(
L     MW 109
L     1
==I
)
AN    "START 1"                  IO.1
AN    "Peristaltic Pump 1 (REV)" Q0.2
AN    "Peristaltic Pump 2 (REV)" Q0.4
A     "Low Level Sensor 1"       IO.4
AN    "Dry Protection Trigger"    M0.0
=     "Rotation Selector FWD"     M2.7
S     "PWM's Signal FWD"         M3.1

```

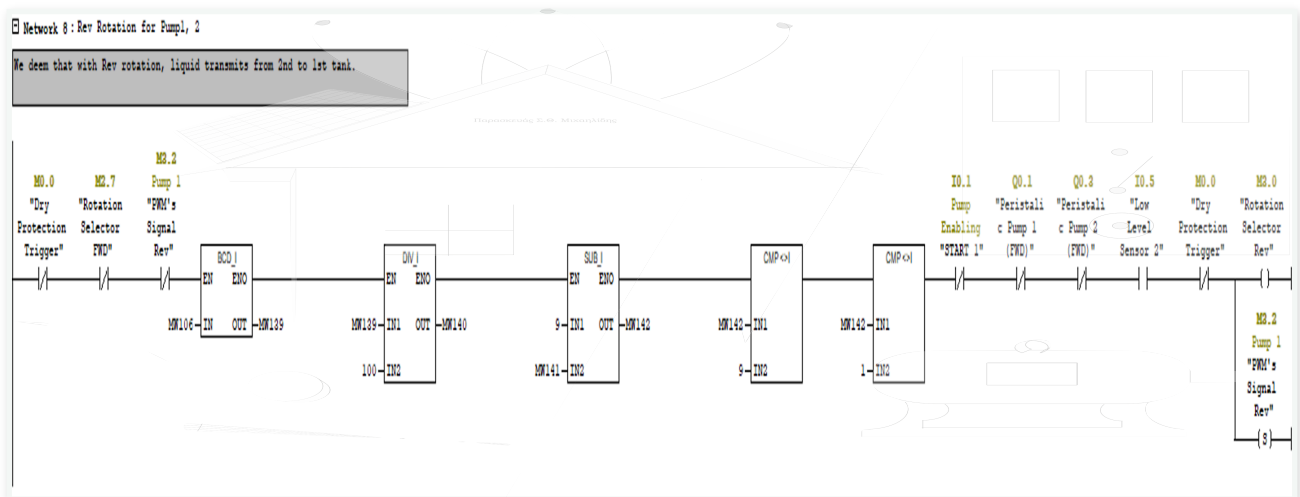
-- Pump 1

-- Pump Enabling

-- Pump 1

Εικόνα 2.15: Pumping Station's Network 7 - STL Code

παραγόμενου παλμού του χρονικού T2 και του εναπομείνοντος χρόνου που ήδη έχουμε μετατρέψει και προσαρμόσει χρονικά. Το αποτέλεσμα της εν λόγω πράξης καταχωρείται στη θέση μνήμης MW142 και συνιστά το χρόνο που ήταν πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς START 1. Ακολούθως, με το block “CMP<” εξασφαλίζεται ότι δεν θα δοθεί σήμα ενεργοποίησης στις επόμενες βαθμίδες αν δεν έχει πρώτα πιεσθεί ο διακόπτης επαναφοράς START 1 και ο τελευταίος συγκριτής, ήτοι το block “CMP==” ελέγχει αν ο χρόνος που ήταν πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς START 1, ήταν διάφορος του 1sec . Αν η συνθήκη είναι αληθής, ο προαναφερθέντας διακόπτης επαναφοράς δεν είναι πιεσμένος, οι δύο αντλίες δεν περιστρέφονται κατά την ορθή φορά, η προστασία από εν κενώ λειτουργία είναι ανενεργή και με τον Αισθητήρα Χαμηλής Στάθμης της 2 (Low Level Sensor 2) να είναι ενεργός, δίνεται σήμα ενεργοποίησης των επόμενων βαθμίδων που αφορούν στην επιλογικότητα μεταξύ των αντλιών (M3.0) και στον έλεγχο PWM (M3.2). Στον κώδικα STL του Network 8 ισχύουν τα εξής. Οι εντολές “A(“ σηματοδοτούν κι εδώ



Εικόνα 2.16: Pumping Station's Network 8 - Ladder

την έναρξη πολλαπλών AND blocks των οποίων οι συνθήκες θα πρέπει να είναι λογικά αληθείς ώστε ο κώδικας στο εσωτερικό τους να εκτελεστεί. Οι εντολές “AN ‘Dry Protection Trigger’ ”, “AN ‘Rotation Selector FWD’ ” και “AN ‘PWM’s Signal Rev’ ” ελέγχουν αν το σήμα των αντίστοιχων παραμέτρων δεν είναι ενεργό, με την εντολή “JNB_008” που ακολουθεί, να ελέγχει εάν το status bit είναι false. Σε αυτή την περίπτωση, θα γίνει παράκαμψη του τμήματος του κώδικα που ακολουθεί και θα γίνει μεταπήδηση στο label 008. Η εντολή “L MW 106” φορτώνει την τιμή από τη θέση μνήμης MW106 στον συσσωρευτή / accumulator, ώστε με την εκτέλεση της “BTI” να γίνει η μετατροπή της καταχώρησης του συσσωρευτή / accumulator, από BCD σε μορφή Integer κι μετά η εντολή “T MW 139” θα μεταφέρει το αποτέλεσμα της προαναφερθείσας μετατροπής στη θέση μνήμης MW139. Θα ακολουθήσουν οι εσωτερικές εντολές ρουτίνας του PLC, “SET”, “SAVE” και “CLR”. Επειτα, το σώμα της της “JNB_008”, εκτελείται μετά την “_008: A BR” που αποτελεί κι εκείνη μία no-op line, η οποία καθορίζει το σημείο του κώδικα από το οποίο θα συνεχίσει η εκτέλεση, αν το status bit είχε ανιχνευθεί false. Όπως και προηγουμένως, η εντολή “JNB_009”, θα ελέγξει εάν το τρέχων status bit είναι false και αν ισχύει αυτό θα παραβλέψει το τμήμα κώδικα

που ακολουθεί και θα μεταπηδήσει στο label 009. Αν το status bit δεν είναι false, θα εκτελεστεί τόσο η “L MW139” μέσω της οποίας φορτώνεται η τιμή της θέσης μνήμη MW139 όσο η “L 100”, η οποία φορτώνει την σταθερή αριθμητική τιμή 100 από τον συσσωρευτή / accumulator ώστε να ακολουθήσει η εντολή “/I” που θα πραγματοποιήσει την ακέρεια διαίρεση μεταξύ των προαναφερθέντων ορισμάτων. Η εντολή “T MW 140” θα μεταφέρει το αποτέλεσμα της προηγούμενης ακέρειας διαίρεσης στη θέση μνήμης MW 140 με σκοπό την μελλοντική της χρήση. Για λόγους προστασίας του προγράμματος από υπερχείλιση / overflow, θα εκτελεστεί η “AN OV” η οποία πραγματοποιεί τη λογική πράξη AND NOT με το overflow flag (OV) και ακολουθούν οι εσωτερικές εντολές ρουτίνας του PLC, η “SAVE” και “CLEAR”. Ακολούθως, το σώμα της “JNB_009”, εκτελείται μετά την “_009: A BR” που αποτελεί κι εκείνη μία no-op line. Αντίστοιχα, η εντολή “JNB_00a”, θα ελέγξει εάν το τρέχων status bit είναι false και αν ισχύει αυτό θα παραβλέψει τον τμήμα κώδικα που ακολουθεί και θα μεταπηδήσει στο label 00a. Μετέπειτα, οι εντολές “L 9” και “L MW 141” θα φορτώσουν τη σταθερή αριθμητική τιμή 9 και την καταχώρηση της θέσης μνήμης MW 141 ώστε να ακολουθήσει η μεταξύ τους ακέρεια αφαίρεση μέσω της εντολής “-I” και με τη χρήση της “T MW 142” θα γίνει η μεταφορά του αποτελέσματος στη θέση μνήμης MW142, για μελλοντική χρήση. Όπως και παραπάνω, η εντολή “AN OV” θα χρησιμοποιηθεί για λόγους προστασίας του προγράμματος από υπερχείλιση / overflow και θα ακολουθήσουν οι δομικές - εσωτερικές εντολές του προγράμματος “SAVE” και “CLEAR”. Επειτα, το σώμα της “JNB_00a” που περιγράφηκε παραπάνω, εκτελείται μετά την εντολή “_00a: A BR”. Κατά αντιστοιχία, οι εντολές “ A(“ σηματοδοτούν την έναρξη πολλαπλών AND blocks. Ακολουθούν οι “L MW 142” και “L 9” που στόχο έχουν να φορτώσουν τις τιμές τόσο της θέσης μνήμης MW 142 όσο της σταθερής αριθμητικής τιμής 9, ώστε να πραγματοποιηθεί η ακέρεια σύγκριση μέσω της “<>I” η οποία ελέγχει αν η MW 142 δεν ισούται με 9. Επίσης, μέσω των εντολών “L MW 142” και “L 1” φορτώνονται οι τιμές τόσο της θέσης μνήμης MW 142 όσο της σταθερής αριθμητικής τιμής 1, που αυτή τη φορά ακολουθούνται από την ακέρεια σύγκριση “==I” που ελέγχει αν οι προαναφερθείσες τιμές είναι ίσες. Με το αποτέλεσμα την προηγούμενης λογικής πράξης θα εκτελεσθεί λογικό AND NOT με τα σήματα των παραμέτρων START 1, Peristaltic Pump 1 (FWD), Peristaltic Pump 2 (FWD) μέσω των εντολών “AN START 1”, “Peristaltic Pump 1 (FWD)” και “Peristaltic Pump 2 (FWD)”. Ακολούθως, με το προηγούμενο αποτέλεσμα, θα εκτελεσθεί λογικό AND και αμέσως μετά λογικό AND NOT με τα σήματα των παραμέτρων Low Level Sensor 2 και Dry Protection Trigger, αντίστοιχα. Αν οι προηγούμενες συνθήκες αληθεύουν, θα δοθεί σήμα ενεργοποίησης των βαθμίδων που επιτελούν τους ρόλους της Επιλογικότητας μεταξύ των αντλιών (M3.0) και του Ελέγχου PWM (M3.2).

Ως συνέχεια του Network 8, το **Network 9**, θα λάβει το σήμα ενεργοποίησης ορθής φοράς περιστροφής και μέσω του χρονικού T3, θα στείλει σε μορφή παλμού, σήμα ενεργοποίησης στην επόμενη βαθμίδα, που θα αφορά στην επιλογικότητα μεταξύ των αντλιών κατά την προαναφερθείσα φορά. Στον κώδικα STL του Network 9 που ακολουθεί, με την εντολή “A ‘Rotation Selector FWD’ ” ελέγχεται αν το σήμα της ορθής φοράς περιστροφής είναι ενεργό. Εφόσον ισχύει αυτό, με την εντολή “L S5T#1S” φορτώνεται η σταθερά χρόνου του 1 sec στο χρονι-

□ Network 8 : Rev Rotation for Pump1, 2

We deem that with Rev rotation, liquid transmits from 2nd to 1st tank.

```

A(
A(
A(
AN    "Dry Protection Trigger"    M0.0
AN    "Rotation Selector FWD"     M2.7
AN    "PWM's Signal Rev"         M3.2
JNB   _008
L     MW    106
BTI
T     MW    139
SET
SAVE
CLR
_008: A    BR
)
JNB   _009
L     MW    139
L     100
/I
T     MW    140
AN    OV
SAVE
CLR
_009: A    BR
)
JNB   _00a
L     9
L     MW    141
-I
T     MW    142
AN    OV
SAVE
CLR
_00a: A    BR
)
A(
L     MW    142
L     9
<>I
)
A(
L     MW    142
L     1
<>I
)
AN    "START 1"                  I0.1
AN    "Peristaltic Pump 1 (FWD)" Q0.1
AN    "Peristaltic Pump 2 (FWD)" Q0.3
A     "Low Level Sensor 2"       I0.5
AN    "Dry Protection Trigger"   M0.0
=     "Rotation Selector Rev"    M3.0
S     "PWM's Signal Rev"         M3.2

```

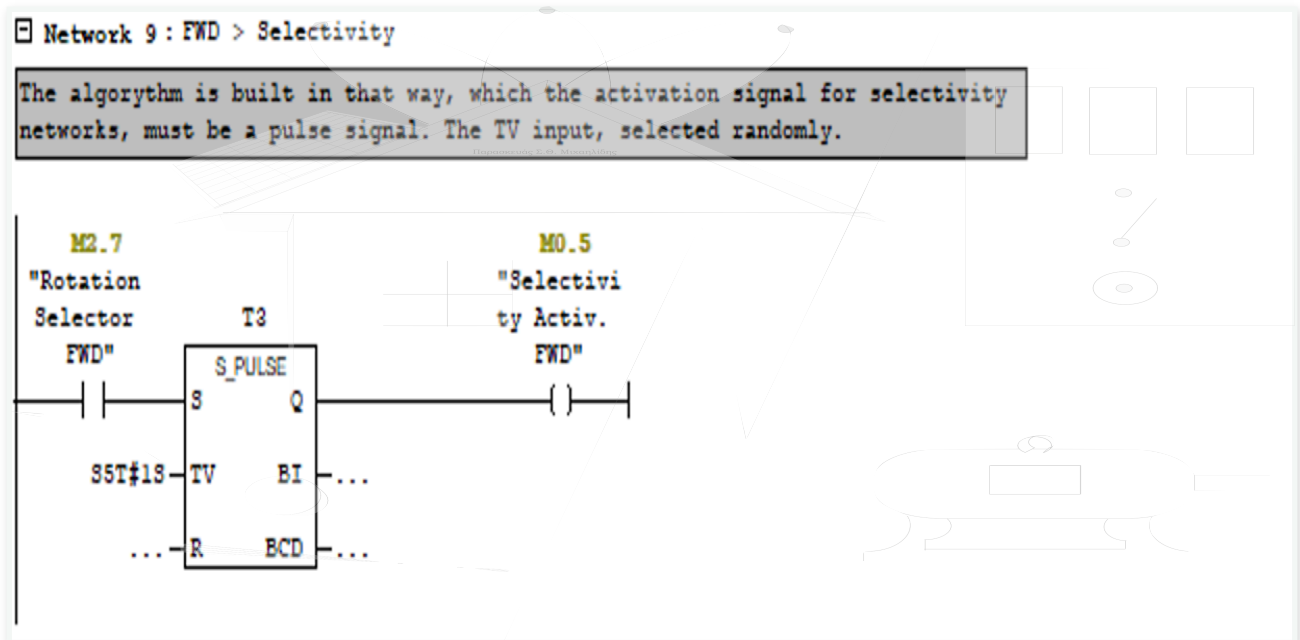
-- Pump 1

-- Pump Enabling

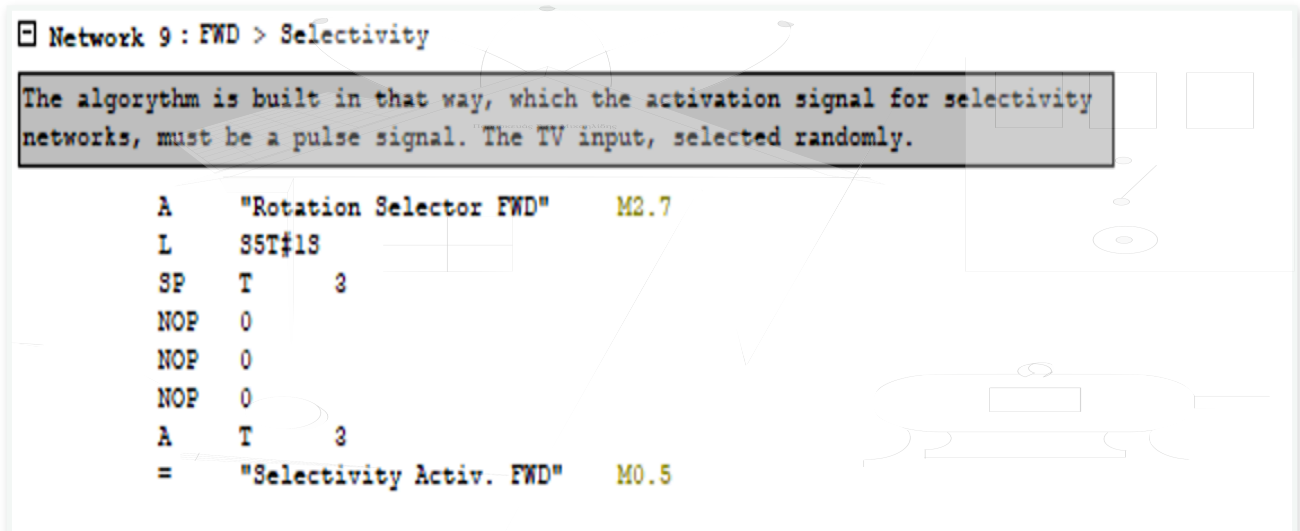
-- Pump 1

Εικόνα 2.17: Pumping Station's Network 8 - STL Code

κο T3 και με την “SP T3” εκκινεί η λειτουργία του. Οι εντολές “NOP 0” που ακολουθούν λειτουργούν, ως κενές πράξεις, χωρίς καμία υπολογιστική λειτουργία. Ακολούθως, η εντολή “A T3” ελέγχει αν έχει ολοκληρωθεί ο χρόνος του χρονικού T3. Εφόσον έχει ολοκληρωθεί, με την εντολή “= ‘Selectivity Activ. FWD’” ενεργοποιείται το σήμα επιλογικότητας κατά την ορθή φορά.



Εικόνα 2.18: Pumping Station’s Network 9 - Ladder

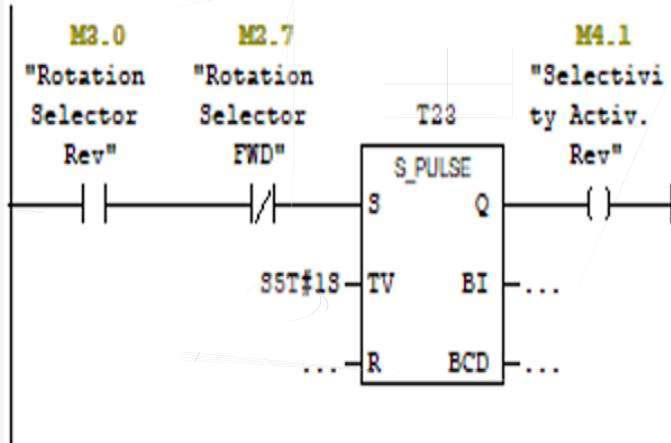


Εικόνα 2.19: Pumping Station’s Network 9 - STL Code

Με παρόμοια λογική, στο **Network 10**, αν το σήμα επιλογής ανάστροφης φοράς περιστροφής είναι ενεργό, μέσω του χρονικού T23, θα σταλεί σε μορφή παλμού, το σήμα ενεργοποίησης στην επόμενη βαθμίδα, το οποίο αφορά στην επιλογικότητα μεταξύ των προηγούμενων αντλιών κατά την ανάστροφη φορά. Επί του κώδικα STL του Network 10, με την εντολή “A ‘Rotation Selector Rev’ ” ελέγχεται αν το σήμα επιλογής ανάστροφης φοράς περιστροφής είναι ενεργό ενώ με την “AN ‘Rotation Selector FWD’ ”, αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό. Δι

□ Network 10 : Rev > Selectivity

The algorithm is built in that way, which the activation signal for selectivity networks, must be a pulse signal. The TV input, selected randomly.



Εικόνα 2.20: Pumping Station's Network 10 - Ladder

ότι αν ισχύει αυτό, με την εντολή "L S5T#1S" φορτώνεται η σταθερά χρόνου του 1 sec στο χρονικό T23 και με την "SP T23" εκκινεί η λειτουργία του. Οι εντολές "NOP 0" που ακολουθούν, λειτουργούν ως κενές πράξεις, χωρίς καμία υπολογιστική λειτουργία. Στη συνέχεια, με την εντολή "A T23" ελέγχεται αν έχει ολοκληρωθεί η λειτουργία του χρονικού T23. Εφόσον έχει ολοκληρωθεί, με την εντολή "= 'Selectivity Activ. Rev'" ενεργοποιείται το σήμα επιλογικότητας για την περιστροφή προς την ανάστροφη φορά.

□ Network 10 : Rev > Selectivity

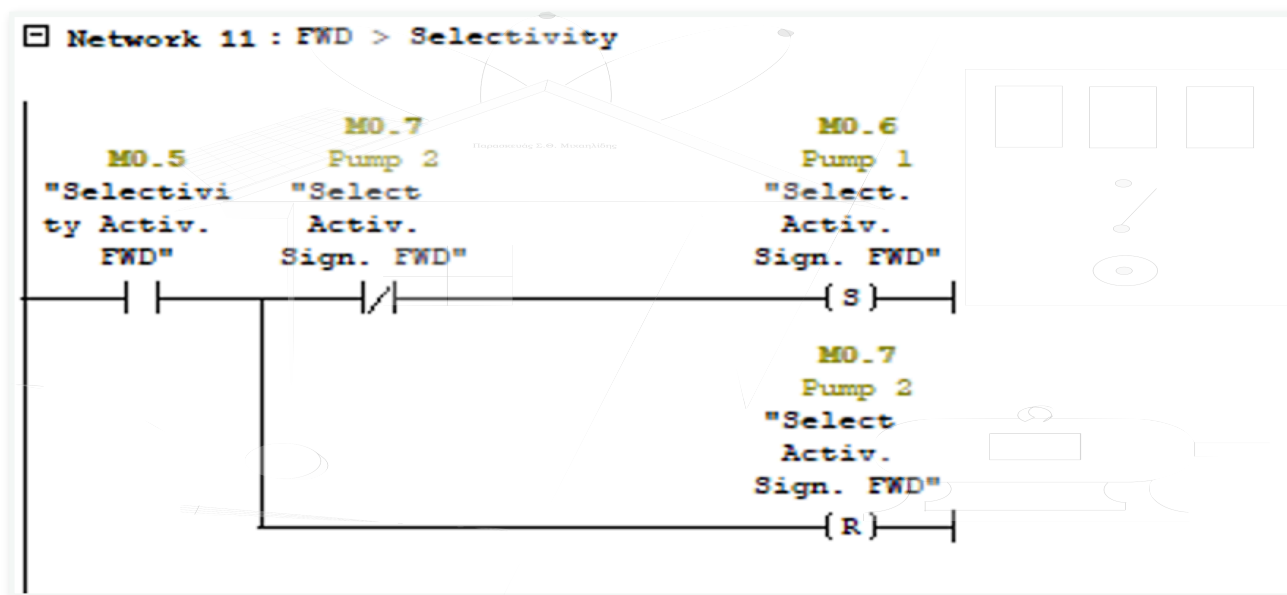
The algorithm is built in that way, which the activation signal for selectivity networks, must be a pulse signal. The TV input, selected randomly.

```

A      "Rotation Selector Rev"      M3.0
AN     "Rotation Selector FWD"      M2.7
L      S5T#1S
SP     T      23
NOP    0
NOP    0
NOP    0
A      T      23
=      "Selectivity Activ. Rev"      M4.1
    
```

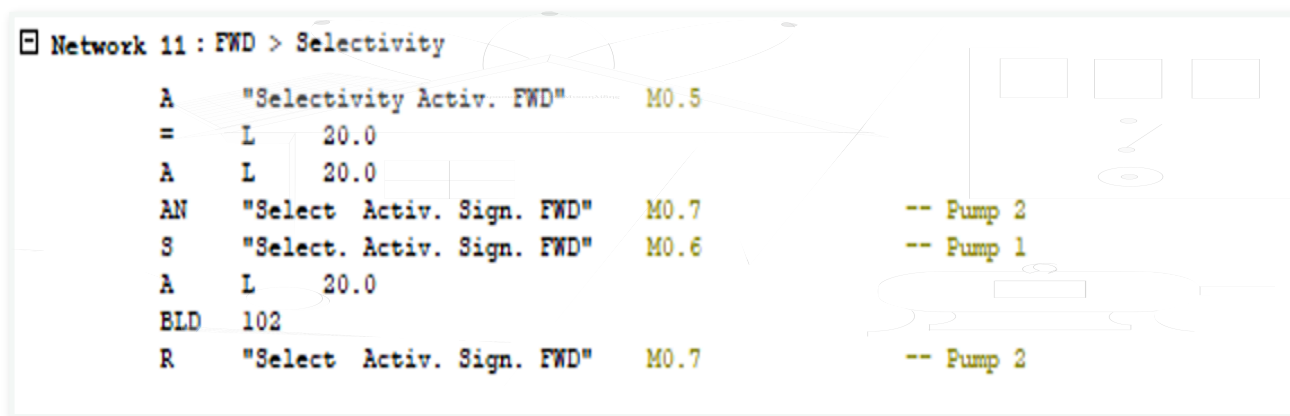
Εικόνα 2.21: Pumping Station's Network 10 - STL Code

Με το **Network 11**, εξειδικεύεται το σήμα επιλογικότητας κατά την ορθή φορά περιστροφής, στην λειτουργία της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας / Peristaltic Pump 1, διότι κάνουμε την σύμβαση πως κατά την εκκίνηση του κύκλου εργασιών των αντλιών, πρώτα θα εκκινήσει η 1^η Περισταλτική Αντλία. Συγκεκριμένα επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει ληφθεί σήμα επιλογικότητας κατά την ορθή φορά περιστροφής και δεν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά περιστροφής στην 2^η Περισταλτική Αντλία / Peristaltic Pump 2 (ώστε να αποφευχθεί η ταυτόχρονη έναρξη των αντλιών, δεδομένου ότι αυτό επιθυμούμε να αποτρέψουμε), δίνεται σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά στην 1^η Περισταλτική Αντλία. Την ίδια



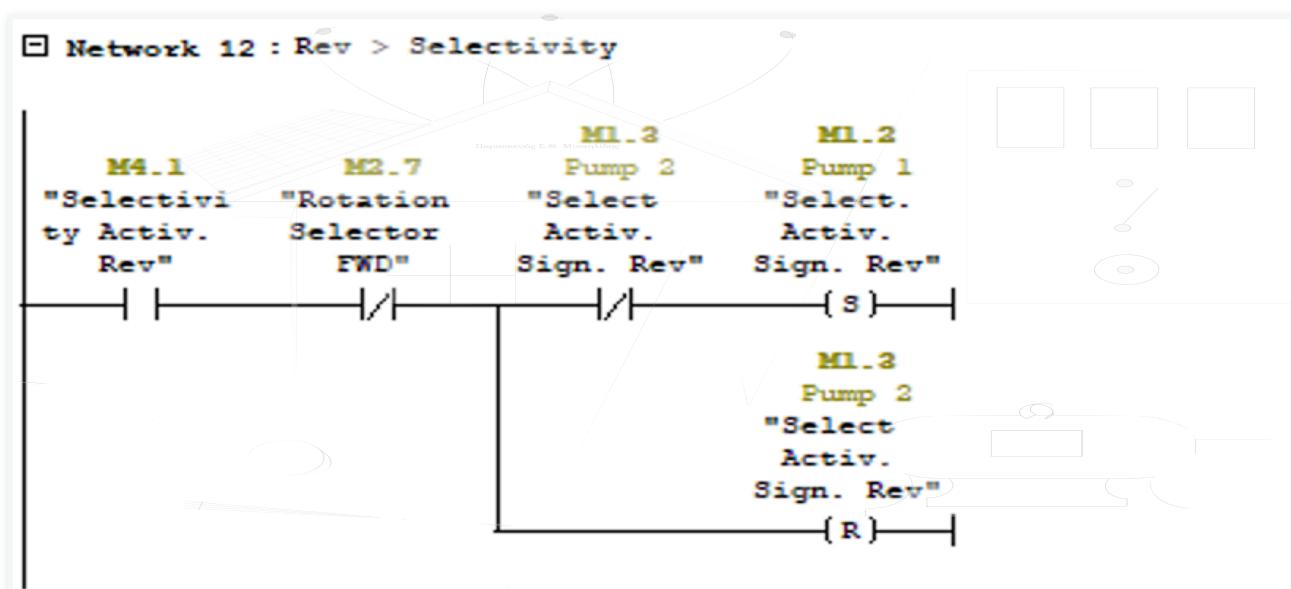
Εικόνα 2.22: Pumping Station's Network 11 - Ladder

στιγμή, τίθεται στο λογικό 0 το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά περιστροφής, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, ώστε να αποφευχθεί η ενεργοποίησή της. Στον κώδικα STL του Network 11, με την εντολή "A 'Selectivity Activ. FWD'" ελέγχεται αν το σήμα επιλογικότητας για την ορθή περιστροφή είναι ενεργό και με την εντολή "= L 20.0" το σήμα αυτό ανατίθεται στη διεύθυνση L 20.0. Με την εντολή "A L 20.0" ελέγχεται η κατάσταση της τιμής που βρίσκεται στη διεύθυνση L 20.0, και με την "AN 'Select Activ. Sign. FWD'" ελέγχεται αν το σήμα επιλογικότητας για την ορθή περιστροφή, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ανενεργό. Εφόσον ισχύουν τα προηγούμενα, με την εντολή "S 'Select. Activ. Sign. FWD'" γίνεται ενεργοποίηση του σήματος επιλογικότητας κατά την ορθή φορά της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας. Στη συνέχεια, με την "A L 20.0" επανελέγχεται η κατάσταση της διεύθυνσης L 20.0, και με την "BLD 102" εκτελείται ένας διακλαδωτής λογικής βαθμίδας (branch logic divider), με στόχο, τον έλεγχο της ροής του προγράμματος. Τέλος, με την "R 'Select Activ. Sign. FWD'" τίθεται στο λογικό 0 το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά περιστροφής, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας.



Εικόνα 2.23: Pumping Station's Network 11 - STL Code

Με το **Network 12**, θα εξειδικευτεί το σήμα επιλογικότητας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής, στην λειτουργία της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας / Peristaltic Pump 1, θεωρώντας την ίδια σύμβαση. Συγκεκριμένα επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει ληφθεί σήμα επιλογικότητας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής, ταυτόχρονα δεν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής στην 2^η Περισταλτική Αντλία / Peristaltic Pump 2 και δεν έχει δοθεί σήμα επιλογής περιστροφής κατά την ορθή φορά, τότε, δίνεται σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ανάστροφη φορά, στην 1^η Περισταλτική Αντλία. Ταυτόχρονα, τίθεται στο λογικό 0 το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, ώστε να αποτρέψουμε την ενεργοποίηση της.



Εικόνα 2.24: Pumping Station's Network 12 - Ladder

Στον κώδικα STL του Network 12 που ακολουθεί, με την εντολή “A ‘Selectivity Activ. Rev’” ελέγχεται αν το γενικό σήμα επιλογικότητας για την αντίστροφη περιστροφή είναι ενεργό και με την εντολή “AN ‘Rotation Selector FWD’” ελέγχεται αν το σήμα της επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό. Εφόσον οι προηγούμενες συνθήκες ισχύουν, με την εντολή “= L

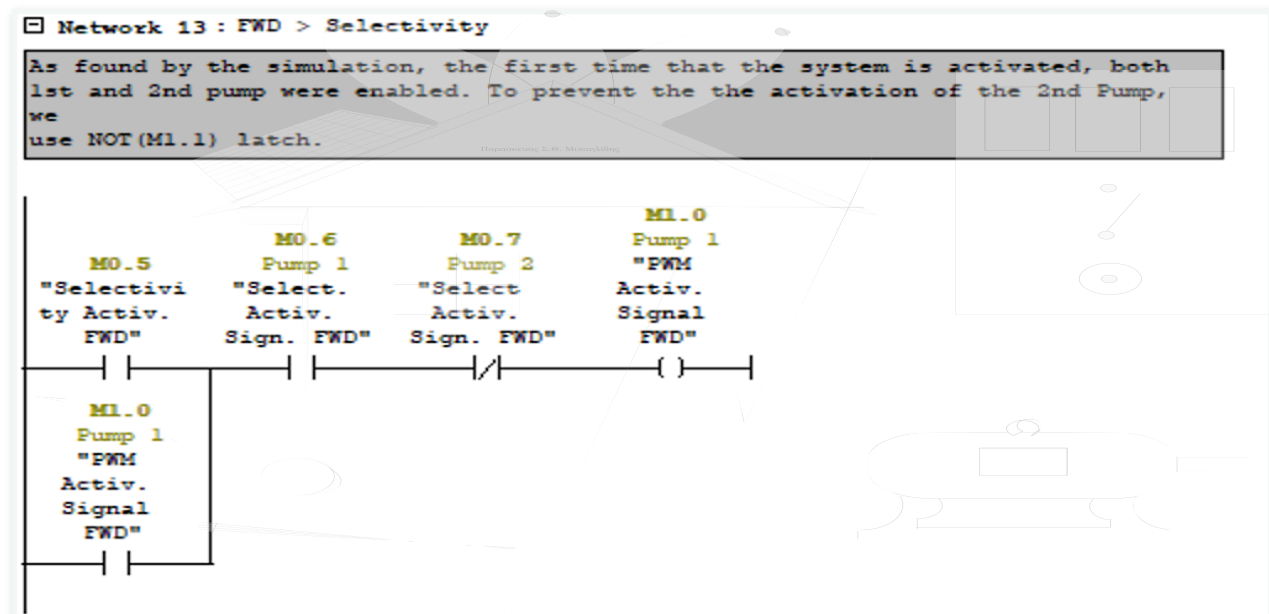
20.0” το αποτέλεσμα ανατίθεται στη διεύθυνση L 20.0 και με την εντολή “A L 20.0” ελέγχεται η κατάσταση της τιμής στη διεύθυνση L 20.0. Με την “AN ‘Select Activ. Sign. Rev’” ελέγχεται αν το σήμα επιλογικότητας για την ανάστροφη περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ανενεργό. Εφόσον ισχύουν τα παραπάνω, με την εντολή “S ‘Select. Activ. Sign. Rev’” γίνεται ενεργοποίηση του σήματος επιλογικότητας για την αντίστροφη περιστροφή της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας. Επειτα, με την “A L 20.0” επανελέγχεται η κατάσταση της τιμής στη διεύθυνση L 20.0, και με την “BLD 102” εκτελείται διακλάδωση για τον έλεγχο της ροής του προγράμματος. Τέλος, με την “R ‘Select Activ. Sign. Rev’” τίθεται στο λογικό 0 το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας.

Network 12 : Rev > Selectivity

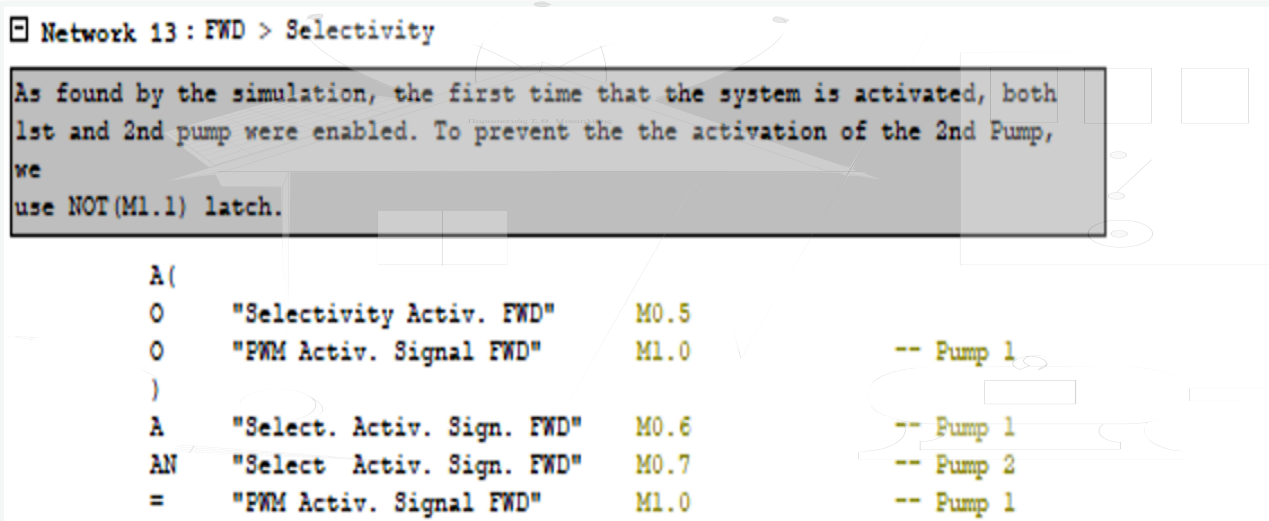
A	"Selectivity Activ. Rev"	M4.1	
AN	"Rotation Selector FWD"	M2.7	
=	L 20.0		
A	L 20.0		
AN	"Select Activ. Sign. Rev"	M1.3	-- Pump 2
S	"Select. Activ. Sign. Rev"	M1.2	-- Pump 1
A	L 20.0		
BLD	102		
R	"Select Activ. Sign. Rev"	M1.3	-- Pump 2

Εικόνα 2.25: Pumping Station's Network 12 - STL Code

Επειτα, το **Network 13**, έχει σκοπό την παραγωγή του σήματος ενεργοποίησης των βαθμίδων ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά περιστροφής, που ακολουθούν. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, είτε έχει δοθεί γενικό σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά, είτε εξειδικευμένα σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM για την 1^η Περισταλτική Αντλία κατά την ίδια φορά, με το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά να είναι ενεργό και το αντίστοιχο σήμα της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας να είναι ανενεργό, δίνεται σήμα ενεργοποίησης των βαθμίδων ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά περιστροφής. Στον κώδικα STL του Network 13, η εντολή “A(” σηματοδοτεί την έναρξη πολλαπλών AND block, την λειτουργία των οποίων έχουμε αναλύσει και παραπάνω. Οι εντολές “O 'Selectivity Activ. FWD'” “O 'PWM Activ. Signal FWD'” ελέγχουν ποιο εκ των σημάτων επιλογικότητας για την ορθή περιστροφή ή ενεργοποίησης PWM για την περιστροφή προς τα εμπρός, είναι ενεργό. Στη συνέχεια, με την εντολή “A 'Select. Activ. Sign. FWD'” ελέγχεται αν το σήμα επιλογικότητας προς τα εμπρός, της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ενεργό, και με την “AN 'Select Activ. Sign. FWD'”, αν το αντίστοιχο σήμα για την 2^η Περισταλτικής Αντλία, είναι ανενεργό. Εφόσον πληρούνται οι παραπάνω συνθήκες, με την εντολή “= 'PWM Activ. Signal FWD'” δίνεται σήμα ενεργοποίησης στις βαθμίδες ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής κατά την ορθή φορά.

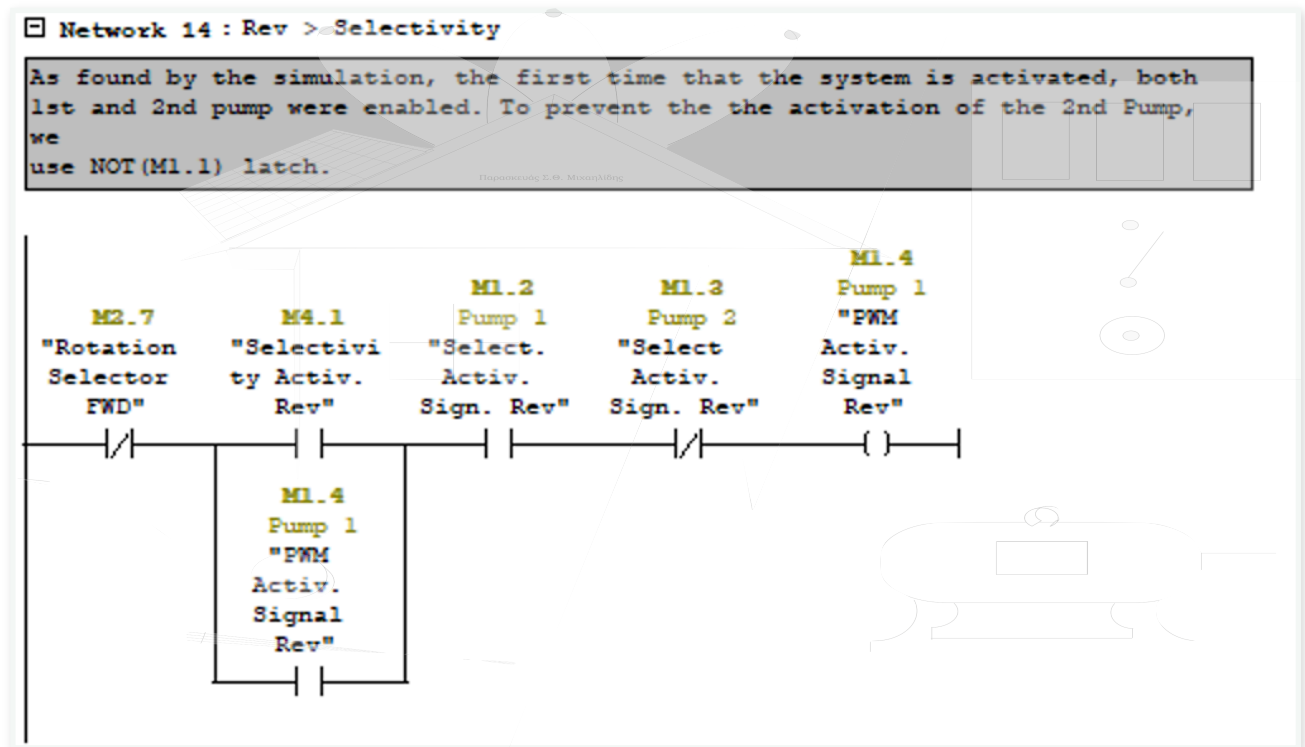


Εικόνα 2.26: Pumping Station's Network 13 - Ladder



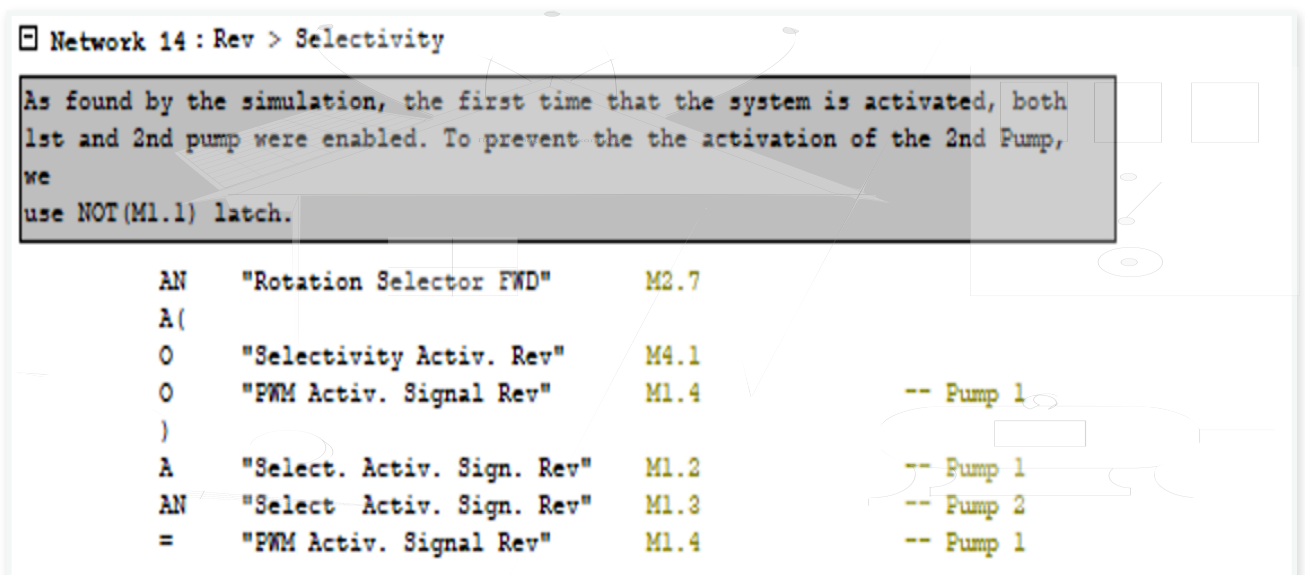
Εικόνα 2.27: Pumping Station's Network 13 - STL Code

Εν συνεχεία, το **Network 14**, έχει σκοπό την παραγωγή του σήματος ενεργοποίησης των βαθμίδων ελέγχου PWM της 1ης Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν δεν έχει δοθεί σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής ενώ έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ανάστροφη φορά ή εξειδικευμένο σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM για την 1η Περισταλτική Αντλία (κατά την ανάστροφη φορά), με το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1ης Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά να είναι ενεργό και το αντίστοιχο σήμα για τη 2η Περισταλτική Αντλίας (κατά την ανάστροφη φορά), να είναι ανενεργό, δίνεται σήμα ενεργοποίησης των βαθμίδων ελέγχου PWM της 1ης Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής. Στον κώδικα STL του Network 14, η εντολή "AN 'Rotation Selector FWD'" ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής δεν είναι ενεργό και η εντολή "A(" σηματοδοτεί την έναρξη πολλών AND block, την λειτουργία των οποίων έχουμε αναλύσει και παραπάνω. Με τις εντολές "O 'Selectivity Activ.



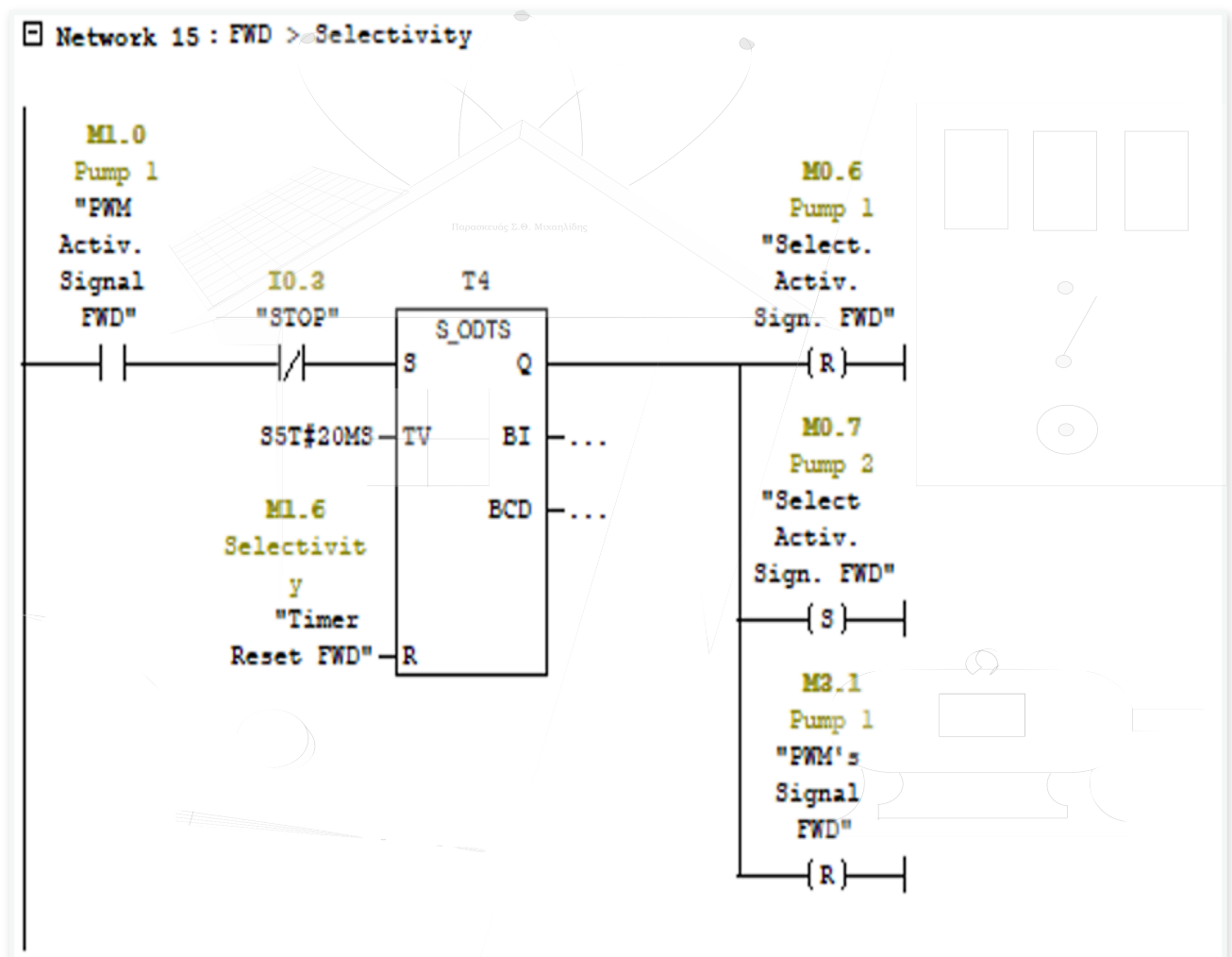
Εικόνα 2.28: Pumping Station's Network 14 - Ladder

Rev''' και "Ο 'PWM Activ. Signal Rev'" ελέγχεται αν το σήμα επιλογικότητας ή το σήμα ενεργοποίησης PWM για την αντίστροφη περιστροφή της 1ης Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό. Εφόσον μία από τις δύο συνθήκες ισχύει, με την εντολή "A 'Select Activ. Sign. Rev'" ελέγχεται αν το σήμα επιλογικότητας της 1ης Περισταλτικής Αντλίας για την ανάστροφη φορά είναι ενεργό, και με την "AN 'Select. Activ. Sign. Rev'" αν το αντίστοιχο σήμα για τη 2η Περισταλτική Αντλία είναι ανενεργό. Εφόσον πληρούνται οι συνθήκες αυτές, με την εντολή "= 'PWM Activ. Signal Rev'" δίνεται σήμα ενεργοποίησης στις βαθμίδες ελέγχου PWM για την περιστροφή της 1ης Περισταλτικής Αντλίας, προς την ανάστροφη φορά.



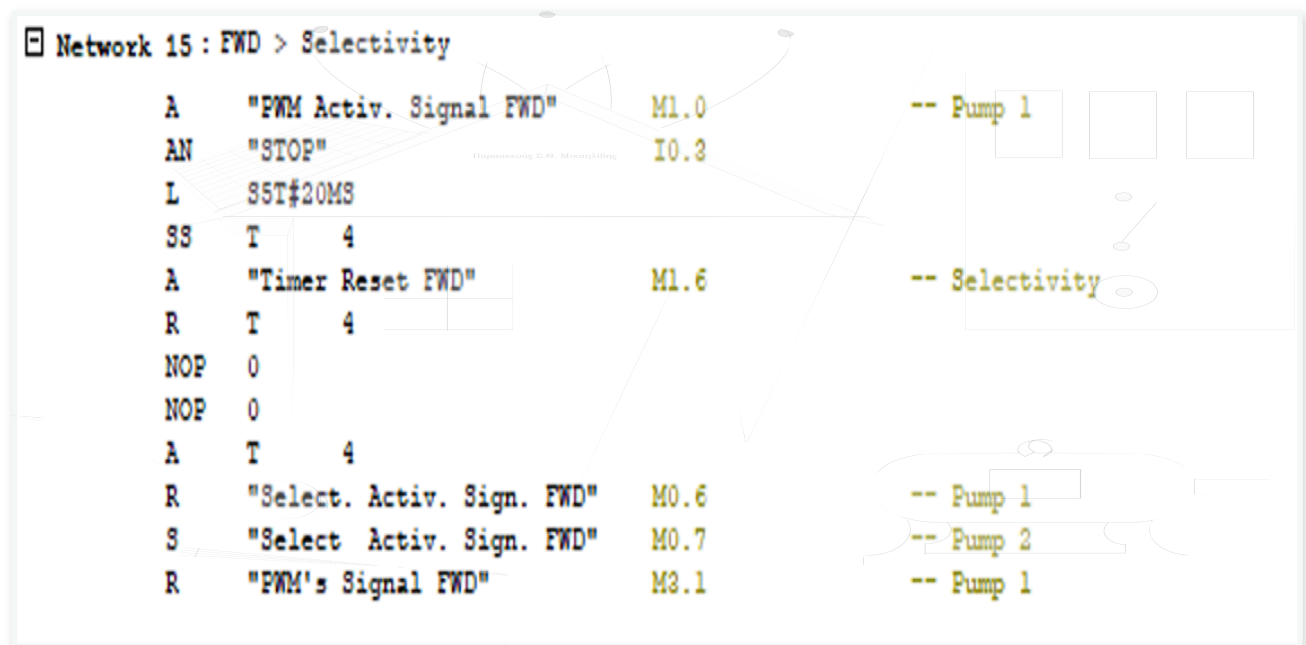
Εικόνα 2.29: Pumping Station's Network 14 - STL Code

Εν συνεχεία, με το **Network 15**, θα παραχθούν τόσο τα σήματα απενεργοποίησης για τις βαθμίδες που αφορούν στον έλεγχο PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά περιστροφής, όσο το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά, ώστε να ολοκληρωθεί ο κύκλος λειτουργίας των δύο αντλιών. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά και δεν έχει πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T4. Η χρήση του εν λόγω τύπου χρονικού, έχει γίνει ώστε να επιτυγχάνεται η επαναληψιμότητα στην διαδοχή της λειτουργίας των αντλιών, με την διάρκεια του παραγόμενου από το χρονικό παλμό, να είναι ο ελάχιστος δυνατός που μας επιτρέπει να ορίσουμε το πρόγραμμα. Με την παρέλευση του προαναφερθέντα χρονικού παλμού, δίνονται σήματα απενεργοποίησης για της βαθμίδες που αφορούν, τόσο στον έλεγχο PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά περιστροφής, όσο κι ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά. Ακόμη, όταν δοθεί σήμα ενεργοποίησης, κατά την ορθή φορά, στη μεταβλητή που ελέγχει την είσοδο Reset του χρονικού T4 (της οποία τη λειτουργία θα αναλύσουμε παρακάτω) το χρονικό επανέρχεται στις αρχικοποιημένες του ρυθμίσεις. Εν συνεχεία, στον κώδικα STL του Network 15, η



Εικόνα 2.30: Pumping Station's Network 15 - Ladder

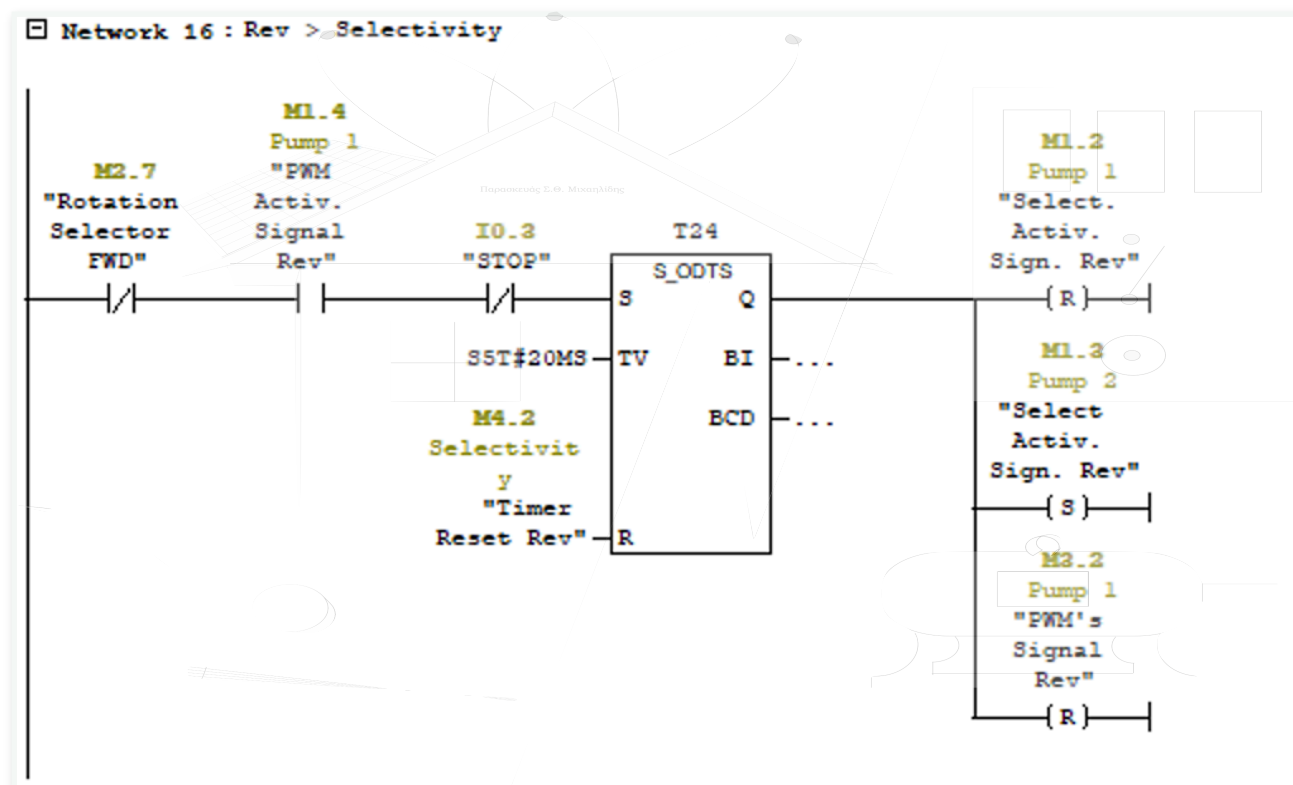
εντολή “A 'PWM Activ. Signal FWD” ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM για την ορθή περιστροφή της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ενεργό, ενώ η εντολή “AN 'STOP” αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος. Στη συνέχεια, με την εντολή “L S5T#20MS” φορτώνεται η χρονική σταθερά των 20ms στο χρονικό T4 και με την “SS T4” ξεκινά η αντίστροφη μέτρηση του. Η εντολή “A 'Timer Reset FWD” ελέγχει αν το σήμα επαναφοράς του χρονικού T4 είναι ενεργό και αν ναι, με την “R T4” γίνεται επαναφορά. Με τις εντολές “NOP 0” εισάγονται κενά διαστήματα και με την “A T4” ελέγχεται αν το χρονικό T4 έχει φτάσει στο τέλος του. Με την “R 'Select. Activ. Sign. FWD” γίνεται επαναφορά του σήματος ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά, της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, ενώ με την “S 'Select Activ. Sign. FWD” δίνεται σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας, κατά την ορθή φορά, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας. Ακόμη, με την “R 'PWM's Signal FWD” γίνεται επαναφορά του σήματος ενεργοποίησης PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά.



Εικόνα 2.31: Pumping Station's Network 15 - STL Code

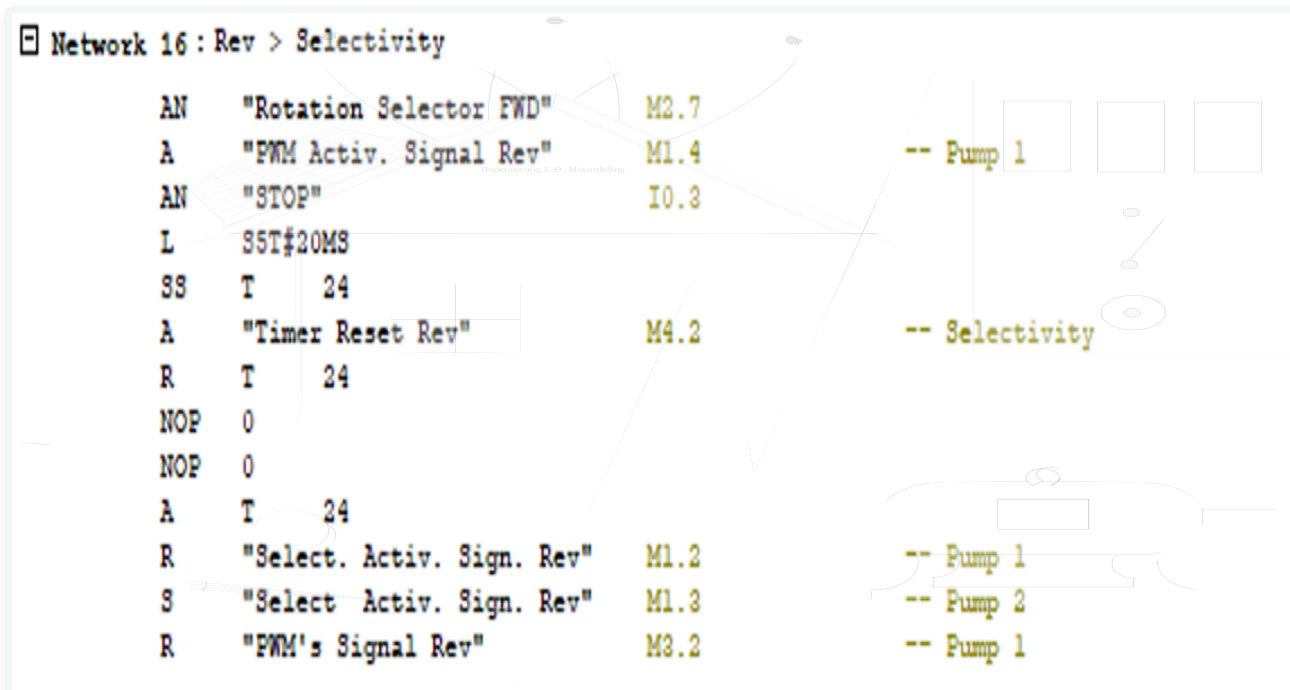
Αντίστοιχα, με το **Network 16**, παράγονται τόσο τα σήματα απενεργοποίησης για τις βαθμίδες που αφορούν στον έλεγχο PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής, όσο και το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την προηγούμενη φορά περιστροφής, ώστε να ολοκληρωθεί ο κύκλος λειτουργίας. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν δεν έχει δοθεί σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής και ταυτόχρονα έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, ενώ δεν έχει πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, τότε δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T24. Η χρήση του εν λόγω τύπου χρονικού, έχει γίνει για τους ίδιους λόγους. Με την παρέλευση του προαναφερθέντα χρονικού παλμού, δίνονται σήματα απενεργοποίησης για τις βαθμίδες που αφορούν στον έλεγχο PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής όσο κι

ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά. Ακόμη, όταν δοθεί σήμα ενεργοποίησης, κατά την ανάστροφη φορά, στη μεταβλητή που ελέγχει την είσοδο Reset του χρονικού T24 (της οποία της λειτουργία θα αναλύσουμε παρακάτω) το χρονικό επανέρχεται στις αρχικοποιημένες του ρυθμίσεις. Παρόμοια, στον κώδικα STL του Network 16, η



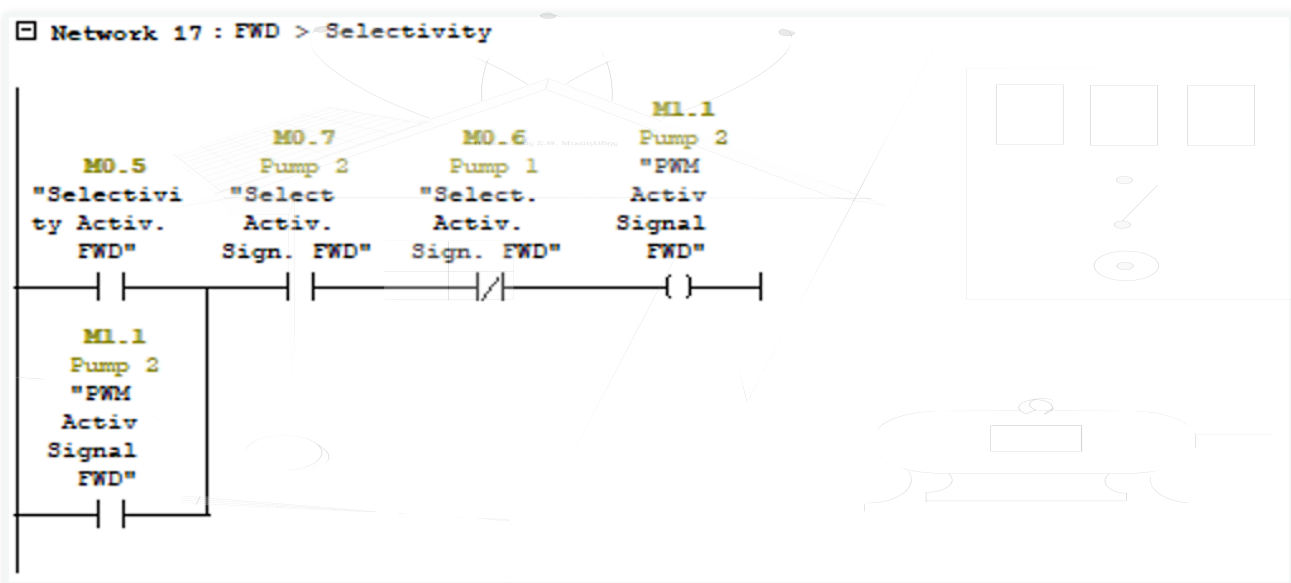
Εικόνα 2.32: Pumping Station's Network 16 - Ladder

εντολή "AN 'Rotation Selector FWD'" ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό, με την εντολή "A 'PWM Activ. Signal Rev'" ελέγχεται αν το σήμα ενεργοποίησης PWM για την ανάστροφη περιστροφή, της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό, ενώ με την εντολή "AN 'STOP'" ελέγχεται αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος. Με την εντολή "L S5T#20MS" φορτώνεται η χρονική σταθερά των 20ms στο χρονικό T24, και με την "SS T24" ξεκινά η αντίστροφη μέτρηση του. Η εντολή "A 'Timer Reset Rev'" ελέγχει αν το σήμα επαναφοράς του χρονικού είναι ενεργό και αν ναι, με την "R T24" γίνεται επαναφορά. Με τις εντολές "NOP 0" εισάγονται κενά διαστήματα και με την εντολή "A T24" ελέγχεται αν το χρονικό T24 έχει φτάσει στο τέλος του. Στη συνέχεια, με την εντολή "R 'Select. Activ. Sign. Rev'" γίνεται επαναφορά του σήματος ενεργοποίησης επιλογικότητας για την ανάστροφη φορά της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, ενώ με την "S 'Select Activ. Sign. Rev'" δίνεται σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας για την ανάστροφη φορά της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας. Τέλος, με την εντολή "R 'PWM's Signal Rev'" γίνεται επαναφορά του σήματος ενεργοποίησης PWM, κατά την ανάστροφη φορά, της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας.



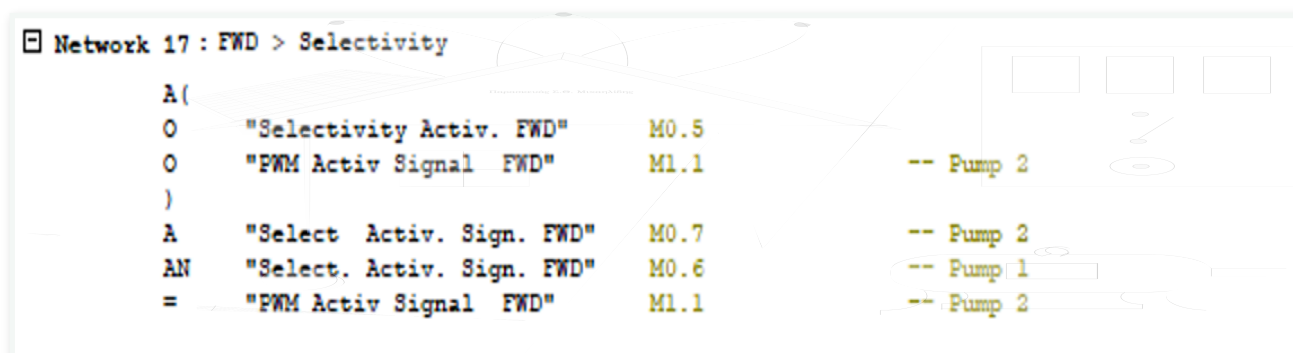
Εικόνα 2.33: Pumping Station's Network 16 - STL Code

Επειτα, στόχος του **Network 17**, είναι να λάβει το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά κι εφόσον ισχύουν οι κατάλληλες συνθήκες να δώσει σήμα ενεργοποίησης προς την βαθμίδα ελέγχου PWM της προαναφερθείσας αντλίας κατά την ορθή φορά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί γενικό σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά και ειδικότερα σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στη βαθμίδα ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας εφόσον δεν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά, της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας. Η χρήση της M1.1 γίνεται για λόγους αυτοσυγκράτησης του σήματος ενεργοποίησης στο λογικό 1. Στον κώδικα STL του Network 17, η



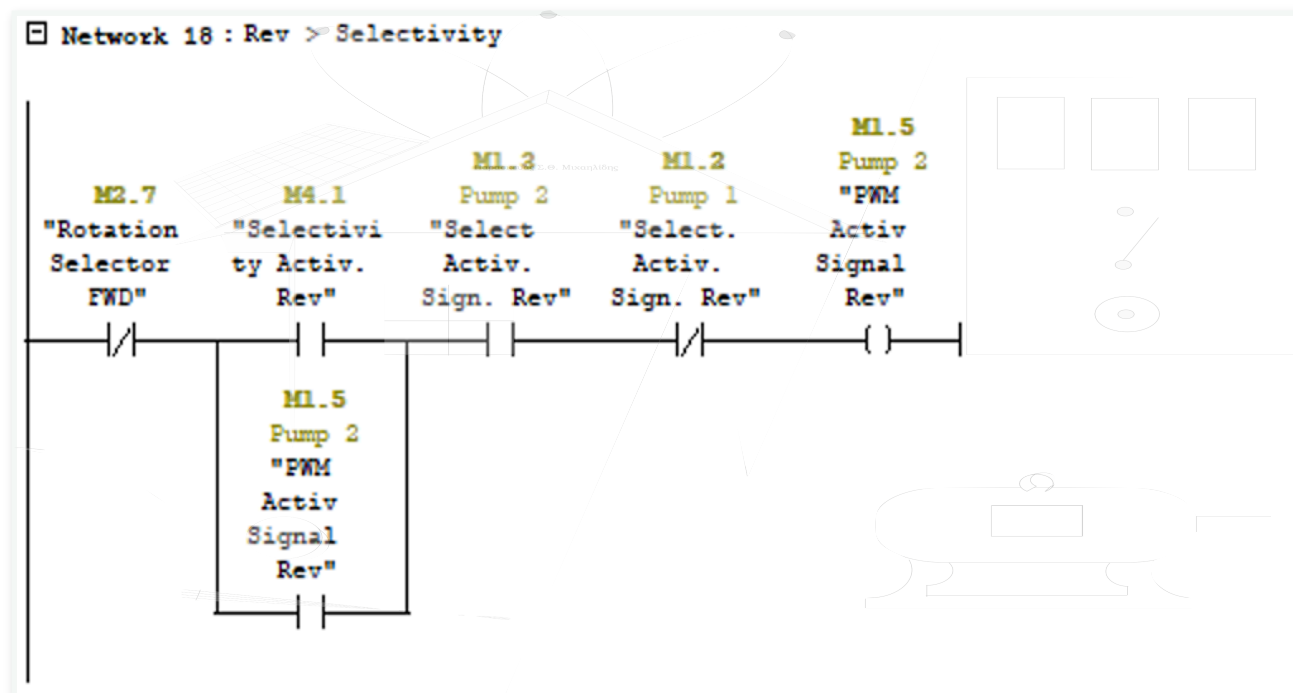
Εικόνα 2.34: Pumping Station's Network 17 - Ladder

εντολή “A(” σηματοδοτεί την έναρξη ενός λογικού block που περιλαμβάνει πολλαπλές λογικές συνθήκες. Με τις εντολές “O 'Selectivity Activ. FWD” και “O 'PWM Activ Signal FWD” ελέγχεται είτε αν το σήμα επιλογικότητας είτε αν το σήμα ενεργοποίησης PWM για την ορθή περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό. Αν ισχύει μία από τις δύο συνθήκες, η εντολή “A 'Select Activ. Sign. FWD”, θα ελέγξει αν το σήμα για την ορθή περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό, ενώ με την εντολή “AN 'Select. Activ. Sign. FWD” ελέγχεται αν το σήμα επιλογικότητας για την ορθή περιστροφή, της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ανενεργό. Εφόσον πληρούνται οι παραπάνω συνθήκες, η εντολή “= 'PWM Activ Signal FWD” ενεργοποιεί το σήμα ελέγχου PWM, κατά την ορθή φορά, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας.



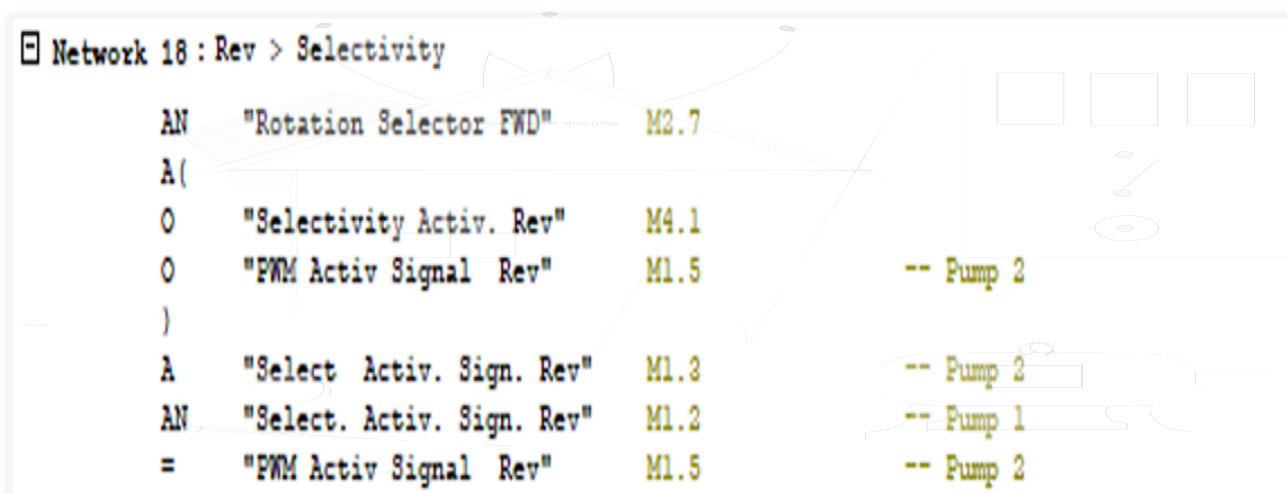
Εικόνα 2.35: Pumping Station's Network 17 - STL Code

Το **Network 18** που ακολουθεί, θα αξιοποιήσει τα παραχθέντα σήματα του Network 16 που αφορούν στην ανάστροφη λειτουργία της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, ώστε να δώσει σήμα ενεργοποίησης προς την βαθμίδα ελέγχου PWM της προαναφερθείσας αντλίας, κατά την ανάστροφη φορά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν δεν έχει ληφθεί σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής και ταυτόχρονα έχουν ληφθεί σήματα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ανάστροφη φορά και ειδικότερα σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στη βαθμίδα ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ανάστροφη φορά, με την προϋπόθεση ότι δεν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά. Η χρήση της M1.5, γίνεται για λόγους αυτοσυγκράτησης του σήματος ενεργοποίησης στο λογικό 1. Στον κώδικα STL του Network 18, η εντολή “AN 'Rotation Selector FWD” ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής δεν είναι ενεργό. Στη συνέχεια, η εντολή “A(” σηματοδοτεί την έναρξη ενός λογικού block που περιλαμβάνει πολλαπλές λογικές συνθήκες. Με τις εντολές “O 'Selectivity Activ. Rev” και “O 'PWM Activ Signal Re” ελέγχεται, αν είτε το σήμα επιλογικότητας είτε το σήμα ενεργοποίησης PWM για την ανάστροφη περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό. Αν ισχύει μία από τις δύο συνθήκες, η εντολή “A 'Select Activ. Sign. Rev” θα ελέγξει αν το σήμα επιλογικότητας για την ανάστροφη περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό, ενώ με την εντολή “AN 'Select. Activ. Sign. Rev” ελέγχεται αν το σήμα επιλογικότητας για την αντίστροφη περιστροφή της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ανενεργό. Εφόσον πληρούνται οι



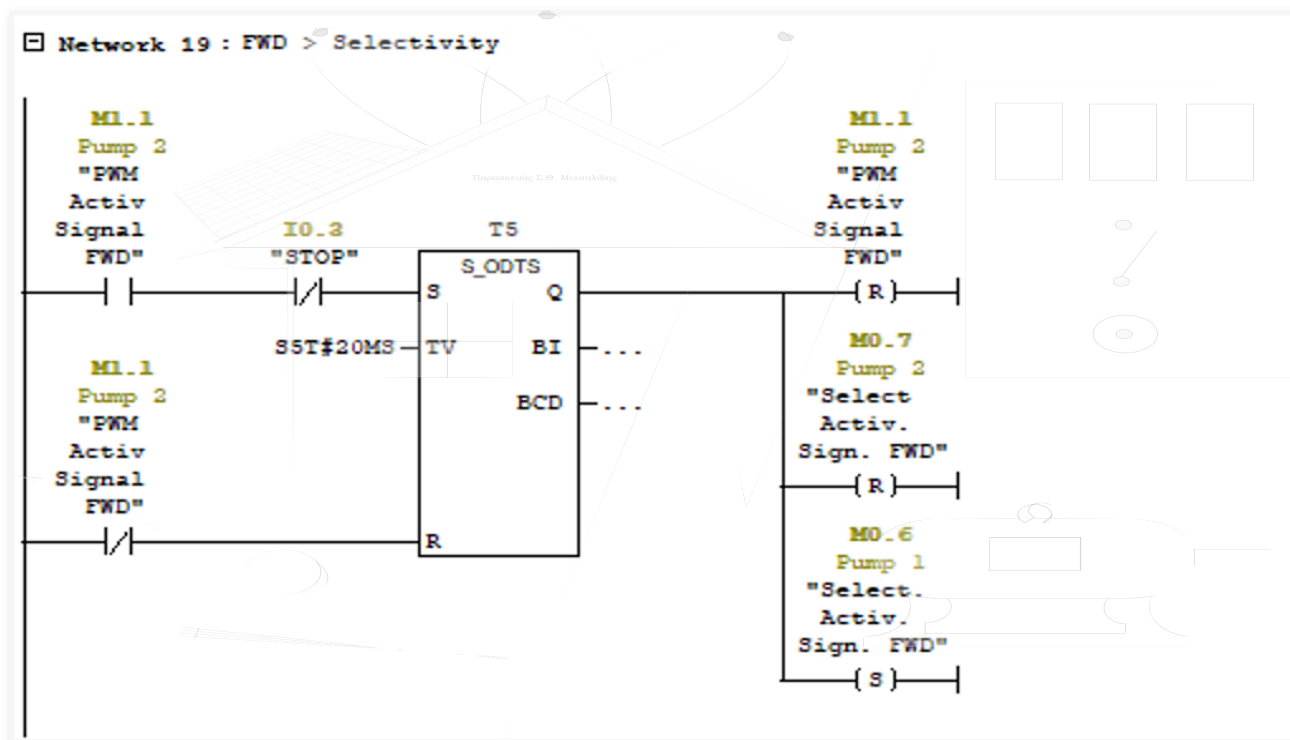
Εικόνα 2.36: Pumping Station's Network 18 - Ladder

παραπάνω συνθήκες, η εντολή “= 'PWM Activ Signal Rev'” ενεργοποιεί το σήμα ελέγχου PWM, κατά την ανάστροφη φορά, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας.



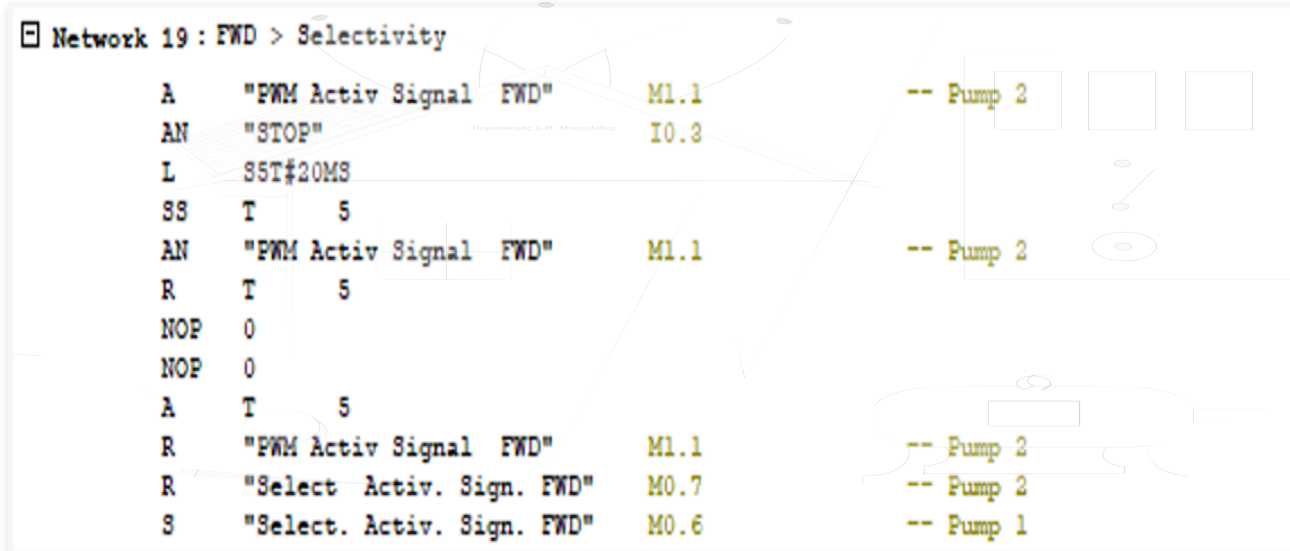
Εικόνα 2.37: Pumping Station's Network 18 - STL Code

Κατά αντιστοιχία με το Network 15, στο **Network 19**, θα αναπαραχθούν τόσο τα σήματα απενεργοποίησης για τις βαθμίδες που αφορούν στον έλεγχο PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά περιστροφής όσο και το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά, ώστε να επανεκκινήσει ο κύκλος λειτουργίας των δύο αντλιών. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά και δεν έχει πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T5. Η χρήση του εν λόγω τύπου χρονικού, έχει γίνει ώστε να επιτευχθεί η επανα



Εικόνα 2.38: Pumping Station's Network 19 - Ladder

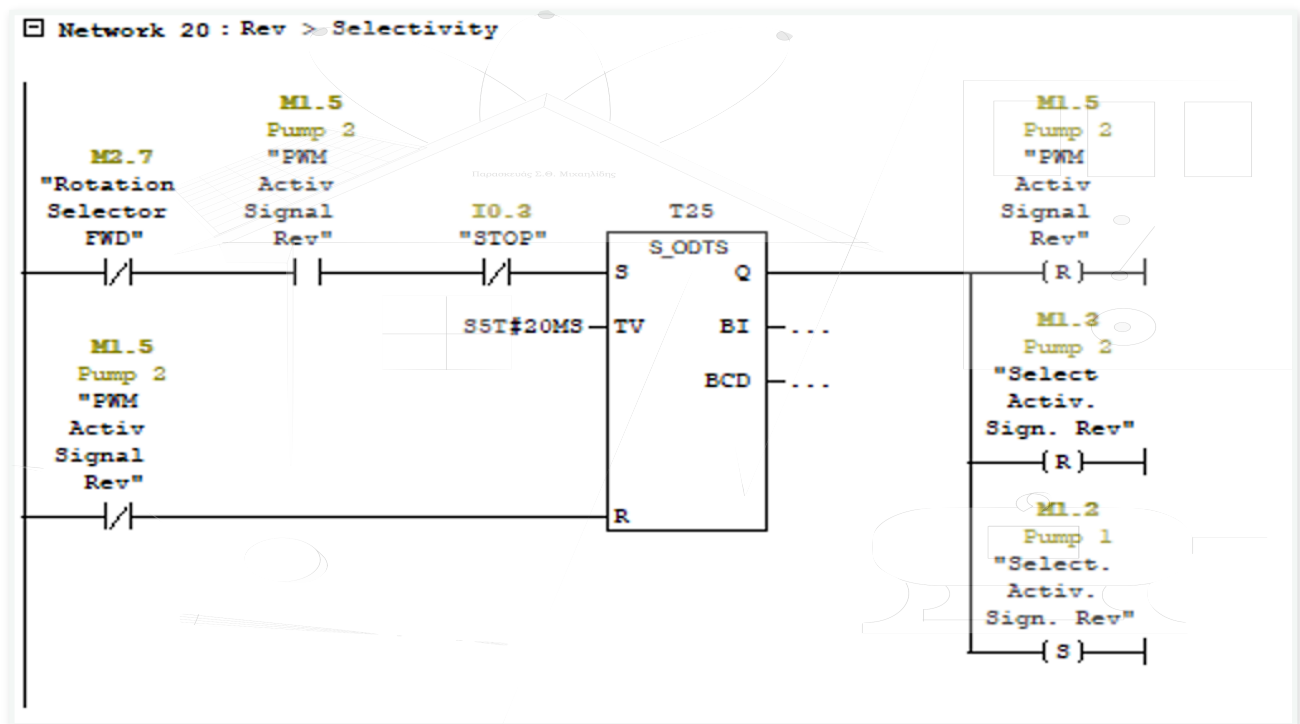
ληψημότητα στην διαδοχή της λειτουργίας των αντλιών. Με την παρέλευση του προαναφερθέντα χρονικού παλμού, δίνονται ταυτόχρονα, σήματα απενεργοποίησης για τις βαθμίδες που αφορούν στον έλεγχο PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά περιστροφής κι ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ίδια φορά. Ακόμη, όταν δοθεί σήμα ενεργοποίησης, κατά την ορθή φορά, στη μεταβλητή που ελέγχει την είσοδο Reset του χρονικού T5, το χρονικό επανέρχεται στις αρχικοποιημένες του ρυθμίσεις. Επειτα, στον κώδικα STL του Network 15, η εντολή "A 'PWM Activ Signal FWD'" ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, για την ορθή περιστροφή, είναι ενεργό, ενώ με την εντολή "AN 'STOP'" αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος. Στη συνέχεια, με την εντολή "L S5T#20MS" φορτώνεται η χρονική σταθερά των 20ms στο χρονικό T5 και με την "SS T5" ξεκινά η λειτουργία του. Η εντολή "AN 'PWM Activ Signal FWD'" ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM κατά την ορθή περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, δεν είναι πλέον ενεργό και με την "R T5" γίνεται επαναφορά του χρονικού T5. Με τις εντολές "NOP 0" εισάγονται κενά διαστήματα. Ακόμη, η εντολή "A T5" ελέγχει αν το χρονικό T5 έχει φτάσει στο τέλος του, και με τις εντολές "R 'PWM Activ Signal FWD'" και "R 'Select Activ. Sign. FWD'" γίνεται επαναφορά των αντίστοιχων σημάτων ενεργοποίησης PWM και επιλογικότητας κατά την ορθή φορά, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας. Τέλος, με την εντολή "S 'Select. Activ. Sign. FWD'" δίνεται σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας.



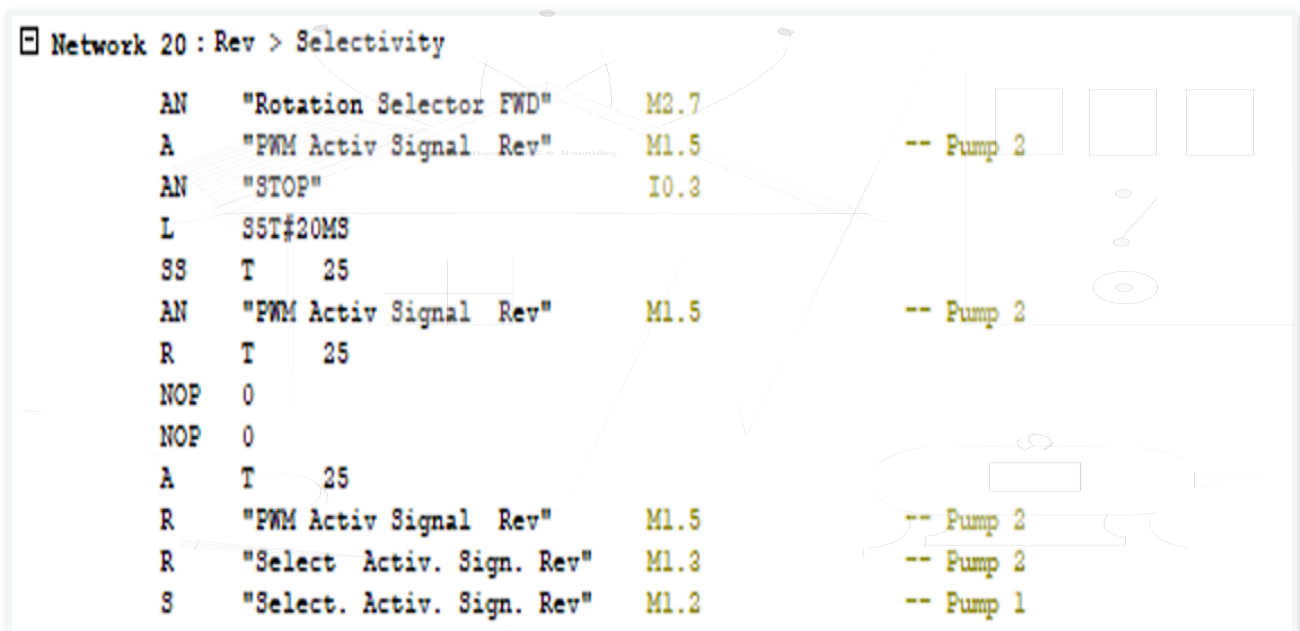
Εικόνα 2.39: Pumping Station's Network 19 - STL Code

Με παρόμοια λογική, στο **Network 20**, θα αναπαραχθούν τα σήματα απενεργοποίησης για τις βαθμίδες που αφορούν στον έλεγχο PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά περιστροφής όσο και το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά, ώστε να επανεκκινήσει ο κύκλος λειτουργίας των δύο αντλιών. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν δεν έχει ληφθεί σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής και ταυτόχρονα έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, με τον διακόπτη επαναφοράς STOP να μην έχει πιεστεί, τότε δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T25. Η χρήση του εν λόγω τύπου χρονικού, έχει γίνει κι εδώ ώστε να επιτευχθεί η επαναληψιμότητα στην διαδοχή της λειτουργίας των αντλιών. Με την παρέλευση του προαναφερθέντα χρονικού παλμού, δίνονται ταυτόχρονα σήματα απενεργοποίησης για την βαθμίδες που αφορούν στον έλεγχο PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά κι ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά κι ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά. Ακόμη, όταν δοθεί σήμα ενεργοποίησης, κατά την ανάστροφη φορά, της μεταβλητής που ελέγχει την είσοδο Reset του χρονικού T5, το χρονικό επανέρχεται στις αρχικοποιημένες του ρυθμίσεις. Επειτα, στον κώδικα STL του Network 20, η εντολή "AN 'Rotation Selector FWD'" ελέγχει αν το σήμα επιλογής περιστροφής κατά την ορθή φορά είναι ανενεργό, η εντολή "A 'PWM Activ Signal Rev'" ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM για την ανάστροφη φορά της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό, ενώ με την "AN 'STOP'" ελέγχεται αν ο διακοπής επαναφοράς STOP δεν έχει πιεστεί. Με την εντολή "L S5T#20MS" φορτώνεται η χρονική σταθερά των 20ms και με την "SS T25" ξεκινά η χρονομέτρηση του χρονικού T25. Η εντολή "AN 'PWM Activ Signal Rev'" ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, για την ανάστροφη περιστροφή δεν είναι πλέον ενεργό και με την "R T25" γίνεται επαναφορά του χρονικού T25. Με τις εντολές "NOP 0" εισάγονται κενά διαστήματα. Ακόμη, η εντολή "A T25" ελέγχει αν το χρονικό T25 έχει ολοκληρωθεί και με τις εντολές "R 'PWM Activ Signal Rev'" και "R 'Select Activ. Sign. Rev'" γίνεται επαναφορά των σημάτων ενεργοποίησης PWM και επιλογικότητας, για την ανάστροφη περιστροφή, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας. Τέλος, η

εντολή "S 'Select. Activ. Sign. Rev'" ενεργοποιεί το σήμα επιλογικότητας για την ανάστροφη περιστροφή της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας.



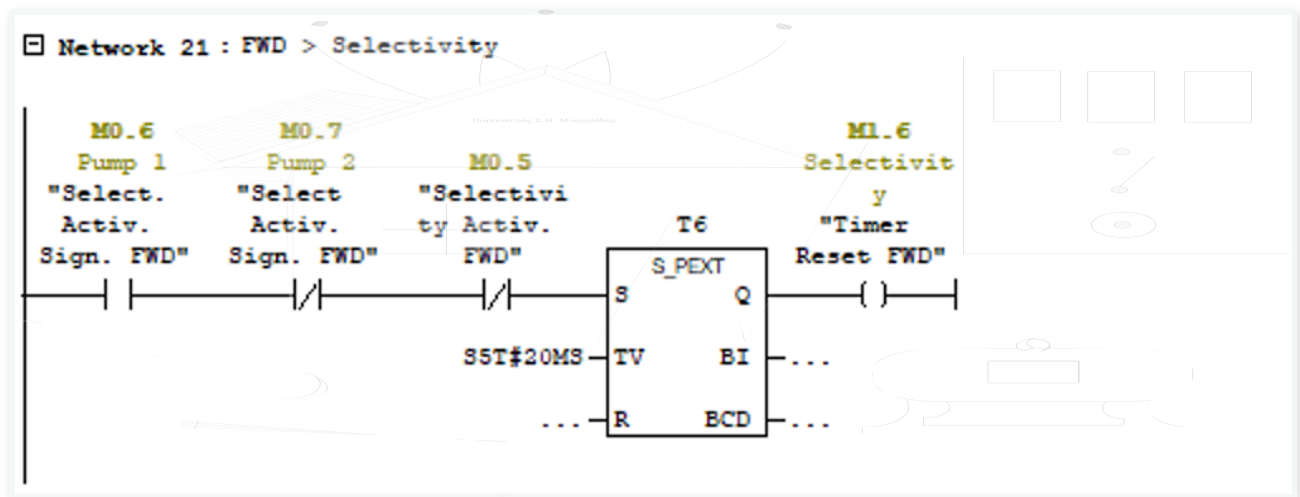
Εικόνα 2.40: Pumping Station's Network 20 - Ladder



Εικόνα 2.41: Pumping Station's Network 20 - STL Code

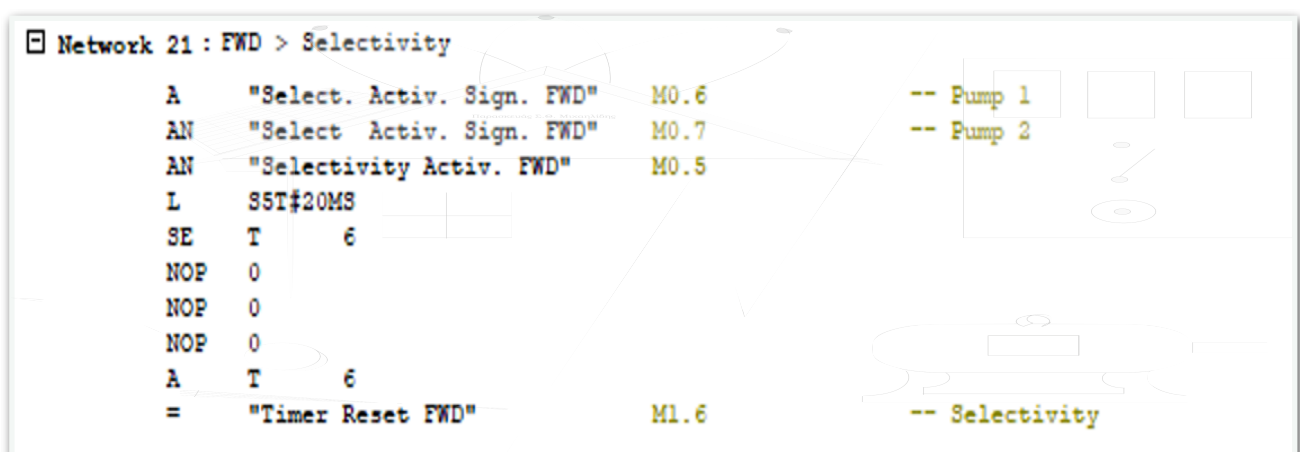
Στη συνέχεια, στο **Network 21**, παράγεται το σήμα επαναφοράς του χρονικού T4 του Network 15, που στόχο είχε την παραγωγή των σημάτων που συντελούσαν στην επίτευξη της διαδοχής δύο αντλιών, ώστε να ολοκληρωθεί ο κύκλος λειτουργίας τους κατά την ορθή φορά περιστροφής. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα επιλογικότητας, κατά την ορθή φορά

περιστροφής, της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό και το αντίστοιχο σήμα της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ανενεργό, εφόσον δεν δίνεται γενικό σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ορθή φορά, ενεργοποιείται το χρονικό παλμού με αυτοσυγκράτηση T6. Με την ταυτόχρονη ενεργοποίηση του, δίνεται σήμα ενεργοποίησης του σήματος επαναφοράς M1.6 και παραμένει ενεργό για χρονική διάρκεια ίση με τη διάρκεια του παλμού του χρονικού, ώστε να επιτευχθεί εμμέσως η επαναφορά του χρονικού T4 του Network 15. Επειτα, στον κώδικα



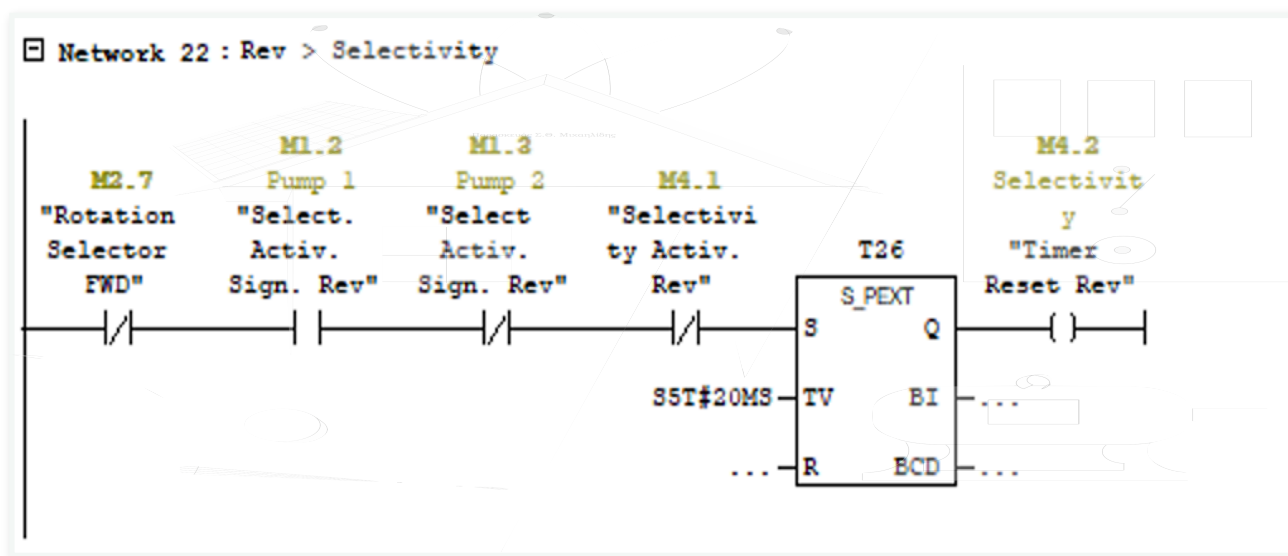
Εικόνα 2.42: Pumping Station's Network 21 - Ladder

STL του Network 21, η εντολή Η εντολή "A 'Select. Activ. Sign. FWD'" ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας για την ορθή περιστροφή της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ενεργό, ενώ η "AN 'Select. Activ. Sign. FWD'" ελέγχει αν το αντίστοιχο σήμα της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ανενεργό. Επειτα, η εντολή "AN 'Selectivity Activ. FWD'" ελέγχει αν το σήμα επιλογικότητας προς την ορθή φορά, που έχει παραχθεί από το Network 9 είναι ανενεργό. Με την εντολή "L S5T#20MS" φορτώνεται η χρονική σταθερά των 20ms και με την "SE T6" ξεκινά το χρονικό T6. Οι εντολές "NOP 0" προσθέτουν κενά διαστήματα και στη συνέχεια, με την "A T6" ελέγχεται αν το χρονικό T6 έχει ολοκληρωθεί. Τέλος, με την εντολή "= 'Timer Reset FWD'" ενεργοποιείται το σήμα επαναφοράς M1.6.



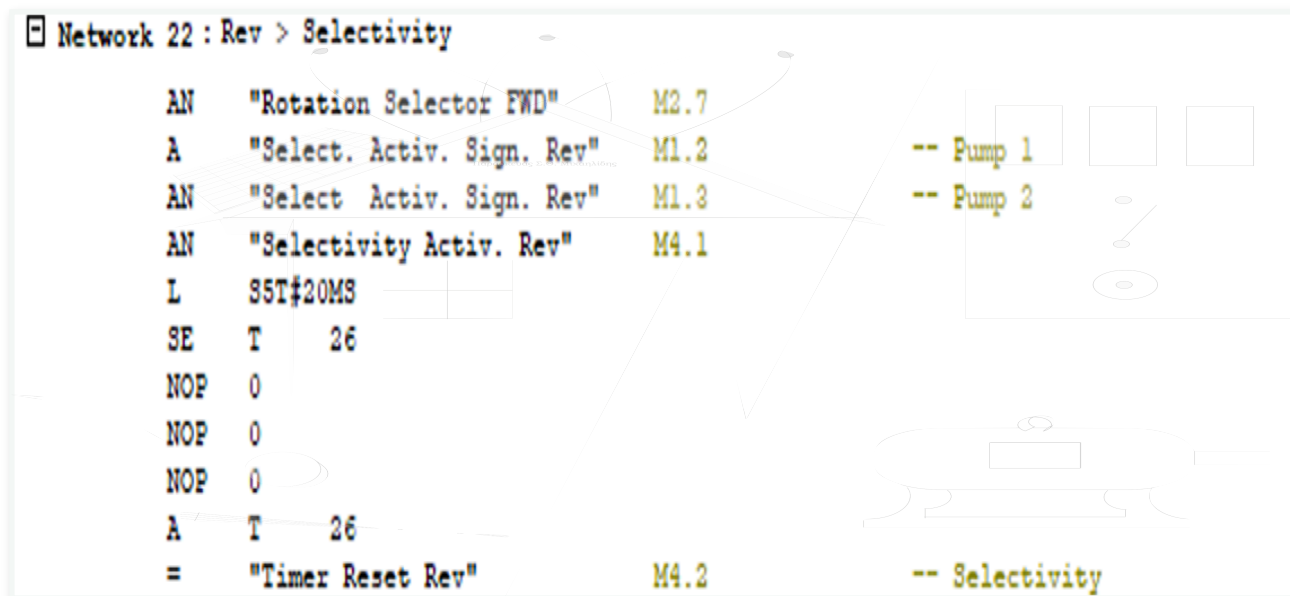
Εικόνα 2.43: Pumping Station's Network 21 - STL Code

Κατά αντιστοιχία, στο **Network 22**, παράγεται το σήμα επαναφοράς του χρονικού T24 του Network 16 που στόχευε στην παραγωγή των σημάτων που συντελούν στην επίτευξη της διαδοχής των αντλιών, ώστε να ολοκληρωθεί ο κύκλος λειτουργίας τους κατά την ανάστροφη φορά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν δεν έχει ληφθεί σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής, ενώ ταυτόχρονα έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας μόνο για την 1^η Περισταλτική Αντλία και το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας κατά την ανάστροφη φορά είναι πλέον ανενεργό, τότε ενεργοποιείται το χρονικό παλμού με αυτοσυγκράτηση T26. Με την ταυτόχρονη ενεργοποίηση του, δίνεται σήμα ενεργοποίησης του σήματος επαναφοράς M4.2 και παραμένει ενεργό για χρονική διάρκεια ίση με τη διάρκεια του παλμού του χρονικού, ώστε να επιτευχθεί εμμέσως η επαναφορά του χρονικού T24 του Network 16. Επειτα, στον κώδικα STL του



Εικόνα 2.44: Pumping Station's Network 22 - Ladder

Network 22, η εντολή "AN 'Rotation Selector FWD'" ελέγχει αν το σήμα επιλογής περιστροφής κατά την ορθή φορά είναι ανενεργό, ενώ η "A 'Select. Activ. Sign. Rev'" ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας για την αντίστροφη περιστροφή είναι ενεργό. Στη συνέχεια, η εντολή "A 'Select. Activ. Sign. Rev'" ελέγχει αν το σήμα επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, για την ανάστροφη περιστροφή είναι ενεργό, ενώ η "AN 'Selectivity Activ. Rev'" ελέγχει αν το αντίστοιχο σήμα της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ανενεργό. Με την εντολή "LS5T#20MS" φορτώνεται η χρονική σταθερά των 20ms στο χρονικό T26, και με την "SE T26" εκκινεί η λειτουργία του. Οι εντολές "NOP 0" προσθέτουν κενά διαστήματα και τέλος, με την "A T26" ελέγχεται αν το χρονικό T26 έχει ολοκληρωθεί, ώστε η εντολή "= 'Timer Reset Rev'" να ενεργοποιήσει το σήμα επαναφοράς M4.2. Εν συνεχεία, όπως έχει αναφερθεί στην ενότητα "Σκοπός" ο έλεγχος PWM θα είναι δυναμικός. Στην εκκίνηση θα περιορίζεται η τάση της εκάστοτε αντλίας, με βάση τον τύπο $V_{out} = V_{out,nominal} \cdot \text{Duty Cycle}$, ώστε να επιτυγχάνεται μειωμένη πτώση τάσης. Σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αντλιών και τις απαιτήσεις της εφαρμογής, επιλέγεται κατά την εκκίνηση και για 3s να εφαρμόζεται Duty Cycle = 0.1s που σημαίνει ότι 0.1s =



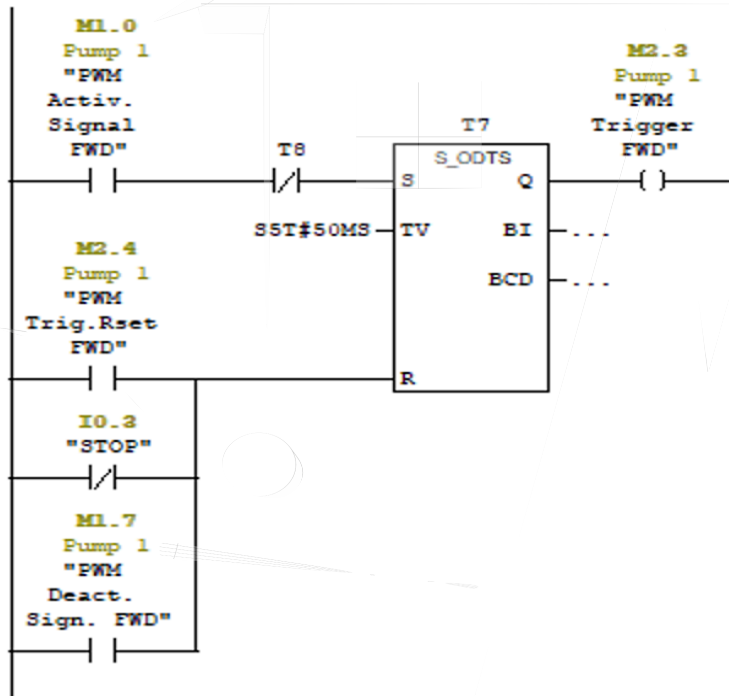
Εικόνα 2.45: Pumping Station's Network 22 - STL Code

$T_{on} + T_{off}$ και για λόγους συμμετρίας επιλέγουμε $T_{on} = 50ms = T_{off}$. Με την παρέλευση των 3s ο έλεγχος PWM, απενεργοποιείται.

Στόχος του **Network 23**, είναι να παράξει το θετικό σήμα διάρκειας T_{on} , της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T7. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης επιλογικότητας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά και το χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση που παράγει το σήμα μηδενικού πλάτους (και διάρκειας T_{off}) είναι μη ενεργό, τότε δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό T7. Με τη σειρά, ακολουθεί η αποστολή του σήματος έναυσης (M2.3) του Ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά. Η επαναφορά του προαναφερθέντος χρονικού γίνεται είτε αν πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε μέσω του σήματος M2.4 είτε με το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά (που θα αναλυθεί παρακάτω). Επειτα, στον κώδικα STL του Network 23, η εντολή "A 'PWM Activ. Signal FWD'" ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης Ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά είναι ενεργό, ενώ η "AN T8" ελέγχει αν το χρονικό T8 δεν έχει ενεργοποιηθεί. Στη συνέχεια, με την εντολή "L S5T#50MS" φορτώνεται η χρονική σταθερά των 50ms και με την "SS T7" εκκινεί το χρονικό T7. Η εντολή "A(" σηματοδοτεί την έναρξη ενός λογικού block που περιλαμβάνει πολλαπλές συνθήκες. Με τις εντολές "O 'PWM Trig.Rset FWD'", "ON 'STOP'" και "O 'PWM Deact. Sign. FWD'" ελέγχεται αν είτε το σήμα επαναφοράς PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό, είτε αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP είναι πιεσμένος ή αν το σήμα απενεργοποίησης PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό. Εφόσον μία από αυτές τις συνθήκες ισχύει, η εντολή "R T7" πραγματοποιεί επαναφορά του χρονικού T7 και με τις εντολές "NOP 0" εισάγονται κενά διαστήματα. Τέλος, με την "A T7" ελέγχεται αν το χρονικό T7 έχει ολοκληρωθεί και η εντολή "= 'PWM Trigger FWD'" ενεργοποιεί το σήμα έναυσης Ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά.

Network 23 : FWD > Pump 1 > PWM

We know that $V_{out} = V_o \times \text{Duty Cycle}$. For Duty Cycle = 1, $V_{out} = V_o$. In the beggining, lower voltage than the nominal must be applied, in order to start the procces, in a less power consuming way. NOTE, that the selected switching frequency for YASKAWA PLC, it's 10HZ (Lamp Load). Which means that Period = 0.1s = $T_{on} + T_{off}$. At the start, we want $V_{out} = 6V$, so Duty Cycle must be 0.5. By that T_{on} should be 0.05s and for Period = 0.1s, $T_{off} = 0.05s$



Εικόνα 2.46: Pumping Station's Network 23 - Ladder

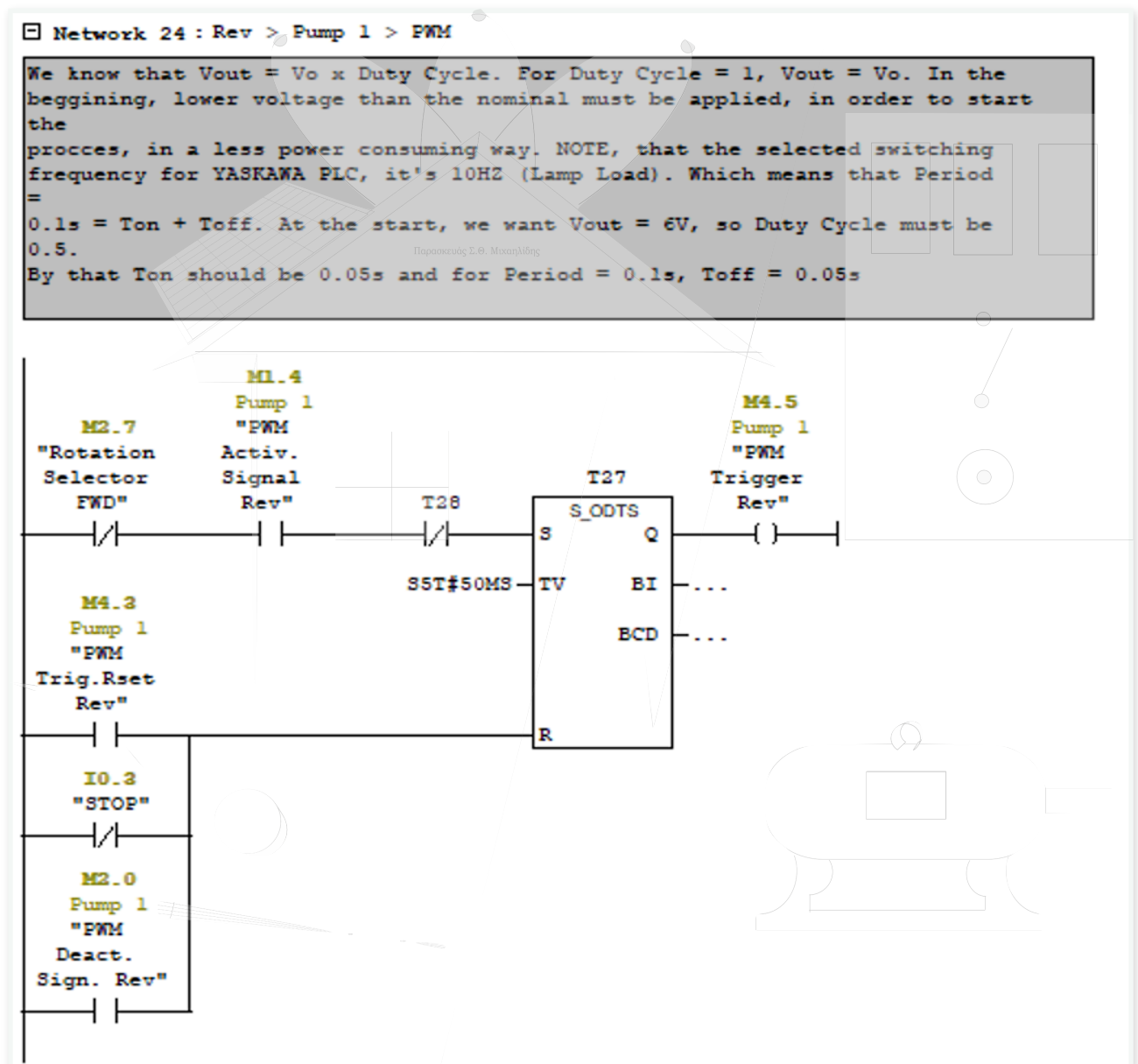
Network 23 : FWD > Pump 1 > PWM

We know that $V_{out} = V_o \times \text{Duty Cycle}$. For Duty Cycle = 1, $V_{out} = V_o$. In the beggining, lower voltage than the nominal must be applied, in order to start the procces, in a less power consuming way. NOTE, that the selected switching frequency for YASKAWA PLC, it's 10HZ (Lamp Load). Which means that Period = 0.1s = $T_{on} + T_{off}$. At the start, we want $V_{out} = 6V$, so Duty Cycle must be 0.5. By that T_{on} should be 0.05s and for Period = 0.1s, $T_{off} = 0.05s$

A	"PWM Activ. Signal FWD"	M1.0	-- Pump 1
AN	T 8		
L	S5T#50MS		
SS	T 7		
A(			
O	"PWM Trig.Rset FWD"	M2.4	-- Pump 1
ON	"STOP"	I0.3	
O	"PWM Deact. Sign. FWD"	M1.7	-- Pump 1
)			
R	T 7		
NOP	0		
NOP	0		
A	T 7		
=	"PWM Trigger FWD"	M2.3	-- Pump 1

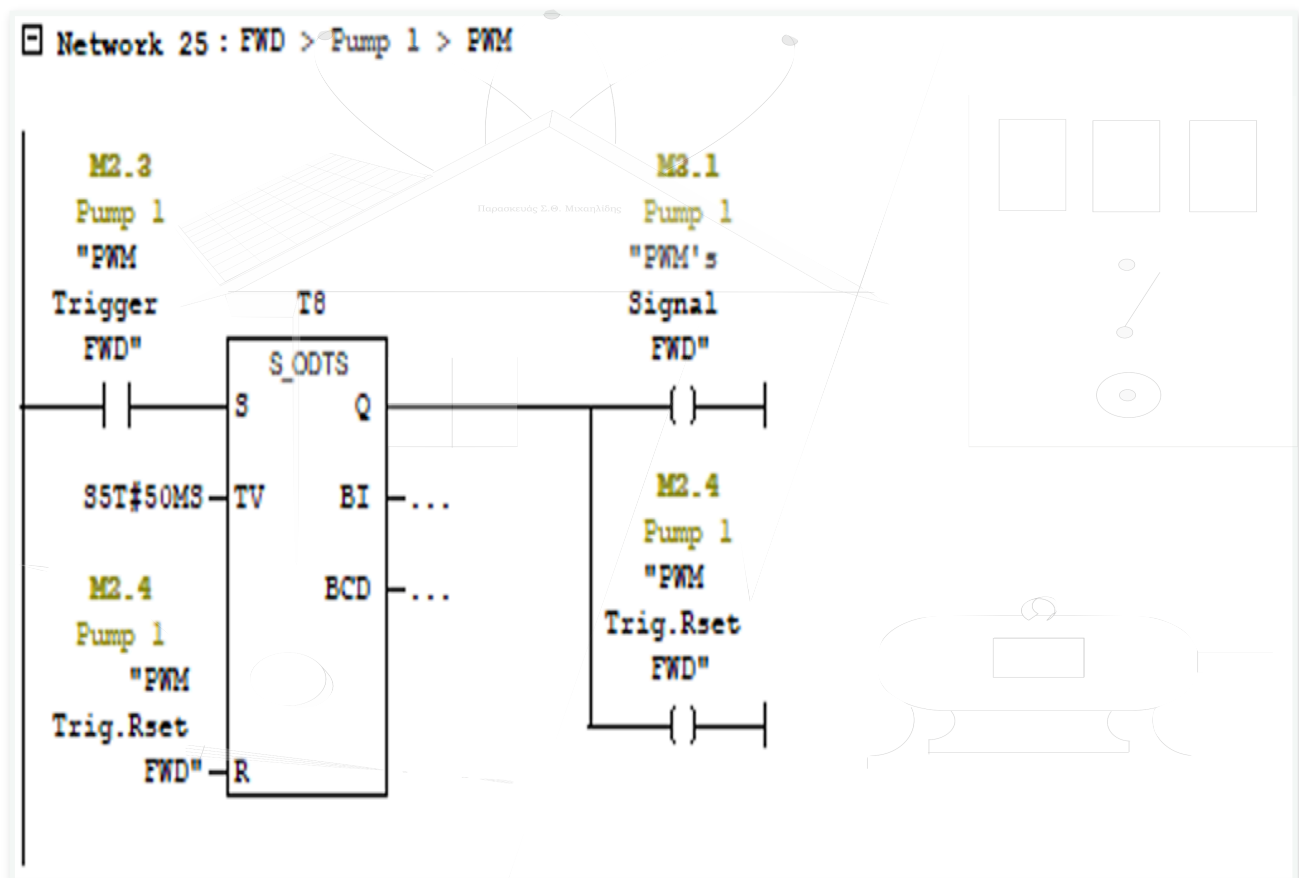
Εικόνα 2.47: Pumping Station's Network 23 - STL Code

Παρόμοια με το Network 23, στόχος του **Network 24**, είναι να παράξει το θετικό σήμα διάρκειας T_{on} , της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T27. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν δεν έχει δοθεί σήμα επιλογής περιστροφής κατά την ορθή φορά, ταυτόχρονα το σήμα ενεργοποίησης PWM Ελέγχου της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά είναι ανενεργό και το χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση που παράγει το σήμα μηδενικό πλάτους (και διάρκειας T_{off}) είναι ανενεργό, τότε, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό T27. Με τη σειρά, ακολουθεί η αποστολή του σήματος έναυσης (M4.5) του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά. Η επαναφορά του προαναφερθέντος χρονικού γίνεται είτε αν πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε μέσω του σήματος επαναφοράς έναυσης PWM Ελέγχου της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, είτε με το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά (που θα αναλυθεί παρακάτω). Επί



Εικόνα 2.48: Pumping Station's Network 24 - Ladder

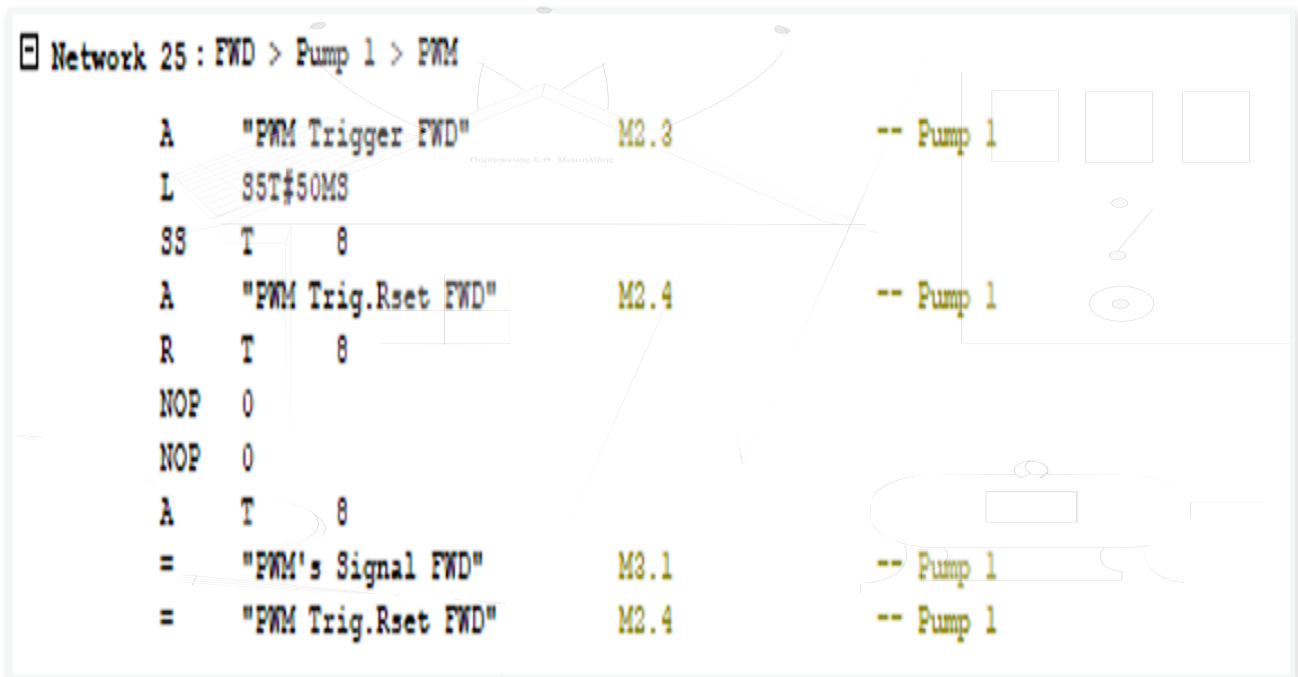
Συμπληρωματικά ως προς το Network 23, στόχος του **Network 25**, είναι να παράξει το σήμα μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} , της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T8. Επιπρόσθετα θα παράξει το σήμα επαναφοράς έναυσης Ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ίδια φορά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα έναυσης ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά και δεν έχει δοθεί σήμα επαναφοράς έναυσης ελέγχου PWM για την ίδια αντλία και φορά στην είσοδο Reset του προαναφερθέντα χρονικού, τότε, εκκινεί η λειτουργία του. Μετά την παρέλευση του προκαθορισμένου χρόνου, παράγεται το σήμα PWM ελέγχου της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά και το σήμα επαναφοράς έναυσης PWM ελέγχου της προηγούμενης αντλίας, για την ίδια φορά. Όσον αφορά στον κώδικα



Εικόνα 2.50: Pumping Station's Network 25 - Ladder

STL του Network 25, η εντολή “A 'PWM Trigger FWD'” ελέγχει αν το σήμα έναυσης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή περιστροφή, είναι ενεργό κι αν ισχύει αυτό, η εντολή “L S5T#50mS” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 50ms, ενώ με την “SS T8” ξεκινά η χρονομέτρηση του χρονικού T8. Η εντολή “A 'PWM Trig. Rset FWD'” ελέγχει αν το σήμα επαναφοράς του ελέγχου PWM της προαναφερθείσας αντλίας, κατά την ορθή περιστροφή είναι ενεργό. Επιπλέον, η εντολή “R T8” πραγματοποιεί επαναφορά του χρονικού T8 και οι εντολές “NOP O” εισάγουν κενά διαστήματα. Με την “A T8” ελέγχεται αν το χρονικό T8 έχει ολοκληρωθεί και τέλος, η εντολή “= 'PWM's Signal FWD'” ενεργοποιεί το σήμα ελέγχου PWM της 1^{ης}

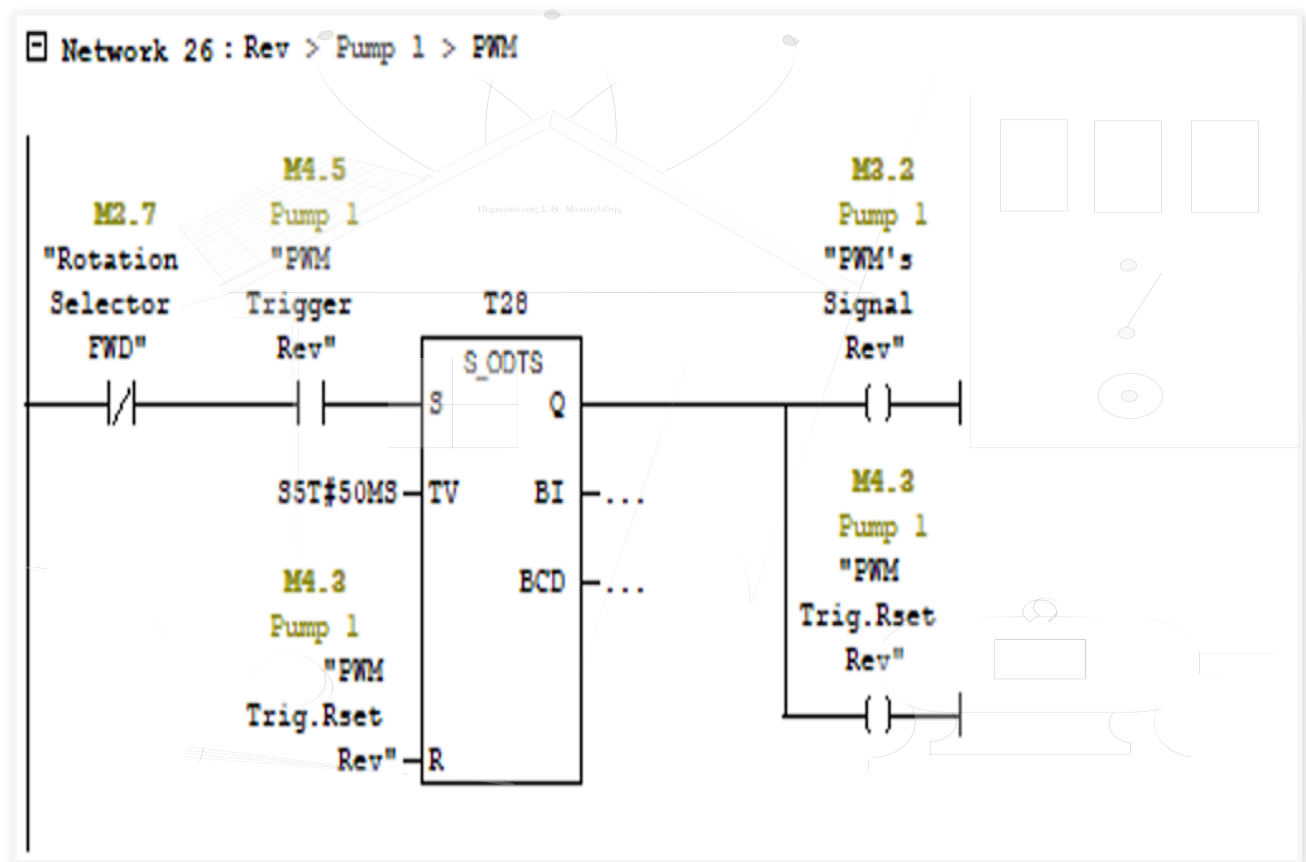
Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή περιστροφή, ενώ η “= 'PWM Trig. Rest FWD” θέτει το σήμα επαναφοράς PWM, της προαναφερθείσας αντλίας και φοράς, σε ενεργή κατάσταση.



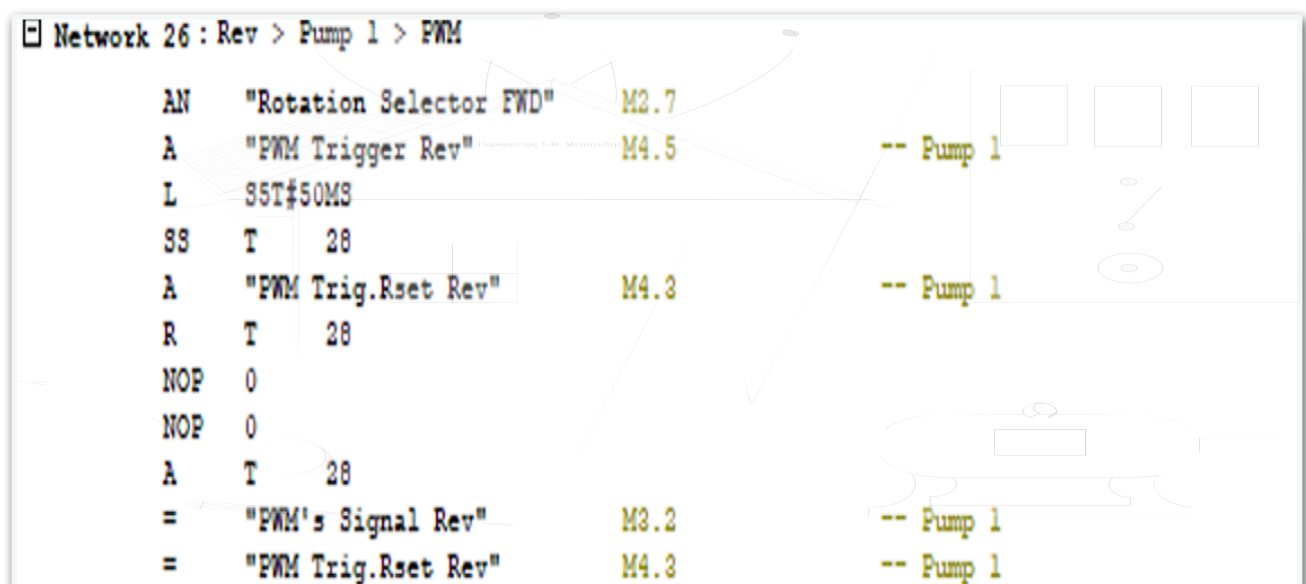
Εικόνα 2.51: Pumping Station's Network 25 - STL Code

Παρόμοια με το Network 25, στόχος του **Network 26**, είναι να παράξει το σήμα μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} , της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T28. Επιπρόσθετα πραγματοποιείται η επαναφορά του σήματος έναυσης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την προηγούμενη φορά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ενεργό, ταυτόχρονα έχει δοθεί σήμα έναυσης ελέγχου PWM για την 1^η Περισταλτική Αντλία κατά την ανάστροφη φορά και στην είσοδο Reset του προαναφερθέντα χρονικού, δεν έχει δοθεί σήμα επαναφοράς έναυσης του ελέγχου PWM για την ίδια αντλία και φορά, τότε, εκκινεί η λειτουργία του. Μετά την παρέλευση του προκαθορισμένου χρόνου, παράγεται το σήμα PWM ελέγχου της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά καθώς και το σήμα επαναφοράς έναυσης PWM ελέγχου της προηγούμενης αντλίας και φοράς. Αναφορικά με τον κώδικα STL του Network 26, η εντολή “AN 'Rotation Selector FWD” ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής περιστροφής είναι ανενεργό και η εντολή “A 'PWM Trigger Rev” ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM για την ανάστροφη περιστροφή, της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ενεργό. Η εντολή “L S5T#50MS” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 50ms, και με την “SS T28” ξεκινά η λειτουργία του χρονικού T28. Επειτα, η εντολή “A 'PWM Trig. Rest Rev” ελέγχει αν το σήμα επαναφοράς του ελέγχου PWM για την προηγούμενη αντλία, κατά ανάστροφη φορά είναι ενεργό και αν είναι ενεργό, με την “R T28” γίνεται επαναφορά του χρονικού T28. Οι εντολές “NOP 0” εισάγουν κενά διαστήματα και με την “A T28” ελέγχεται αν το χρονικό T28 έχει ολοκληρωθεί. Τέλος, η εντολή “= 'PWM's Signal Rev” ενεργοποιεί το σήμα

ελέγχου PWM για την προαναφερθείσα αντλία και φορά, ενώ η εντολή “= 'PWM Trig. Rset Rev” ενεργοποιεί το σήμα επαναφοράς έναυσης του PWM ελέγχου της προηγούμενης αντλίας.

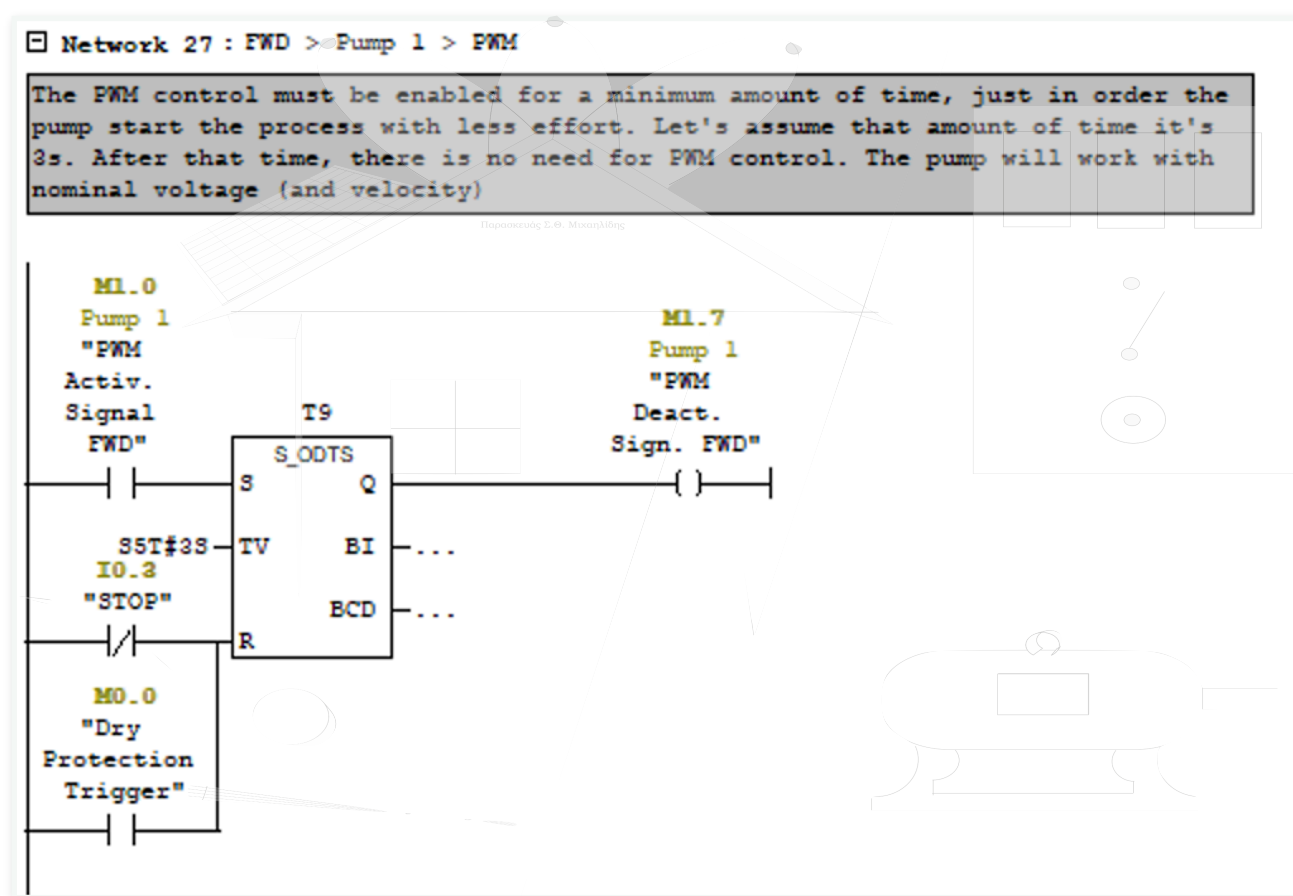


Εικόνα 2.52: Pumping Station's Network 26 - Ladder



Εικόνα 2.53: Pumping Station's Network 26 - STL Code

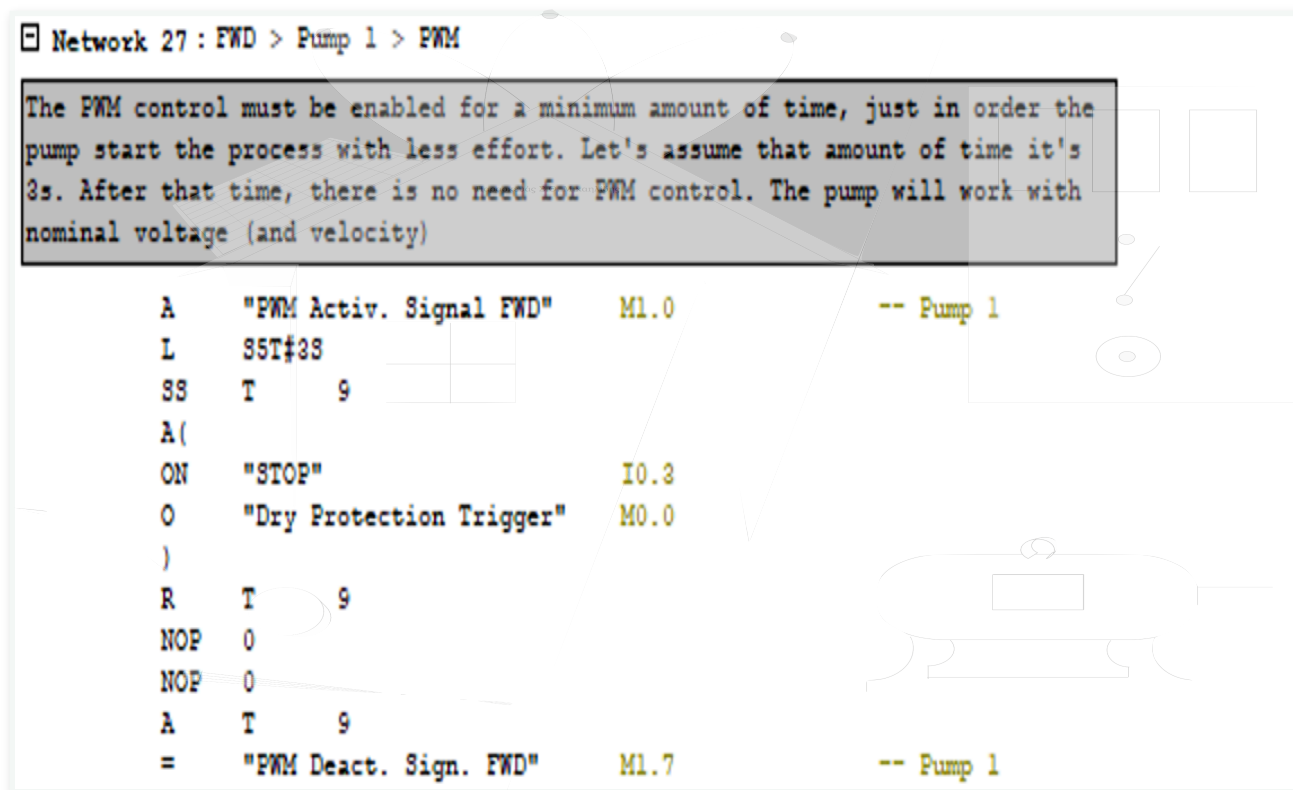
Στη συνέχεια, με το **Network 27**, παράγεται το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά, όπως είχαμε πει και παραπάνω, ώστε η αντλία πλέον να λειτουργήσει στα ονομαστικά της χαρακτηριστικά αφού έχει επέλθει το μεταβατικό της εκκίνησης. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά και δεν είναι πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς STOP, ενώ ταυτόχρονα δεν έχει δοθεί σήμα έναυσης για προστασία από εν κενώ λειτουργία, τότε, εκκινεί η λειτουργία του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T9. Μετά την παρέλευση του προκαθορισμένου χρόνου, παράγεται το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά. Επί του



Εικόνα 2.54: Pumping Station's Network 27 - Ladder

κώδικα STL του Network 27, η εντολή "A 'PWM Activ. Signal FWD'" ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας για την ορθή περιστροφή είναι ενεργό. Στη συνέχεια, η εντολή "L S5T#3S" φορτώνει τη χρονική σταθερά των 3s και με την "SS T9" ξεκινά η λειτουργία του χρονικού T9. Η εντολή "A(" ανοίγει ένα νέο λογικό block, και μέσα από αυτό, η εντολή "ON 'STOP'" ελέγχει αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος, ενώ η εντολή "O 'Dry Protection Trigger'" ελέγχει αν το σήμα προστασίας από εν κενώ λειτουργία είναι ενεργό. Αν κάποια από αυτές τις συνθήκες ισχύει, με την εντολή "R T9" γίνεται επαναφορά του χρονικού T9. Οι εντολές "NOP 0" εισάγουν κενά διαστήματα και με την "A T9" ελέγχεται αν το χρονικό T9

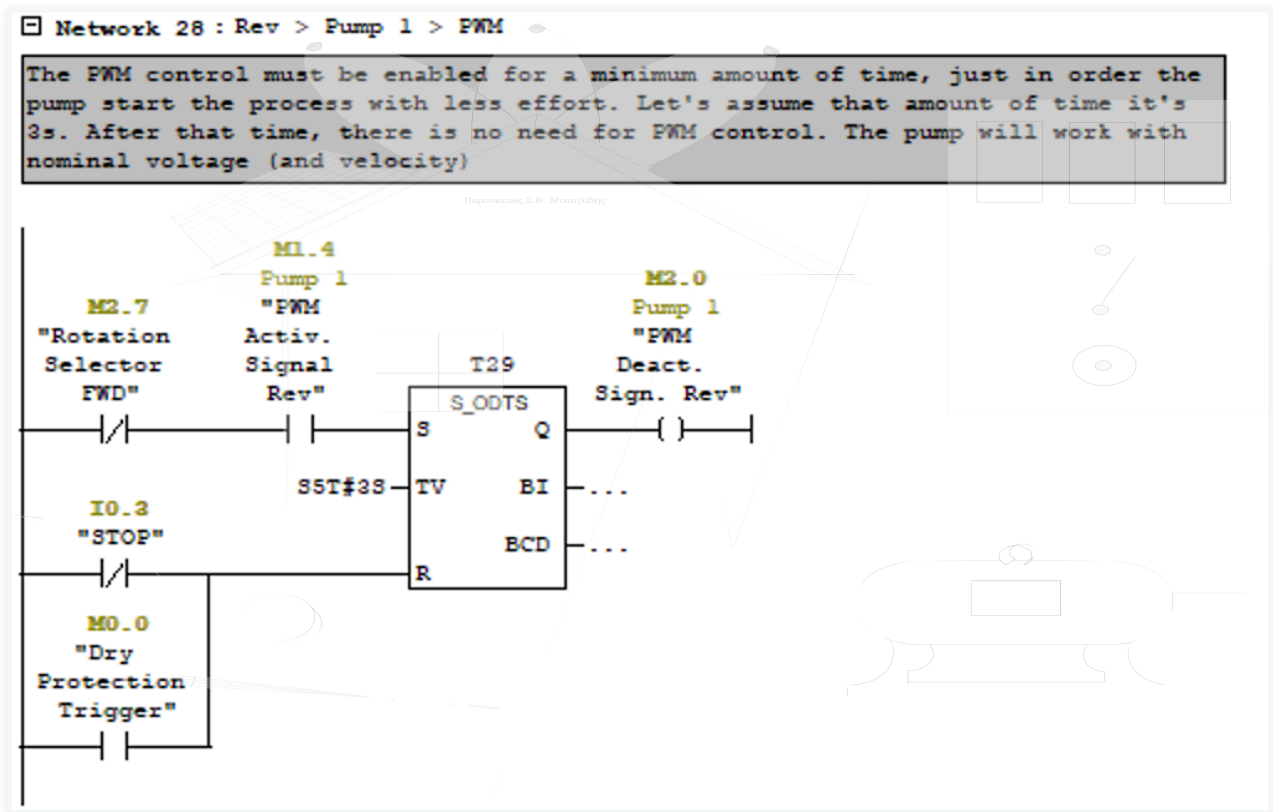
έχει ολοκληρωθεί. Τέλος, η εντολή “= 'PWM Deact. Sign. FWD” δίνει σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 1ης Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά.



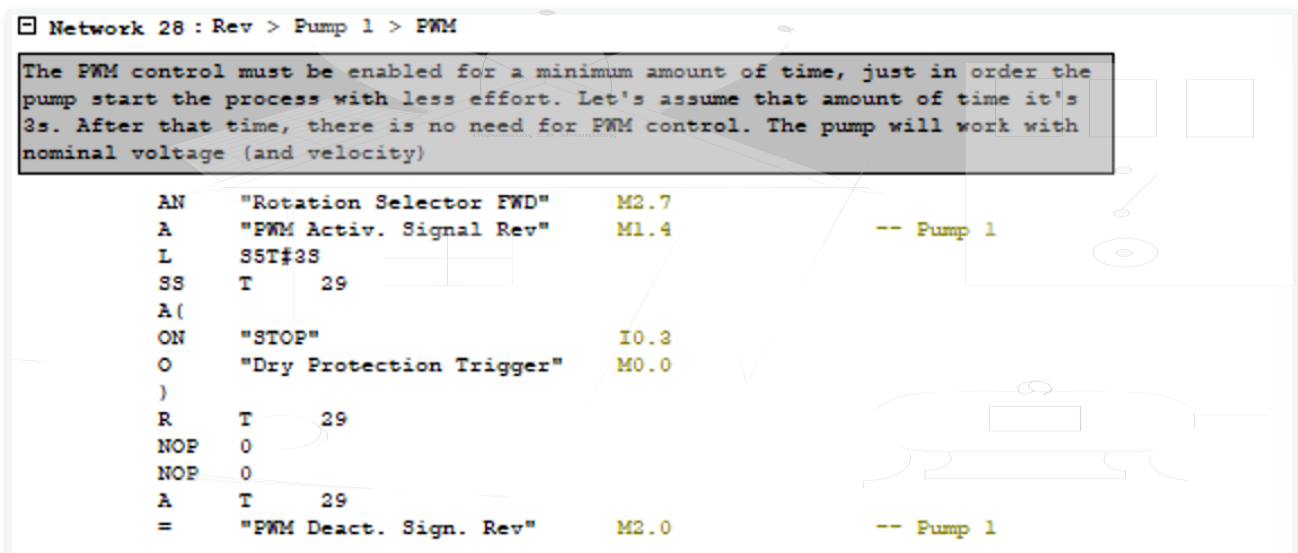
Εικόνα 2.55: Pumping Station's Network 27 - STL Code

Κατά αντιστοιχία με το Network 27, το **Network 28**, για τους ίδιους λόγους, παράγεται το σήμα απενεργοποίησης του PWM ελέγχου της 1ης Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά. Συγκεκριμένα επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό, ταυτόχρονα έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης του Ελέγχου PWM της 1ης Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά, ενώ ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος και παράλληλα δεν έχει δοθεί σήμα έναυσης για προστασία από εν κενώ λειτουργία, τότε, εκκινεί η λειτουργία του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T29. Μετά την παρέλευση του προκαθορισμένου χρόνου, παράγεται το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 1ης Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά. Επί του κώδικα STL του Network 28, η εντολή “AN 'Rotation Selector FWD” ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό, ενώ η εντολή “A 'PWM Activ. Signal Rev” ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM για την ανάστροφη περιστροφή της 1ης Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό. Στη συνέχεια, η εντολή “L S5T#3S” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 3 δευτερολέπτων και με την “SS T29” ξεκινά η λειτουργία του χρονικού T29. Η εντολή “A(” ανοίγει ένα νέο λογικό block και μέσα από αυτό, η εντολή “ON 'STOP” ελέγχει αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος, ενώ η εντολή “O 'Dry Protection Trigger” ελέγχει αν το σήμα προστασίας από εν κενώ λειτουργία είναι ενεργό. Αν μία από τις προηγούμενες συνθήκες ισχύει, με την εντολή “R T29” γίνεται επαναφορά του χρονικού T29. Οι εντολές “NOP 0” εισάγουν κενά διαστήματα και με την “A T29” ελέγχεται αν το

χρονικό T29 έχει ολοκληρωθεί. Τέλος, η εντολή “= 'PWM React. Sign. Rev'” θέτει το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά σε λογικό 1.



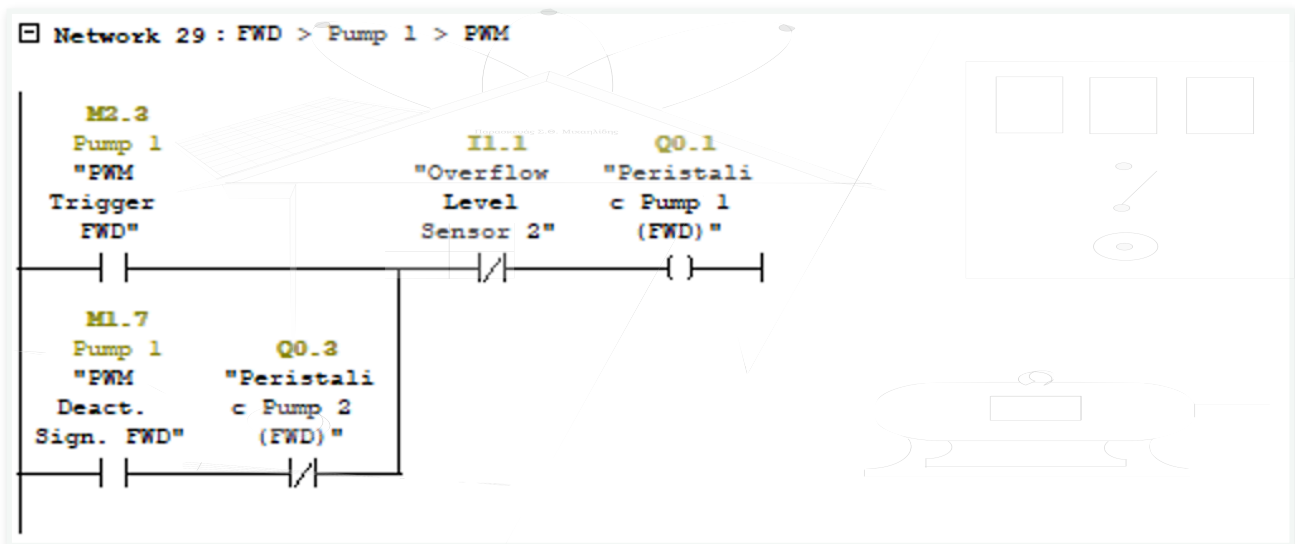
Εικόνα 2.56: Pumping Station's Network 28 - Ladder



Εικόνα 2.57: Pumping Station's Network 28 - STL Code

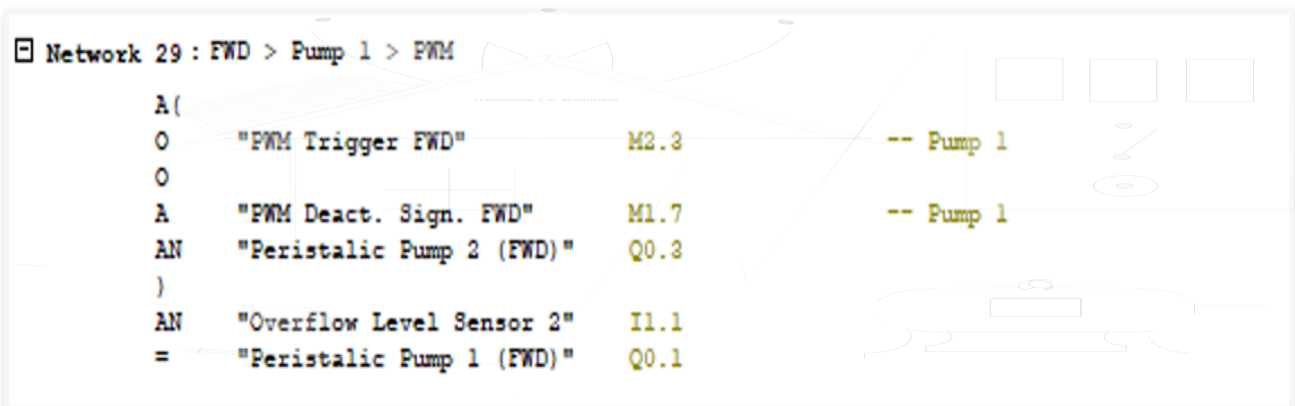
Ακολουθώντας, το **Network 29**, συνιστά την τελική βαθμίδα διαχείρισης των σημάτων που αφορούν στην εκκίνηση της λειτουργίας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά περιστροφής. Συγκεκριμένα επί του κυκλώματος Ladder, αν ο Ελεγκτής Στάθμης Υπερχείλισης

Υγρού 2 / Overflow Level Sensor 2 δεν είναι ενεργός κι έχει δοθεί, είτε σήμα έναυσης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά ορθή φορά, είτε σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της προηγούμενης αντλίας κατά την ίδια φορά και ταυτόχρονα, η 2^η Περισταλτική Αντλία, δεν περιστρέφεται ορθά, τότε, ενεργοποιείται η 1^η Περισταλτικής Αντλία. Ο παράλληλος κλάδος του εν λόγω κυκλώματος Ladder εξασφαλίζει την συνεχή περιστροφή της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας όταν ο έλεγχος PWM απενεργοποιηθεί. Στη συνέχεια, επί του κώδικα STL του Network 29, η εντολή “A(” ανοίγει ένα νέο λογικό block, το οποίο περιλαμβάνει πολλαπλές λογικές συνθήκες



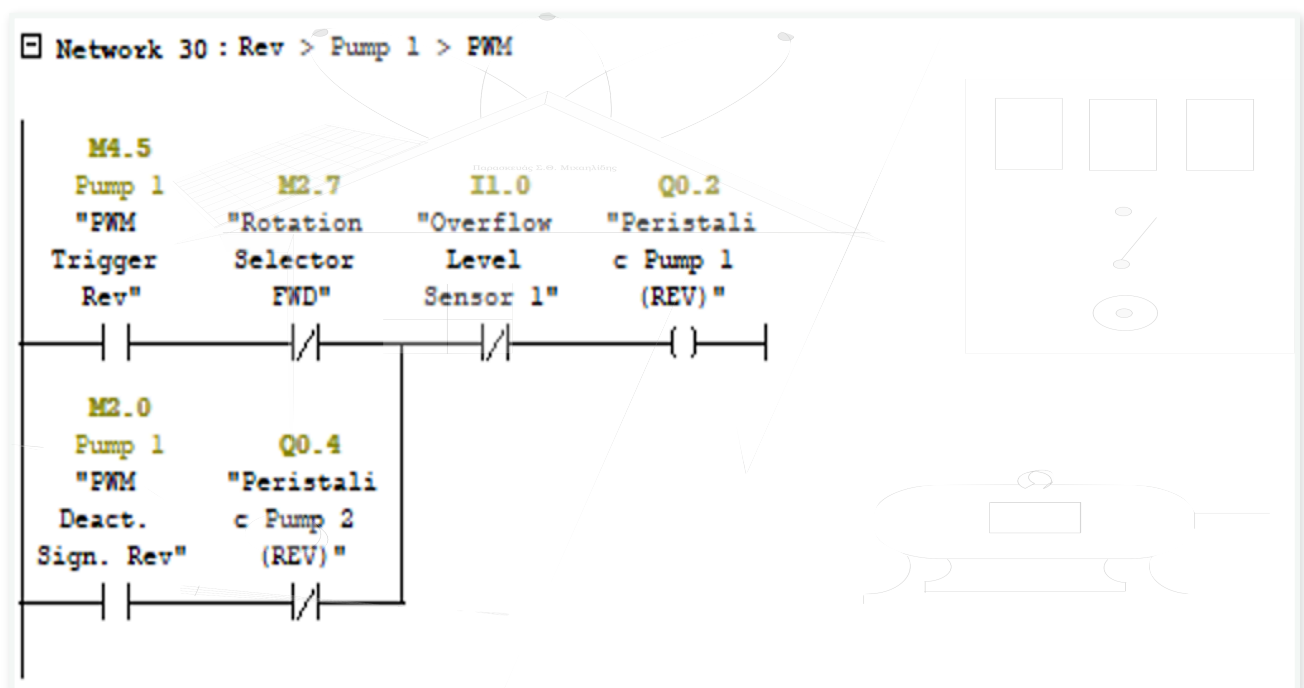
Εικόνα 2.58: Pumping Station's Network 29 - Ladder

ξεκινώντας με την εντολή “O 'PWM Trigger FWD'” ελέγχεται αν το σήμα ενεργοποίησης PWM για την ορθή περιστροφή της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ενεργό και στη συνέχεια με την εντολή “O” ελέγχεται, είτε αν η εντολή “A 'PWM Deact. Sign. FWD'” που επιβλέπει αν το σήμα απενεργοποίησης του PWM της προηγούμενης αντλίας και φοράς είναι ενεργό, είτε αν η εντολή “AN 'Peristaltic Pump 2 (FWD)'” που ελέγχει αν η 2^η Περισταλτική Αντλία στρέφεται προς την ίδια φορά, δίνουν λογικό 1. Εφόσον ισχύουν οι παραπάνω συνθήκες, η εντολή “AN 'Overflow Level Sensor 2'” ελέγχει αν ο Ελεγκτής Στάθμης Υπερχείλισης Υγρού 2 είναι ανενεργός. Τέλος, η εντολή “= 'Peristaltic Pump 1 (FWD)'” ενεργοποιεί την 1^η Περισταλτική Αντλία κατά την ορθή φορά.



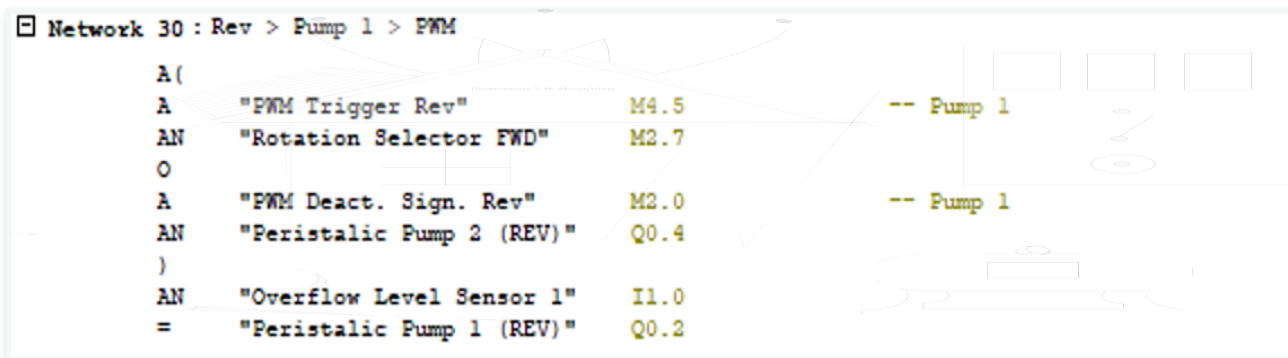
Εικόνα 2.59: Pumping Station's Network 29 - STL Code

Παρόμοια, το **Network 30**, συνιστά την τελική βαθμίδα διαχείρισης των σημάτων που αφορούν στην εκκίνηση της λειτουργίας της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά ανάστροφη φορά περιστροφής. Συγκεκριμένα επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα έναυσης του ελέγχου PWM για την 1^η Περισταλτική αντλία κατά την ανάστροφη φορά, ενώ δεν έχει δοθεί σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής και ταυτόχρονα η 2^η Περισταλτική Αντλία δεν περιστρέφεται ανάστροφα, ούτε έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά, τότε, ενεργοποιείται η 1^η Περισταλτικής Αντλία κατά την ανάστροφη φορά, με την προϋπόθεση ότι ο Ελεγκτής Στάθμης Υπερχείλισης Υγρού 1 παραμένει ανενεργός. Ο παράλληλος κλάδος εξασφαλίζει την συνεχή περιστροφή της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας όταν ο έλεγχος PWM απενεργοποιηθεί. Επί του κώδικα STL του Network 30, η εντολή “A(” ανοίγει ένα νέο λογικό block που περιλαμβάνει πολλαπλές λογικές συνθήκες. Με την εντολή “A 'PWM Trigger Rev” ελέγχεται



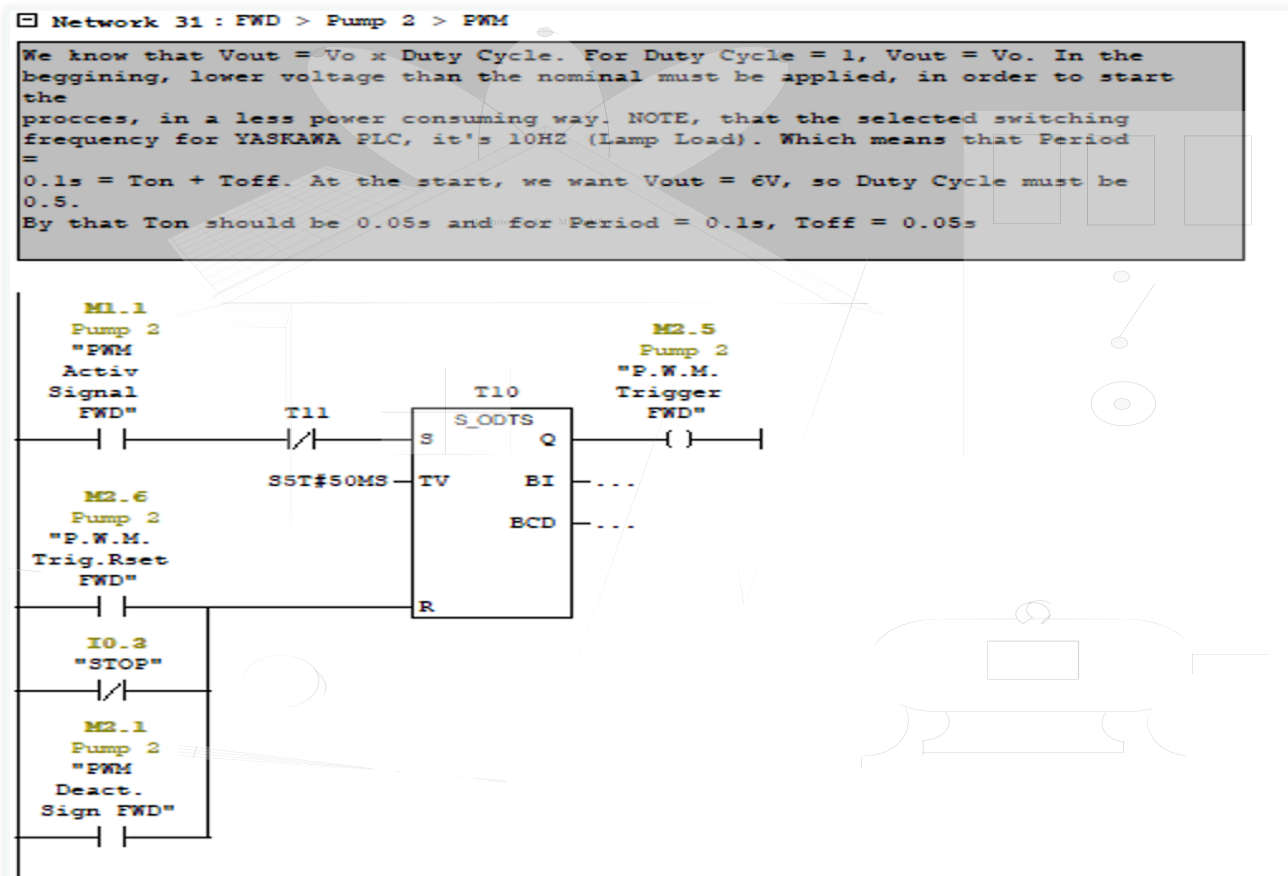
Εικόνα 2.60: Pumping Station's Network 30 - Ladder

αν το σήμα ενεργοποίησης PWM της 1^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφης φορά, είναι ενεργό και στη συνέχεια με την εντολή “AN 'Rotation Selector FWD” ελέγχεται αν το σήμα επιλογής ορθής περιστροφής είναι επίσης, ανενεργό. Με την εντολή “O” ελέγχεται, είτε αν η εντολή “A 'PWM Deact. Sign. Rev” που επιβλέπει αν έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της προαναφερθείσας αντλίας (κατά ανάστροφη φορά), είτε αν η “AN 'Peristaltic Pump 2 (REV)” που ελέγχει αν η 2^η περισταλτική αντλία δεν λειτουργεί ανάστροφα, δίνουν λογικό 1. Εφόσον ισχύουν οι παραπάνω συνθήκες, η εντολή “AN 'Overflow Level Sensor 1” ελέγχει αν ο Ελεγκτής Στάθμης Υπερχείλισης Υγρού 1 είναι ανενεργός. Τέλος, η εντολή “= 'Peristaltic Pump 1 (REV)” ενεργοποιεί την 1^η Περισταλτική Αντλία προς την ανάστροφη φορά.



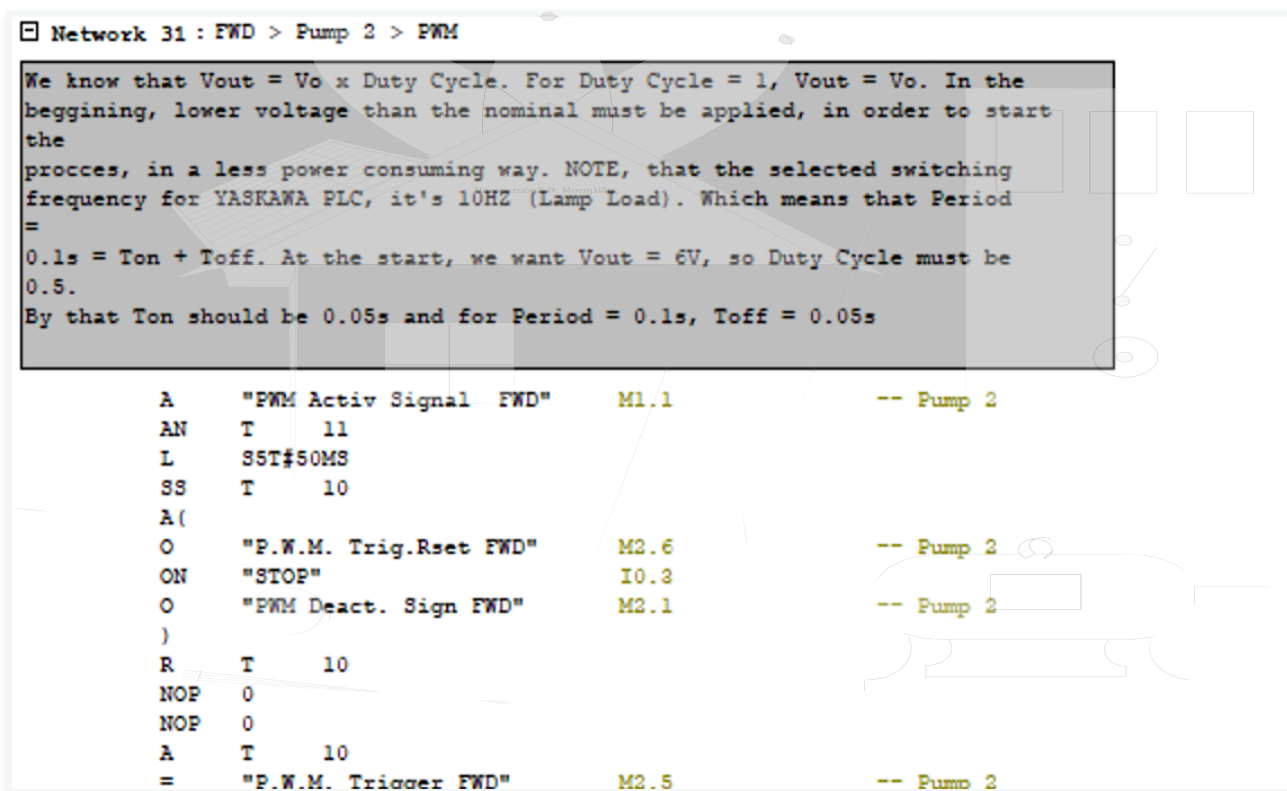
Εικόνα 2.61: Pumping Station's Network 30 - STL Code

Κατά αναλογία με το Network 23, στόχος του **Network 31** είναι να παράξει το θετικό σήμα διάρκειας T_{on} , της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T10. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά και το χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση που παράγει το σήμα μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} είναι ανενεργό, τότε δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό T10. Με τη σειρά, ακολουθεί η αποστολή του σήματος έναυσης (M2.5) του Ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά. Η επαναφορά του προαναφερθέντος χρονικού γίνεται είτε αν πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε μέσω του σήματος M2.6 είτε με το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά. Επί του



Εικόνα 2.62: Pumping Station's Network 31 - Ladder

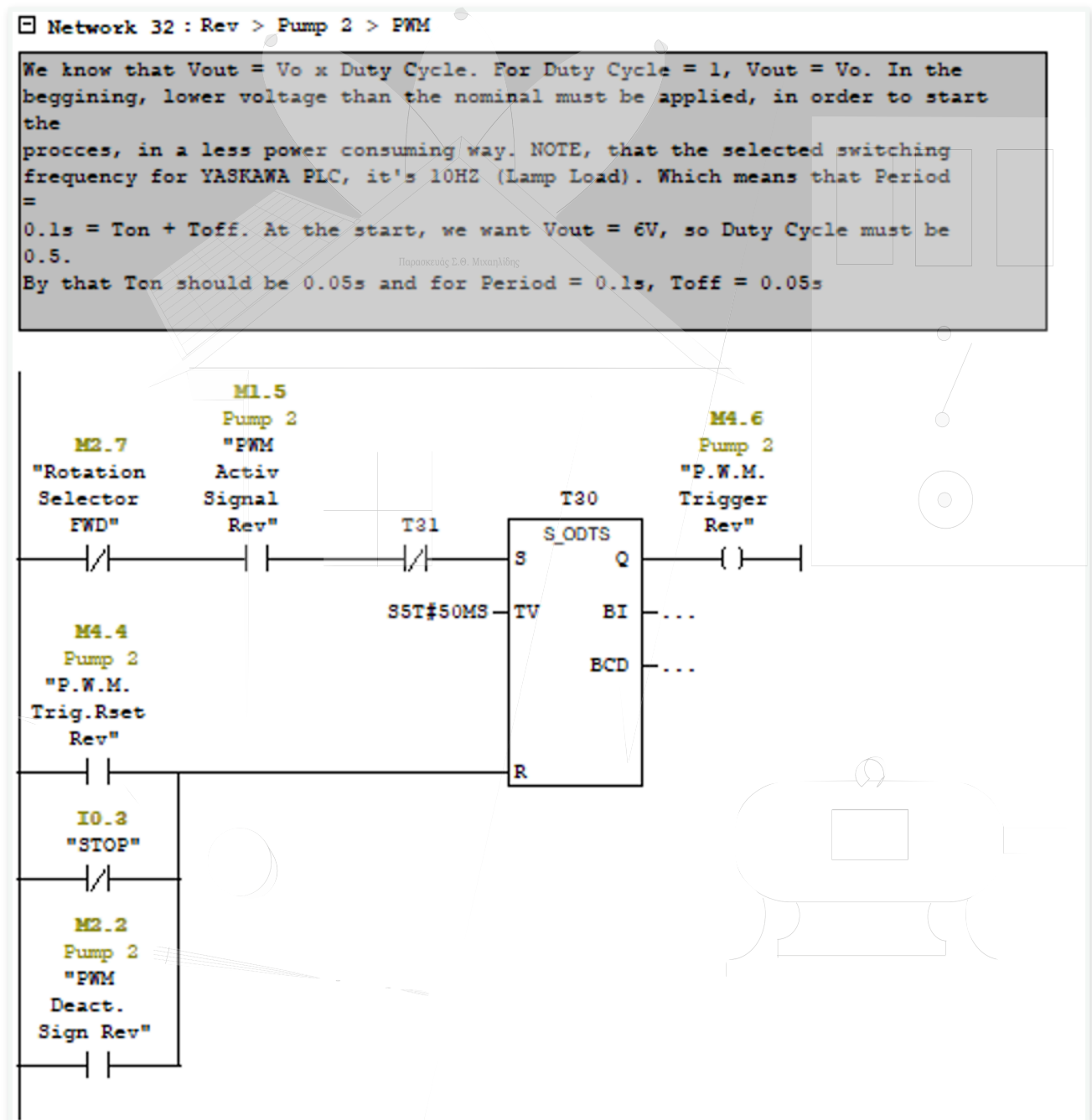
κώδικα STL του Network 31, η εντολή “A 'PWM Activ Signal FWD” ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά περιστροφής, είναι ενεργό. Στη συνέχεια, η εντολή “AN T 11” ελέγχει αν το χρονικό T11 δεν είναι ενεργό. Η “L S5T#50MS” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 50ms και η “SS T 10” ξεκινά το χρονικό T10. Στο λογικό block που ανοίγει με την “A(”, οι εντολές “O 'P.W.M. Trig.Rset FWD”, “ON 'STOP” και “O 'PWM Deact. Sign FWD” ελέγχουν, είτε αν έχει γίνει επαναφορά του σήματος έναυσης του ελέγχου PWM της προηγούμενης αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, είτε αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP είναι πιεσμένος, είτε αν το σήμα απενεργοποίησης PWM για την ίδια αντλία κατά την ορθή φορά είναι ενεργό. Αν ισχύει μία από τις προηγούμενες συνθήκες, με την “R T 10” γίνεται επαναφορά του χρονικού T10. Με τις εντολές “NOP 0” εισάγονται κενά διαστήματα και τέλος, η εντολή “A T 10” ελέγχει αν το χρονικό T10 έχει ολοκληρωθεί, ενώ η εντολή “= 'P.W.M. Trigger FWD” δίνει σήμα ενεργοποίησης για τον Ελεγκο PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά.



Εικόνα 2.63: Pumping Station's Network 31 - STL Code

Αντίστοιχα με το Network 24, το **Network 32** έχει στόχο να παράξει το θετικό σήμα διάρκειας T_{on} , της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T30. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό και ταυτόχρονα το σήμα ενεργοποίησης ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά είναι ενεργό, ενώ παράλληλα το χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση που παράγει το σήμα μηδενικό πλάτους και διάρκειας T_{off} είναι μη ενεργό, τότε, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό T30. Με τη σειρά, ακολουθεί η

αποστολή του σήματος έναυσης (M4.6) του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά. Η επαναφορά του προαναφερθέντος χρονικού γίνεται, είτε αν πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε μέσω του σήματος επαναφοράς έναυσης PWM ελέγχου της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, είτε με το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, που θα αναλυθεί παρακάτω. Επί



Εικόνα 2.64: Pumping Station's Network 32 - Ladder

του κώδικα STL του Network 32, η εντολή "AN 'Rotation Selector FWD'" ελέγχει αν το σήμα επιλογής της ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό και η εντολή "A 'PWM Activ. Signal Rev'" ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας για την ανάστροφη περιστροφή, είναι ενεργό. Επειτα, η "AN T31" ελέγχει αν το χρονικό T31 δεν έχει ενεργοποιηθεί,

με την εντολή "L S5T#50MS" φορτώνεται η χρονική σταθερά των 50ms και με την "SS T31" εκκινεί η λειτουργία του χρονικού T31. Η εντολή "A(" σηματοδοτεί την έναρξη ενός νέου λογικού block με πολλαπλές συνθήκες. Οι "O 'PWM Trig.Rset Rev'", "ON 'STOP'" και "O 'PWM Deact. Sign. Rev'" ελέγχουν, είτε αν το σήμα επαναφοράς έναυσης ελέγχου PWM της 2ης Περισταλτικής Αντλίας για την ανάστροφη περιστροφή, είναι ενεργό, είτε αν ο διακόπτης STOP είναι πιεσμένος, ή αν το σήμα απενεργοποίησης PWM για την ανάστροφη φορά, της προαναφερθείσας αντλίας, είναι ενεργό. Εφόσον μία από αυτές τις συνθήκες ισχύει, η εντολή "R T30" πραγματοποιεί επαναφορά του χρονικού T30. Οι εντολές "NOP 0" εισάγουν κενά διαστήματα και τέλος, με την "A T30" ελέγχεται αν το χρονικό T30 έχει ολοκληρωθεί, ενώ η εντολή "= 'PWM Trigger Rev'" ενεργοποιεί το σήμα εκκίνησης του ελέγχου PWM της 2ης Περισταλτικής Αντλίας για την ανάστροφη φορά της περιστροφής.

Network 32 : Rev > Pump 2 > PWM

We know that $V_{out} = V_o \times \text{Duty Cycle}$. For Duty Cycle = 1, $V_{out} = V_o$. In the beggining, lower voltage than the nominal must be applied, in order to start the procces, in a less power consuming way. NOTE, that the selected switching frequency for YASKAWA PLC, it's 10HZ (Lamp Load). Which means that Period =

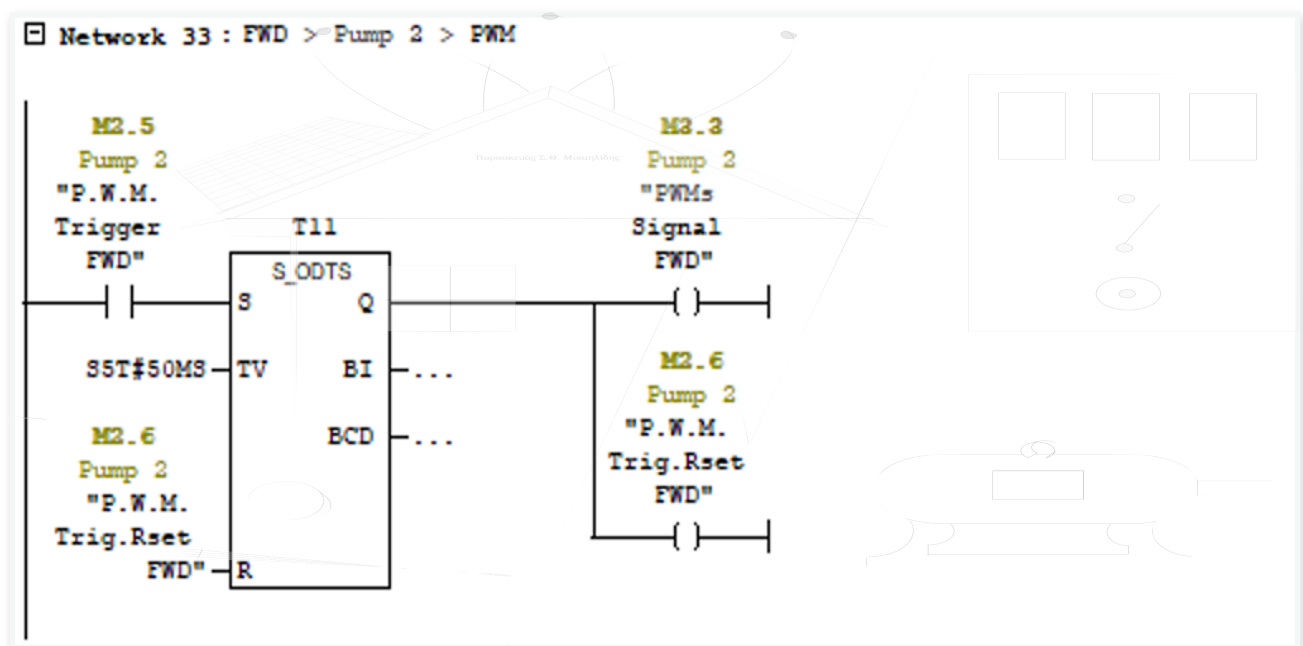
$0.1s = T_{on} + T_{off}$. At the start, we want $V_{out} = 6V$, so Duty Cycle must be 0.5.

By that T_{on} should be 0.05s and for Period = 0.1s, $T_{off} = 0.05s$

AN	"Rotation Selector FWD"	M2.7	
A	"PWM Activ Signal Rev"	M1.5	-- Pump 2
AN	T 31		
L	S5T#50MS		
SS	T 30		
A(			
O	"P.W.M. Trig.Rset Rev"	M4.4	-- Pump 2
ON	"STOP"	I0.3	
O	"PWM Deact. Sign Rev"	M2.2	-- Pump 2
)			
R	T 30		
NOP	0		
NOP	0		
A	T 30		
=	"P.W.M. Trigger Rev"	M4.6	-- Pump 2

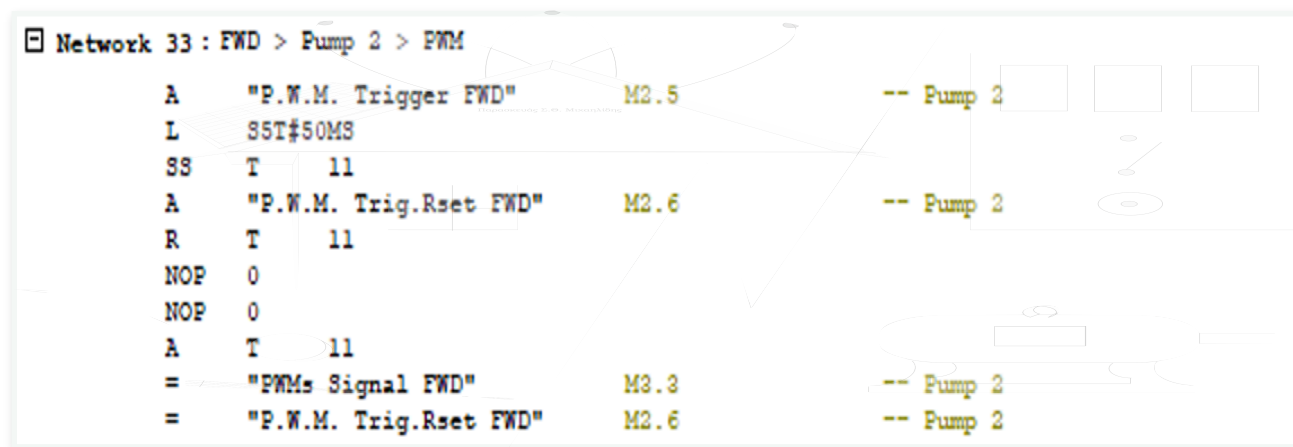
Εικόνα 2.65: Pumping Station's Network 32 - STL Code

Παρόμοια με το Network 25, στόχος του **Network 33**, είναι να παράξει το σήμα μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} , της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T11. Επιπρόσθετα θα παράξει το σήμα επαναφοράς έναυσης του Ελέγχου PWM, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα έναυσης ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά και δεν έχει δοθεί σήμα επαναφοράς έναυσης ελέγχου PWM για την ίδια αντλία και φορά, στην είσοδο Reset του προαναφερθέντα χρονικού, τότε, εκκινεί η λειτουργία του. Μετά την παρέλευση του προκαθορισμένου χρόνου, παράγεται το σήμα PWM ελέγχου της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά, καθώς και το σήμα επαναφοράς έναυσης του PWM ελέγχου, της προηγούμενης αντλίας, για την ίδια φορά. Επί του κώδικα STL



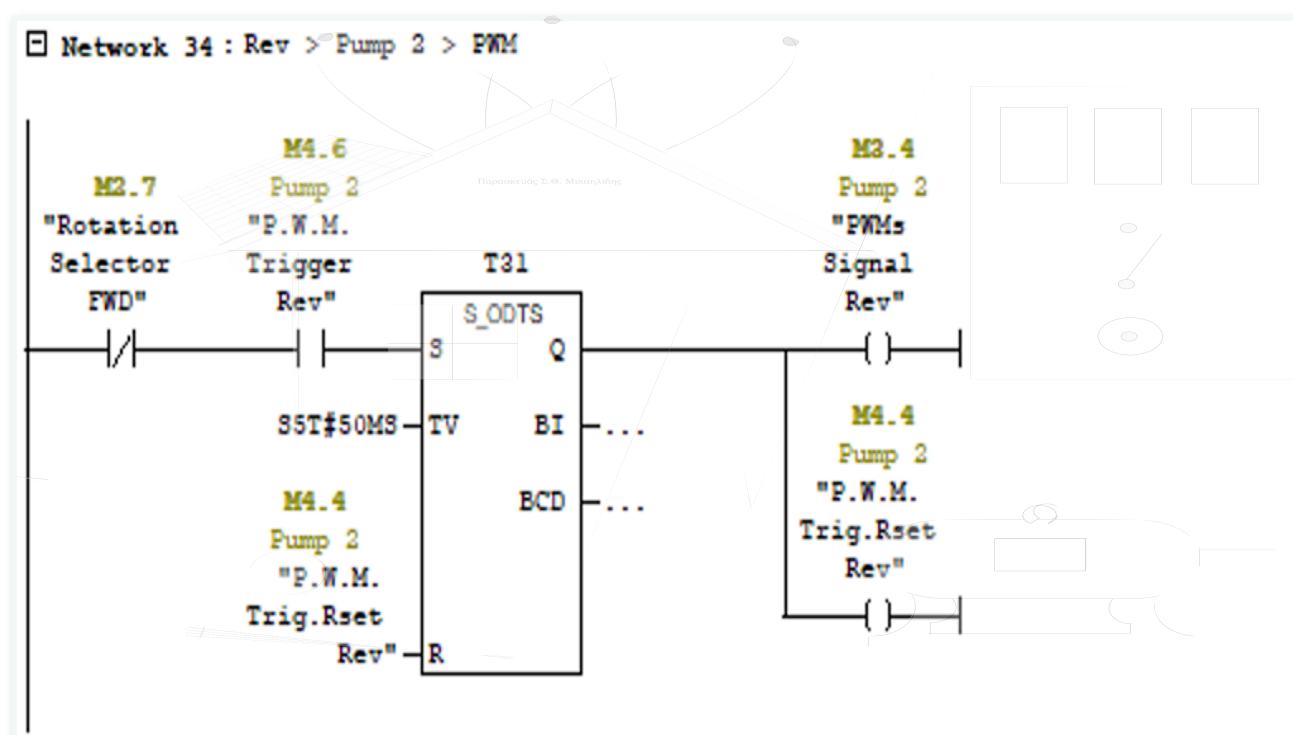
Εικόνα 2.66: Pumping Station's Network 33 - Ladder

του Network 33, η εντολή “A ‘P.W.M. Trigger FWD’” ελέγχει αν το σήμα έναυσης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά είναι ενεργό. Στη συνέχεια, η εντολή “L S5T#50MS” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 50ms και η “SS T 11” ξεκινά τη λειτουργία του χρονικού T11. Η εντολή “A ‘P.W.M. Trig.Rset FWD’” ελέγχει αν το σήμα επαναφοράς έναυσης του ελέγχου PWM για τη 2^η Περισταλτική Αντλία κατά την ορθή φορά, είναι ενεργό και αν είναι, η “R T 11” επαναφέρει το χρονικό T11. Με τις εντολές “NOP 0” εισάγονται κενά διαστήματα και η εντολή “A T 11” ελέγχει αν το χρονικό T11 έχει ολοκληρωθεί. Επειτα, η εντολή “= ‘PWMs Signal FWD’” ενεργοποιεί το σήμα PWM, για την ορθή φορά, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, ενώ η “= ‘P.W.M. Trig.Rset FWD’” δίνει εντολή επαναφοράς για το σήμα PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά ορθή φορά.



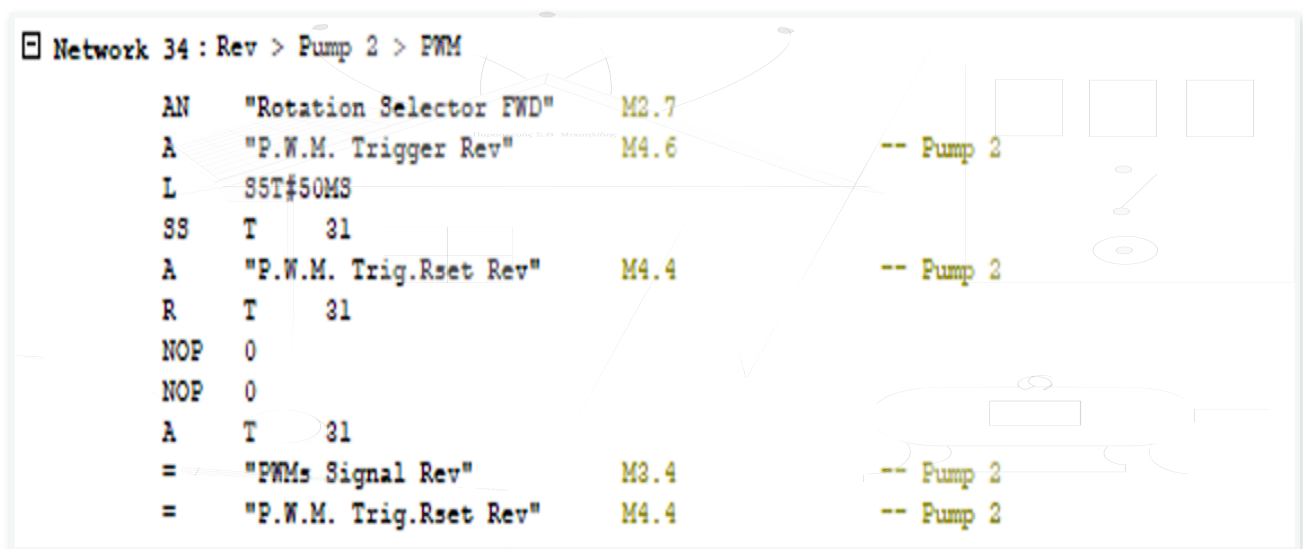
Εικόνα 2.67: Pumping Station's Network 33 - STL Code

Παρόμοια με το Network 26, ο στόχος του **Network 34**, είναι η παραγωγή του σήματος μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} , της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T31. Επιπρόσθετα θα παράξει το σήμα επαναφοράς έναυσης, του ελέγχου PWM, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την προαναφερθείσα φορά. Επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό, ταυτόχρονα έχει δοθεί σήμα έναυσης ελέγχου PWM, για την 2^η Περισταλτική Αντλία, κατά την ανάστροφη φορά και στην είσοδο Reset του προαναφερθέντα χρονικού, δεν έχει δοθεί σήμα επαναφοράς έναυσης για την ίδια αντλία και φορά, τότε εκκινεί η λειτουργία του. Με την παρέλευση του προκαθορισμένου χρόνου, παράγεται το σήμα PWM ελέγχου της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά και το σήμα επαναφοράς έναυσης PWM ελέγχου της προηγούμενης αντλίας για την ίδια φορά. Αναφορικά με τον κώδικα



Εικόνα 2.68: Pumping Station's Network 34 - Ladder

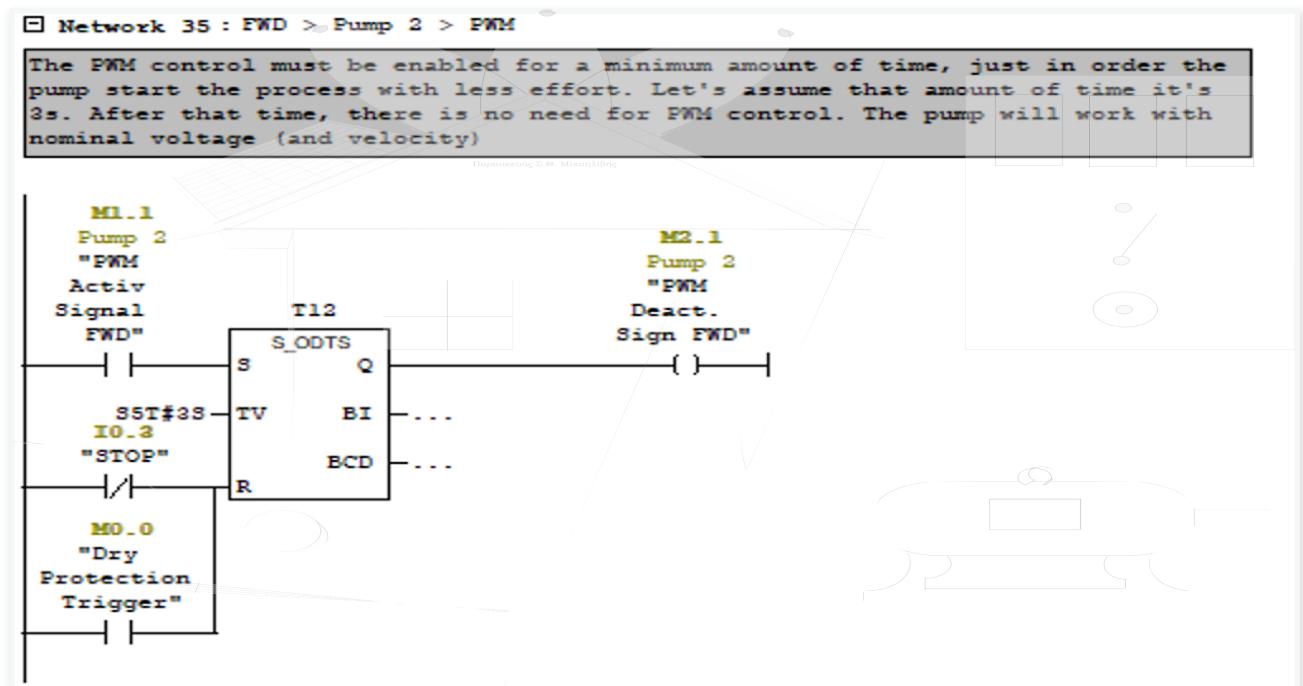
STL του Network 34, η εντολή “AN 'Rotation Selector FWD” ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς δεν είναι ενεργό. Στη συνέχεια, η εντολή “A 'P.W.M. Trigger Rev” ελέγχει αν το σήμα έναυσης PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ανάστροφη φορά, είναι ενεργό, ενώ η εντολή “L S5T#50MS” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 50ms και η “SS T 31” ξεκινά το χρονικό T31. Η εντολή “A 'P.W.M. Trig.Rset Rev” ελέγχει αν το σήμα επαναφοράς έναυσης, του ελέγχου PWM, για την προαναφερθείσα αντλία και φορά είναι ενεργό, ενώ με την “R T 31” γίνεται επαναφορά του χρονικού T31. Με τις εντολές “NOP 0” εισάγονται κενά διαστήματα. Επειτα, η εντολή “A T 31” ελέγχει αν το χρονικό T31 έχει ολοκληρωθεί και η εντολή “= 'PWMs Signal Rev” ενεργοποιεί το σήμα ελέγχου PWM, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά, ενώ η “= 'P.W.M. Trig.Rset Rev” δίνει εντολή επαναφοράς του προηγούμενου σήματος.



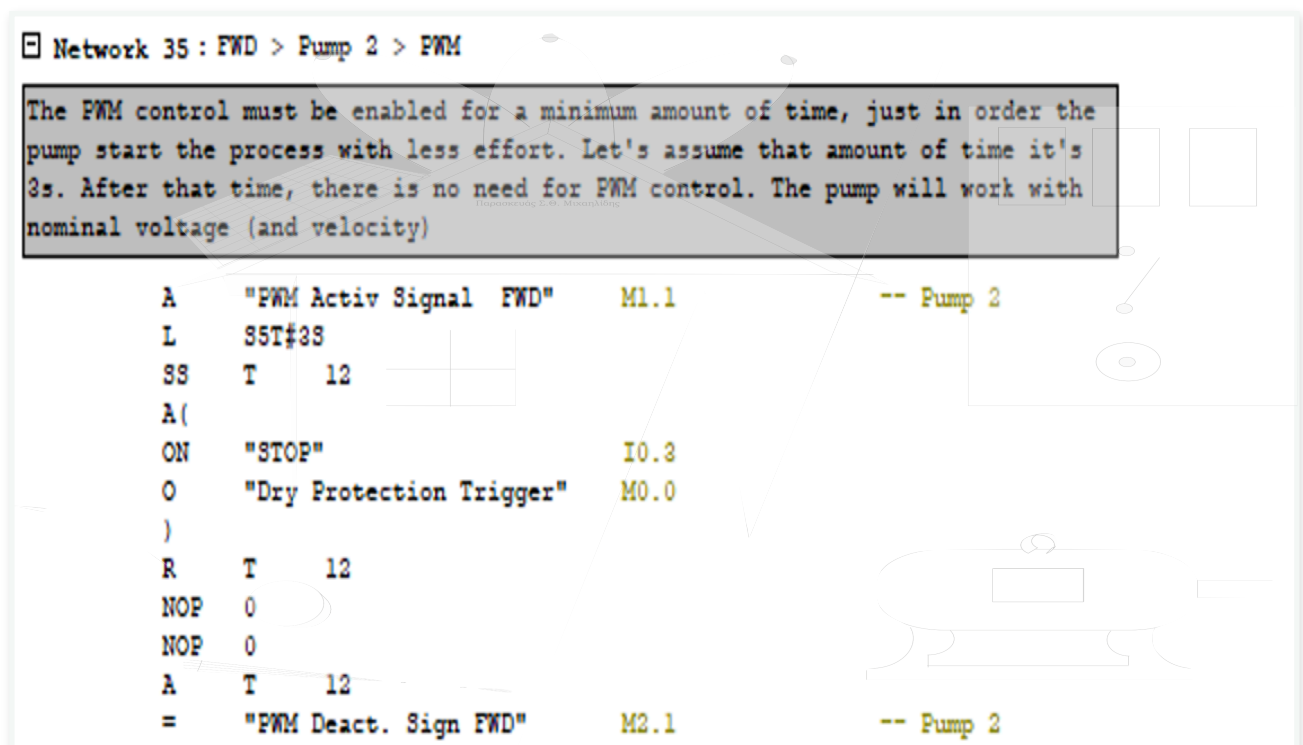
Εικόνα 2.69: Pumping Station's Network 34 - STL Code

Παρόμοια με το Network 27, στο **Network 35**, παράγεται το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά, ώστε η αντλία πλέον να λειτουργήσει στα ονομαστικά της χαρακτηριστικά αφού έχει επέλθει το μεταβατικό της εκκίνησης. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά και δεν είναι πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς STOP, ενώ ταυτόχρονα δεν έχει δοθεί σήμα έναυσης για προστασία από εν κενώ λειτουργία, τότε εκκινεί η λειτουργία του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T12. Μετά την παρέλευση του προκαθορισμένου χρόνου, παράγεται το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM Ελέγχου της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά. Επί του κώδικα STL του Network 35, η εντολή “A 'PWM Activ. Signal FWD” ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, για την ορθή περιστροφή, είναι ενεργό. Στη συνέχεια, η εντολή “L S5T#3S” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 3s και με την “SS T12” ξεκινά η μέτρηση του χρονικού T12. Η εντολή “A(” ανοίγει ένα νέο λογικό block και μέσα από αυτό, η εντολή “ON 'STOP” ελέγχει αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος, ενώ η εντολή

“Ο 'Dry Protection Trigger’”, ελέγχει αν το σήμα προστασίας από εν κενώ λειτουργία, είναι ενεργό. Αν κάποια από αυτές τις συνθήκες ισχύει, με την εντολή “R T9”, γίνεται επαναφορά του χρονικού T12. Οι εντολές “NOP 0” εισάγουν κενά διαστήματα και με την “A T12” ελέγχεται αν το χρονικό T12 έχει ολοκληρωθεί. Τέλος, η εντολή “= 'PWM Deact. Sign. FWD’” θέτει το σήμα απενεργοποίησης του Ελέγχου PWM της 2ης Περισταλτικής Αντλίας κατά την ορθή φορά, σε λογικό 1.

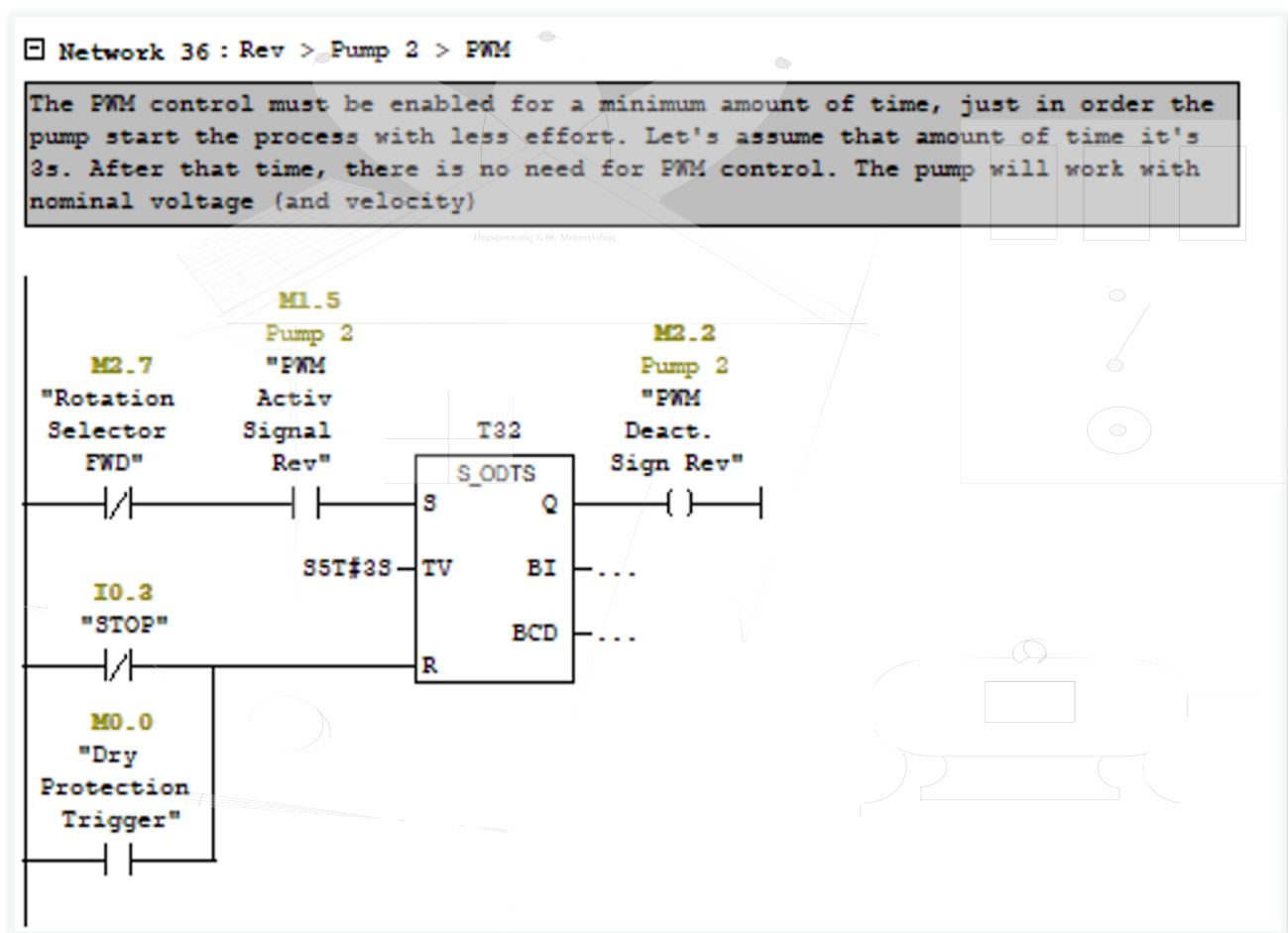


Εικόνα 2.70: Pumping Station's Network 35 - Ladder



Εικόνα 2.71: Pumping Station's Network 35 - STL Code

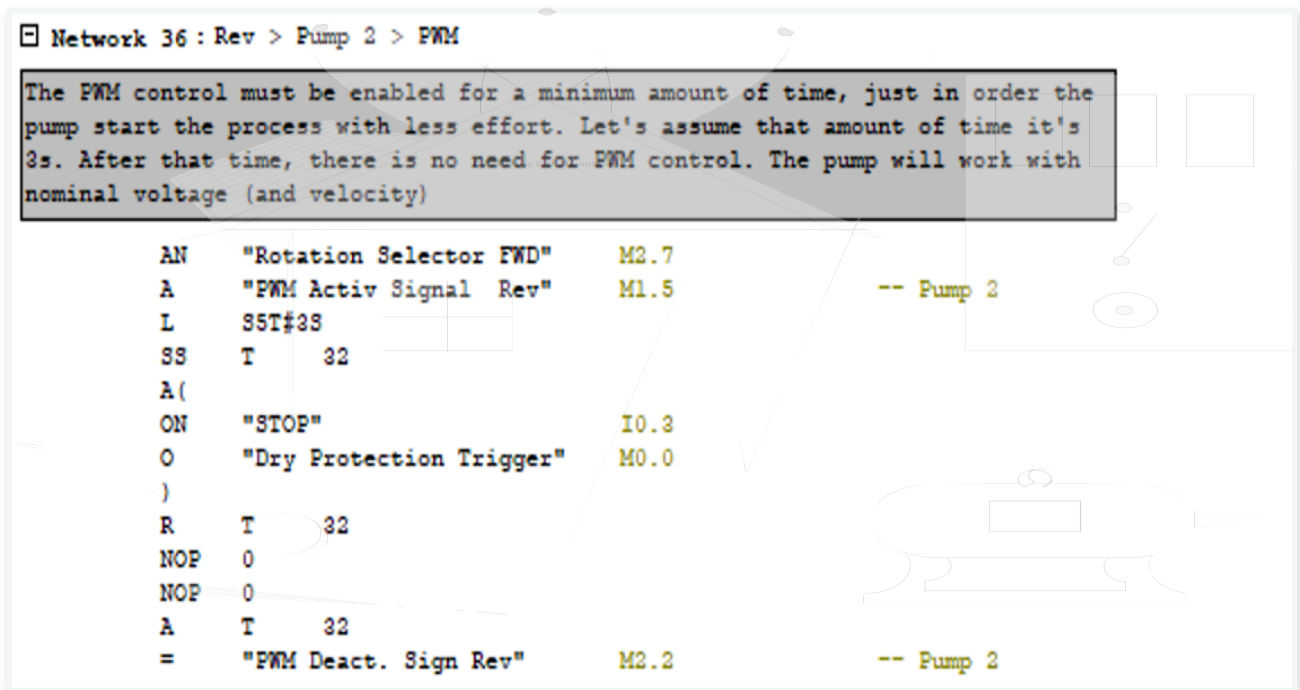
Κατά αντιστοιχία με το Network 28, στο **Network 36** για τους ίδιους λόγους, παράγεται το σήμα απενεργοποίησης του PWM ελέγχου της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ανάστροφη φορά. Συγκεκριμένα επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό, ενώ έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ανάστροφη φορά και ταυτόχρονα δεν είναι πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς STOP, ούτε έχει δοθεί σήμα έναυσης για προστασία από εν κενώ λειτουργία, τότε, εκκινεί η λειτουργία του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T32. Μετά την παρέλευση του προκαθορισμένου χρόνου, παράγεται το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM Ελέγχου της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλία κατά την ανάστροφη φορά. Επί του κώδικα STL του Network 32, η εντολή



Εικόνα 2.72: Pumping Station's Network 36 - Ladder

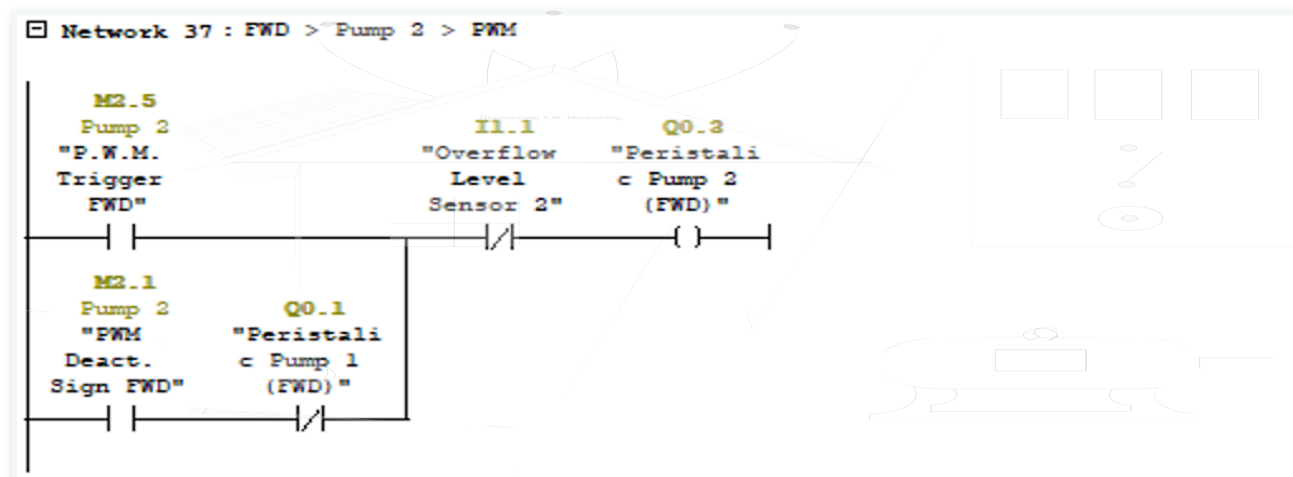
“AN 'Rotation Selector FWD'” ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ανενεργό, ενώ η εντολή “A 'PWM Activ. Signal Rev'” ελέγχει αν το σήμα ενεργοποίησης PWM, για την ανάστροφη περιστροφή, της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, είναι ενεργό. Στη συνέχεια, η εντολή “L S5T#3S” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 3 δευτερολέπτων και με την “SS T32” ξεκινά η καταμέτρηση του χρονικού T32. Η εντολή “A(” ανοίγει ένα νέο λογικό block και μέσα από αυτό, η εντολή “ON 'STOP'” ελέγχει αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος, ενώ η εντολή “O 'Dry Protection Trigger'” ελέγχει αν το σήμα προστασίας, από εν κενώ λειτουργία, είναι ενεργό. Αν μία από τις προηγούμενες συνθήκες ισχύει, με την εντολή “R T32” γίνεται επαναφορά του

χρονικού T32. Οι εντολές “NOP 0” εισάγουν κενά διαστήματα και με την “A T32” ελέγχεται αν το χρονικό T32 έχει ολοκληρωθεί. Τέλος, η εντολή “= 'PWM React. Sign. Rev'” θέτει το σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ανάστροφη φορά σε λογικό 1.

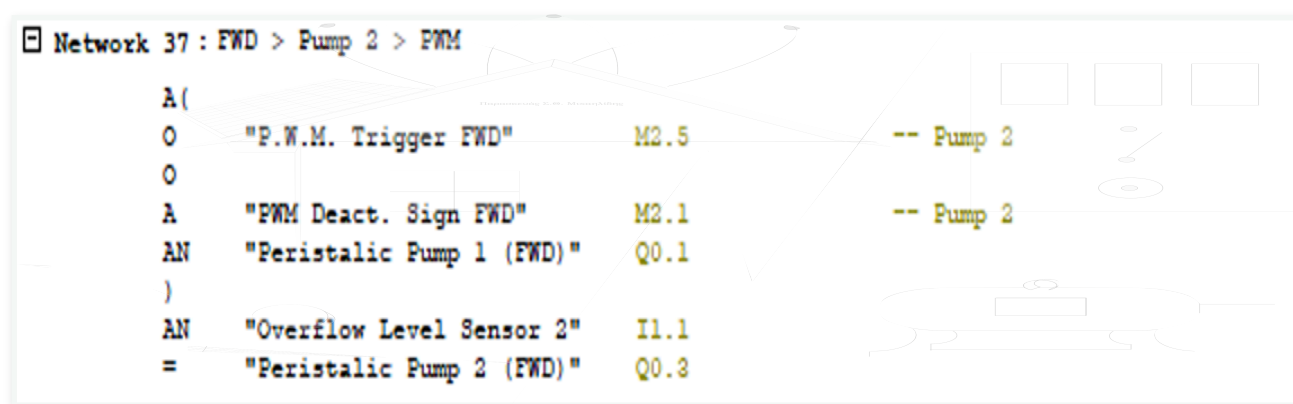


Εικόνα 2.73: Pumping Station's Network 36 - STL Code

Παρόμοια με το Network 29, το **Network 37**, συνιστά την τελική βαθμίδα διαχείρισης των σημάτων που αφορούν στην εκκίνηση, της λειτουργίας της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά την ορθή φορά περιστροφής. Συγκεκριμένα επί του κυκλώματος Ladder, αν ο Ελεγκτής Στάθμης Υπερχείλισης Υγρού 2 / Overflow Level Sensor 2 δεν είναι ενεργός και είτε έχει δοθεί σήμα έναυσης, του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά ορθή φορά, είτε έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM της προηγούμενης αντλίας για την ίδια φορά και ταυτόχρονα η 1^η Περισταλτική Αντλία δεν περιστρέφεται ορθά, τότε, ενεργοποιείται η 2^η Περισταλτική Αντλία. Ο παράλληλος κλάδος του εν λόγω κυκλώματος Ladder, εξασφαλίζει την συνεχή περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, όταν ο έλεγχος PWM απενεργοποιηθεί. Επί του κώδικα STL του Network 37, η εντολή “A(” ανοίγει ένα λογικό block το οποίο περιλαμβάνει πολλαπλές λογικές συνθήκες. Ξεκινώντας με την εντολή “O 'PWM Trigger FWD'” ελέγχεται αν το σήμα ενεργοποίησης PWM για την ορθή περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό και στη συνέχεια με την εντολή “O” ελέγχεται, είτε αν η εντολή “A 'PWM Deact. Sign. FWD'” που επιβλέπει αν το σήμα απενεργοποίησης του PWM της προηγούμενης αντλίας και φοράς είναι ενεργό, είτε αν η εντολή “AN 'Peristaltic Pump 1 (FWD)’” που ελέγχει αν η 1^η Περισταλτική Αντλία στρέφεται προς την ίδια φορά, δίνουν λογικό 1. Εφόσον ισχύουν οι παραπάνω συνθήκες, η εντολή “AN 'Overflow Level Sensor 2’” ελέγχει αν ο Ελεγκτής Στάθμης Υπερχείλισης Υγρού 2 είναι



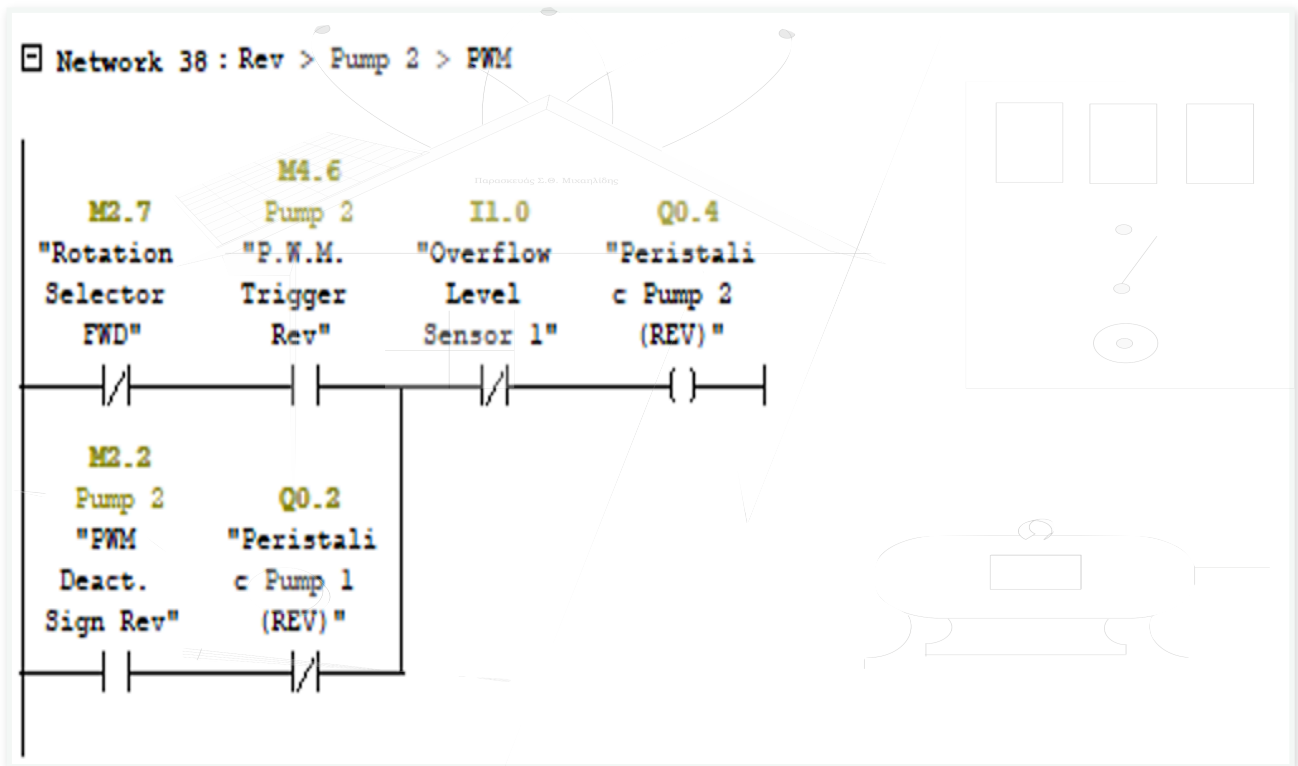
Εικόνα 2.74: Pumping Station's Network 37 - Ladder



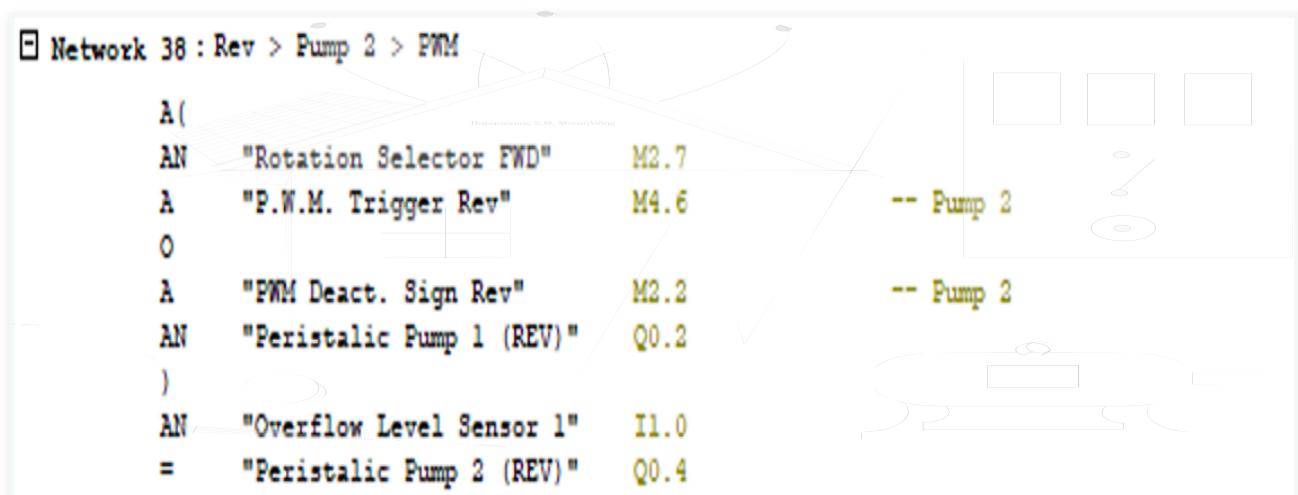
Εικόνα 2.75: Pumping Station's Network 37 - STL Code

Κατά αντιστοιχία με το Network 30, το **Network 38**, συνιστά την τελική βαθμίδα διαχείρισης των σημάτων, που αφορούν στην εκκίνηση της λειτουργίας της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, κατά ανάστροφη φορά περιστροφής. Συγκεκριμένα επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα έναυσης PWM για την 2^η Περισταλτική αντλία, κατά την ανάστροφη φορά, ενώ δεν έχει δοθεί σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής και ταυτόχρονα η 1^η Περισταλτική Αντλία δεν περιστρέφεται ανάστροφα, αλλά ούτε έχει δοθεί σήμα επενεργοποίησης του ελέγχου PWM της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας κατά την ίδια φορά, τότε ενεργοποιείται η 2^η Περισταλτικής Αντλίας, κατά την προαναφερθείσα φορά, εφόσον ο Ελεγκτής Στάθμης Υπερχείλισης Υγρού 1 είναι ανενεργός. Ο παράλληλος κλάδος κι εδώ, θα εξασφαλίσει την συνεχή περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας, όταν ο έλεγχος PWM απενεργοποιηθεί. Επί του κώδικα STL του Network 38, η εντολή “A(” ανοίγει ένα νεό λογικό block που περιλαμβάνει πολλαπλές λογικές συνθήκες. Με την εντολή “A 'PWM Trigger Rev” ελέγχεται αν το σήμα ενεργοποίησης PWM για την ανάστροφη περιστροφή της 2^{ης} Περισταλτικής Αντλίας είναι ενεργό και με την εντολή “AN 'Rotation Selector FWD”, ελέγχεται αν το σήμα επιλογής ορθής περιστροφής, είναι ανενεργό. Με την εντολή “O” ελέγχεται, είτε αν η εντολή “A 'PWM Deact. Sign. Rev” (που επιβλέπει αν έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM για την προαναφερθείσα αντλία, κατά ανάστροφη φορά) είτε αν η “AN 'Peristaltic Pump 1 (REV)” (που ελέγχει αν η 1^η Περισταλτική

Αντλία δεν λειτουργεί ανάστροφα), δίνουν λογικό 1. Εφόσον ισχύουν οι παραπάνω συνθήκες, η εντολή “ΑΝ 'Overflow Level Sensor 1’”, ελέγχει αν ο Ελεγκτής Στάθμης Υπερχειλίσσης Υγρού 1, είναι ανενεργός. Τέλος, η εντολή “= 'Peristaltic Pump 2 (REV)’” ενεργοποιεί την 2^η Περισταλτική Αντλία κατά την ανάστροφη φορά. Εν συνεχεία, τα επόμενα Networks, σχετίζονται με την υλοποίηση των φωτορυθμικών σεναρίων που έχουμε αναφερθεί στην ενότητα “Περιγραφή της εφαρμογής”.

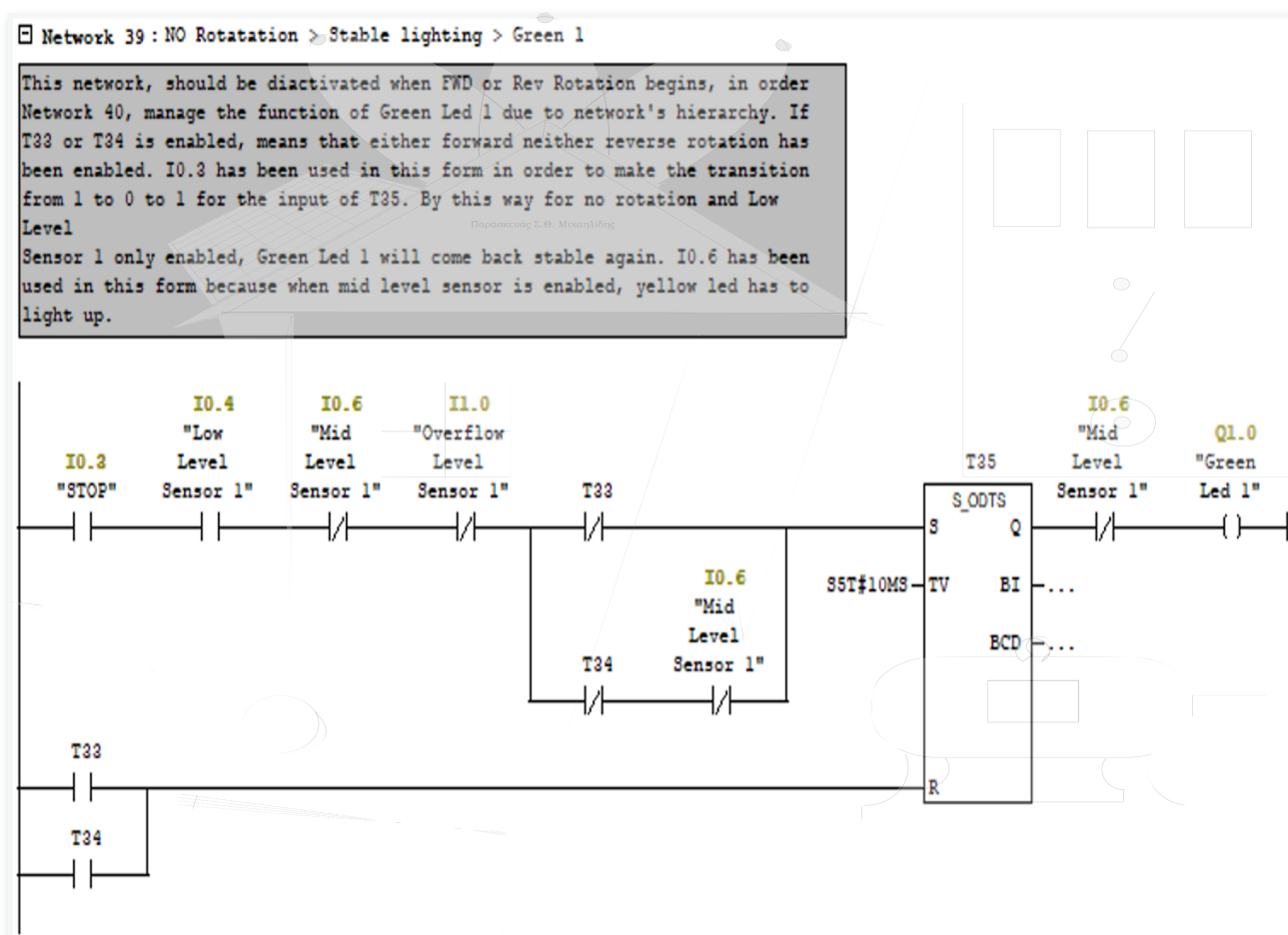


Εικόνα 2.76: Pumping Station's Network 38 - Ladder



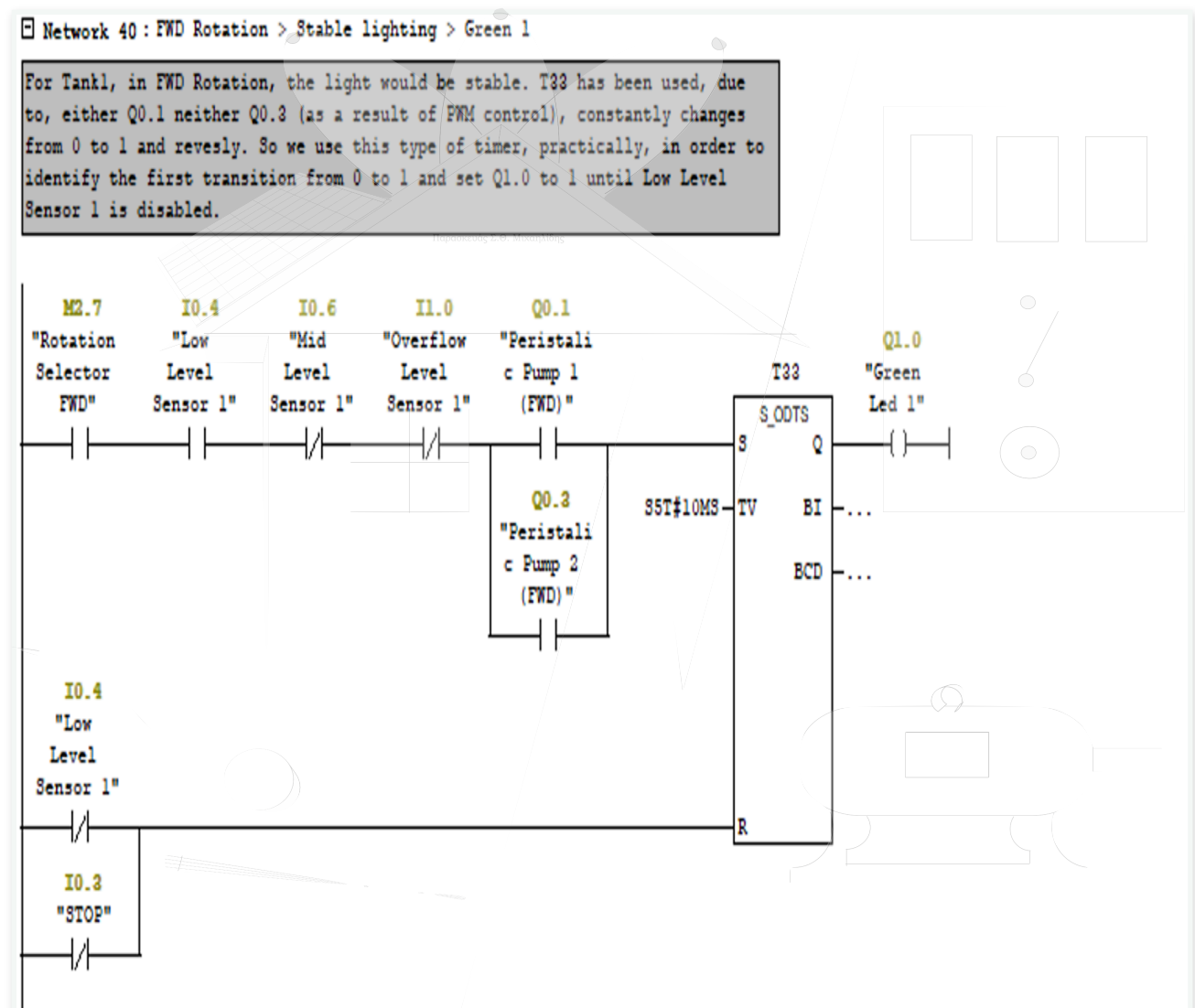
Εικόνα 2.77: Pumping Station's Network 38 - STL Code

Ξεκινώντας από τον **Network 39**, μέσω αυτού υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Πράσινης Διόδου Φωτοεκπομπής 1 / Green Led 1, όταν δεν περιστρέφεται καμία από τις αντλίες. Σε αυτό το σενάριο, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής, θα πρέπει να φέγγει σταθερά. Λόγω ιεραρχίας του αλγορίθμου, όταν έχουμε εναλλαγή σεναρίου λειτουργίας, θα πρέπει το εν λόγω δίκτυο να “απενεργοποιείται”, ώστε την διαχείριση της φωτεινής σήμανσης της Πράσινης Διόδου Φωτοεκπομπής 1, να την έχει το επόμενο δίκτυο. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, ο διακόπτης STOP έχει αναπαρασταθεί διαφορετικά, από ότι στα προηγούμενα δίκτυα και συγκεκριμένα, κατά Normally Open logic bit. Κατά αυτό τον τρόπο, γίνεται εφικτή η μετάβαση από λογικό 1 σε 0 κι ανάποδα, ώστε να επιτυγχάνεται η ενεργοποίηση και η απενεργοποίηση της λειτουργίας του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T35. Εν συνεχεία, αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος, ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 είναι ενεργός και ταυτόχρονα οι Ελεγκτές Μέσης Στάθμης 1 & Υπερχείλισης 1 είναι ανενεργοί, με τα χρονικά T33, T34 (που υλοποιούν τα φωτορυθμικά σενάρια της προηγούμενης φωτοδιόδου για ορθή κι ανάστροφη λειτουργία αντίστοιχα) είναι ανενεργά, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό T35. Επίσης, όταν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 1 ενεργοποιηθεί, θα πρέπει η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1 να σβήσει και να ανάψει η Κίτρινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1 (όπως θα αναλυθεί παρακάτω). Αν κάποιο από τα χρονικά T33, T34 ενεργοποιηθεί θα πρέπει να γίνει επαναφορά, πρακτικά απενεργοποίηση, της λειτουργίας του χρονικού T35 και κατ’επέκταση του Network 39.



Εικόνα 2.78: Pumping Station's Network 39 - Ladder

Επειτα, μέσω του **Network 40**, υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Πράσινης Δίοδου Φωτοεκπομπής 1 / Green Led 1, όταν περιστρέφεται ορθά κάποια από τις αντλίες. Όπως και προηγουμένως, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής θα φέγγει σταθερά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής, ενώ από τους ελεγκτές στάθμης υγρού της 1^{ης} δεξαμενής, είναι ενεργός, μόνο ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 και τουλάχιστον μία από τις περισταλτικές αντλίες στρέφεται ορθά, τότε ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση και κατ'επέκταση η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1. Η αιτία χρήσης του συγκεκριμένου τύπου χρονικού, οφείλεται στο γεγονός ότι επιθυμούμε να αναγνωριστεί την πρώτη φορά, η μετάβαση από λογικό 0 σε 1 κι απευθείας να δοθεί σήμα ενεργοποίησης στην Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 1, μέχρι να δοθεί σήμα επαναφοράς στο εν λόγω χρονικό, είτε αν πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 αποδιεγερθεί. Σε διαφορετική περίπτωση, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής, δεν θα μπορούσε να παραμείνει σταθερή λόγω της επαναλαμβανόμενης μετάβασης από 0 σε 1 (και το αντίθετο), εξαιτίας του ελέγχου PWM. Αναφορικά με τον κώδικα



Εικόνα 2.80: Pumping Station's Network 40 - Ladder

STL του Network 40, η εντολή “A 'Rotation Selector FWD” ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ενεργοποιημένο και η εντολή “A 'Low Level Sensor 1” ελέγχει αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 είναι ενεργός, ενώ η “AN 'Mid Level Sensor 1” και η “AN 'Overflow Level Sensor 1” ελέγχουν αν οι Ελεγκτές Μεσαίας Στάθμης 1 και Υπερχείλισης 1, είναι ανενεργοί. Με την εντολή “A(” ξεκινά ένα νέο λογικό block που περιέχει δύο συνθήκες. Οι εντολές “O 'Peristaltic Pump 1 (FWD)” και “O 'Peristaltic Pump 2 (FWD)” ελέγχουν αν είτε η πρώτη είτε η δεύτερη περισταλτική αντλία, περιστρέφονται κατά την ορθή φορά. Αν ισχύει αυτό, η εντολή “L S5T#10MS” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 10ms και η “SS T33” εκκινεί το χρονικό T33. Ακολουθεί ένα ακόμα λογικό block, με την εντολή “A(”, όπου η εντολή “ON 'Low Level Sensor 1” ελέγχει αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1, είναι ανενεργός και η “ON 'STOP” αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP, δεν είναι πιεσμένος. Εάν μία από αυτές τις συνθήκες ισχύει, η εντολή “R T33” επαναφέρει το χρονικό T33. Μετέπειτα, οι εντολές “NOP 0” εισάγουν κενά διαστήματα, η εντολή “A T33” ελέγχει αν το χρονικό T33 έχει φτάσει στο τέλος του και αν η συνθήκη αυτή ισχύει, η εντολή “= 'Green Led 1” ενεργοποιεί την Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 1.

Εικόνα 2.81: Pumping Station's Network 40 - STL Code

Εν συνεχεία, μέσω του **Network 41**, υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Πράσινης Διόδου Φωτοεκπομπής 1 / Green Led 1, όταν περιστρέφεται ανάστροφα κάποια από τις αντλίες. Εδώ, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής, δεν θα φέγγει σταθερά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος η ανάλυση θα γίνει σε δύο επίπεδα, ήτοι πριν την έξοδο του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T34, καθώς και μετά από εκείνη. Συνεπώς, αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ενεργό, από τους ελεγκτές στάθμης υγρού της 1ης δεξαμενής, είναι ενεργός μόνο ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 και τουλάχιστον μία από τις περισταλτικές αντλίες στρέφεται ανάστροφα, τότε ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης έλξης T34. Η σκοπιμότητα του κυκλώματος Ladder εκ δεξιόν της εξόδου του προηγούμενου χρονικού, είναι η επίτευξη του φωτορυθμικού φαινομένου strobe / blinking lighting. Τα χρονικά T14, T15 λειτουργούν συμπληρωματικά, που σημαίνει πως όταν λάβει σήμα ενεργοποίησης το T14, δίνεται σήμα ενεργοποίησης της εξόδου Q0.1 για 1s. Μετά από 1s αποδιεγείρεται το T14 κι ενεργοποιείται το T15 για 1s και μετά αποδιεγείρεται. Όταν συμβεί αυτό, μέσω της M0.3 επανεκκινεί ο προηγούμενος κύκλος λειτουργίας, μέχρι είτε να πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε να ενεργοποιηθεί ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 1. Αναφορικά με τον κώδικα STL του Network 41 η

Εικόνα 2.82: Pumping Station's Network 41 - Ladder

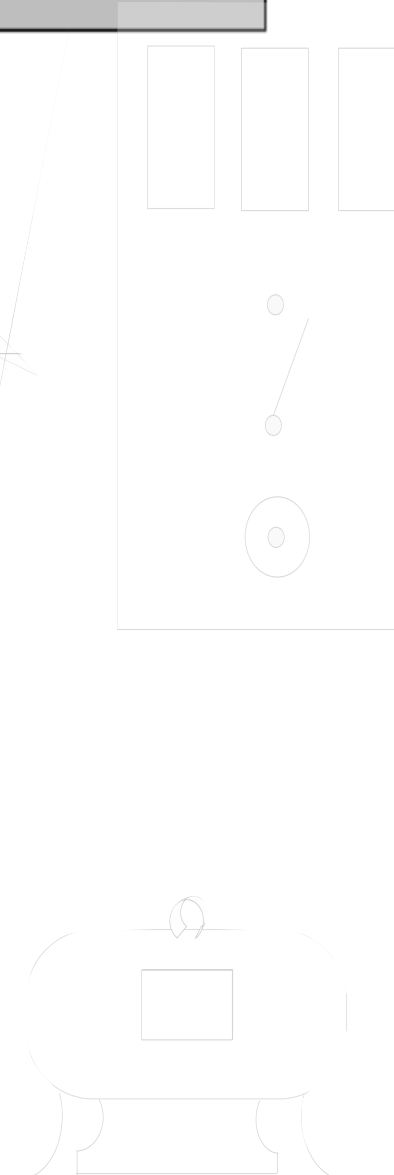
☐ Network 41 : Reverse Rotation > Strobe lighting > Green 1

For Tank1, in Reverse Rotation, the light won't be stable. Note that at one time operates the 1st Pump OR the other the 2nd. T34 has been used for the same reasons as above.

```

A(
A    "Low Level Sensor 1"      I0.4
AN   "Mid Level Sensor 1"     I0.6
AN   "Overflow Level Sensor 1" I1.0
A(                                     Παρασκευή 2.9. Μικηλίδης
O    "Peristaltic Pump 1 (REV)" Q0.2
O    "Peristaltic Pump 2 (REV)" Q0.4
)
AN   "Mid Level Sensor 1"     I0.6
L    S5T#10MS
SS   T       34
A(
O    "Mid Level Sensor 1"     I0.6
ON   "STOP"                   I0.3
)
R    T       34
NOP  O
NOP  O
A    T       34
)
AN   M        0.3
=    L        20.0
A    L        20.0
L    S5T#1S
SE   T       14
NOP  O
NOP  O
NOP  O
A    T       14
=    "Green Led 1"            Q1.0
A    L        20.0
AN   "Green Led 1"            Q1.0
L    S5T#1S
SD   T       15
NOP  O
NOP  O
NOP  O
A    T       15
=    M        0.3

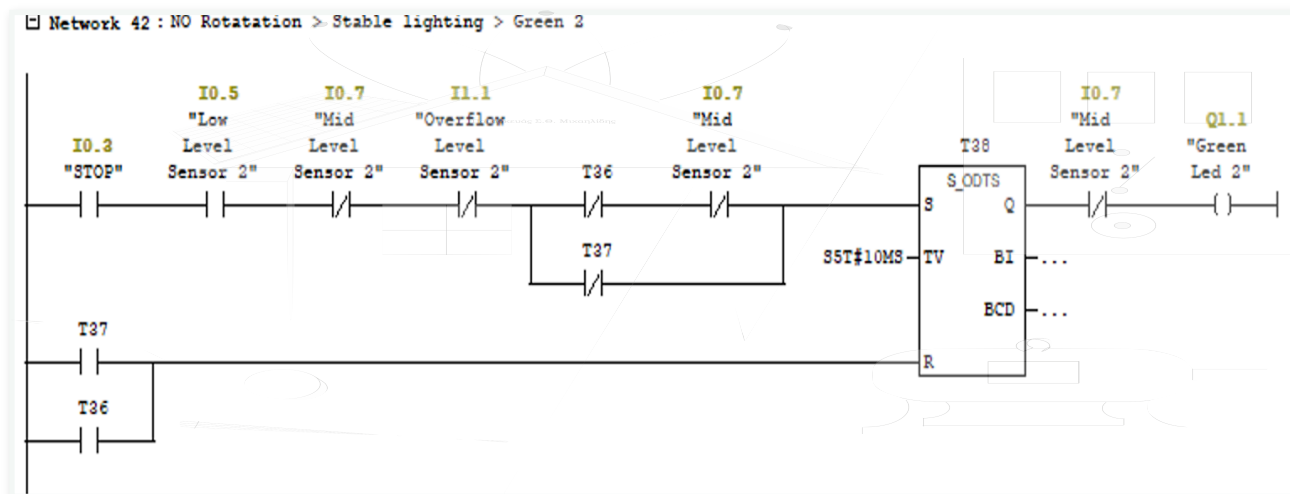
```



100

δύο περισταλτικές αντλίες, περιστρέφεται ανάστροφα. Στη συνέχεια, με την εντολή "AN 'Mid Level Sensor 1'" γίνεται έλεγχος αν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 1 παραμένει ανενεργός κι αν ισχύει αυτό, η εντολή "L S5T#10MS" φορτώνει τη χρονική σταθερά 10ms στο χρονικό T34 και με την "SS T34" ξεκινά η λειτουργία του. Ακολούθως, ξεκινά ένα νέο λογικό block με την εντολή "A(" και περιέχει τις συνθήκες "O 'Mid Level Sensor 1'" και "ON 'STOP'", με τις οποίες επανελέγχεται είτε αν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 1 είναι ενεργός, είτε αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος. Αν κάποια από τις προηγούμενες συνθήκες ισχύει, με την εντολή "R T34" γίνεται επαναφορά του χρονικού T34. Ακολουθούν οι εντολές "NOP 0", που εισάγουν κενά διαστήματα και η εντολή "A T34" ελέγχει αν έχει τελειώσει το χρονικό T34. Επειτα, η εντολή "AN M0.3" ελέγχει το εσωτερικό memory bit και αν είναι ανενεργό, η εντολή "= L20.0" φορτώνει το εν λόγω bit στην προσωρινή θέση μνήμης 20.0. Στη συνέχεια, με την εντολή "A L20.0" ελέγχεται αν η προηγούμενη τιμή ταυτίζεται με το λογικό 1 και αν ισχύει αυτό, με την "L S5T#1S", φορτώνεται η χρονική σταθερά 1s, στο χρονικό T14, ώστε με την "SE T14" να εκκινήσει η λειτουργία του. Με την "A T14", ελέγχεται αν η λειτουργία του εν λόγω χρονικού έχει ολοκληρωθεί και αν έχει, η εντολή "= 'Green Led 1'" ενεργοποιεί την Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 1. Ακόμη, η εντολή "A L20.0" ελέγχει ξανά, την τιμή που έχει καταχωρηθεί στην προσωρινή θέση μνήμης 20.0 και αν η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1 είναι ανενεργή, η εντολή "L S5T#1S", φορτώνει στο χρονικό T15, τη χρονική σταθερά 1s. Με την "SD T15" εκκινεί η λειτουργία του, ενώ με την "A T15" ελέγχεται αν έχει ολοκληρωθεί. Όταν συμβεί αυτό, η εντολή "= M0.3" θέτει σε λογικό 1 το bit της εσωτερικής περιοχής μνήμης M0.3.

Παρόμοια με το Network 39, στο **Network 42** υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Πράσινης Διόδου Φωτοεκπομπής 2 / Green Led 2, όταν δεν περιστρέφεται καμία από τις αντλίες. Σε αυτό το σενάριο, η προαναφερθείσα Δίοδος Φωτοεκπομπής, θα πρέπει να φέγγει σταθερά. Λόγω ιεραρχίας του αλγορίθμου και σε αυτή την περίπτωση, όταν έχουμε εναλλαγή σεναρίου λειτουργίας, θα πρέπει το εν λόγω δίκτυο να "απενεργοποιείται" ώστε την διαχείριση της φωτεινής σήμανσης της Πράσινης Διόδου Φωτοεκπομπής 2, να την έχει το επόμενο δίκτυο. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, ο διακόπτης STOP έχει αναπαρασταθεί κι εδώ κατά Normally Open logic bit. Κατά αυτό τον τρόπο γίνεται εφικτή η μετάβαση από λογικό 1 σε 0 κι ανάποδα, ώστε να επιτυγχάνεται η ενεργοποίηση και η απενεργοποίηση της λειτουργίας του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T38. Εν συνεχεία, αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος, ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2 ενεργός και ταυτόχρονα οι Ελεγκτές Μέσης Στάθμης 2 & Υπερχείλισης 2 είναι ανενεργοί, με τα χρονικά T36, T37 (που υλοποιούν τα φωτορυθμικά σενάρια της προηγούμενης φωτοδιόδου για ορθή κι ανάστροφη λειτουργία αντίστοιχα) να είναι ανενεργά, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό T38. Επίσης, όταν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 2 ενεργοποιηθεί, θα πρέπει η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2 να σβήσει και να ανάψει η Κίτρινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2. Αν κάποιο από τα χρονικά T36, T37 ενεργοποιηθεί, θα πρέπει να γίνει επαναφορά, πρακτικά απενεργοποίηση της λειτουργίας του χρονικού T38 και κατ'επέκταση του Network 42. Επί του κώδικα STL του Network 42, η εντολή "A("



Εικόνα 2.84: Pumping Station's Network 42 - Ladder

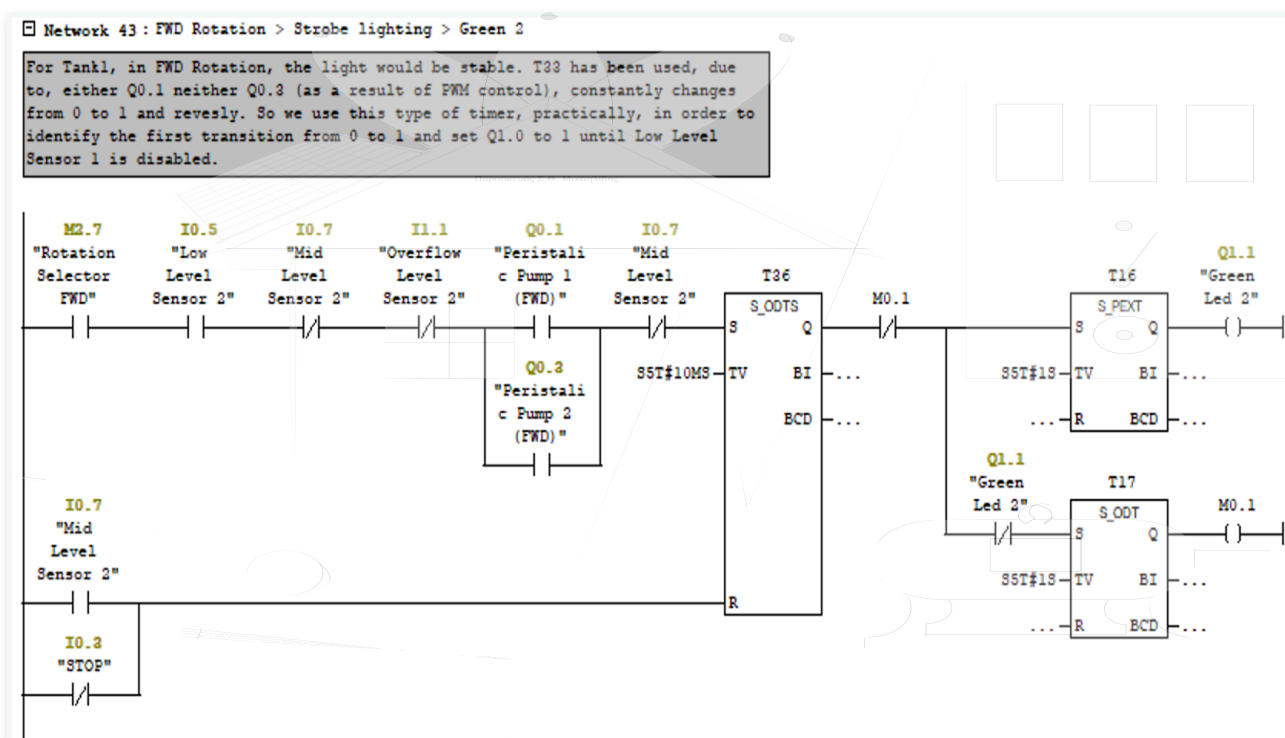
σηματοδοτεί την έναρξη ενός νέου λογικού block, με πολλαπλές λογικές συνθήκες. Η εντολή "A 'STOP'" ελέγχει αν ο διακοπής επαναφοράς STOP είναι πιεσμένος, ενώ η "A 'Low Level Sensor 2'" ελέγχει αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2, είναι ενεργός. Η εντολή "AN 'Mid Level Sensor 2'" ελέγχει αν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 2 είναι ανενεργός και η "AN 'Overflow Level Sensor 2'" αν ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 2 είναι ανενεργός. Στη συνέχεια, με την εντολή "A(" ξεκινά μια νέα σειρά λογικών συνθηκών, όπου η "AN T36" ελέγχει αν το χρονικό T36 είναι μη ενεργό και η εντολή "AN 'Mid Level Sensor 2'", ελέγχει αν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 2, είναι απενεργοποιημένος. Επειτα



Εικόνα 2.85: Pumping Station's Network 42 - STL Code

η εντολή “ON T37” ελέγχει αν το χρονικό T37 είναι ανενεργό κι αν είναι, η εντολή “L S5T#10MS” φορτώνει τη χρονική σταθερά 10ms καθώς η “SS T38” ξεκινά το χρονικό T38. Το λογικό block “A(O T36 O T37)” ελέγχει, αν είτε το χρονικό T36, είτε το T37, είναι ενεργό. Ακολούθως, η εντολή “R T38” επαναφέρει το χρονικό T38 ενώ με τις “NOP 0” εισάγονται κενά διαστήματα. Η εντολή “A T38”, ελέγχει αν το χρονικό T38 έχει ολοκληρωθεί και τέλος, η εντολή “AN 'Mid Level Sensor 2'” ελέγχει αν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 2 είναι απενεργοποιημένος, ώστε αν η συνθήκη αυτή πληρείται, η εντολή “= 'Green Led 2'” να ενεργοποιήσει την Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 1.

Εν συνεχεία, μέσω του **Network 43**, υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Πράσινης Δίοδου Φωτοεκπομπής 2 / Green Led 2, όταν περιστρέφεται ορθά κάποια από τις αντλίες. Τότε, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής, δεν θα φέγγει σταθερά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος, η ανάλυση θα γίνει κι εδώ σε δύο επίπεδα, ήτοι πριν την έξοδο του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση T36, καθώς και μετά από εκείνη. Συνεπώς, αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ενεργό, ενώ από τους ελεγκτές στάθμης υγρού της 2^{ης} δεξαμενής, είναι ενεργός μόνο ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2 και τουλάχιστον μία από τις περισταλτικές αντλίες στρέφεται ορθά, τότε, ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης έλξης T36. Η σκοπιμότητα του κυκλώματος Ladder εκ δεξιόν της εξόδου του προηγούμενου χρονικού, είναι η επίτευξη του φωτορυθμικού φαινομένου strobe / blinking lighting. Τα χρονικά T16, T17 λειτουργούν συμπληρωματικά που σημαίνει πως όταν λάβει σήμα ενεργοποίησης το T16, δίνεται σήμα ενεργοποίησης της εξόδου Q1.1 (Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2) για 1s. Μετά από 1s αποδιεγείρεται το T16, ενεργοποιείται το T17 για 1s και μετά αποδιεγείρεται. Όταν συμβεί αυτό, μέσω της M0.1 επανεκκινεί ο προηγούμενος κύκλος λειτουργίας, μέχρι, είτε να πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε να ενεργοποιηθεί ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 2. Επί του κώ-



Εικόνα 2.86: Pumping Station's Network 43 - Ladder

δικα STL του Network 43, η εντολή “A(”, σηματοδοτεί την έναρξη ενός νέου λογικού block. Η εντολή “A ‘Rotation Selector FWD)’” ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς είναι ενεργό, ενώ οι εντολές “A ‘Low Level Sensor 2’”, “AN ‘Mid Level Sensor 2’” και “AN ‘Overflow Level Sensor 2’” ελέγχουν αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2 είναι ενεργός και οι αισθητήρες Μεσαίας Στάθμης 2, Υπερχειλίσσης 2, είναι ανενεργοί. Στη συνέχεια, ένα δεύτερο block ξεκινά με την εντολή “A(” να περιλαμβάνει τις συνθήκες “Ο ‘Peristaltic Pump 1 (FWD)’” και “Ο ‘Peristaltic Pump 2 (FWD)’”, που ελέγχουν αν κάποια από τις δύο περισταλτικές αντλίες περιστρέφεται ορθά. Στη συνέχεια με την

For Tank1, in FWD Rotation, the light would be stable. T33 has been used, due to, either Q0.1 neither Q0.3 (as a result of PWM control), constantly changes from 0 to 1 and reversely. So we use this type of timer, practically, in order to identify the first transition from 0 to 1 and set Q1.0 to 1 until Low Level Sensor 1 is disabled.

Εικόνα 2.87: Pumping Station's Network 43 - STL Code

Επειτα, μέσω του **Network 44**, υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Πράσινης Δίοδου Φωτοεκπομπής 2 / Green Led 2 όταν περιστρέφεται ανάστροφα κάποια από τις αντλίες. Εδώ η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής θα φέγγει σταθερά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος

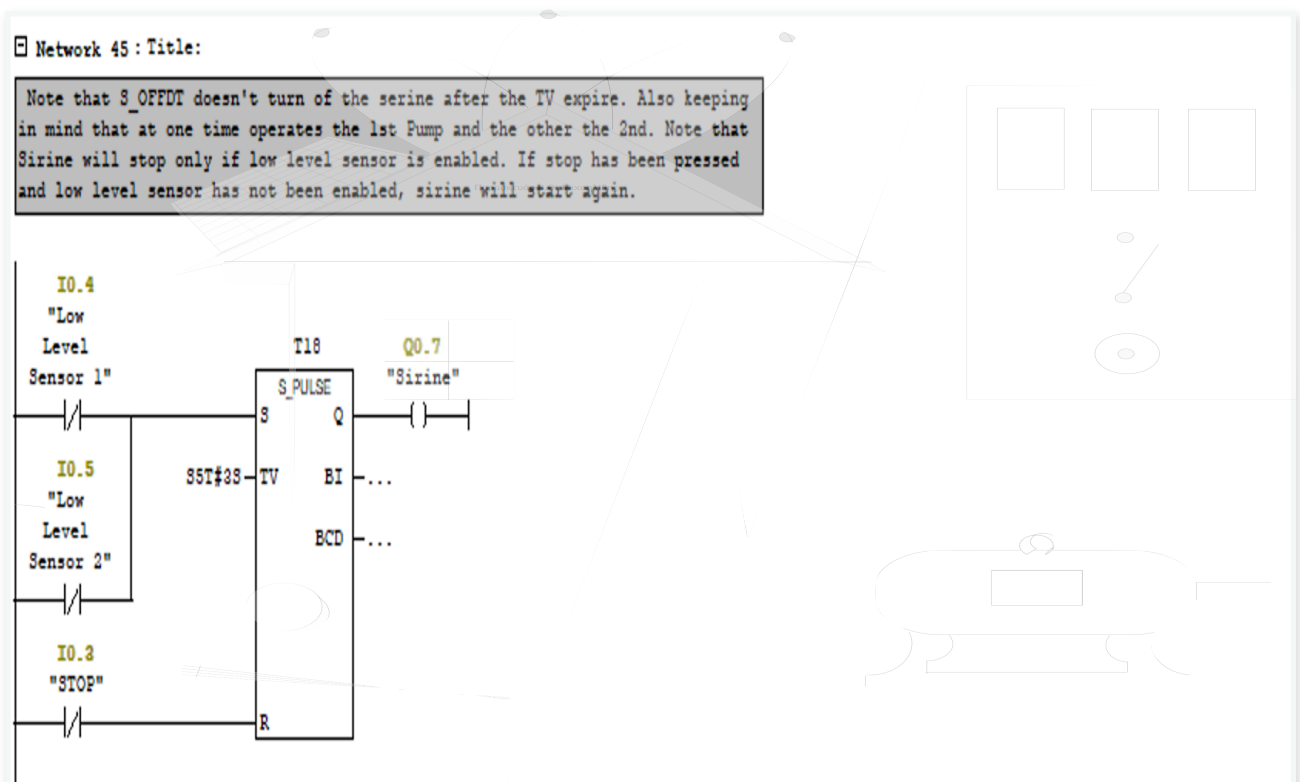


Ladder, αν από τους ελεγκτές στάθμης υγρού της 2^{ης} δεξαμενής είναι ενεργός μόνο ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2 και τουλάχιστον μία από τις περισταλτικές αντλίες στρέφεται ανάστροφα, τότε, ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T37 και κατ'επέκταση η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2. Σήμα επαναφοράς στο εν λόγω χρονικό δύναται να δοθεί, είτε αν πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2 αποδιεγερθεί. Επί του κώδικα STL του Network 44, η εντολή "A 'Low Level Sensor 2'" ελέγχει αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2, είναι ενεργός, ενώ η "AN 'Mid Level Sensor 2'" και η "AN 'Overflow Level Sensor 2'" ελέγχουν, αν οι Ελεγκτές Μεσαίας Στάθμης 2 και Υπερχείλισης 2, είναι ανενεργοί. Με την εντολή "A(", ξεκινά ένα νέο λογικό block που περιέχει δύο συνθήκες. Οι εντολές "O 'Peristaltic Pump 1 (REV)'" και "O 'Peristaltic Pump 2 (REV)'" ελέγχουν αν, είτε η πρώτη, είτε η δεύτερη περισταλτική αντλία περιστρέφεται κατά την ανάστροφη φορά. Αν ισχύει αυτό, η εντολή "L S5T#10MS" φορτώνει τη χρονική σταθερά των 10ms και η "SS T37" εκκινεί το χρονικό T37. Ακολουθεί ένα ακόμα λογικό block με την εντολή "A(", όπου η εντολή "ON 'Low Level Sensor 2'" ελέγχει αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2 είναι ενεργός και η "ON 'STOP'" αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος. Εάν μία από αυτές τις συνθήκες ισχύει, η εντολή "R T37", επαναφέρει το χρονικό T37. Μετέπειτα, οι εντολές "NOP 0" εισάγουν κενά διαστήματα, ενώ η εντολή "A T37" ελέγχει αν το χρονικό T37 έχει φτάσει στο τέλος του και αν η συνθήκη αυτή ισχύει, η εντολή "= 'Green Led 2'" ενεργοποιεί την Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 2.



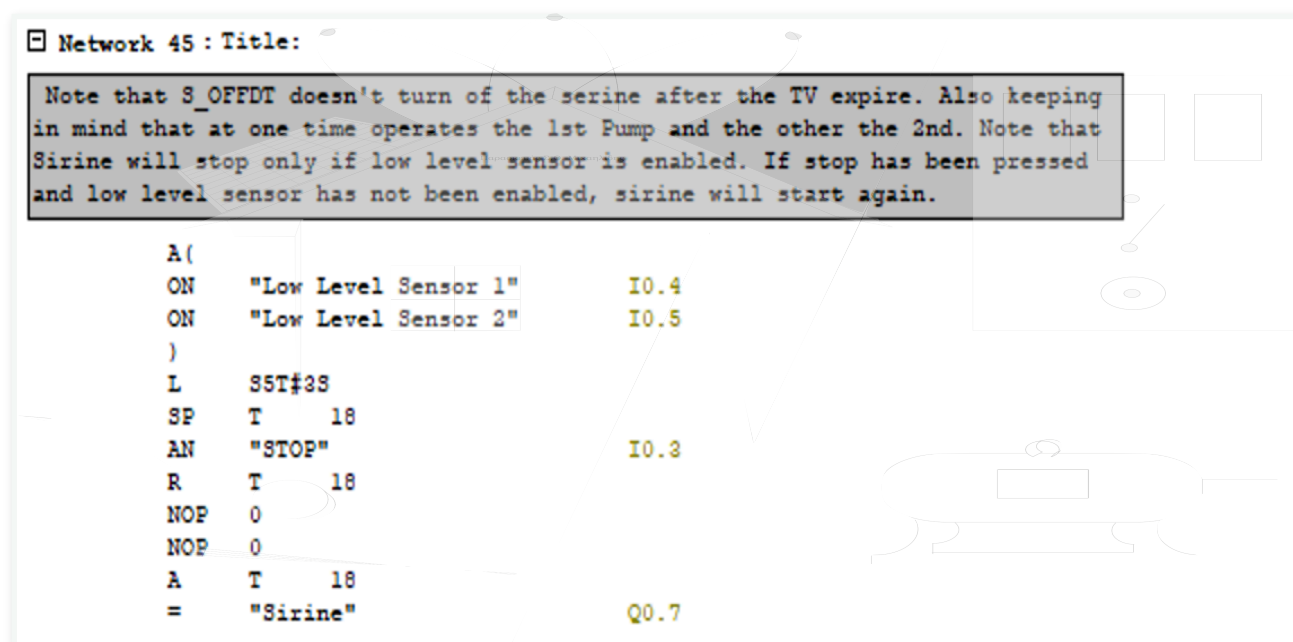
Εικόνα 2.89: Pumping Station's Network 44 - STL Code

Προτού συνεχίσουμε με την ανάλυση των φωτορυθμικών των εναπομείναντων διόδων φωτοεκπομπής, στο **Network 45**, θα παρουσιάσουμε τη λειτουργία της σειρήνας στο σύστημα μας. Στο εν λόγω network ο σκοπός, είναι να εξασφαλιστεί η ηχητική προειδοποίηση του χειριστή, όταν σε κάποια από τις δεξαμενές η στάθμη του υγρού έχει πέσει σε όριο χαμηλότερο του ελάχιστου και για αυτό, η λειτουργία του συστήματος πρέπει να διακοπεί και το συμβάν να ελεγχθεί. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, είτε απενεργοποιηθεί ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 είτε ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό παλμού T18 και η σειρήνα ηχεί μέχρι να επανανεργοποιηθεί κάποιος από τους προαναφερθέντες ελεγκτές. Η επαναφορά του χρονικού T18 ή ισοδύναμα η δυνατότητα επαναλειτουργίας του συστήματος, μπορεί να γίνει αφού πιέσει ο χειριστής το διακόπτη επαναφοράς STOP. Επί του κώ-



Εικόνα 2.90: Pumping Station's Network 45 - Ladder

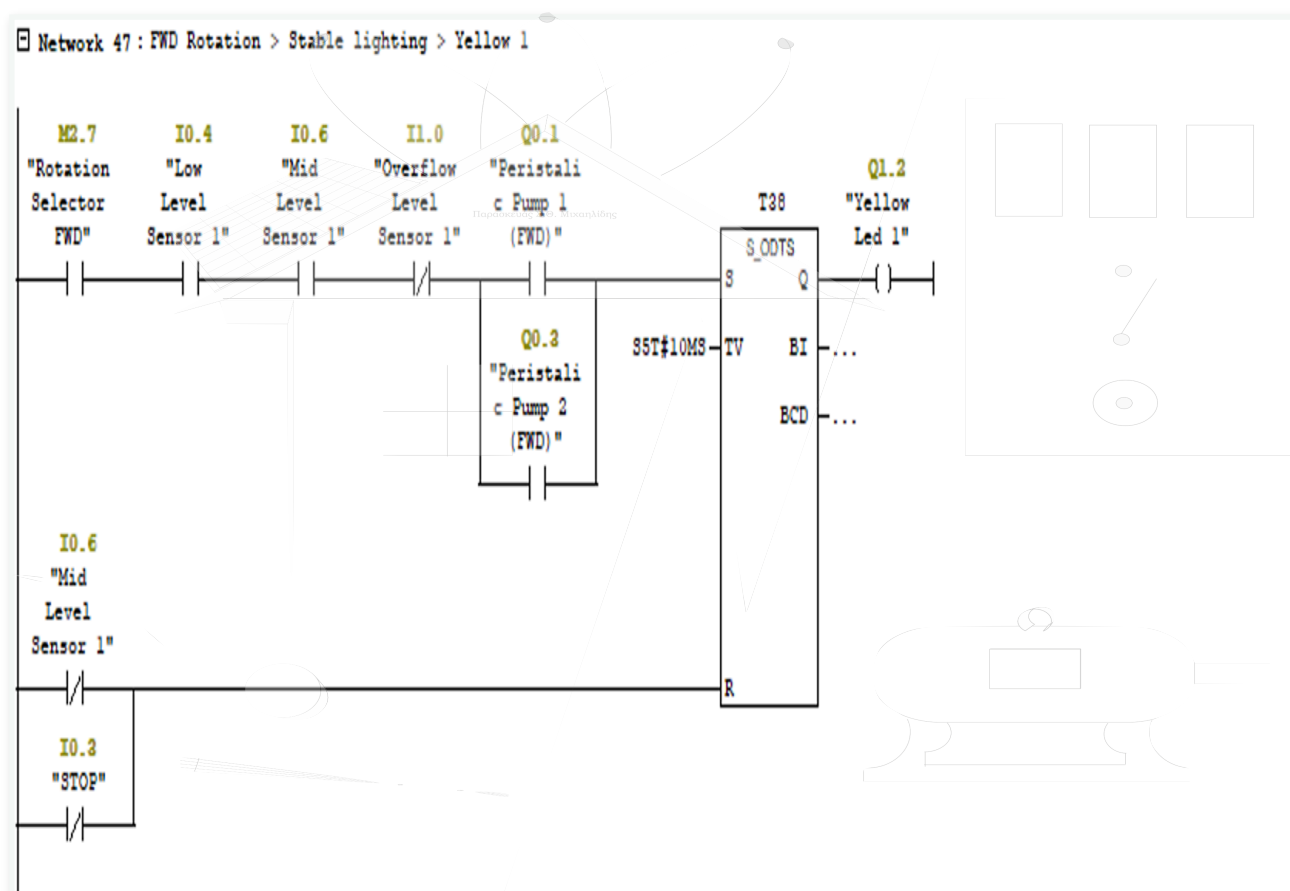
δικα STL του Network 45, Η εντολή “A(” σηματοδοτεί την έναρξη ενός νέου λογικού block που περιέχει τις συνθήκες “ON 'Low Level Sensor 1'” και “ON 'Low Level Sensor 2'” με τις οποίες εξετάζεται αν οι Ελεγκτές Χαμηλής Στάθμης 1, 2 είναι ενεργοί. Αν ισχύει αυτό, η εντολή “L S5T#3S” φορτώνει χρονική σταθερά των 3 δευτερολέπτων και η εντολή “SP T18” ξεκινά τη λειτουργία του χρονικού T18. Με την εντολή “AN 'STOP'” ελέγχεται αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP είναι πιεσμένος και αν συμβαίνει αυτό, η εντολή “R T18” επαναφέρει τον χρονικό T18. Με τις εντολές “NOP O” εισάγονται κενά διαστήματα και η εντολή “A T18” ελέγχει αν η λειτουργία του χρονικού T18 έχει ολοκληρωθεί. Αν έχει, με την εντολή “= 'Sirine'” ενεργοποιείται η σειρήνα.



Εικόνα 2.91: Pumping Station's Network 45 - STL Code

Στη συνέχεια, με το **Network 46**, υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Κίτρινης Διόδου Φωτοεκπομπής 1 / Yellow Led 1, όταν δεν έχουμε περιστροφή των αντλιών. Σε αυτό το σενάριο, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής, θα πρέπει να φέγγει σταθερά. Λόγω ιεραρχίας του αλγορίθμου και σε αυτή την περίπτωση, όταν έχουμε εναλλαγή σεναρίου λειτουργίας, θα πρέπει το εν λόγω δίκτυο να “απενεργοποιείται” ώστε την διαχείριση της φωτεινής σήμανσης της Κίτρινης Διόδου Φωτοεκπομπής 1, να την έχει το επόμενο δίκτυο. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, ο διακόπτης επαναφοράς STOP έχει αναπαρασταθεί κι εδώ κατά Normally Open logic bit. Ομοια, κατά αυτό τον τρόπο, γίνεται εφικτή η μετάβαση από λογικό 1 σε 0 κι ανάποδα, ώστε να επιτυγχάνεται η ενεργοποίηση και η απενεργοποίηση της λειτουργίας του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T40. Εν συνεχεία, αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος, ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 κι ο Ελεγκτής Μέσης Στάθμης 1 είναι ενεργοί, ταυτόχρονα ο Υπερχείλισης 1 είναι ανενεργός με τα χρονικά T38, T39 (που υλοποιούν τα φωτορυθμικά σενάρια της προηγούμενης φωτοδιόδου για ορθή κι ανάστροφη λειτουργία αντίστοιχα) να είναι ανενεργά, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό T40. Επίσης, όταν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 1 ενεργοποιηθεί, θα πρέπει η Κίτρινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1 να σβήσει και να ανάψει η Κόκκινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1. Αν κάποιο από τα χρονικά T38, T39 ενεργοποιηθεί, θα πρέπει να γίνει επαναφορά, πρακτικά απενεργοποίηση της λειτουργίας του χρονικού T40 και κατ’έπекταση του Network 46. Επί του κώδικα STL του Network 46, Η εντολή “A(” εισάγει ένα νέο λογικό block που περιέχει πολλαπλές συνθήκες. Πρώτα, με την εντολή “A ‘STOP’” ελέγχεται αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP είναι πιεσμένος. Στη συνέχεια, η εντολή “A ‘Low Level Sensor 1’” ελέγχει αν Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 είναι ενεργός, η εντολή “A ‘Mid Level Sensor 1’” ελέγχει αν ο Ελεγκτής Μέσης Στάθμης 1 είναι ενεργός, ενώ η εντολή “AN ‘Overflow Level Sensor 1’” ελέγχει αν ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 1 είναι ανενεργός. Με την εντολή “ON T38” ελέγχεται αν το χρονικό T38 είναι ανενεργό και με την “AN T39” ελέγχεται αν το χρονικό

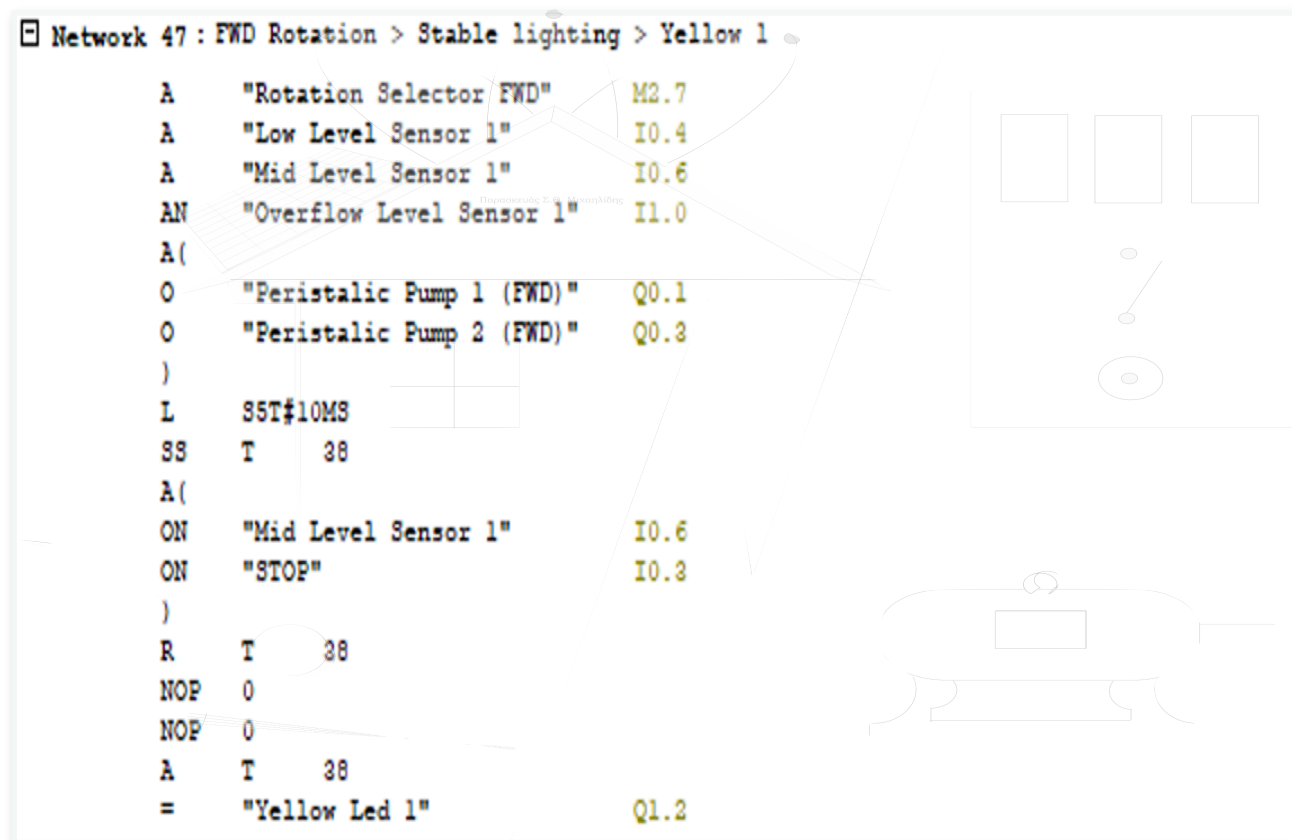
Επειτα, μέσω του **Network 47**, υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Κίτρινης Δίοδου Φωτοεκπομπής 1 / Yellow Led 1, όταν περιστρέφεται ορθά κάποια από τις αντλίες. Ομοίως και σε αυτή την περίπτωση, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής, θα φέγγει σταθερά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν από τους ελεγκτές στάθμης υγρού της 1^{ης} δεξαμενής είναι ανενεργός μόνο ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 1 και τουλάχιστον μία από τις περισταλτικές αντλίες στρέφεται ορθά, τότε, ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T38 και κατ'επέκταση η Κίτρινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1. Σήμα επαναφοράς στο εν λόγω χρονικό δύναται να δοθεί, είτε αν πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε αν ο Ελεγκτής Μέσης Στάθμης 1 αποδιεγερθεί. Επί του κώδικα STL του Network 47, αρχικά, η εντολή



Εικόνα 2.94: Pumping Station's Network 47 - Ladder

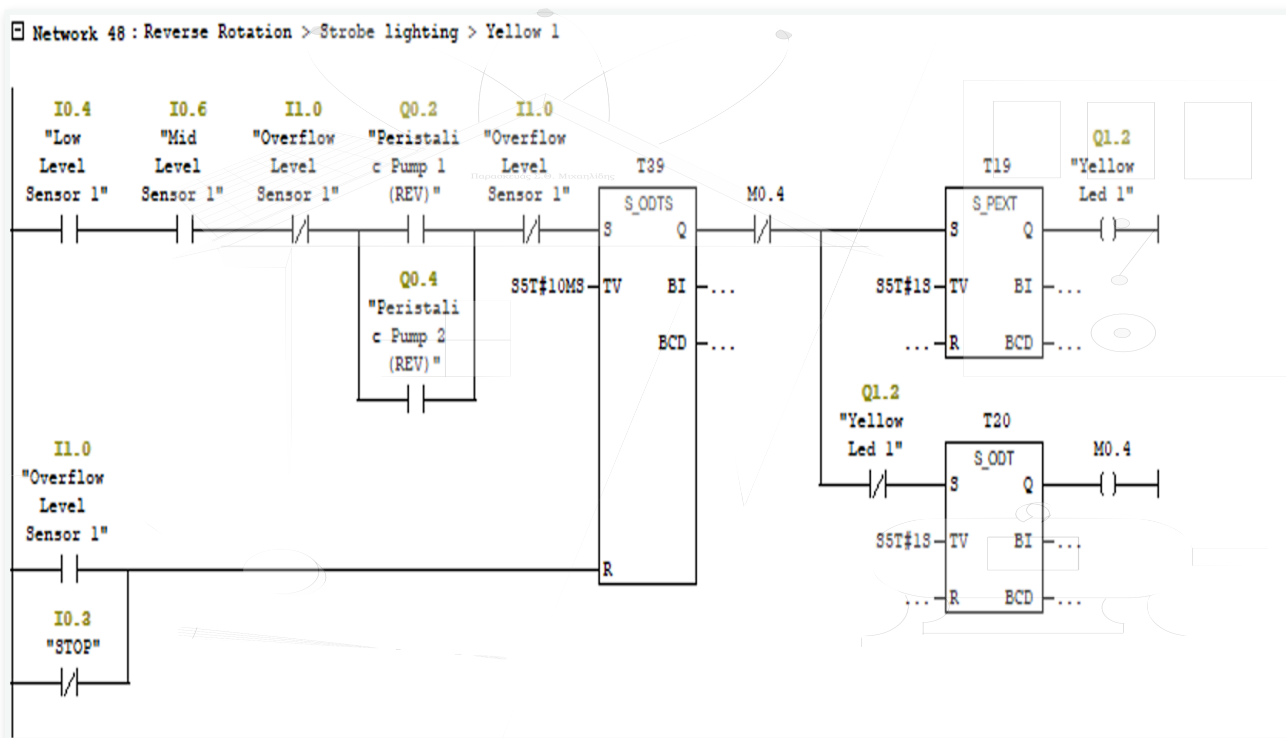
“Α 'Rotation Selector FWD'” ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής είναι ενεργό και στη συνέχεια, η εντολή “Α 'Low Level Sensor 1'” ελέγχει αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 είναι ενεργός και η εντολή “Α 'Mid Level Sensor 1'” επαληθεύει αν ο Ελεγκτής Μέσης Στάθμης 1 είναι επίσης ενεργός. Η εντολή “ΑΝ 'Overflow Level Sensor 1'” θα εξετάσει αν ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 1, είναι ανενεργός κι ακολούθως, με την εντολή “Α(” θα ανοίξει ένα νέο λογικό block το οποίο μέσω των εντολών “Ο 'Peristaltic Pump 1 (FWD)’” και “Ο 'Peristaltic Pump 2 (FWD)’” εξετάζει αν έστω μία από τις περισταλτικές αντλίες στρέφεται κατά την ορθή φορά. Στη συνέχεια, η εντολή “L S5T#10MS” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 10 ms και η εντολή “SS T38” ξεκινά το χρονικό T38. Ένα δεύτερο λογικό block ξεκινά με την εντολή “Α(” , το οποίο ελέγχει, είτε αν ο

Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 1 είναι ενεργός, είτε αν ο διακοπής επαναφοράς STOP είναι πιεσμένος μέσω των εντολών "ON 'Mid Level Sensor 1' και ON 'STOP'". Αν ισχύει κάποια από αυτές τις συνθήκες, η εντολή "R T38" επαναφέρει το χρονικό T38. Με την εντολή "A T38" εξετάζεται αν το χρονικό T38 έχει ολοκληρωθεί. Αν αυτό έχει συμβεί, η εντολή "= 'Yellow Led 1'" ενεργοποιεί την Κίτρινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 1.



Εικόνα 2.95: Pumping Station's Network 47 - STL Code

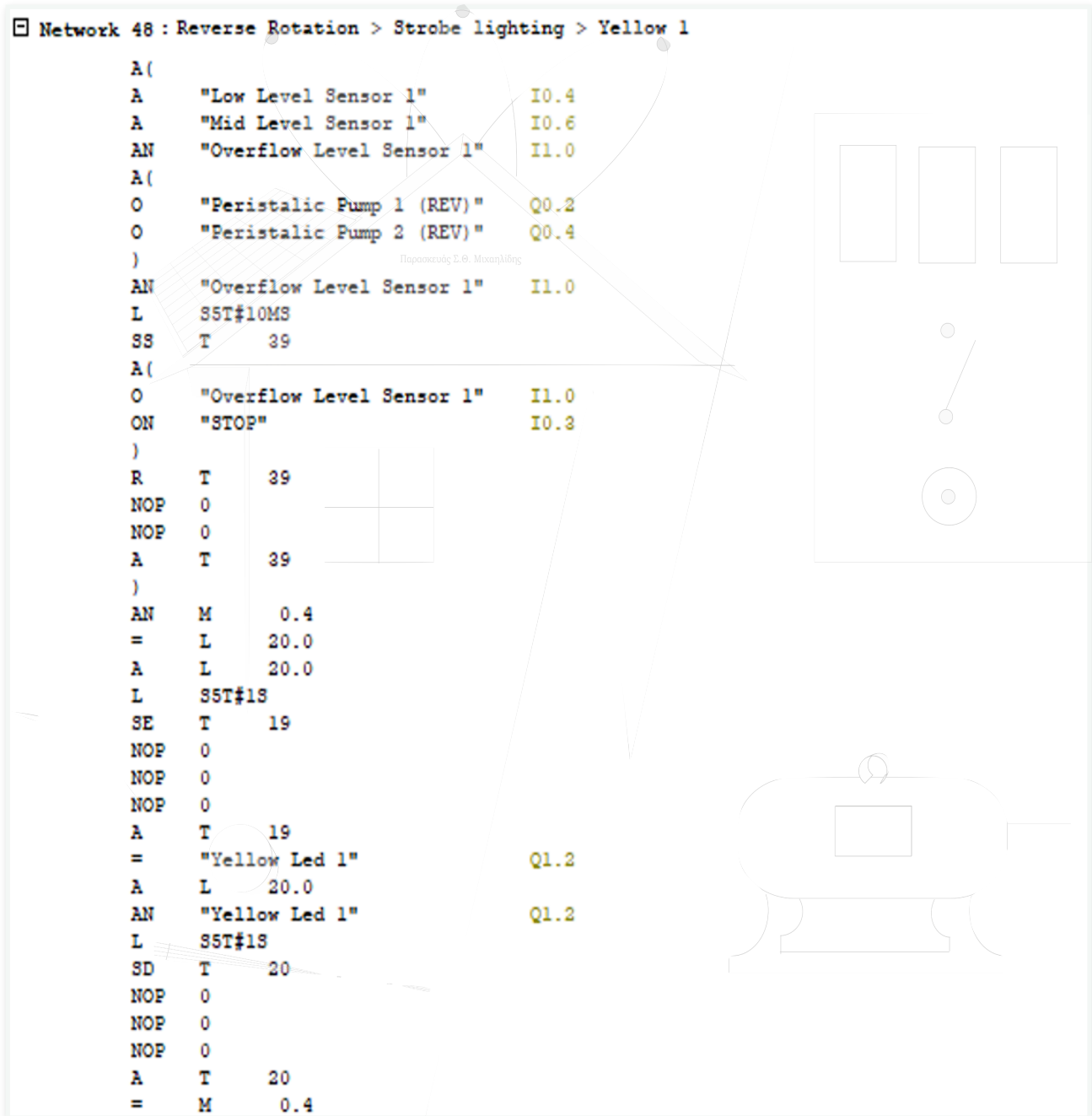
Εν συνεχεία, μέσω του **Network 48**, υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Κίτρινης Δόδου Φωτοεκπομπής 1 / Green Led 1, όταν περιστρέφεται ανάστροφα κάποια από τις αντλίες. Τότε, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής θα φέγγει σταθερά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, η ανάλυση θα γίνει κι εδώ σε δύο επίπεδα, ήτοι πριν την έξοδο του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση T39, καθώς και μετά από εκείνη. Συνεπώς, αν από τους ελεγκτές στάθμης υγρού της 1^{ης} δεξαμενής είναι ανενεργός μόνο ο Ελεγκτής Υπερχειλίσσης και τουλάχιστον μία από τις περισταλτικές αντλίες στρέφεται ανάστροφα, τότε, ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης έλξης T39. Η σκοπιμότητα του κυκλώματος Ladder εκ δεξιόν της εξόδου του προηγούμενου χρονικού, είναι η επίτευξη του φωτορυθμικού φαινομένου strobe / blinking lighting. Τα χρονικά T19, T20 λειτουργούν συμπληρωματικά που σημαίνει πως όταν λάβει σήμα ενεργοποίησης το T19, δίνεται σήμα ενεργοποίησης της εξόδου Q1.2 (Κίτρινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1) για 1s. Μετά από 1s, αποδιεγείρεται το T19, ενώ ενεργοποιείται το T20 για 1s και μετά αποδιεγείρεται. Όταν συμβεί αυτό, μέσω της M0.4, επανεκκινεί ο προηγούμενος κύκλος



Εικόνα 2.96: Pumping Station's Network 48 - Ladder

λειτουργίας μέχρι, είτε να πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε να ενεργοποιηθεί ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 1. Επί του κώδικα STL του Network 48, η εντολή "A(" σηματοδοτεί την έναρξη ενός νέου λογικού block. Οι εντολές "A 'Low Level Sensor 1'", "A 'Mid Level Sensor 1'" και "AN 'Overflow Level Sensor 1'" ελέγχουν αν οι Ελεγκτές Χαμηλής Στάθμης 1 και Μεσαίας Στάθμης 2 είναι ενεργοί και αν ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 1 είναι ανενεργός. Στη συνέχεια, ένα δεύτερο block ξεκινά, με την εντολή "A(" να περιλαμβάνει τις συνθήκες "O 'Peristaltic Pump 1 (REV)'" και "O 'Peristaltic Pump 2 (REV)'" που ελέγχουν αν κάποια από τις δύο περισταλτικές αντλίες περιστρέφεται ανάστροφα. Εν συνέχεια, με την εντολή "AN 'Overflow LevelSensor 1'" γίνεται επανέλεγχος αν ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 1 παραμένει ανενεργός κι αν ισχύει αυτό, η εντολή "L S5T#10MS" φορτώνει χρονική σταθερά 10ms στο χρονικό T39, ενώ με την "SS T39" ξεκινά η λειτουργία του. Ακολούθως, ξεκινά ένα νέο λογικό block, με την εντολή "A(" και περιέχει τις συνθήκες "O 'Overflow Level Sensor 1'" και "ON 'STOP'", με τις οποίες επανελέγχεται είτε αν ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 1 είναι ενεργός, είτε αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος. Αν κάποια από τις αυτές τις συνθήκες ισχύει, με την εντολή "R T39", γίνεται επαναφορά του χρονικού T3. Οι εντολές "NOP 0", που εισάγουν κενά διαστήματα και η εντολή "A T39" ελέγχει αν έχει τελειώσει το χρονικό T39. Επειτα, η εντολή "AN M0.4" ελέγχει αν το εσωτερικό memory bit είναι ανενεργό και η εντολή "= L20.0" φορτώνει το εν λόγω bit στην προσωρινή θέση μνήμης 20.0. Στη συνέχεια, με την εντολή "A L20.0" ελέγχεται αν η προηγούμενη τιμή ταυτίζεται με το λογικό 1 και αν ναι, με την "L S5T#1S", φορτώνεται η χρονική σταθερά 1s στο χρονικό T19, ώστε με την "SE T19" να εκκινήσει η λειτουργία του. Με την "A T19", εξετάζεται αν η λειτουργία του εν λόγω χρονικού έχει ολοκληρωθεί και αν έχει, η εντολή "= 'Yellow Led 1'" ενεργοποιεί τη Κίτρινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 1. Ακόμη, η εντολή "A L20.0" ελέγχει ξανά, την τιμή

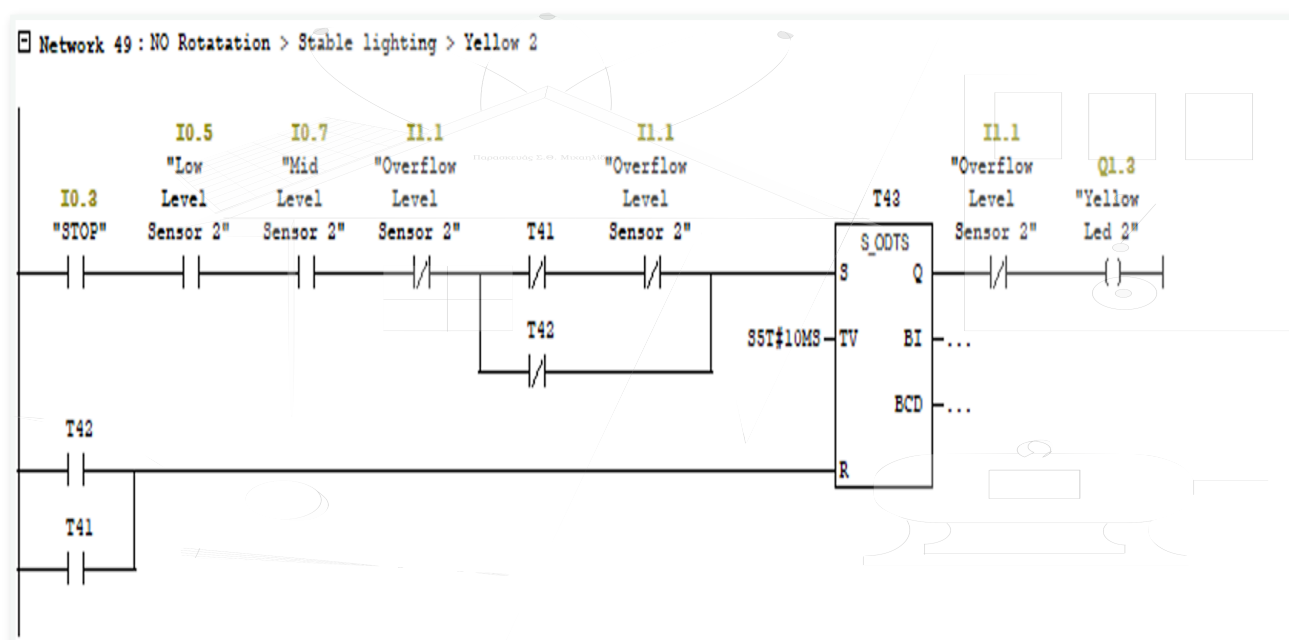
που έχει καταχωρηθεί στην προσωρινή θέση μνήμης 20.0 και αν η Κίτρινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1 είναι ανενεργή, η εντολή “L S5T#1S” φορτώνει στο χρονικό T20, τη χρονική σταθερά 1s. Με την “SD T20” εκκινεί η λειτουργία του, ενώ με την “A T20” ελέγχεται αν έχει φτάσει στο τέλος της. Όταν συμβεί αυτό, η εντολή “= M0.4” θέτει σε λογικό 1 το bit της εσωτερικής μνήμης M0.4.



Εικόνα 2.97: Pumping Station's Network 48 - STL Code

Ακολουθώντας, στο **Network 49** υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Κίτρινης Διόδου Φωτοεκπομπής 2 / Green Led 2, όταν δεν περιστρέφεται καμία από τις αντλίες. Σε αυτό το σενάριο η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής, θα πρέπει να φέγγει σταθερά. Λόγω ιεραρχίας του αλγορίθμου και σε αυτή την περίπτωση, όταν έχουμε εναλλαγή σεναρίου λειτουργίας, θα πρέπει το εν λόγω δίκτυο να “απενεργοποιείται”, ώστε την διαχείριση της

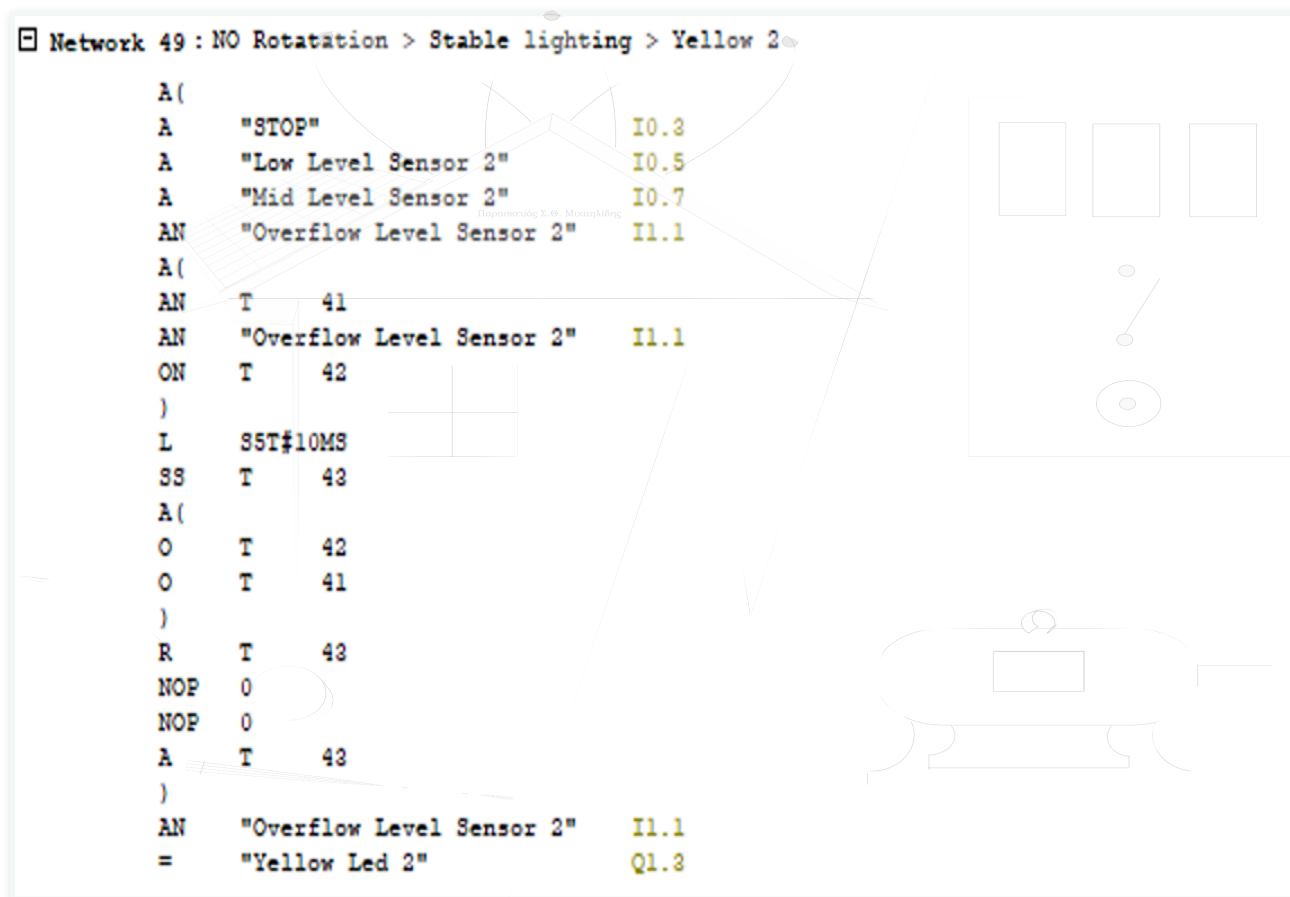
φωτεινής σήμανσης της Κίτρινης Διόδου Φωτοεκπομπής 2, να την έχει το επόμενο δίκτυο. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, ο διακόπτης STOP έχει αναπαρασταθεί κι εδώ κατά Normally Open logic bit, ώστε να επιτυγχάνεται η ενεργοποίηση και η απενεργοποίηση της λειτουργίας του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T43. Εν συνεχεία, αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος, οι Ελεγκτές Χαμηλής Στάθμης 2 και Μέσης Στάθμης 2 είναι ενεργοί, ενώ ταυτόχρονα ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 2 είναι ανενεργός με τα χρονικά T41, T42 (που υλοποιούν τα φωτορυθμικά σενάρια της προηγούμενης φωτοδιόδου για ορθή κι ανάστροφη λειτουργία αντίστοιχα) να είναι ανενεργά, δίνεται σήμα ενεργοποίησης στο χρονικό T43. Επίσης, όταν ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 2 ενεργοποιηθεί, θα πρέπει η Κίτρινη Διόδος Φωτοεκπομπής 2 να σβήσει και να ανάψει η Κόκκινη Διόδος Φωτοεκπομπής 2. Αν κάποιο από τα χρονικά T41, T42 ενεργοποιηθεί θα πρέπει να γίνει επαναφορά, πρακτικά απενεργοποίηση της λειτουργίας του χρονικού T43 και κατ'επέκταση του Network 49. Επί του κώδικα STL του Network



Εικόνα 2.98: Pumping Station's Network 49 - Ladder

49, η εντολή "A(" σηματοδοτεί την έναρξη ενός νέου λογικού block, με πολλαπλές λογικές συνθήκες. Η εντολή "A 'STOP'" ελέγχει αν ο διακοπής επαναφοράς STOP είναι πιεσμένος, η "A 'Low Level Sensor 2'" ελέγχει αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2 είναι ενεργός, η εντολή "A 'Mid Level Sensor 2'" ελέγχει αν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 2 είναι ενεργός ενώ η "AN 'Overflow Level Sensor 2'" αν ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 2 είναι ανενεργός. Στη συνέχεια, με την εντολή "A(" ξεκινά μια νέα σειρά λογικών συνθηκών, όπου με την "AN T41" εξετάζεται αν το χρονικό T41 έχει ενεργοποιηθεί και η εντολή "AN 'Mid Level Sensor 2'", ελέγχει αν ο Ελεγκτής Μεσαίας Στάθμης 2, είναι απενεργοποιημένος. Η εντολή "ON T42" ελέγχει αν το χρονικό T42 είναι ανενεργό κι αν είναι, η εντολή "L S5T#10MS" φορτώνει τη χρονική σταθερά 10ms, καθώς η "SS T43" ξεκινά το χρονικό T43. Το λογικό block "A(O T42 O T41)" ελέγχει αν, είτε το χρονικό T41, είτε το T42 είναι ενεργό. Ακολούθως, η εντολή "R T43", επαναφέρει το χρονικό T43 και με τις "NOP 0" εισάγονται

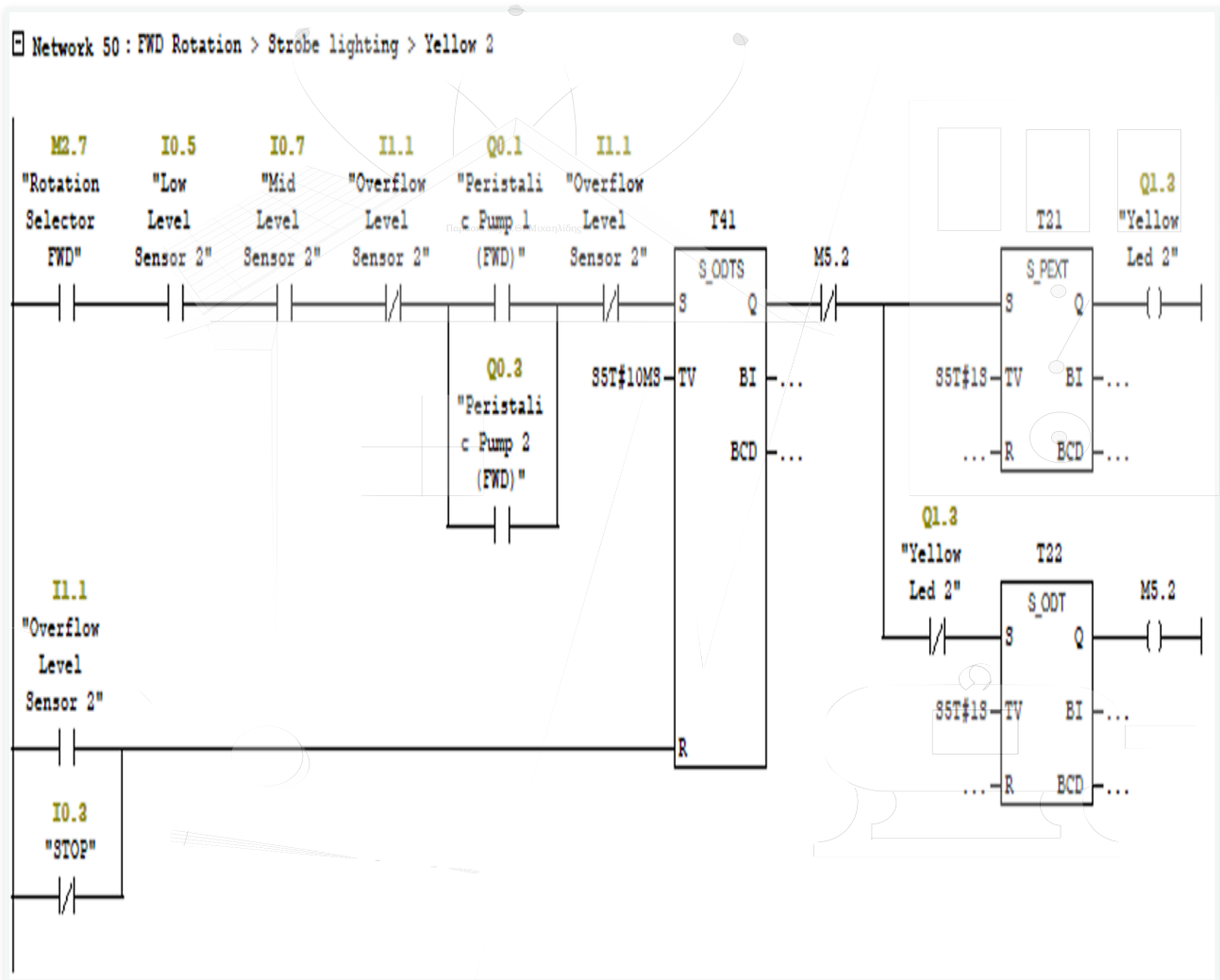
κενά διαστήματα. Η εντολή “A T43”, ελέγχει αν το χρονικό T43 έχει ολοκληρωθεί και τέλος, η εντολή “AN ‘Overflow Level Sensor 2’”, ελέγχει αν ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 2, είναι απενεργοποιημένος. Αν η συνθήκη αυτή πληρείται, η εντολή “= ‘Yellow Led 2’” ενεργοποιεί την Κίτρινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 2.



Εικόνα 2.99: Pumping Station's Network 49 - STL Code

Εν συνεχεία, μέσω του **Network 50**, υλοποιείται το φωτορυθικό σενάριο της Κίτρινης Δόδου Φωτοεκπομπής 2 / Yellow Led 2, όταν περιστρέφεται ορθά κάποια από τις αντλίες. Τότε, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής δεν θα φέγγει σταθερά. Οσον αφορά στο κυκλώμα Ladder, η ανάλυση θα γίνει κι εδώ σε δύο επίπεδα, ήτοι πριν την έξοδο του χρονικού καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση T41, καθώς και μετά από εκείνη. Συνεπώς, αν έχει δοθεί σήμα επιλογής ορθής φοράς περιστροφής, ενώ από τους ελεγκτές στάθμης υγρού της 2^{ης} δεξαμενής είναι ανενεργός, μόνο ο Ελεγκτής Υπερχείλισης 2 και τουλάχιστον μία από τις περισταλτικές αντλίες στρέφεται ορθά, τότε ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης έλξης T41. Η σκοπιμότητα του κυκλώματος Ladder, εκ δεξιόν της εξόδου του προηγούμενου χρονικού, είναι η επίτευξη του φωτορυθικού φαινομένου strobe / blinking lighting. Τα χρονικά T21, T22 λειτουργούν συμπληρωματικά, που σημαίνει πως όταν λάβει σήμα ενεργοποίησης το T21, δίνεται σήμα ενεργοποίησης της εξόδου Q1.3 (Κίτρινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2) για 1s. Μετά από 1s αποδιεγείρεται το T21 κι ενεργοποιείται το T22 για 1s και μετά αποδιεγείρεται. Όταν συμβεί

αυτό, μέσω της M5.2, επανεκκινεί ο προηγούμενος κύκλος λειτουργίας, μέχρι, είτε να πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε να ενεργοποιηθεί ο Ελεγκτής Υπερχειλίσσης 2. Επί του κώδικα



Εικόνα 2.100: Pumping Station's Network 50 - Ladder

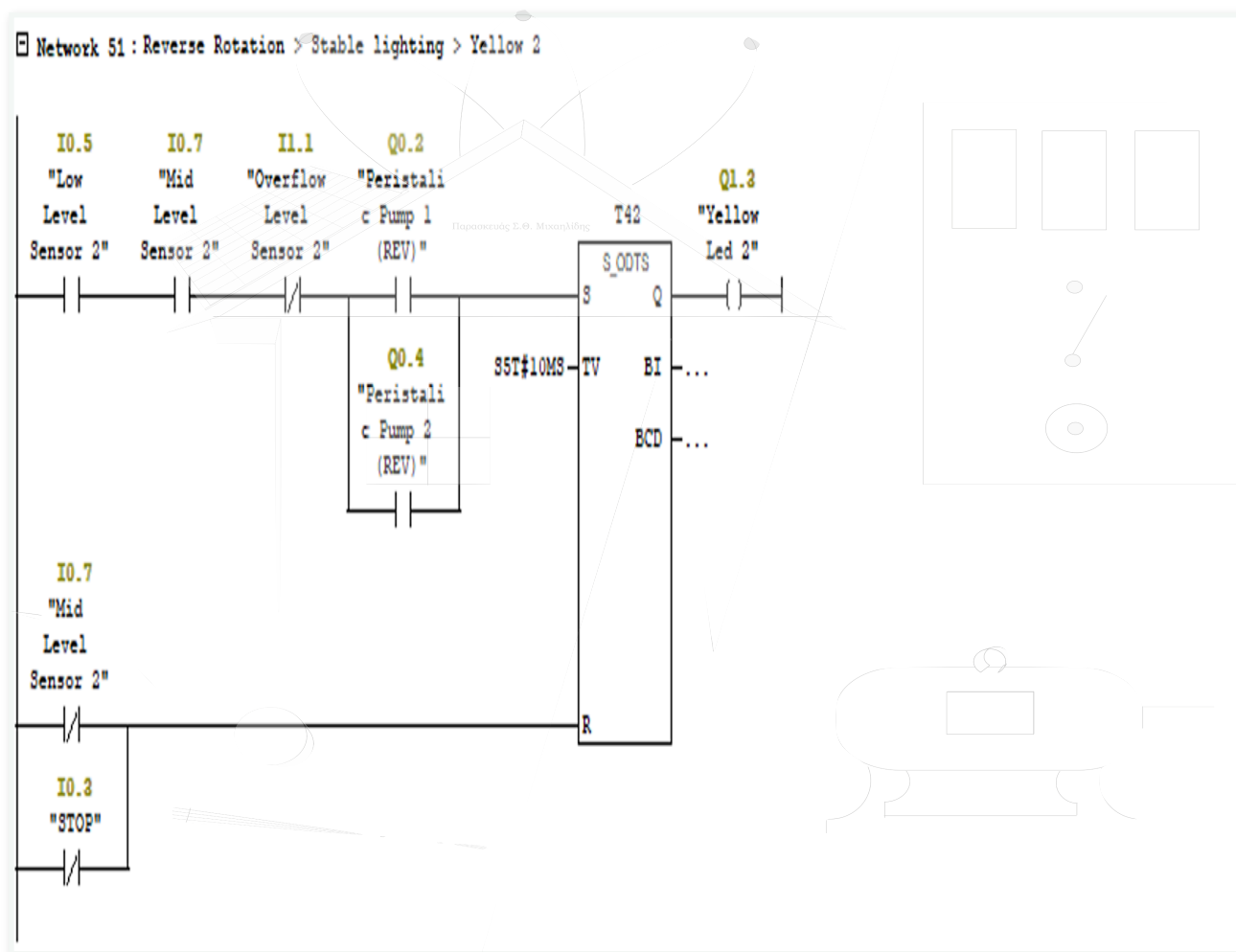
STL του Network 50, η εντολή “A(” σηματοδοτεί την έναρξη ενός λογικού block. Η εντολή “A 'Rotation Selector FWD” ελέγχει αν το σήμα επιλογής ορθής φοράς είναι ενεργό, ενώ οι εντολές “A 'Low Level Sensor 2”, “AN 'Mid Level Sensor 2” και “AN 'Overflow Level Sensor 2” ελέγχουν αν οι Ελεγκτές Χαμηλής Στάθμης 2, Μέσης Στάθμης 2 είναι ενεργοί και ο Ελεγκτής Υπερχειλίσσης 2 είναι ανενεργός. Στη συνέχεια, ένα δεύτερο block ξεκινά, με την εντολή “A(” να περιλαμβάνει τις συνθήκες “O 'Peristaltic Pump 1 (FWD)” και “O 'Peristaltic Pump 2 (FWD)” που ελέγχουν αν κάποια από τις δύο περισταλτικές αντλίες περιστρέφεται ορθά. Στη συνέχεια, με την εντολή “AN 'Overflow Level Sensor 2” γίνεται έλεγχος αν ο Ελεγκτής Υπερχειλίσσης 2 παραμένει ανενεργός κι αν ισχύει αυτό, η εντολή “L S5T#10MS” φορτώνει τη χρονική σταθερά των 10ms στο χρονικό T41 ενώ με την “SS T41” ξεκινά η λειτουργία του. Ακολούθως, ξεκινά ένα επόμενο λογικό block, με την εντολή “A(” να περιέχει τις συνθήκες “O 'Overflow Level Sensor 2” και “ON 'STOP”, με τις οποίες επανελέγχεται είτε αν ο Ελεγκτής Υπερχειλίσσης 2 είναι ενεργός είτε αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος. Αν κάποια από τις προηγούμενες συνθήκες ισχύει, με την εντολή “R

T41” γίνεται επαναφορά του χρονικού T41. Ακολουθούν οι εντολές “NOP 0” που εισάγουν κενά διαστήματα και η εντολή “A T41” ελέγχει αν έχει τελειώσει το χρονικό T41. Επειτα, η εντολή “AN M5.2” ελέγχει αν το εσωτερικό memory bit είναι ανενεργό, ενώ η εντολή “= L20.0” φορτώνει το εν λόγω bit στην προσωρινή θέση μνήμης 20.0. Στη συνέχεια, με την εντολή “A L20.0” ελέγχεται αν η προηγούμενη τιμή, ταυτίζεται με το λογικό 1 και αν συμβαίνει αυτό, με την “L S5T#1S”, φορτώνεται η χρονική σταθερά 1s στο χρονικό T21, ώστε με την “SE T21” να εκκινήσει η λειτουργία του. Με την “A T21” εξετάζεται αν η λειτουργία του εν λόγω χρονικού έχει ολοκληρωθεί και αν έχει, η εντολή “= 'Yellow Led 2'” ενεργοποιεί την Κίτρινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 2. Ακόμη, η εντολή “A L20.0” ελέγχει ξανά, την τιμή που έχει καταχωρηθεί στην προσωρινή θέση μνήμης 20.0 και αν η Κίτρινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2 είναι ανενεργή, η εντολή “L S5T#1S” φορτώνει στο χρονικό T22, τη χρονική σταθερά 1s. Με την “SD T22” εκκινεί η λειτουργία του και με την “A T22” ελέγχεται αν έχει ολοκληρωθεί. Όταν συμβεί αυτό, η εντολή “= M5.2” θέτει σε λογικό 1 το bit της εσωτερικής περιοχής μνήμης M5.2.

A(			
A	"Rotation Selector FWD"		M2.7
A	"Low Level Sensor 2"		I0.5
A	"Mid Level Sensor 2"		I0.7
AN	"Overflow Level Sensor 2"		I1.1
A(			
O	"Peristaltic Pump 1 (FWD)"		Q0.1
O	"Peristaltic Pump 2 (FWD)"		Q0.3
)			
AN	"Overflow Level Sensor 2"		I1.1
L	SST#10MS		
SS	T	41	
A(			
O	"Overflow Level Sensor 2"		I1.1
ON	"STOP"		I0.3
)			
R	T	41	
NOP	0		
NOP	0		
A	T	41	
)			
AN	M	5.2	
=	L	20.0	
A	L	20.0	
L	SST#1S		
SE	T	21	
NOP	0		
NOP	0		
NOP	0		
A	T	21	
=	"Yellow Led 2"		Q1.3
A	L	20.0	
AN	"Yellow Led 2"		Q1.3
L	SST#1S		
SD	T	22	
NOP	0		
NOP	0		
NOP	0		
A	T	22	
=	M	5.2	

Εικόνα 2.101: Pumping Station's Network 50 - STL Code

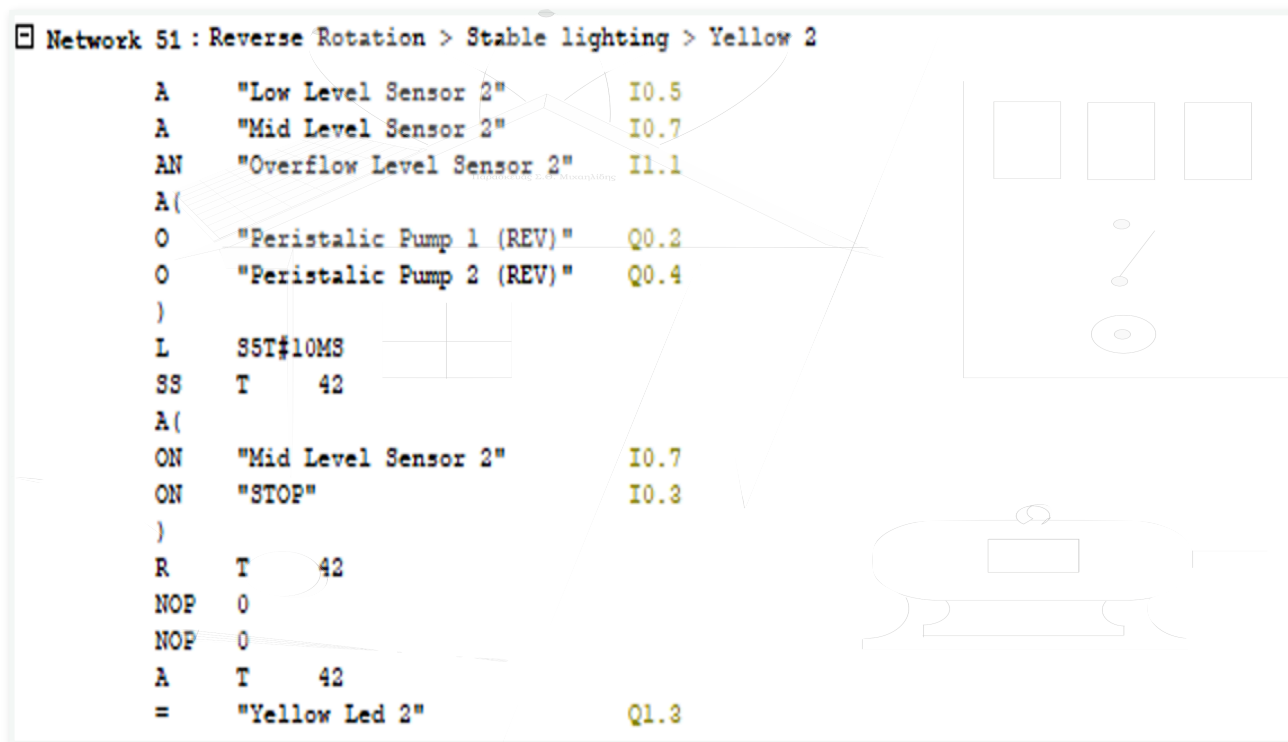
Επειτα, μέσω του **Network 51**, υλοποιείται το φωτορυθμικό σενάριο της Κίτρινης Δίοδου Φωτοεκπομπής 2 / Yellow Led 2, όταν περιστρέφεται ανάστροφα κάποια από τις αντλίες. Εδώ, η προαναφερθείσα δίοδος φωτοεκπομπής, θα φέγγει σταθερά. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν από τους ελεγκτές στάθμης υγρού της 2^{ης} δεξαμενής, είναι ανενεργός μόνο ο Ελεγκτής Υπερχειλίσσης 2 και τουλάχιστον μία από τις περισταλτικές αντλίες στρέφεται ανάστροφα, τότε, ενεργοποιείται το χρονικό καθυστέρησης έλξης με αυτοσυγκράτηση, T42 και κατ'επέκταση η Κίτρινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2. Σήμα επαναφοράς στο εν λόγω χρονικό δύναται να δοθεί, είτε αν πιεστεί ο διακόπτης επαναφοράς STOP, είτε αν ο Ελεγκτής Μέσης Στάθμης 2 αποδιεγερθεί. Επί



Εικόνα 2.102: Pumping Station's Network 51 - Ladder

του κώδικα STL του Network 51, η εντολή "A 'Low Level Sensor 2'" εξετάζει αν ο Ελεγκτής Χαμηλής Στάθμης 2 είναι ενεργός, η "A 'Mid Level Sensor 2'", αν ο Ελεγκτής Μέσης Στάθμης 2 είναι ενεργός ενώ η "AN 'Overflow Level Sensor 2'" ελέγχει αν ο Ελεγκτής Υπερχειλίσσης 2 είναι ανενεργός. Με την εντολή "A(" ξεκινά ένα νέο λογικό block που περιέχει δύο συνθήκες. Οι εντολές "O 'Peristaltic Pump 1 (REV)'" και "O 'Peristaltic Pump 2 (REV)'" ελέγχουν αν, είτε η πρώτη, είτε η δεύτερη περισταλτική αντλία περιστρέφεται κατά την ανάστροφη φορά. Αν ισχύει αυτό, η εντολή "L S5T#10MS" φορτώνει τη χρονική σταθερά των 10ms και η "SS T42" εκκινεί το χρονικό T42. Ακολουθεί ένα ακόμα λογικό block με την εντολή "A(", όπου η εντολή "ON 'Mid Level Sensor 2'"

ελέγχει αν ο Ελεγκτής Μέσης Στάθμης 2 είναι ανενεργός και η “ON 'STOP'” αν ο διακόπτης επαναφοράς STOP δεν είναι πιεσμένος. Εάν μία από αυτές τις συνθήκες ισχύει, η εντολή “R T42” επαναφέρει το χρονικό T42. Μετέπειτα, εντολές “NOP 0”, εισάγουν κενά διαστήματα, η εντολή “A T42” ελέγχει αν το χρονικό T42 έχει φτάσει στο τέλος του και αν η συνθήκη αυτή ισχύει, η εντολή “= 'Yellow Led 2'” ενεργοποιεί την Κίτρινη Διόδο Φωτοεκπομπής 2.

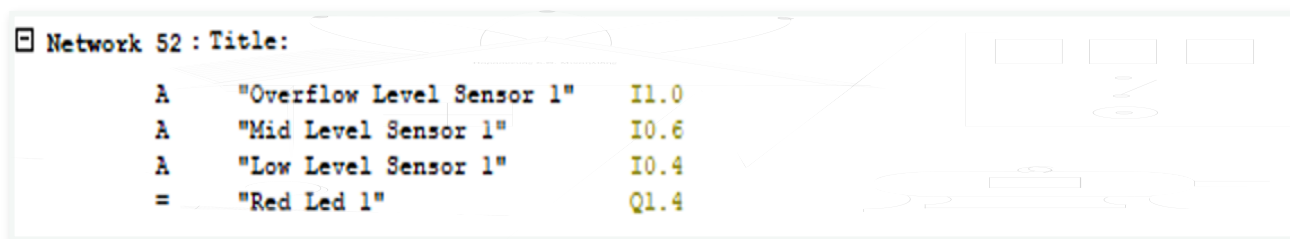


Εικόνα 2.103: Pumping Station's Network 51 - STL Code

Στη συνέχεια, με το **Network 52**, ενεργοποιείται Κόκκινη Διόδος Φωτοεκπομπής 1. Αυτό θα συμβεί, όταν όλοι οι ελεγκτές στάθμης της 1ης Δεξαμενής, είναι ενεργοποιημένοι, όπως φαίνεται και στο παρακάτω κύκλωμα Ladder. Στη συνέχεια, επί του κώδικα STL του Network 52, με τις εντολές “A 'Overflow Level Sensor 1'”, “A 'Mid Level Sensor 1'” και “A 'Low Level Sensor 1'” ελέγχεται αν και οι τρεις ελεγκτές στάθμης της 1ης Δεξαμενής είναι ενεργοί και αν ισχύει αυτό, η εντολή “= 'Red Led 1'” ενεργοποιεί την Κόκκινη Διόδο Φωτοεκπομπής 1.

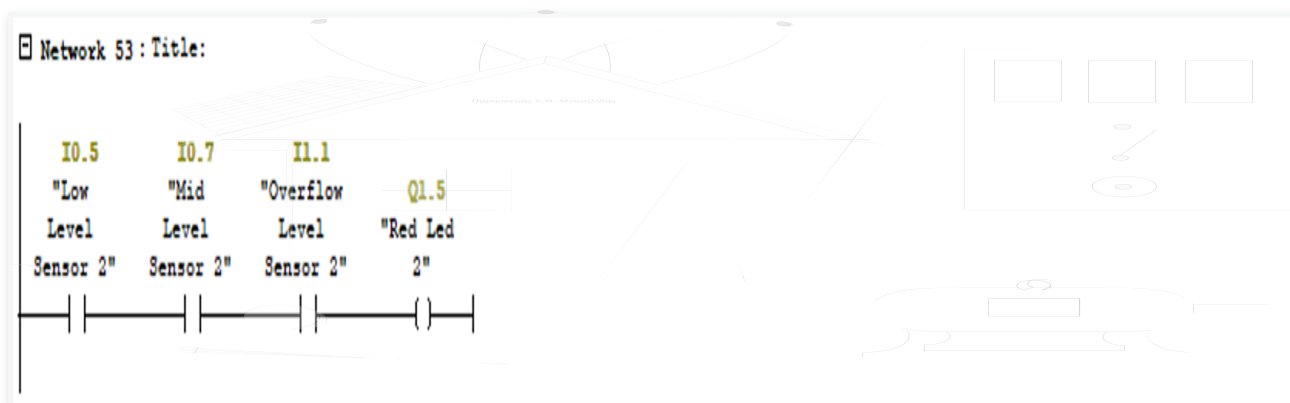


Εικόνα 2.104: Pumping Station's Network 52 - Ladder



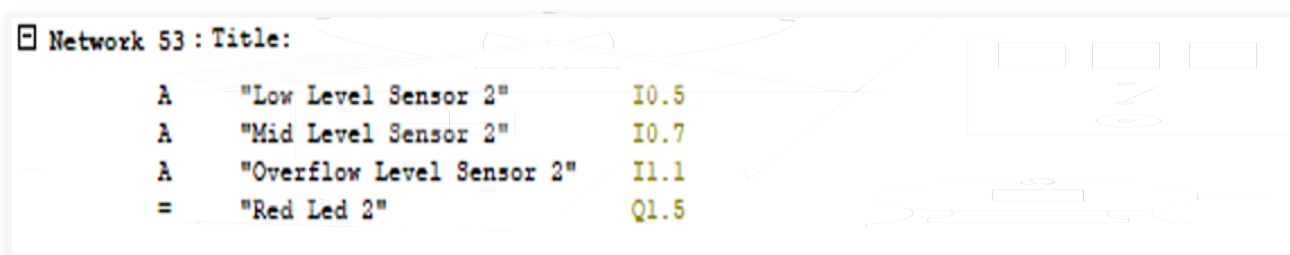
Εικόνα 2.105: Pumping Station's Network 52 - STL Code

Παρόμοια με το Network 52, στο **Network 53**, ενεργοποιείται Κόκκινη Διόδος Φωτοεκπομπής 2, το οποίο θα συμβεί όταν όλοι οι ελεγκτές στάθμης της 2^{ης} Δεξαμενής είναι ενεργοποιημένοι.



Εικόνα 2.106: Pumping Station's Network 53 - Ladder

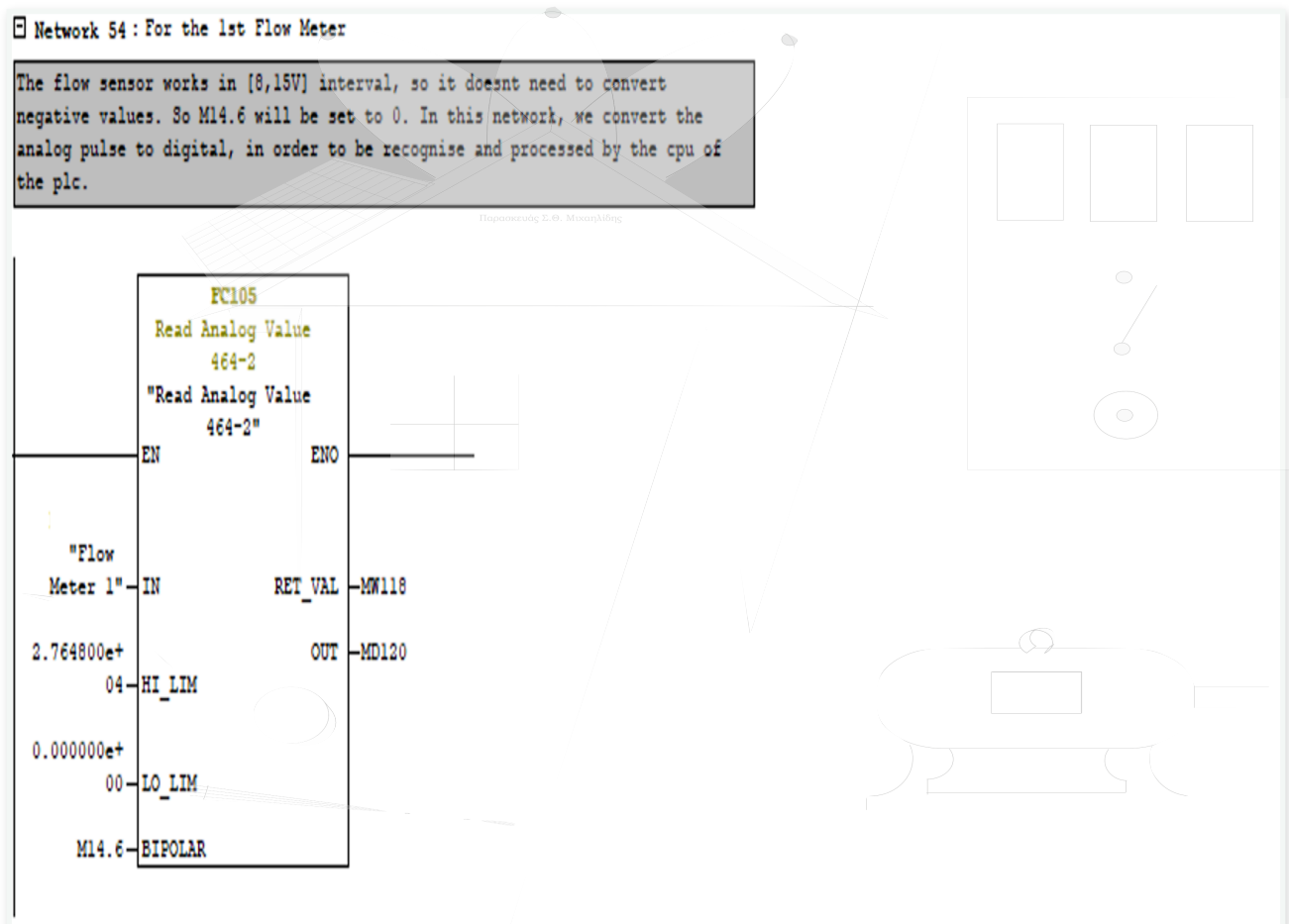
Επειτα, επί του κώδικα STL του Network 53, με τις εντολές "A 'Overflow Level Sensor 2'", "A 'Mid Level Sensor 2'" και "A 'Low Level Sensor 2'", ελέγχεται αν και οι τρεις ελεγκτές στάθμης της 2^{ης} Δεξαμενής, είναι ενεργοί και αν ισχύει αυτό, η εντολή "= 'Red Led 2'" ενεργοποιεί την Κόκκινη Διόδο Φωτοεκπομπής 2.



Εικόνα 2.107: Pumping Station's Network 53 - STL Code

Στο τελευταίο κομμάτι της παρούσας ενότητας, "Ανάλυση Αλγορίθμου", θα παρουσιάσουμε τη λειτουργία των αναλογικών εισόδων της εφαρμογής, όπως αυτές αναφέρονται στην ενότητα "Πίνακας Συμβόλων". Συγκεκριμένα, στο **Network 54**, χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση FC105 - Read Analog Value (464-2) ώστε να μετατρέψουμε το αναλογικό σήμα του Αισθητήρα Ροής 1 / Flow Meter 1 που παράγεται κατά την μέτρηση του διερχόμενου υγρού από την 1^η Δεξαμενή, σε ψηφιακό. Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του επιλεγμένου αισθητήρα ροής, παρατηρούμε ότι το εύρος τάσης που λειτουργεί είναι [8,15V], άρα δεν απαιτείται η μετατροπή και των αρνητικών

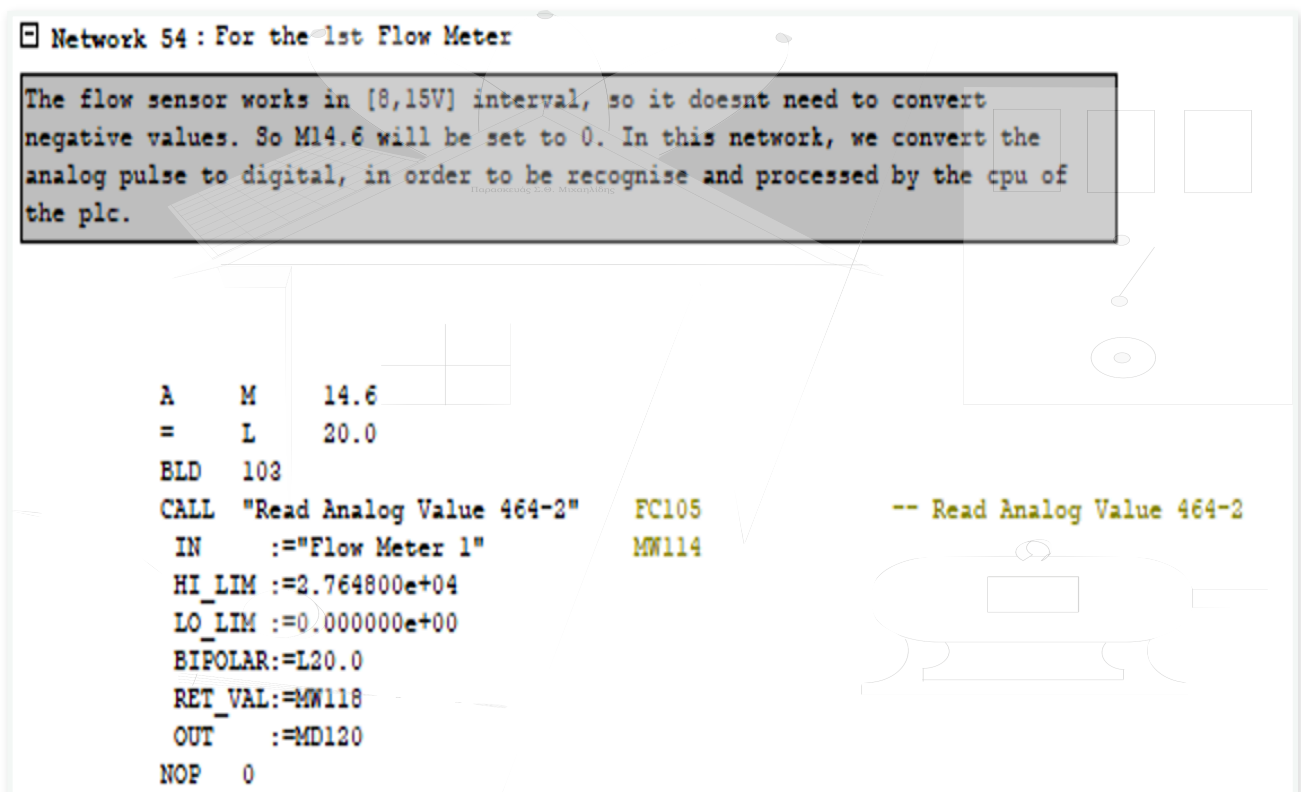
τιμών. Κατά συνέπεια, η είσοδος “BIPOLAR” της παραπάνω συνάρτησης, τίθεται σε λογικό 0, μέσω της M14.6. Ακόμη, στην είσοδο της FC105, τίθεται το σήμα του Αισθητήρα Ροής 1 ως “Flow Meter 1”. Ως άνω και κάτω όριο μετατροπής, δίνονται οι τιμές $2.7648 \cdot 10^4$ και $0 \cdot 10^0$ αντίστοιχα. Εν συνεχεία, η τιμή σφάλματος λαμβάνεται από την έξοδο “RET_VAL” και καταχωρείται στη μεταβλητή μνήμης μεγέθους word, MW118, για μελλοντική χρήση, ενώ το αποτέλεσμα της μετατροπής καταχωρείται στη μεταβλητή MD120. Επί του κώδικα STL του Network 54, με την εντολή “A M14.6” εξετάζεται αν εσωτερικό memory bit M14.6 είναι ενεργό κι αν συμβαίνει αυτό,



Εικόνα 2.108: Pumping Station’s Network 54 - Ladder

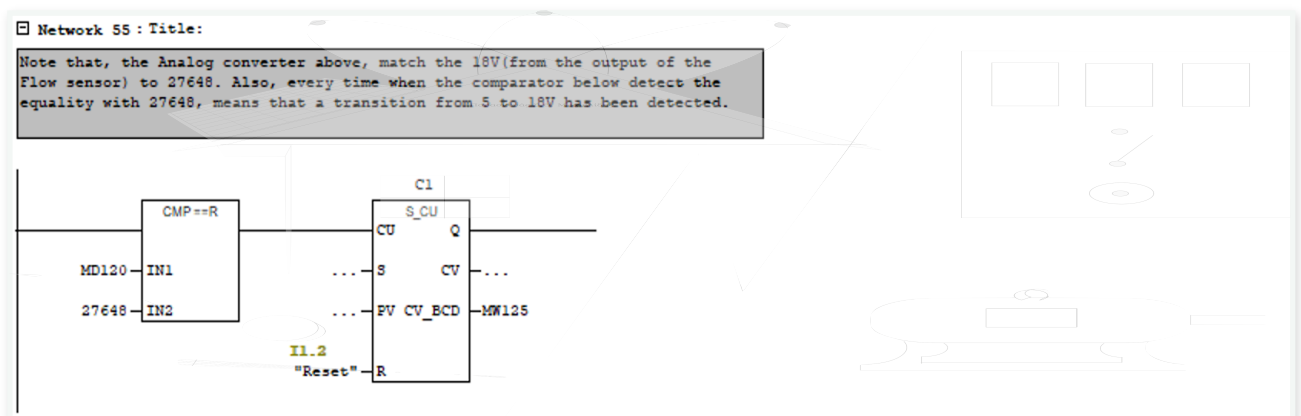
με την εντολή = L20.0, το αποτέλεσμα αντιγράφεται στην τοπική μεταβλητή L20.0. Η εντολή BLD 103 χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του ακόλουθου block, που καλείται με την εντολή “CALL ‘Read Analog Value 464-2’” και χρησιμεύει για την ανάγνωση αναλογικής τιμής. Μέσα στο λειτουργικό block, με την εντολή “IN := ‘FLOW Meter 1’” αντιγράφεται στην είσοδο IN η μέτρηση του “Flow Meter 1”. Ακολούθως, με τις εντολές “HI_LIM := $2.764800 \cdot 10^4$ ” και “LO_LIM := $0.000000 \cdot 10^0$ ” καταχωρούνται οι οριακές τιμές. Η εντολή “BIPOLAR := L20.0” καθορίζει αν η μέτρηση είναι διπολική, χρησιμοποιώντας την τιμή της τοπικής μεταβλητής L20.0. Επειτα, με την εντολή “RET_VAL := MW118” η τιμή σφάλματος καταχωρείται στη μεταβλητή MW118 και το αποτέλεσμα της μετατροπής, μέσω της εντολής “OUT := MD120” αποθηκεύεται στην μεταβλητή

MD120. Τέλος, η εντολή NOP 0 εκτελείται χωρίς καμία λειτουργία, εξασφαλίζοντας την ολοκλήρωση της εκτέλεσης του κώδικα.



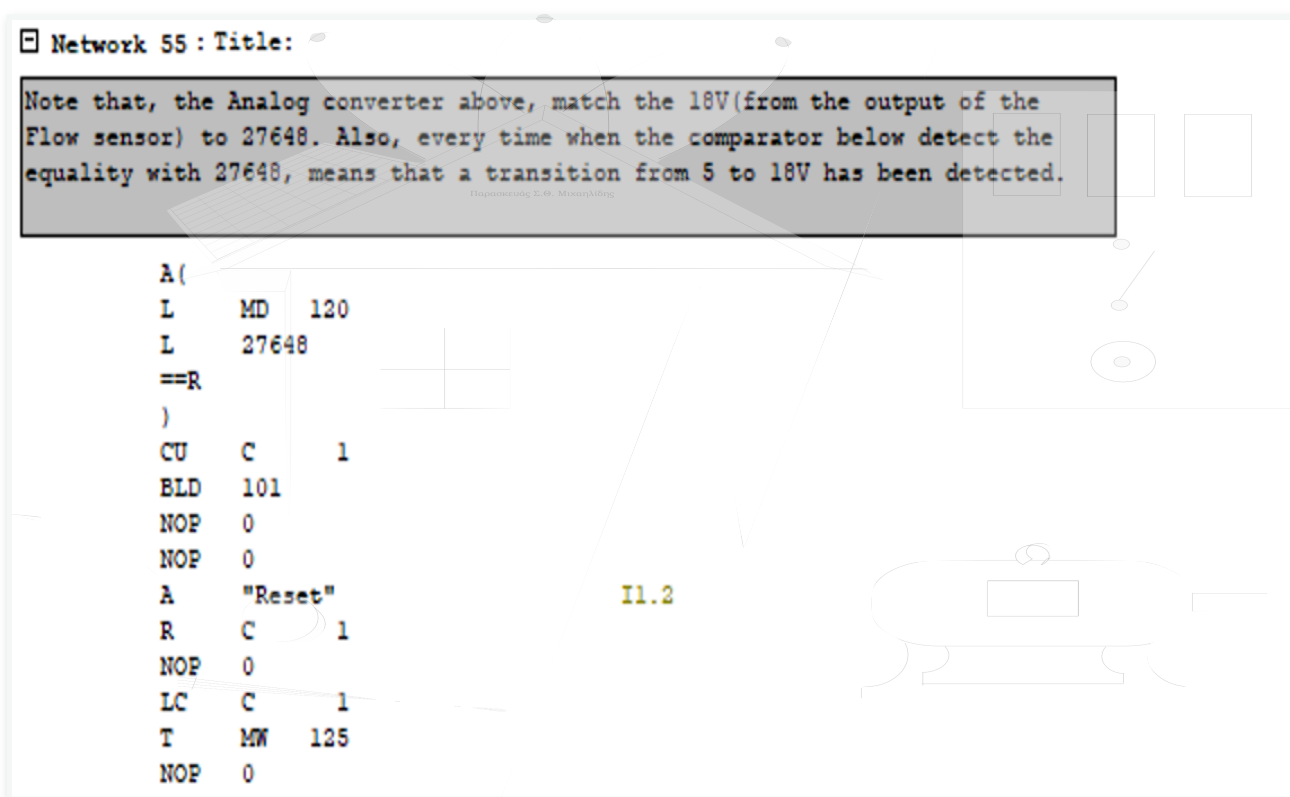
Εικόνα 2.109: Pumping Station's Network 54 - STL Code

Στη συνέχεια, επί του **Network 55**, έχοντας υπόψη ότι με τη χρήση της προηγούμενης συνάρτησης έχει γίνει η αντιστοίχιση τόσο της αναλογικής τιμής των 5V στην ψηφιακή τιμή $0.000000 \cdot e^04$ (πρακτικά ίση με το 0) όσο των 18V στην ψηφιακή τιμή $2.764800 \cdot e^04$ (πρακτικά ίση με το 27648), κάθε φορά που στο παρακάτω κύκλωμα Ladder ικανοποιείται η ισότητα μεταξύ των εισόδων IN1 και IN2, πρακτικά έχει γίνει η μετάβαση από 5V σε 18V. Η εν λόγω μετάβαση ισοδυναμεί με ροή 0.02lt διά του Αισθητήρα Ροής 1. Την διαδικασία σύγκρισης, την αναλαμβάνει το block "CMP==", ενώ την αύξηση προς τα άνω, κάθε φορά που συμβαίνει η προαναφερθείσα μεταβολή, την επιτελεί το block "S_CU" που το συμβολίζουμε με C1. Επί του κώδικα STL του



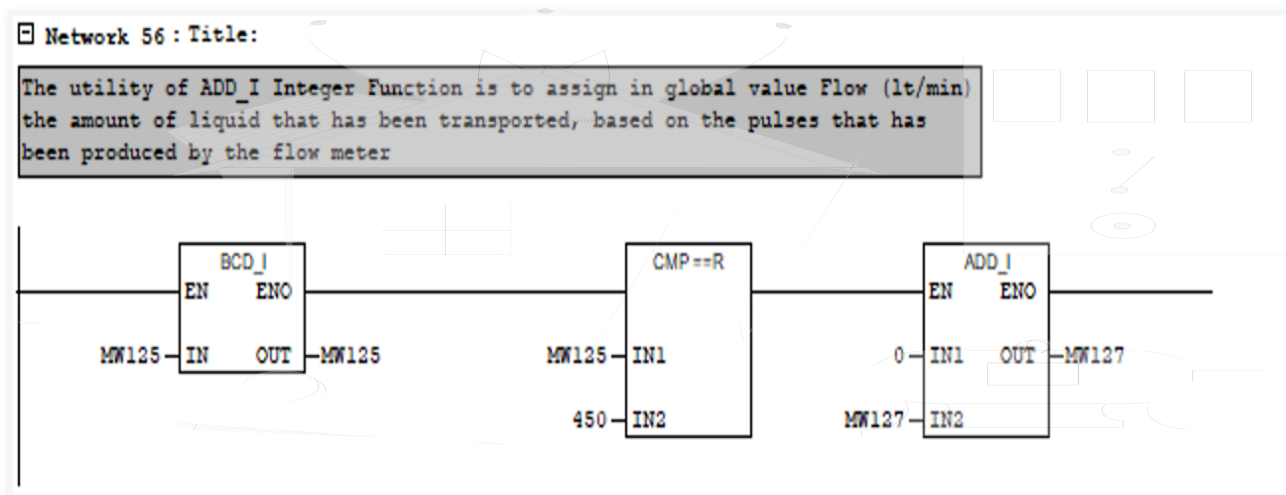
Εικόνα 2.110: Pumping Station's Network 55 - Ladder

Network 55, με την εντολή “A(” ανοίγει ένα νέο λογικό block. Επειτα, με την εντολή “L MD120”, φορτώνεται η τιμή της μεταβλητής δεδομένων MD120 στο συσσωρευτή/accumulator και η εντολή “L 27648” φορτώνει και την τιμή 27648 στον συσσωρευτή. Στη συνέχεια, εντολή “==R” συγκρίνει τις δύο τιμές, και εάν είναι ίσες, το αποτέλεσμα είναι αληθές και προχωρά στην εκτέλεση των επόμενων εντολών. Η εντολή “CU C1” αυξάνει τον μετρητή C1 κατά μία μονάδα, όταν η συνθήκη είναι αληθής. Στη συνέχεια, η εντολή BLD 101 καλεί ένα προκαθορισμένο block λογικών πράξεων και οι εντολές “NOP 0” εξασφαλίζουν ότι δεν εκτελείται καμία επιπλέον λειτουργία σε αυτό το σημείο του κώδικα. Με την εντολή “A ‘Reset’” θα ελεγχθεί αν η είσοδος Reset του C1 είναι ενεργή και αν είναι, η εντολή “R C1” θα επαναφέρει τον μετρητή C1. Επειτα, εντολή “LC C1” φορτώνει την τρέχουσα τιμή του μετρητή C1 και την αποθηκεύει μέσω της εντολής “T MW125” στη θέση μνήμης MW125.



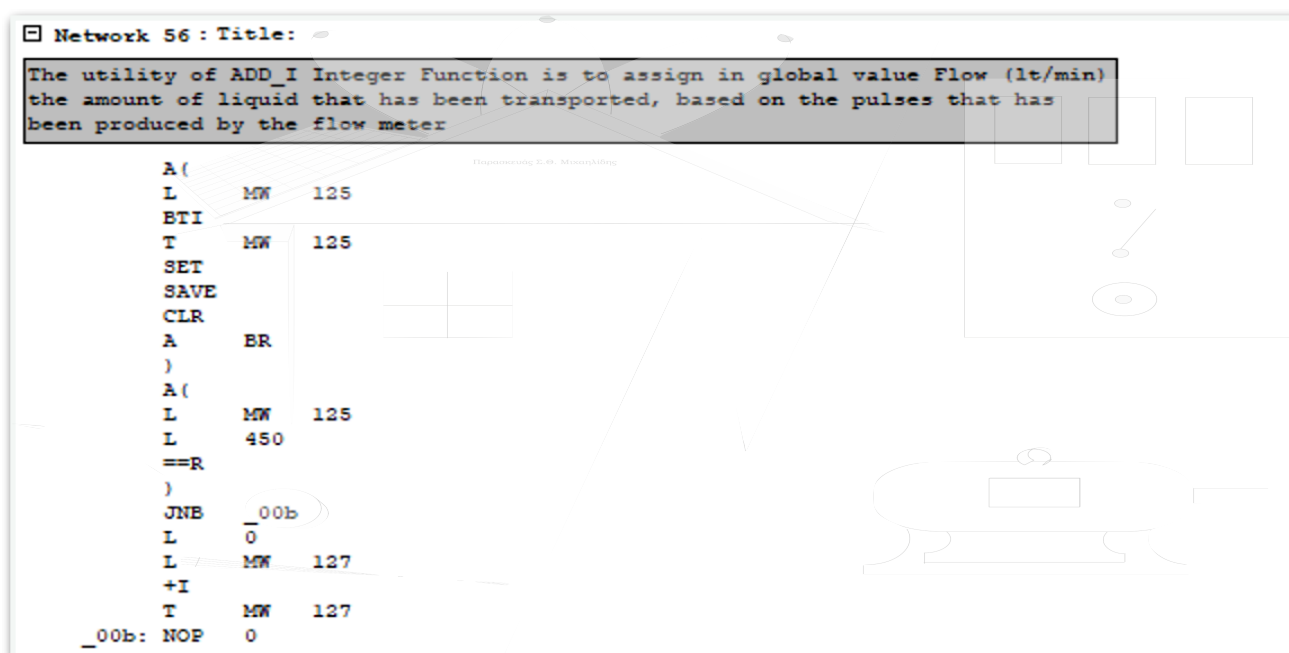
Εικόνα 2.111: Pumping Station's Network 55 - STL Code

Εν συνέχεια, στόχος του **Network 56** είναι πρωτίστως να αναγνωρίσει πόσες μεταβολές έχουν καταγραφεί στο Network 55. Μετέπειτα θα τις συγκρίνει με την αριθμητική σταθερά 450, η οποία , με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά του επιλεγμένου αισθητήρα ροής, ισοδυναμεί με 1lt/min διερχόμενου υγρού. Για να συμβεί αυτό, θα πρέπει να γίνει η μετατροπή της εξόδου του Network 55 από την BCD μορφή στην οποία βρίσκεται, σε Integer αναπαράσταση μέσω του block “BCD_I”. Ακόμη τα συνολικά lt/min που διέρχονται από τον αισθητήρα ροής υπολογίζονται αναδρομικά, μέσω του block “ADD_I” και το αποτέλεσμα καταχωρείται στην μεταβλητή μνήμης μεγέθους word, MW127. Επί του κώδικα STL του Network 56, η “A(” ανοίγει ένα νέο λογικό μπλοκ με σκοπό την εκτέλεση μιας σειράς εντολών. Η εντολή “L MW125”, φορτώνει το περιεχόμενο της θέσης μνήμης



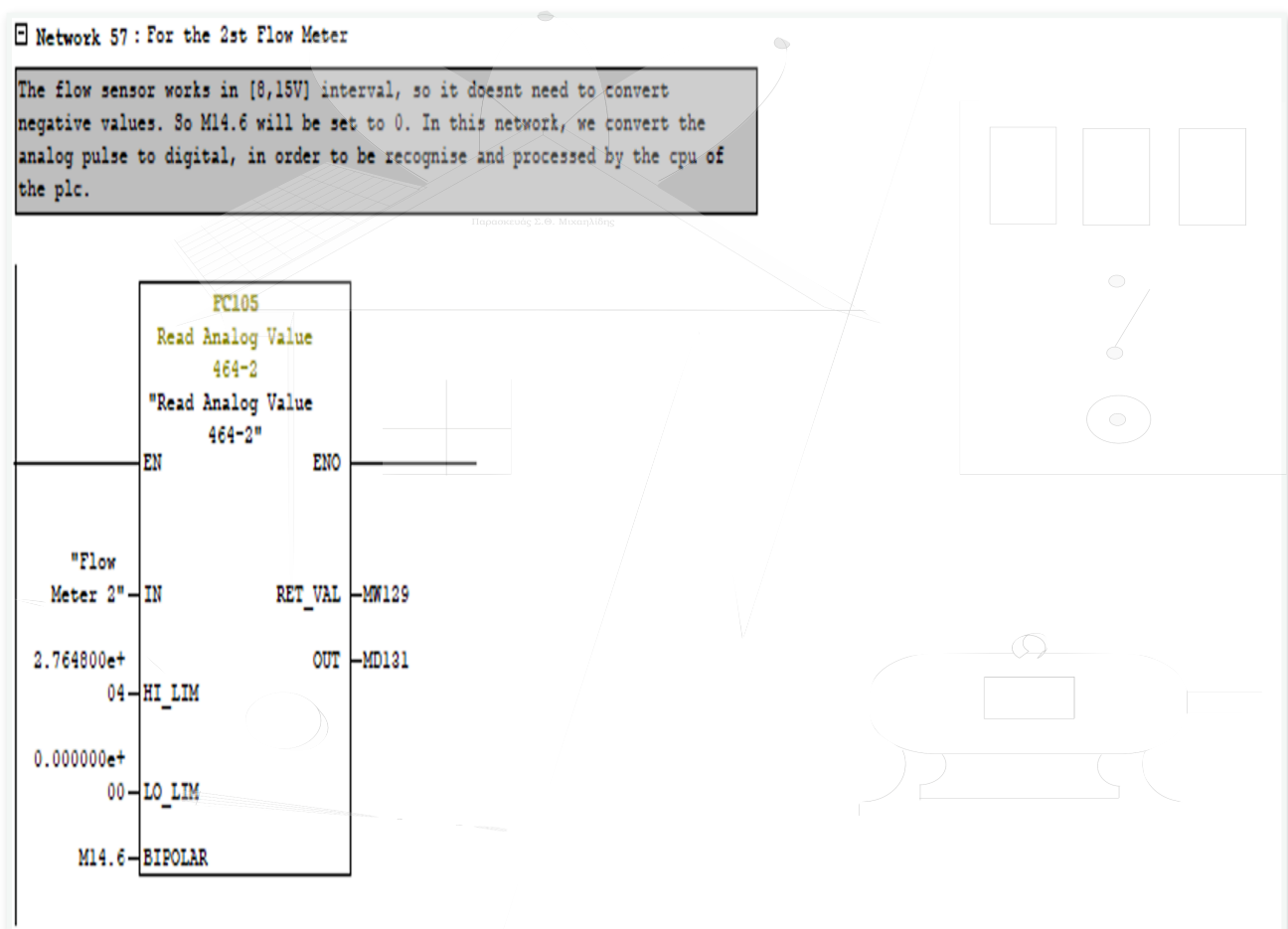
Εικόνα 2.112: Pumping Station's Network 56 - Ladder

MW125 στο συσσωρευτή και η εντολή "BTI" μετατρέπει την τιμή από δυαδική σε ακέραια μορφή, ενώ με την εντολή "T MW125", η νέα τιμή, καταχωρείται στη θέση μνήμης MW125. Επειτα, θα ακολουθήσουν οι δομικές - εσωτερικές εντολές του προγράμματος "SET", "SAVE" και "CLEAR". Εν συνεχεία, η εντολή "A BR" θα πραγματοποιήσει τη λογική πράξη AND με το bit που είναι αποθηκευμένο στο Bit Register. Ακολούθως, ανοίγεται ένα νέο λογικό block με την εντολή "A(", όπου η εντολή L MW125 φορτώνει και πάλι το περιεχόμενο της θέσης μνήμης MW125 και την συγκρίνει με την τιμή 450, χρησιμοποιώντας την εντολή "==R". Αν η σύγκριση δώσει λογικό 1, η εκτέλεση μεταβαίνει στο label _00b, μέσω της εντολής "JNB _00b". Αν η σύγκριση δεν είναι αληθής, εκτελούνται οι εντολές "L 0" και "L MW127" που φορτώνουν τις αριθμητική σταθερά 0 και το περιεχόμενο της θέσης μνήμης MW127 αντίστοιχα, ώστε με την εντολή "+I" να γίνει η μεταξύ τους πρόσθεση. Το αποτέλεσμα, αποθηκεύεται στη θέση μνήμης MW127, μέσω της εντολής "T MW127".



Εικόνα 2.113: Pumping Station's Network 56 - STL Code

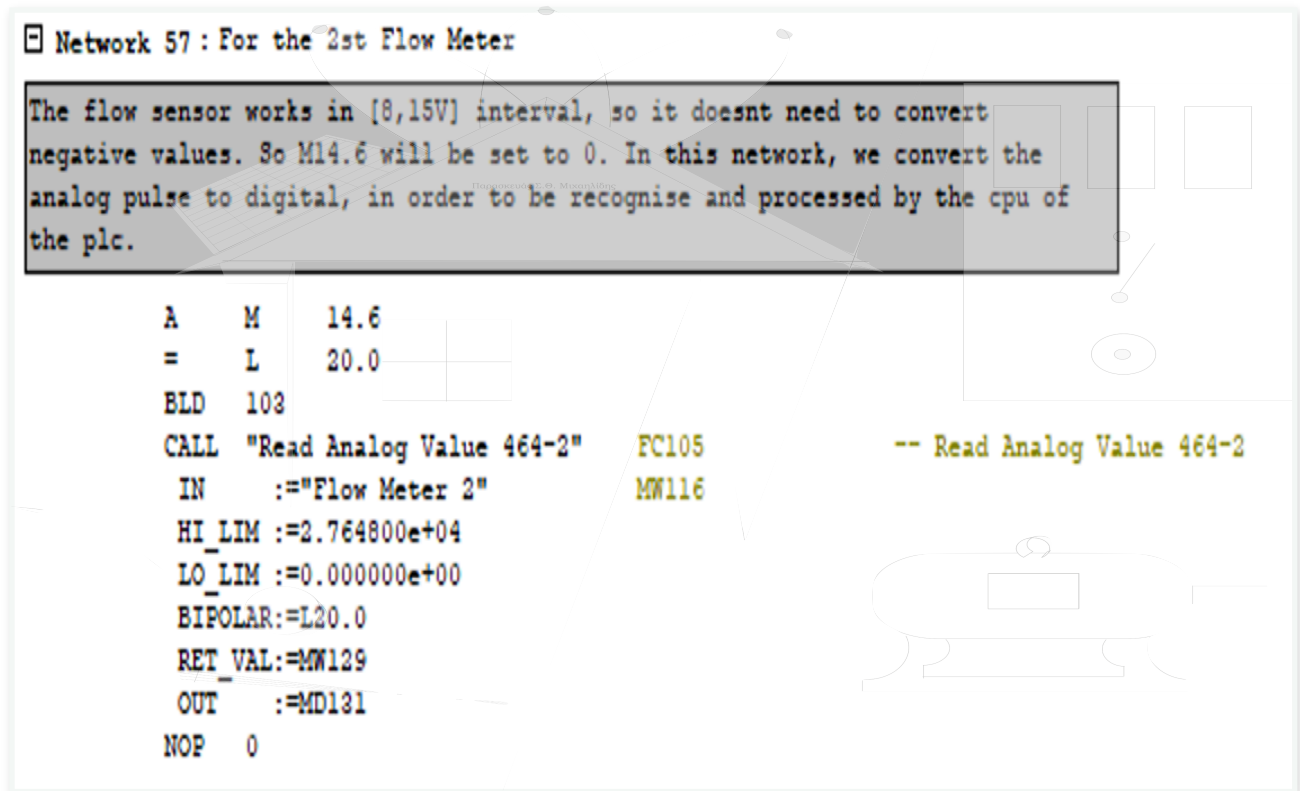
Παρόμοια με το Network 54, στο **Network 57**, θα χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση FC105 - Read Analog Value (464-2), ώστε να μετατρέψουμε το αναλογικό σήμα του Αισθητήρα Ροής 2 / Flow Meter 2, που παράγεται κατά την μέτρηση του διερχόμενου υγρού από την 2^η Δεξαμενή, σε ψηφιακό. Από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του επιλεγμένου αισθητήρα ροής, παρατηρούμε ότι το εύρος τάσης που λειτουργεί είναι [8,15V], άρα δεν απαιτείται η μετατροπή και των αρνητικών τιμών. Κατά συνέπεια, η είσοδος “BIPOLAR” της παραπάνω συνάρτησης, τίθεται σε λογικό 0 μέσω της M14.6. Στην είσοδο της FC105 τίθεται το σήμα του Αισθητήρα Ροής 2, “Flow Meter 2”. Ως άνω και κάτω όριο μετατροπής, δίνονται οι τιμές $2.7648 \cdot 10^4$ και $0 \cdot 10^0$ αντίστοιχα. Εν συνεχεία, η τιμή σφάλματος, λαμβάνεται από την έξοδο “RET_VAL” και καταχωρείται στη μεταβλητή μνήμης μεγέθους word, MW129, ενώ το αποτέλεσμα της μετατροπής καταχωρείται στη μεταβλητή MD131. Επί του κώδικα STL του Network 57, με την εντολή “A M14.6” ελέγχεται αν το εσωτερικό



Εικόνα 2.114: Pumping Station's Network 57 - Ladder

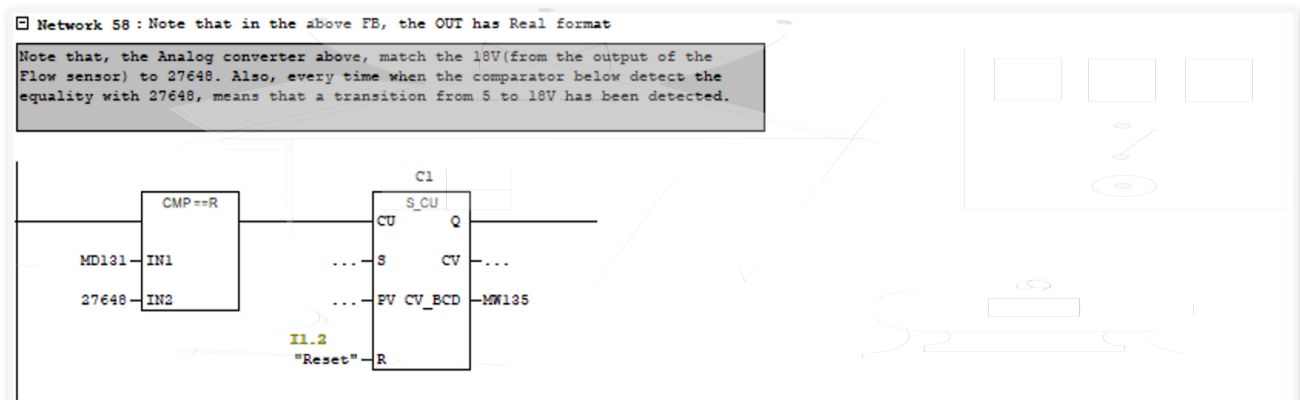
memory bit M14.6, είναι ενεργό κι αν ισχύει αυτό, με την εντολή = L20.0, η τιμή του αντιγράφεται στην τοπική μεταβλητή L20.0. Η εντολή BLD 103 χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του ακόλουθου block, που καλείται με την εντολή “CALL ‘Read Analog Value 464-2’” με σκοπό την ανάγνωση των αναλογικών τιμών. Μέσα στο λειτουργικό block, με την εντολή “IN := ‘FLOW Meter 2’” αντιγράφεται στην είσοδο IN, η μέτρηση του “Flow Meter 2”. Ακολούθως, με τις εντολές “HI_LIM := $2.764800 \cdot 10^4$ ” και “LO_LIM := $0.000000 \cdot 10^0$ ” καταχωρούνται οι οριακές τιμές. Η

εντολή “BIPOLAR := L20.0”, καθορίζει αν η μέτρηση είναι διπολική, χρησιμοποιώντας την τιμή της τοπικής μεταβλητής L20.0. Επειτα, με την εντολή “RET_VAL := MW129”, η τιμή σφάλματος, καταχωρείται στη μεταβλητή MW129 και το αποτέλεσμα της μετατροπής, μέσω της εντολής “OUT := MD131” αποθηκεύεται στην μεταβλητή MD131. Τέλος, η εντολή NOP 0 εκτελείται χωρίς καμία λειτουργία, εξασφαλίζοντας την ολοκλήρωση της εκτέλεσης του κώδικα.



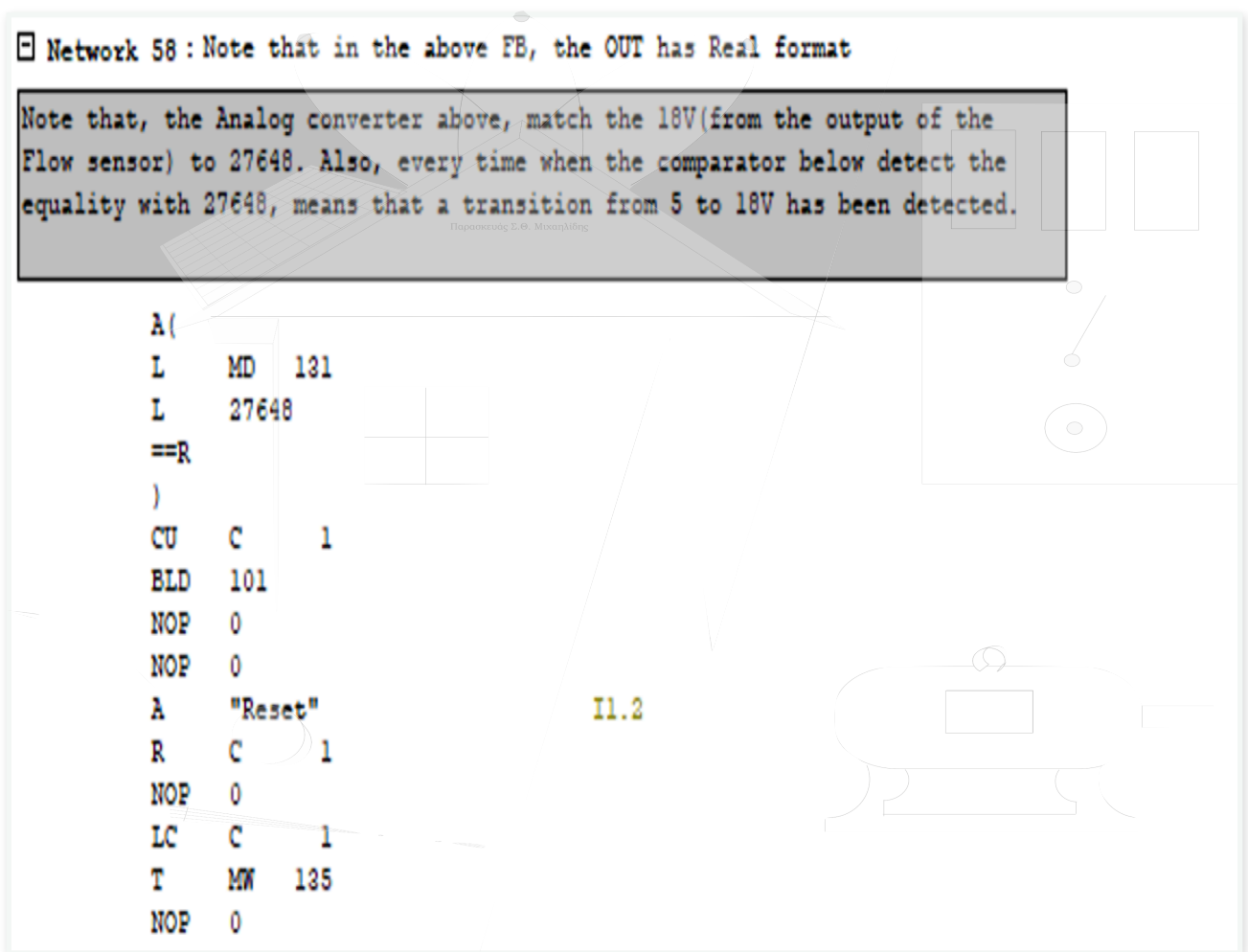
Εικόνα 2.115: Pumping Station’s Network 57 - STL Code

Ομοια με το Network 55, στο **Network 58**, όταν έχει ικανοποιηθεί η ισότητα μεταξύ των εισόδων IN1 και IN2 πρακτικά έχει γίνει η μετάβαση από 5V σε 18V. Η εν λόγω μετάβαση ισοδυναμεί με ροή 0.02lt διά του Αισθητήρα Ροής 2. Την διαδικασία σύγκρισης την αναλαμβάνει το block “CMP==”, ενώ την αύξηση προς τα άνω, κάθε φορά που συντελείται η προαναφερθείσα μεταβολή, την επιτελεί το block “S_CU” που το συμβολίζουμε με C1. Αναφορικά με τον κώδικα



Εικόνα 2.116: Pumping Station’s Network 58 - Ladder

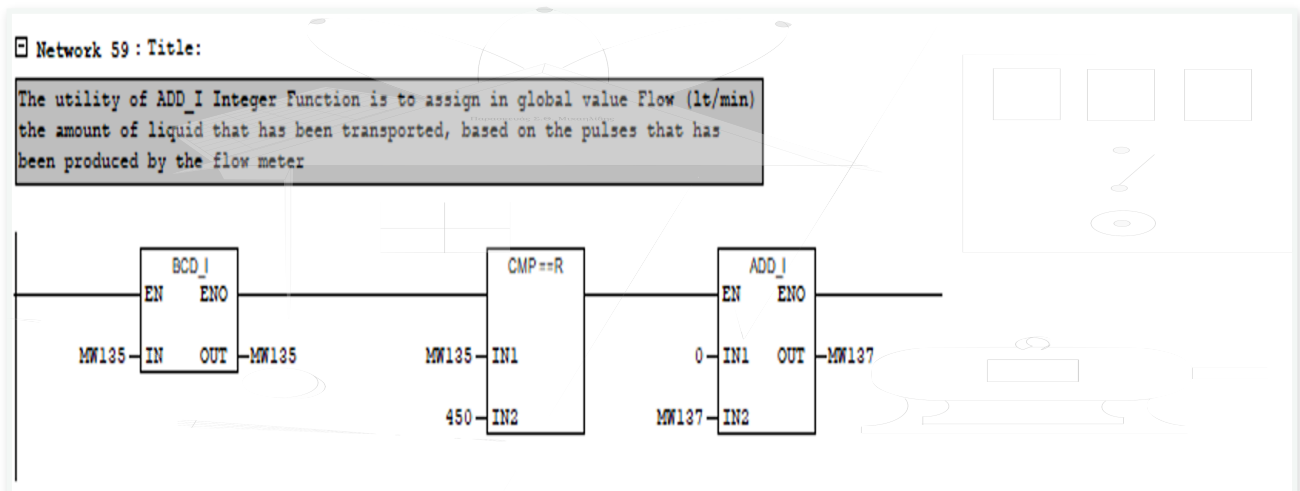
STL του Network 58, με την εντολή “A(” ανοίγει ένα νέο λογικό block που περιέχει τις συνθήκες που θα ελεγχθούν. Με την εντολή “L MD131”, φορτώνεται η τιμή της μεταβλητής δεδομένων MD131 στο συσσωρευτή/accumulator, ενώ, η εντολή “L 27648” φορτώνει και την τιμή 27648 στον συσσωρευτή. Στη συνέχεια, εντολή “==R” συγκρίνει τις δύο τιμές, και εάν είναι ίσες, το αποτέλεσμα είναι αληθές και προχωρά στην εκτέλεση των επόμενων εντολών. Η εντολή “CU C1” αυξάνει τον μετρητή C1 κατά μία μονάδα, όταν η συνθήκη είναι αληθής. Στη συνέχεια, η εντολή “BLD 101”, καλεί ένα προκαθορισμένο block λογικών πράξεων και οι εντολές “NOP 0” εξασφαλίζουν ότι δεν εκτελείται καμία επιπλέον λειτουργία, σε αυτό το σημείο του κώδικα. Με την εντολή “A ‘Reset’”, θα ελεγχθεί αν η είσοδος Reset του C1 είναι ενεργή και αν είναι, η εντολή “R C1” επαναφέρει τον μετρητή C1. Επειτα, η εντολή “LC C1” φορτώνει την τρέχουσα τιμή του μετρητή C1 και την αποθηκεύει με την εντολή “T MW135” στη θέση μνήμης MW135.



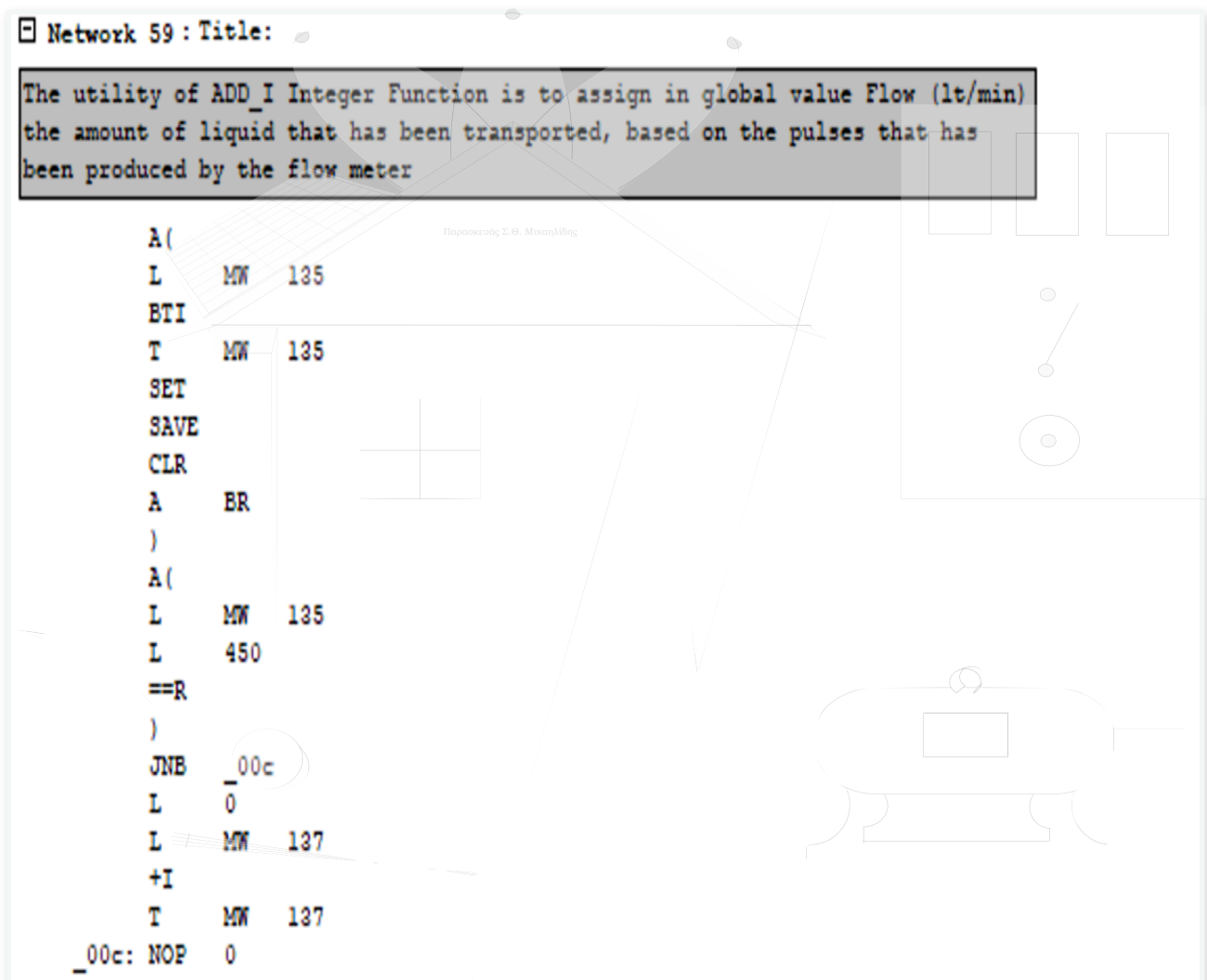
Εικόνα 2.117: Pumping Station’s Network 58 - STL Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 59**, είναι πρωτίστως να αναγνωρίσει πόσες μεταβολές έχουν καταγραφεί στο Network 58. Μετέπειτα, θα τις συγκρίνει με την αριθμητική σταθερά 450, η οποία με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά του επιλεγμένου αισθητήρα ροής, ισοδυναμεί με 1lt/min διερχόμενου υγρού. Για να συμβεί αυτό, θα πρέπει να γίνει η μετατροπή της εξόδου του Network 58 από την τρέχουσα BCD μορφή, σε Integer αναπαράσταση, μέσω του block “BCD_I”.

Ακόμη, τα συνολικά lt/min που διέρχονται από τον αισθητήρα ροής, υπολογίζονται αναδρομικά μέσω του block “ADD_I” και το αποτέλεσμα καταχωρείται στην μεταβλητή μνήμης μεγάλους word, MW137. Επί του κώδικα STL του Network 56, η εντολή “A(” ανοίγει ένα νέο λογικό



Εικόνα 2.118: Pumping Station’s Network 59- Ladder



Εικόνα 2.119: Pumping Station’s Network 59 - STL Code

μπλοκ. Η εντολή “L MW135”, φορτώνει το περιεχόμενο της θέσης μνήμης MW135, στο συσσωρευτή και η εντολή “BTI” μετατρέπει την τιμή από δυαδική σε ακέραια μορφή, ενώ με την εντολή “T MW135”, η νέα τιμή καταχωρείται στη θέση μνήμης MW135. Επειτα, θα ακολουθήσουν οι δομικές - εσωτερικές εντολές του προγράμματος “SET”, “SAVE” και “CLEAR”. Εν συνεχεία, η εντολή “A BR” θα πραγματοποιήσει τη λογική πράξη AND, με το bit που είναι αποθηκευμένο στο Bit Register. Ακολούθως, ανοίγει ένα νέο λογικό block με την εντολή “A(”, όπου η εντολή L MW135 φορτώνει και πάλι το περιεχόμενο της θέσης μνήμης MW135 και την συγκρίνει με την τιμή 450, χρησιμοποιώντας την εντολή “==R”. Αν η σύγκριση είναι αληθής, η εκτέλεση μεταβαίνει στο label _00c, μέσω της εντολής “JNB_00c”. Αν η σύγκριση δεν είναι αληθής, εκτελούνται οι εντολές “L 0” και “L MW137”, που φορτώνουν τις αριθμητική σταθερά 0 και το περιεχόμενο της θέσης μνήμης MW137 αντίστοιχα, ώστε με την εντολή “+I” να γίνει η μεταξύ τους πρόσθεση. Το αποτέλεσμα αποθηκεύεται στη θέση μνήμης MW137, μέσω της εντολής “T MW137”. Τέλος, η εντολή NOP 0, χρησιμοποιείται για να εξασφαλιστεί ότι δεν εκτελείται άλλη ενέργεια.

2.2 Εφαρμογή Smart Parking

Στο παρών κεφάλαιο, πραγματοποιείται η ανάπτυξη και η ανάλυση του αλγορίθμου της εφαρμογής του **Smart Parking**.

Για την εν λόγω εφαρμογή επιλέχθηκε η “FX5UC-R32MR / DS-TS” (Mitsubishi) με ενσωματωμένες κάρτες εισόδου-εξόδου “16xRelay / DC24V / Eth. / RS485 / Spring Clamps” καθώς και οι κάρτες επέκτασης “FX5-C16EYR/D-TS / I-O Extension / 16 Relay Outputs / Spring Clamps” & “FX5-4AD-ADP / Analog Input”. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε και η οθόνη “GOT Simple / 7” Wide TFT / DC / WVGA / 65k colours / RS-422/485 / RS-232 / USB / Eth. / SD / Black / GS2107-WTBD”

Στην παρούσα υλοποίηση περιέχονται:

📄 Περιγραφή της εφαρμογής

📄 Πίνακας Συμβόλων

📄 Ανάλυση Αλγορίθμου

2.2.1 Περιγραφή της εφαρμογής

Καταρχήν, στην εν λόγω εφαρμογή διαμορφώνουμε ένα σύστημα αυτοματισμού για ένα υπόγειο χώρο στάθμευσης 6 θέσεων, με τις θέσεις να διαχωρίζονται κατά το ήμισυ σε συμβατικά και σε ηλεκτρικά οχήματα. Ανά κατηγορία οχήματος, μία από τις θέσεις διατίθενται σε χρήστες με αναπηρίες. Η εφαρμογή του Smart Parking πραγματεύεται συγκεκριμένες προτάσεις βελτιστοποίησης, τις οποίες παρουσιάζουμε ακολούθως. Αρχικά, στοχεύουμε στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας - ενεργειακής αποδοτικότητας και της βελτίωσης του συντελεστή ισχύος. Ακόμη, στο δυναμικό χειρισμό κι έλεγχο, τόσο της ταχύτητας περιστροφής των μηχανών εξαερισμού (από τους ρύπους CO₂), όσο της ταχύτητας ανύψωσης της μπάρας εισόδου κι εξόδου του χώρου στάθμευσης, που έχουν ως σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης ευστάθειας του

συστήματος. Επίσης, εξυπηρετεί στη μείωση των μηχανικών καταπονήσεων όπως και των ηλεκτρικών και θερμικών απωλειών. Οι προαναφερθείσες απαιτήσεις , ικανοποιούνται ακολουθώντας, μέσω του αλγορίθμου βαθμιαίας εφαρμογής του ελέγχου PWM (Pulse Width Modulation) που έχουμε κατασκευάσει εκ του μηδενός, γεγονός που τον καθιστά επεκτάσιμο και παραμετροποιήσιμο, καθώς στις περισσότερες των περιπτώσεων, χρησιμοποιείται σε μορφή “black box” δίχως τη δυνατότητα προσαρμογής. Ο συγκεκριμένος έλεγχος, έχει δομηθεί έτσι ώστε να έχει τη δυνατότητα απευθείας εφαρμογής σε κινητήρα συνεχούς (dc), αλλά και στην είσοδο συστήματος αντιστροφέα (inverter) ώστε να επιτευχθεί πιο ενδεδειγμένος έλεγχος. Εν συνεχεία, σύμφωνα με το όχημα του χρήστη, γίνεται και η καθοδήγηση του στο χώρο, με κριτήριο της διαθέσιμες θέσεις τη δεδομένη στιγμή. Ακόμη, έχουν προβλεφθεί αλγόριθμοι επιτήρησης για την ορθή στάθμευση του κάθε οχήματος, ώστε να μην παρεμποδίζεται με κανένα τρόπο η εύρυθμη χρήση του χώρου από τους οδηγούς. Επιπρόσθετα, για λόγους εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας, με τρόπους που θα αναλυθούν παρακάτω, επιτηρείται η παρουσία ή μη χρηστών στο χώρο, ώστε η φωτεινή απόδοση των φωτιστικών σωμάτων να προσαρμόζεται δυναμικά. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση, παρέχεται δυνατότητα για συνολική επιτήρηση της κατάστασης των ελεγκτών του συστήματος οι οποίοι είναι βασισμένοι σε IoT (Internet of Things) και κατά συνέπεια προσφέρεται η δυνατότητα και για απομακρυσμένη εποπτεία.

2.2.2 Πίνακας Συμβόλων

Όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακα Συμβόλων / Global Label Setting** (Εικόνα 2.120), η εφαρμογή συνίσταται από 17 ψηφιακές εισόδους (DI) και από 34 ψηφιακές εξόδους (DO). Σε ότι αφορά στις **ψηφιακές εισόδους** περιληπτικά έχουμε τα εξής. Αρχικά, η X0 [Entrance Button] ελέγχεται από πιεστικό διακόπτη επαναφοράς μέσω του οποίου καθορίζεται αν το όχημα που επρόκειτο να εισέλθει στο χώρο στάθμευσης, είναι συμβατικό ή ηλεκτρικό. Επειτα, η X1 [Proximity Middle 1] αντιστοιχεί στον μεσαίο επαγωγικό αισθητήρα απόστασης, ο οποίος είναι ενδωδαπέδιος και τοποθετείται στο κέντρο που ορίζει η θέση στάθμευσης υπ’αριθμόν 1. Ο εν λόγω αισθητήρας είναι NO, άρα όταν διεγείρεται γίνεται NC. Συνεπώς, εμείς αξιοποιούμε την εν λόγω λειτουργία για να επιτηρούμε αν μία θέση είναι κατειλημμένη ή όχι. Παρόμοιοι αισθητήρες είναι εγκατεστημένοι σε κάθε μία από τις υπόλοιπες 5 θέσεις στάθμευσης του Smart Parking. Συγκεκριμένα, για τις θέσεις συμβατικών οχημάτων έχουμε τους Proximity Middle 2 [X2] και Proximity Middle 3 [X3], ενώ για τις θέσεις ηλεκτρικών οχημάτων, τους Proximity Middle 4 [X4], Proximity Middle 5 [X5] και Proximity Middle 6 [X6]. Όσον αφορά στην είσοδο κι έξοδο του χώρου στάθμευσης, έχουν εγκατασταθεί κι εκεί επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης, ο Επαγωγικός Αισθητήρας Απόστασης Εισόδου / Entrance Ind. Prox. Sensor [X7] και ο Επαγωγικός Αισθητήρας Απόστασης Εξόδου / Exit Ind. Prox. Sensor [X10], αντίστοιχα. Εκτός από τους μεσαίους επαγωγικούς αισθητήρες απόστασης, χωνευτά στην κορυφή κάθε θέσης, έχουν εγκατασταθεί οι εμπρόσθιοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης. Κατά αντιστοιχία με την αρχή λειτουργίας των μεσαίων, είναι κι εκείνοι NC. Στην προκειμένη περίπτωση, ελέγχουν την ορθή (καθύψος) στάθμευση του οδηγού. Όσον αφορά στις θέσεις συμβατικών οχημάτων, έχουμε τους Proximity Front 1 [X12], Proximity Front 2 [X13] και Proximity Front 3 [X14], ενώ για τις θέσεις ηλεκτρικών

οχημάτων τους Proximity Front 4 [X15], Proximity Front 5 [X16] και Proximity Front 6 [X17]. Ακόμη, έχουμε την ψηφιακή είσοδο που αντιστοιχεί στον Υπέρυθρο Αισθητήρα Απόστασης / Infrared Dist. Sensor [X11] που επιβλέπει την παρουσία ή μη του χρήστη στο χώρο του Smart Parking. Επιπρόσθετα, το σύστημα είναι εξοπλισμένο και με Αισθητήρα Ανίχνευσης CO₂ [X20] με σκοπό την ενεργοποίηση του συστήματος εξαερισμού. Εν συνεχεία, αναφορικά με τις **ψηφιακές εξόδους**, οι πρώτες 8, σχετίζονται με την αναπαράσταση των ψηφίων στο 1 Digit Segment Display εισόδου που έχει επιλεγθεί, από όπου ο χρήστης θα πληροφορείται πόσες είναι οι διαθέσιμες θέσεις στάθμευσης σύμφωνα με την επιλεγμένη κατηγορία οχήματος. Στο συγκεκριμένο Segment Display, αναπαρίστανται οι αριθμοί από το 0 έως το 9 με την κατάλληλη ενεργοποίηση μίας συγκεκριμένης ομάδα bits, εκ των GFEDCBA κάθε φορά. Συνεπώς, έχουμε τις εξόδους Segment A [Y0], Segment B [Y1], Segment C [Y2], Segment D [Y3], Segment E [Y4], Segment F [Y5], Segment G [Y6]. Ακόμη, στην είσοδο του χώρου στάθμευσης υπάρχουν δύο ενδεικτικές λυχνίες που σηματοδοτούν την ύπαρξη ή μη διαθέσιμης θέσης, σύμφωνα με την επιλεγμένη κατηγορία οχήματος. Συγκεκριμένα, αναφερόμαστε στην Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής Εισόδου / Green Led Entrance [Y7] και στην Κόκκινη Δίοδο Φωτοεκπομπής Εισόδου / Red Led Entrance [Y10]. Επειτα, οι Y11 [Servo 1 FWD] και Y12 [Servo 1 Rev] αφορούν στα σήματα εξόδου για την τροφοδότηση των κυκλωμάτων ορθής κι ανάστροφης φοράς αντίστοιχα, του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου. Αντίστοιχα, οι Y13 [Servo 2 FWD] και οι Y14 [Servo 2 Rev] αφορούν στα σήματα εξόδου για την τροφοδότηση των κυκλωμάτων ορθής κι ανάστροφης φοράς, του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου. Σε ότι αφορά στο φωτισμό του υπόγειου smart parking, η στάθμη φωτισμού των φωτιστικών σωμάτων προσαρμόζεται σύμφωνα με την παρουσία η μη χρηστών στο χώρο. Συγκεκριμένα, αν στο χώρο έχουμε απουσία κίνησης, τότε η απόδοση τόσο των περιμετρικών φωτιστικών σωμάτων όσο κι εκείνων που βρίσκονται σε κάθε μία από τις θέσεις στάθμευσης, περιορίζεται σε ποσοστό μικρότερο του ονομαστικού. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ενεργοποίησης των εξόδων Perimetric Lighting Dimmed [Y15], Park Light 1 Dimmed [Y16], Park Light 2 Dimmed [Y17], Park Light 3 Dimmed [Y20], Park Light 4 Dimmed [Y21], Park Light 5 Dimmed [Y22], Park Light 6 Dimmed [Y23]. Αντίθετα, αν στο χώρο έχουμε κίνηση, τότε η στάθμη φωτισμού των προαναφερθέντων φωτιστικών σωμάτων είναι η ονομαστική και έχουμε την ενεργοποίηση των εξόδων Perimetric Lighting [Y24], Park Light 1 [Y25], Park Light 2 [Y26], Park Light 3 [Y27], Park Light 4 [Y30], Park Light 5 [Y31], Park Light 6 [Y32]. Στη συνέχεια, σε κάθε θέση στάθμευσης έχουμε από μία πράσινη δίοδο φωτοεκπομπής η οποία έχει διττό ρόλο. Πρώτον, καθιστά γνωστό στο χρήστη αν η προκειμένη θέση στάθμευσης είναι ελεύθερη. Σε δεύτερο επίπεδο όταν το όχημα διεγείρει τον εκάστοτε εμπρόσθιο επαγωγικό αισθητήρα απόστασης, η αντίστοιχη πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής, αναβοσβήνει ωσότου το όχημα σταθμεύσει ορθά καθύψος. Συγκεκριμένα, για τις θέσεις συμβατικών οχημάτων έχουμε την Green Led 1 / Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 1 [Y33], την Green Led 2 / Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 2 [Y34] και την Green Led 3 / Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 3 [Y35], ενώ για τις θέσεις ηλεκτρικών οχημάτων τις Green Led 4 / Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 4 [Y36], την Green Led 5 / Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 5 [Y37] και την Green Led 6 / Πράσινη Δίοδο Φωτοεκπομπής 6 [Y40]. Τέλος, όταν ενεργοποιηθεί ο

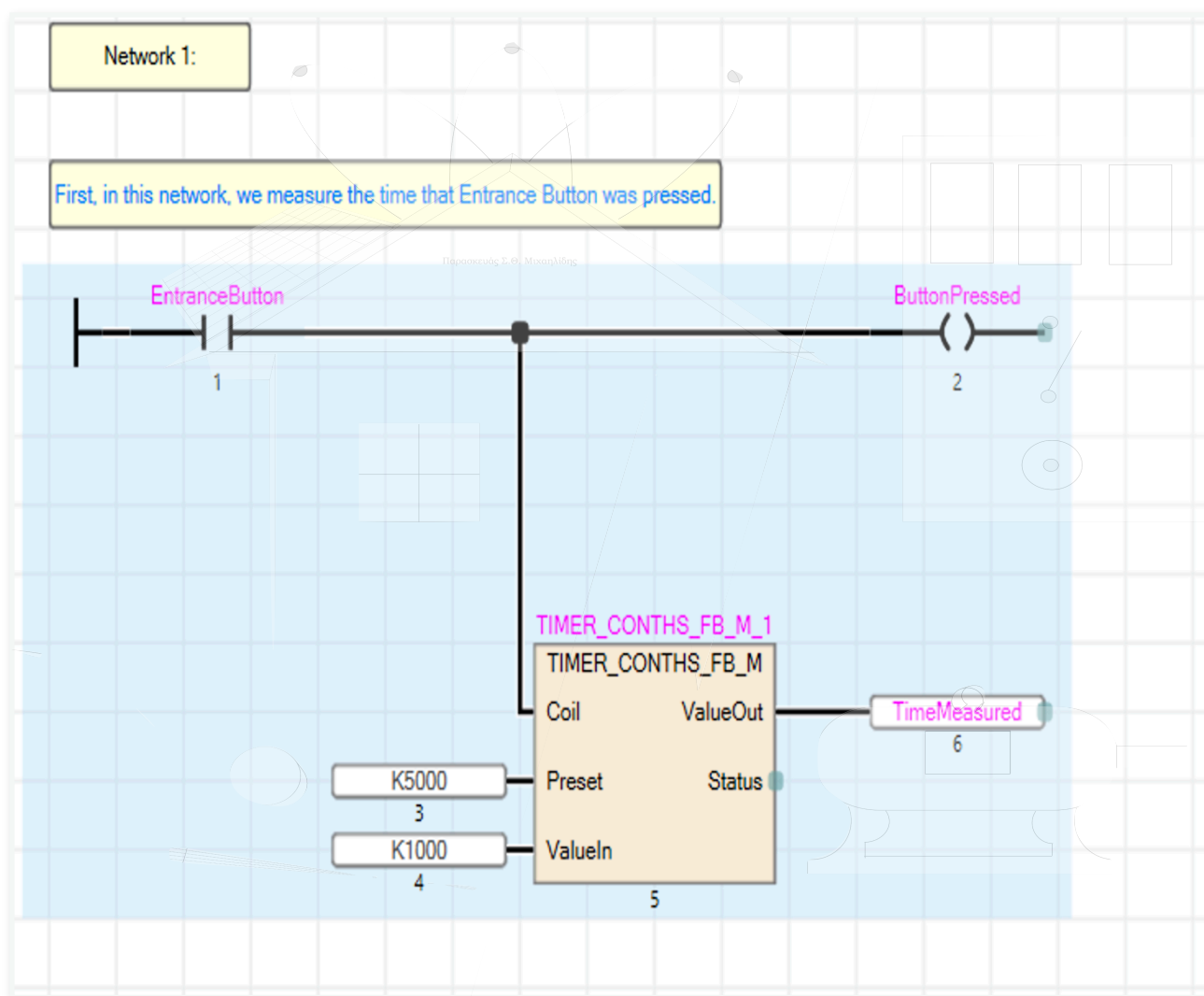
Αισθητήρας Ανίχνευσης CO₂ [Y20], τότε ενεργοποιείται και η έξοδος Y41 [CO₂ Cleaner] από όπου τροφοδοτείται το σύστημα εξαερισμού.

Global [Global Label Setting] X ProgramBody : ProgPou [PRG] [F... Module Configuration ProgPou [PRG] [Local Label Setti...					
Label Name	Data Type	Class	Assign (Device/Label)		
1 EntranceButton	Bit	VAR_GLOBAL	X0		
2 PWMDeactServo1FWD	Bit	VAR_GLOBAL			
3 PWMDeactServo1Rev	Bit	VAR_GLOBAL			
4 ConventionalVehicle	Bit	VAR_GLOBAL			
5 TimeMeasured	Word (Unsigned) Bit Shing [16-bit]	VAR_GLOBAL			
6 TimeMeasuredInt	Word (Signed)	VAR_GLOBAL			
7 ButtonPressed	Bit	VAR_GLOBAL			
8 ElectricVehicle	Bit	VAR_GLOBAL			
9 ProximityMiddle1	Bit	VAR_GLOBAL	X1		
10 ProximityMiddle2	Bit	VAR_GLOBAL	X2		
11 ProximityMiddle3	Bit	VAR_GLOBAL	X3		
12 SegmentA	Bit	VAR_GLOBAL	Y0		
13 SegmentB	Bit	VAR_GLOBAL	Y1		
14 SegmentC	Bit	VAR_GLOBAL	Y2		
15 SegmentD	Bit	VAR_GLOBAL	Y3		
16 SegmentG	Bit	VAR_GLOBAL	Y6		
17 GreenLedEntrance	Bit	VAR_GLOBAL	Y7		
18 SegmentE	Bit	VAR_GLOBAL	Y4		
19 SegmentF	Bit	VAR_GLOBAL	Y5		
20 RedLedEntrance	Bit	VAR_GLOBAL	Y10		
21 OutOfSpaceConventional	Bit	VAR_GLOBAL			
22 ProximityMiddle4	Bit	VAR_GLOBAL	X4		
23 ProximityMiddle5	Bit	VAR_GLOBAL	X5		
24 ProximityMiddle6	Bit	VAR_GLOBAL	X6		
25 OutOfSpaceElectric	Bit	VAR_GLOBAL			
26 ActivationFWDServo1	Bit	VAR_GLOBAL			
27 CO2Cleaner	Bit	VAR_GLOBAL	Y41		
28 PWMTriggerResetFWDServo1	Bit	VAR_GLOBAL			
29 PWMTriggerFWDServo1	Bit	VAR_GLOBAL			
30 DeactivationSignalFWDServo1	Bit	VAR_GLOBAL			
31 Servo1FWD	Bit	VAR_GLOBAL			
32 EntranceIndProxSensor	Bit	VAR_GLOBAL	X7		
33 PWMTriggerResetRevServo1	Bit	VAR_GLOBAL			
34 PWMTriggerRevServo1	Bit	VAR_GLOBAL			
35 DeactivationSignalRevServo1	Bit	VAR_GLOBAL			
36 Servo1Rev	Bit	VAR_GLOBAL	Y12		
37 Servo1FWDEnabled	Bit	VAR_GLOBAL			
38 ExitIndProxSensor	Bit	VAR_GLOBAL	X10		
39 ActivationFWDServo2	Bit	VAR_GLOBAL			
40 PWMTriggerResetFWDServo2	Bit	VAR_GLOBAL			
41 PWMTriggerFWDServo2	Bit	VAR_GLOBAL			
42 DeactivationSignalFWDServo2	Bit	VAR_GLOBAL			
43 Servo2FWD	Bit	VAR_GLOBAL	Y13		
44 Servo2FWDEnabled	Bit	VAR_GLOBAL			
45 PWMTriggerResetRevServo2	Bit	VAR_GLOBAL			
46 PWMTriggerRevServo2	Bit	VAR_GLOBAL			
47 Servo2Rev	Bit	VAR_GLOBAL	Y14		
48 InfraredDistSensor	Bit	VAR_GLOBAL	X11		
49 ProximityFront1	Bit	VAR_GLOBAL	X12		
50 ProximityFront2	Bit	VAR_GLOBAL	X13		
51 ProximityFront3	Bit	VAR_GLOBAL	X14		
52 ProximityFront4	Bit	VAR_GLOBAL	X15		
53 ProximityFront5	Bit	VAR_GLOBAL	X16		
54 ProximityFront6	Bit	VAR_GLOBAL	X17		
55 PerimetricLightingDimmed	Bit	VAR_GLOBAL	Y15		
56 ParkLight1Dimmed	Bit	VAR_GLOBAL	Y16		
57 ParkLight2Dimmed	Bit	VAR_GLOBAL	Y17		
58 ParkLight3Dimmed	Bit	VAR_GLOBAL	Y20		
59 ParkLight4Dimmed	Bit	VAR_GLOBAL	Y21		
60 ParkLight5Dimmed	Bit	VAR_GLOBAL	Y22		
61 ParkLight6Dimmed	Bit	VAR_GLOBAL	Y23		
62 PerimetricLighting	Bit	VAR_GLOBAL	Y24		
63 ParkLight1	Bit	VAR_GLOBAL	Y25		
64 ParkLight2	Bit	VAR_GLOBAL	Y26		
65 ParkLight3	Bit	VAR_GLOBAL	Y27		
66 ParkLight4	Bit	VAR_GLOBAL	Y30		
67 ParkLight5	Bit	VAR_GLOBAL	Y31		
68 ParkLight6	Bit	VAR_GLOBAL	Y32		
69 GreenLed1	Bit	VAR_GLOBAL	Y33		
70 GreenLed2	Bit	VAR_GLOBAL	Y34		
71 GreenLed3	Bit	VAR_GLOBAL	Y35		
72 GreenLed4	Bit	VAR_GLOBAL	Y36		
73 GreenLed5	Bit	VAR_GLOBAL	Y37		
74 GreenLed6	Bit	VAR_GLOBAL	Y40		
75 FlashingTriggerResetLed1	Bit	VAR_GLOBAL			
76 FlashingTriggerLed1	Bit	VAR_GLOBAL			
77 FlashingTriggerResetLed2	Bit	VAR_GLOBAL			
78 FlashingTriggerLed2	Bit	VAR_GLOBAL			
79 FlashingTriggerResetLed3	Bit	VAR_GLOBAL			
80 FlashingTriggerLed3	Bit	VAR_GLOBAL			
81 FlashingTriggerResetLed4	Bit	VAR_GLOBAL			
82 FlashingTriggerLed4	Bit	VAR_GLOBAL			
83 FlashingTriggerResetLed5	Bit	VAR_GLOBAL			
84 FlashingTriggerLed5	Bit	VAR_GLOBAL			
85 FlashingTriggerResetLed6	Bit	VAR_GLOBAL			
86 FlashingTriggerLed6	Bit	VAR_GLOBAL			
87 CO2Sensor	Bit	VAR_GLOBAL	X20		
88 ActivationCO2Cleaner	Bit	VAR_GLOBAL			
89 PWMTriggerResetCO2Cleaner	Bit	VAR_GLOBAL			
90 PWMTriggerCO2Cleaner	Bit	VAR_GLOBAL			
91 DeactivationSignalCO2Cleaner	Bit	VAR_GLOBAL			
92 DeactivationSignalRevServo2	Bit	VAR_GLOBAL			

Εικόνα 2.120: Smart Parking Global Network Setting

2.2.3 Ανάλυση Αλγορίθμου

Ακολουθώς, θα γίνει η ανάλυση του αλγορίθμου τόσο επί του Ladder κυκλώματος όσο και του αντίστοιχου ST κώδικα. Αρχικά, στόχος του **Network 1** είναι να μετρήσει για πόσο χρόνο ήταν πιεσμένος ο Διακόπτης Επαναφοράς Εισόδου / Entrance Button, ούτως ώστε να υλοποιηθεί η λογική ενός ηλεκτρονόμου καστανίας. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, με την πίεση του προαναφερθέντα διακόπτη επαναφοράς έχουμε ταυτόχρονη ενεργοποίηση τόσο του βοηθητικού σήματος “Button Pressed” το οποίο θα αξιοποιηθεί στο Network 3, όσο του FBD Block ‘TIMER_CONTHS_FB_M_1’. Το προηγούμενο FBD Block χρησιμοποιείται για την καταμέτρηση του χρόνου για τον οποίο πιεζόταν ο διακόπτης επαναφοράς εισόδου. Η είσοδος ‘Coil’ ενεργοποιείται κι απενεργοποιείται σύμφωνα με την κατάσταση που βρίσκεται ο διακόπτης επαναφοράς εισόδου. Ως προτοποθετημένη τιμή έναρξης, τίθεται στην είσοδο ‘Preset’, η ακέραιη τιμή K5000 (υπόψιν ότι το εν λόγω χρονικό μετρά στην κλίμακα των msec) που ισοδυναμεί με 5s, ενώ ως άνω όριο στην είσοδο ‘ValueIn’, τίθεται η ακέραιη τιμή K10000 που ισοδυναμεί με 10s. Η τιμή της εξόδου ‘ValueOut’ του προηγούμενου FBD Block, καταχωρείται στη μεταβλητή “Timer Measured” τύπου Word [Unsigned] / Bit String [16-bit]. Οσον αφορά στον κώδικα ST, έχουμε υπόψιν ότι στο



Εικόνα 2.121: Smart Parking Network 1 - Ladder

κύκλωμα Ladder η μεταβλητή εισόδου “Entrance Button” αναπαρίσταται λογικά ως ανοικτή επαφή / open contact και το βοηθητικό memory bit “Button Pressed” ως πηνίο / coil. Συνεπώς ο πρώτος κλάδος του Ladder, θα υλοποιείται μέσω της εντολής ανάθεσης της 4^{ης} γραμμής του παρακάτω κώδικα ST. Ακόμη, με την εντολή της 7^{ης} γραμμής, καλείται το FBD Block στο οποίο τη λειτουργία έχουμε αναφερθεί παραπάνω. Τέλος, σε κάθε μία από τις εισόδους του FBD Block, γίνεται ανάθεση του μεταβλητών εισόδου σύμφωνα με το κύκλωμα Ladder, ενώ με την τελευταία εντολή, γίνεται κλήση της ‘TIMER_CONTHS_FB_M_1’, που καταχωρεί στο memory bit “Time Pressed” το χρόνο που ήταν πιεσμένος ο διακόπτης επαναφοράς εισόδου.

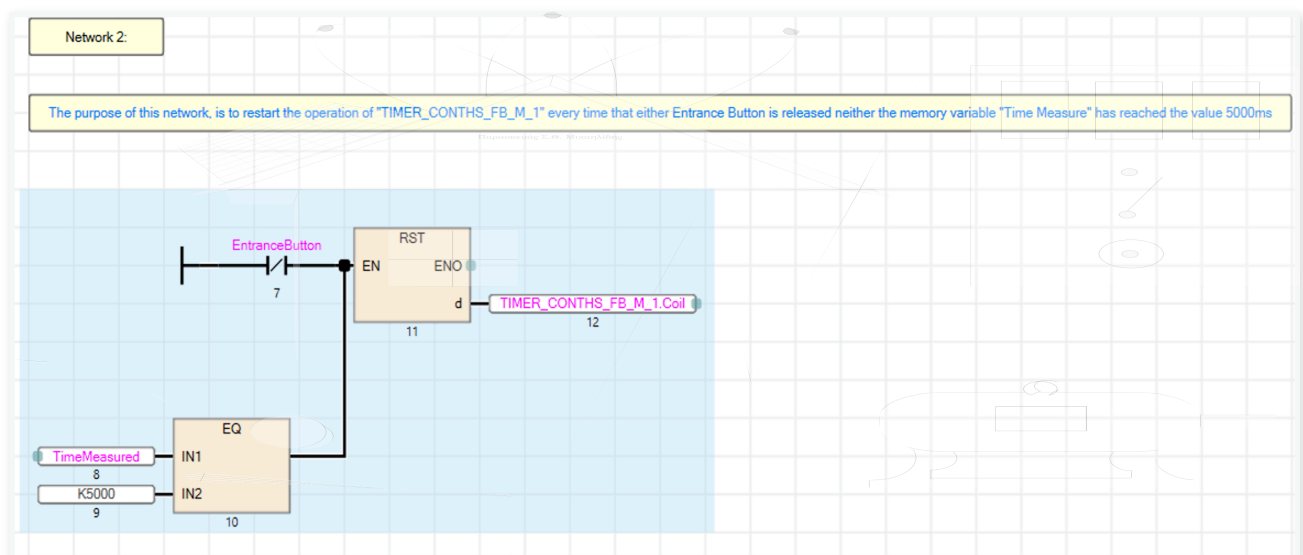
```

1 // Network 1:
2
3 // In Ladder Circuit, 'Entrance Button' it's represented by an Open Contact and 'Button Pressed' by a coil. Note that 'Button Pressed' is a Memory bit.
4 ButtonPressed:= EntranceButton;
5
6 // By the usage of the following Timer Function Block, we measure the time that 'Entrance Button' was pressed.
7 TIMER_CONTHS_FB_M_1(Coil:= EntranceButton, Preset:= K5000, ValueIn:= K1000, ValueOut=> TimeMeasured );
8

```

Εικόνα 2.122: Smart Parking Network 1 - ST Code

Επειτα, πρωτεύον στόχος του **Network 2**, είναι να επαναφέρει τη λειτουργία του FBD Block ‘TIMER_CONTHS_FB_M_1’ κάθε φορά που ο διακόπτης επαναφοράς εισόδου απελευθερώνεται. Επίσης, σε επίπεδο Ladder, μέσω του FBD Block ‘EQ’ εξασφαλίζεται πως όταν η τιμή του memory bit “Timer Measured” έχει φτάσει την τιμή K5000 (ήτοι τα 5s) γίνεται πάλι επαναφορά του FBD Block ‘TIMER_CONTHS_FB_M_1’. Η επαναφορά στην οποία αναφερόμαστε, επιτυγχάνεται μέσω του FBD Block ‘RST’. Σε αυτό το σημείο, είναι κρίσιμο να επισημάνουμε ότι λόγω του αντικειμενοστρεφούς προγραμματισμού του περιβάλλοντος του GX Works 3, έχουμε την δυνατότητα επαναφοράς μόνο της εισόδου του FBD Block ‘TIMER_CONTHS_FB_M_1’ μέσω της εντολής ‘TIMER_CONTHS_FB_M_1.Coil’ όπως φαίνεται παρακάτω. Επί του κώδικα ST, έχουμε



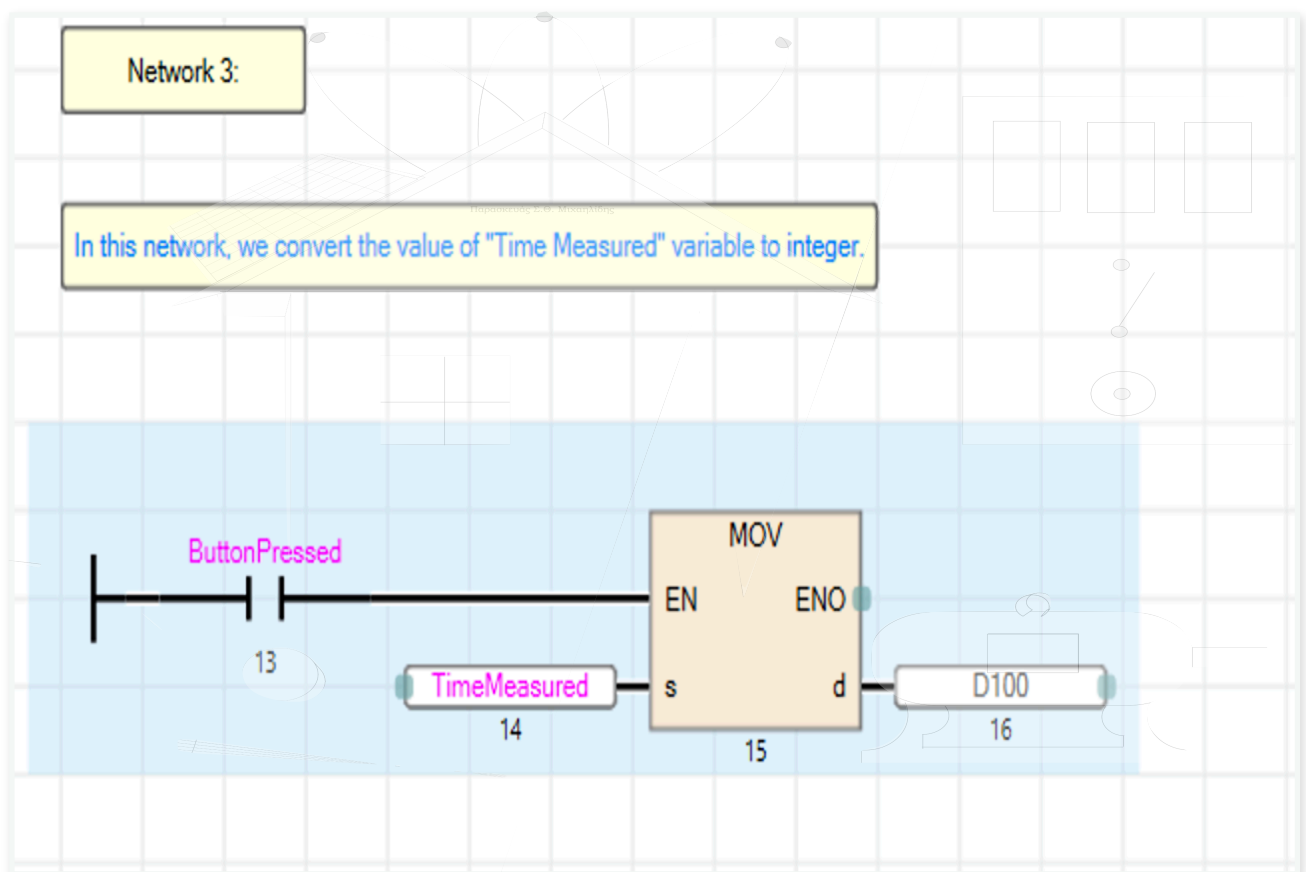
Εικόνα 2.123: Smart Parking Network 2 - Ladder

υπόψιν ότι στο κύκλωμα Ladder η αντιστοίχιση της εντολής “NOT(EntranceButton)” είναι μία κλειστή επαφή / close contact. Με την εντολή της 14^{ης} γραμμής, γίνεται επαναφορά της παραμέτρου ‘TIMER_CONTHS_FB_M_1.Coil’ όταν ικανοποιείται η συνθήκη ‘NOT(EntranceButton)’.

```
9 // Network 2:
10
11 /* In Ladder Circuit, 'NOT(Entrance Button)' it's represented by an Close Contact. The purpose of this network is to restart the operation of "TIMER_CONTHS_
12 FB_M_1" timer function block every time that 'Entrance Button' it's released. The reset it's done by set to 0 the output of the previous timer, using the command
13 'TIMER_CONTHS_FB_M_1.Coil'*/
14 RST( NOT(EntranceButton), TIMER_CONTHS_FB_M_1.Coil);
15
```

Εικόνα 2.124: Smart Parking Network 2 - ST Code

Ακολούθως, στο **Network 3**, γίνεται η μετατροπή της καταχώρησης του βοηθητικού memory bit σε Integer, μέσω του FBD Block ‘MOV’. Το αποτέλεσμα της μετατροπής καταχωρείται στην μεταβλητή D100, μεγέθους Word [Signed]. Επί του κώδικα ST , με την εντολή της 20^{ης} γραμμής,



Εικόνα 2.125: Smart Parking Network 3 - Ladder

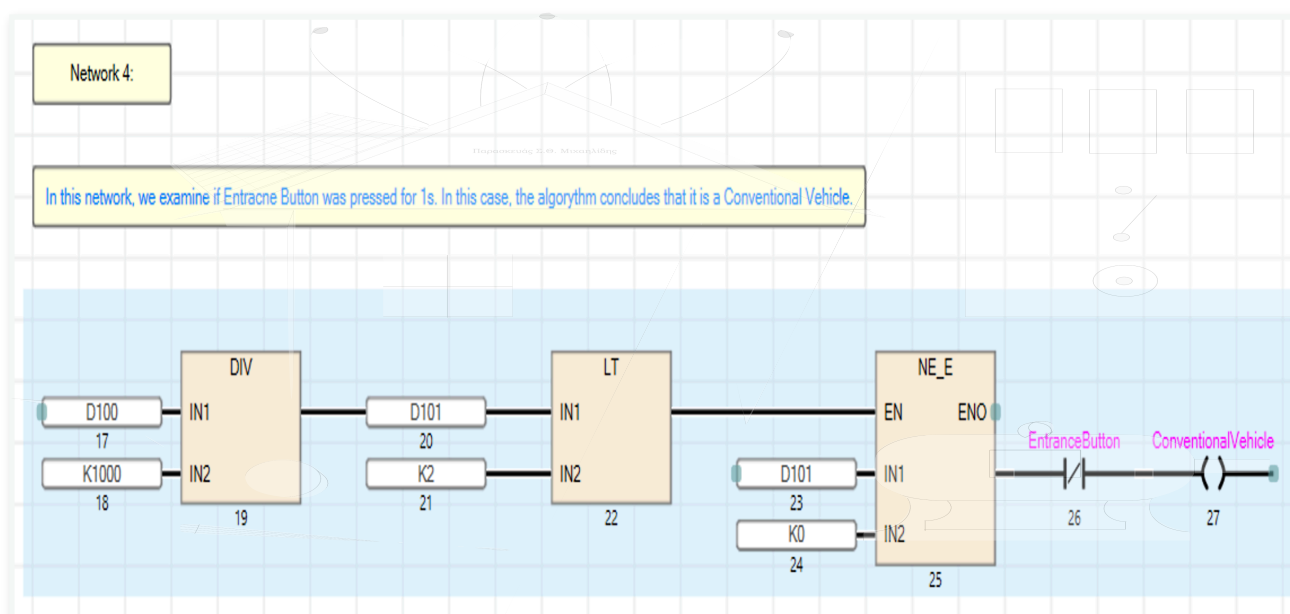
καλείται η εντολή μεταφοράς δεδομένων ‘MOV’ η οποία ταυτόχρονα, μετατρέπει την τιμή του βοηθητικού memory bit σε integer και καταχωρεί το αποτέλεσμα στη μεταβλητή D100. Τα δύο πρώτα ορίσματα της εν λόγω εντολής, ορίζουν την παράμετρο ενεργοποίησης του FBD Block

καθώς και την μεταβλητή προς μετατροπή. Το 3^ο όρισμα, καθορίζει την μεταβλητή καταχώρησης του αποτελέσματος της μετατροπής.

```
16 // Network 3:
17
18 /* In this network, by using the Data Transfer Instruction, 'MOV', in the same time we convert the value of 'Time Measured' to integer format and transfer the
19 result to D100*/
20 MOV(ButtonPressed, TimeMeasured, D100);
21
```

Εικόνα 2.126: Smart Parking Network 3 - ST Code

Επειτα, στόχος του **Network 4**, είναι να ελέγξει αν ο Διακόπτης Επαναφοράς Εισόδου / Entrance Button ήταν πιεσμένος για 1s. Σε αυτή την περίπτωση, ο αλγόριθμος αποφαινεται ότι το όχημα του χρήστη είναι συμβατικό. Επί του κυκλώματος Ladder, μέσω του FBD Block 'DIV' επιτελείται η ακέραιη διαίρεση της μεταβλητής D100 (έξοδος του FBD Block 'MOV') με την ακέραιη τιμή K1000, ώστε να ληφθεί το MSB της τιμής που είναι καταχωρημένη στην D100, καθώς στην παρούσα υλοποίηση δεν μας είναι σημαντική πληροφορία οι υποδιαίρεσεις του δευτερολέπτου. Το αποτέλεσμα της προηγούμενης διαίρεσης καταχωρείται στη μεταβλητή D101 ώστε μέσω του FBD Block 'LT' να ελεγχθεί αν η προηγούμενη καταχώρηση έχει τιμή μικρότερη από τον ακέραιο 2 (K2). Αν η εν λόγω σύγκριση είναι αληθής, τότε με τη χρήση του FBD Block 'NE_E' εξετάζεται αν η τιμή της μεταβλητής D101 είναι διάφορη του μηδενός, διότι κάτι τέτοιο θα σήμαινε ότι δεν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης στο 'TIMER_CONTHS_FB_M_1' (καθώς ο διακόπτης επαναφοράς εισόδου δεν θα έχει πιεστεί). Αν και το αποτέλεσμα της προηγούμενης λογικής σύγκρισης είναι αληθές και ταυτόχρονα ο Διακόπτης Επαναφοράς Εισόδου / Entrance Button δεν είναι πιεσμένος, τότε ενεργοποιείται η βοηθητική μεταβλητή μνήμης "Conventional Vehicle". Επί του κώδικα ST του



Εικόνα 2.127: Smart Parking Network 4 - Ladder

Network 4, όπως φαίνεται παρακάτω, έχει συγχωνευθεί με εκείνον του Networks 5, μέσω του IF & ELSIF case. Η λειτουργία της εντολής, της 28^{ης} γραμμής, είναι να πραγματοποιήσει την ακέραιη διαίρεση της τιμής της μεταβλητής D100, με το 1000 και να την καταχωρήσει στη μεταβλητή D101. Στη συνέχεια, μέσω του IF Statement της 31^{ης} γραμμής ελέγχεται αν η τιμή της μεταβλητής D101 είναι ταυτόχρονα, μικρότερη από 2 και διάφορη του μηδενός, καθώς και ότι ο διακόπτης επαναφοράς εισόδου δεν είναι πατημένος, ώστε μέσω των εντολών των γραμμών 32, 33 να ανατεθεί λογικό 1 και 0 στις μεταβλητές “Conventional Vehicle” και “Electric Vehicle” αντίστοιχα.

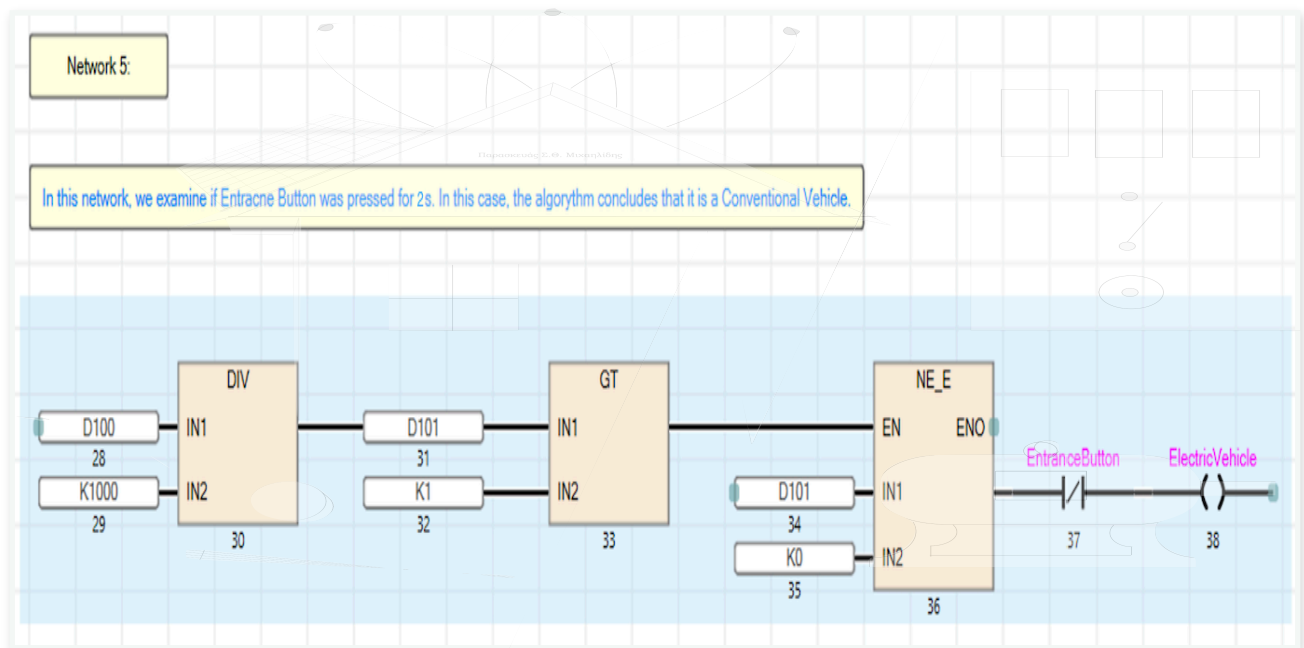
```

22 // Network 4 - Network 5:
23
24 /* In this network, we examine if 'Entrance Button' was pressed for 1s or 2s, combining the operation of Ladder's logic of Network 4,5. In this case that it is pressed
25 for 1s, the algorithm concludes that it's a Conventional Vehicle*/
26
27 // We divide with 1000, in order to take the MSB of the number that it's stored in D100.
28 D101 :=D100 / K1000;
29
30 // In Ladder Logic, '<' and '>=' logic operations has been done by using 'GT' and 'NE_E' FBD blocks respectively.
31 IF (D101 < K2) AND (D101 <> K0) AND (EntranceButton = FALSE) THEN
32     ConventionalVehicle := TRUE;
33     ElectricVehicle := FALSE;
34
35 ELSIF (D101 > K1) AND (D101 <> K0) AND (EntranceButton = FALSE) THEN
36     ElectricVehicle := TRUE;
37     ConventionalVehicle := FALSE;
38
39 END_IF;
40

```

Εικόνα 2.128: Smart Parking Network 4 - ST Code

Παρόμοια είναι η λογική του **Network 5**. Ο σκοπός είναι να ελέγξει αν ο Διακόπτης Επαναφοράς Εισόδου / Entrance Button ήταν πιεσμένος για παραπάνω από 1s. Σε αυτή την περίπτωση, ο αλγόριθμος αποφαινεται ότι το όχημα του χρήστη είναι ηλεκτρικό. Επί του κυκλώματος Ladder, μέσω του FBD Block ‘DIV’ επιτελείται η ακέραιη διαίρεση της μεταβλητής D100 (έξοδος του FBD Block ‘MOV’) με την ακέραιη τιμή K1000, ώστε να ληφθεί το MSB της τιμής που είναι καταχωρημένη στην D100. Το αποτέλεσμα της προηγούμενης διαίρεσης καταχωρείται στη μεταβλητή D101 ώστε μέσω του FBD Block ‘GT’ να ελεγχθεί αν η προηγούμενη καταχώρηση έχει τιμή μεγαλύτερη από τον ακέραιο 1 (K1). Αν η εν λόγω σύγκριση είναι αληθής, τότε με τη χρήση του FBD Block ‘NE_E’ εξετάζεται αν η τιμή της μεταβλητής D101 είναι διάφορη του μηδενός, διότι κάτι τέτοιο θα σήμαινε ότι δεν έχει δοθεί σήμα ενεργοποίησης στο ‘TIMER_CONTHS_FB_M_1’. Αν και το αποτέλεσμα της προηγούμενης λογικής σύγκρισης είναι αληθές και ταυτόχρονα ο Διακόπτης Επαναφοράς Εισόδου / Entrance Button δεν είναι πιεσμένος, τότε ενεργοποιείται η βοηθητική μεταβλητή μνήμης “Electric Vehicle”. Επί του κώδικα ST, του Network 5, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, μοιράζεται το ίδιο IF & ELSIF case με το Network 4. Μέσω του ELSIF Statement της 35^{ης} γραμμής ελέγχεται αν η τιμή της μεταβλητής D101 είναι συγχρόνως, μεγαλύτερη από 1, διάφορη του μηδενός, καθώς και ότι ο διακόπτης επαναφοράς εισόδου δεν



Εικόνα 2.129: Smart Parking Network 5 - Ladder

είναι πατημένος, ώστε μέσω των εντολών των γραμμών 36, 37 να ανατεθεί λογικό 1 και 0 στις μεταβλητές “Electric Vehicle” και “Conventional Vehicle” αντίστοιχα.

```

22 // Network 4 - Network 5:
23
24 /* In this network, we examine if 'Entrance Button' was pressed for 1s or 2s, combining the operation of Ladder's logic of Network 4,5. In this case that it is pressed
25 for 1s, the algorithm concludes that it's a Conventional Vehicle*/
26
27 // We divide with 1000, in order to take the MSB of the number that it's stored in D100.
28 D101 := D100 / K1000;
29
30 // In Ladder Logic, '<' and '>' logic operations has been done by using 'GT' and 'NE_E' FBD blocks respectively.
31 IF (D101 < K2) AND (D101 <> K0) AND (EntranceButton = FALSE) THEN
32     ConventionalVehicle := TRUE;
33     ElectricVehicle := FALSE;
34
35 ELSIF (D101 > K1) AND (D101 <> K0) AND (EntranceButton = FALSE) THEN
36     ElectricVehicle := TRUE;
37     ConventionalVehicle := FALSE;
38
39 END_IF;
40

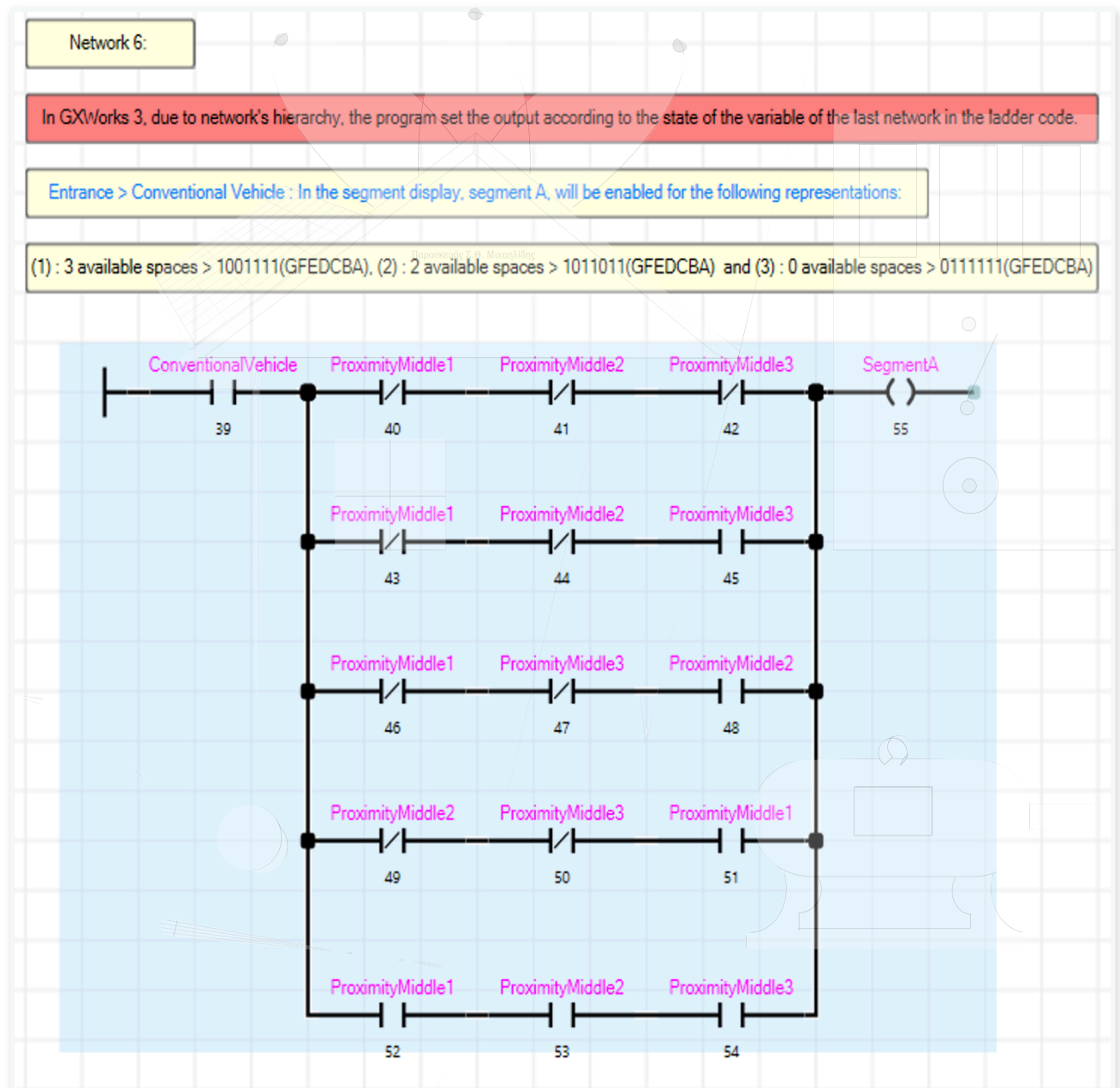
```

Εικόνα 2.130: Smart Parking Network 5 - ST Code

Ακολουθώς, στόχος του **Network 6**, είναι η ενεργοποίηση τη bit A του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι συμβατικό. Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 2 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)

Πρακτικά, όταν όλες οι συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι ΝΟ επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί κι αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts (όπως στον 1^ο κλάδο του κυκλώματος Ladder). Όταν δύο από τις συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί (όπως στον 2^ο, 3^ο, 4^ο κλάδο). Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από από ανοιχτές επαφές / open contacts. Επί του κώδικα ST



Εικόνα 2.131: Smart Parking Network 6 - Ladder

του Network 6, οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

```

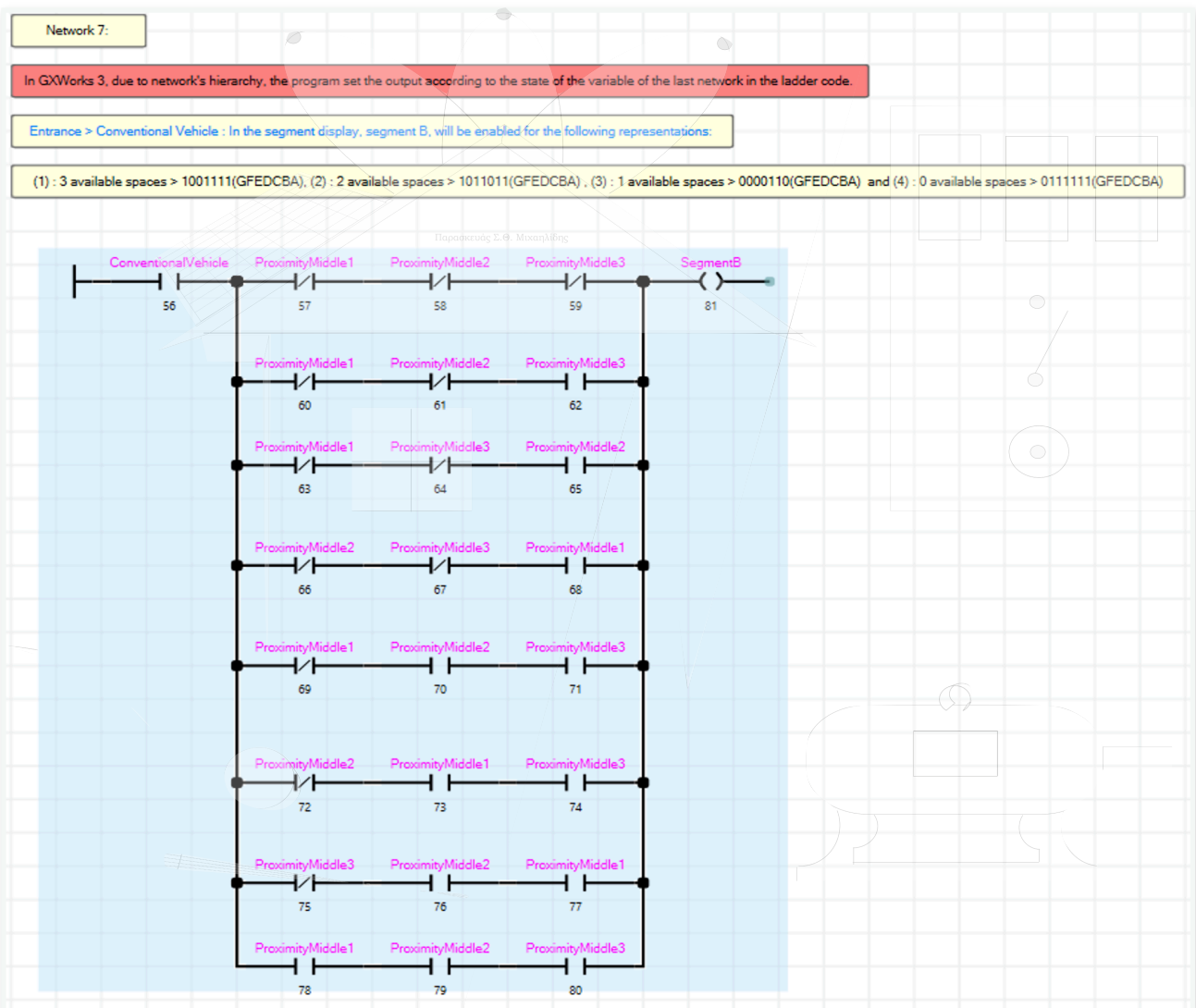
41 // Network 6:
42
43 // Entrance > Conventional Vehicle : In the segment display, segment A, will be enabled for the following representations:
44
45 // (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA) and (3) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)
46
47 SegmentA := (ConventionalVehicle) AND ( (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3)) ) OR (
48 (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND ProximityMiddle3 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle3))
49 AND ProximityMiddle2 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3)) AND ProximityMiddle1 ) OR (ProximityMiddle1 AND
50 ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle3 ) );
51

```

Εικόνα 2.132: Smart Parking Network 6 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 7**, είναι η ενεργοποίηση τη bit B του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι συμβατικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 2 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)
- 1 διαθέσιμη συμβατική θέση στάθμευσης (0000110 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)



Εικόνα 2.133: Smart Parking Network 7 - Ladder

Όπως προηγουμένως, όταν όλες οι συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι ΝΟ επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί κι αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts. Όταν δύο από τις συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί. Ακόμη, όταν μία συμβατική θέση είναι διαθέσιμη, τότε το μοτίβο που ακολουθείται είναι ανά έναν επαγωγικό αισθητήρα απόστασης (όπως στον 5^ο, 6^ο, 7^ο κλάδο). Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από ανοιχτές επαφές / open contacts. Επί του κώδικα ST οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

```

52 // Network 7:
53 /* (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA), (3): 1 available spaces > 0000110(GFEDCBA)
54 and (4) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
55
56 SegmentB := (ConvventionalVehicle) AND ( (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3))) OR (
57 (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND ProximityMiddle3 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle3))
58 AND ProximityMiddle2 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3)) AND ProximityMiddle1 ) OR ( NOT(ProximityMiddle1)
59 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle3 ) OR ( NOT(ProximityMiddle2) AND ProximityMiddle1 AND ProximityMiddle3 ) OR ( NOT(ProximityMiddle3)
60 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle1 ) OR (ProximityMiddle1 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle3) );
61

```

Εικόνα 2.134: Smart Parking Network 7 - ST Code

Με την ίδια λογική, στόχος του **Network 8**, είναι η ενεργοποίηση τη bit C του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι συμβατικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 1 διαθέσιμη συμβατική θέση στάθμευσης (0000110 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)

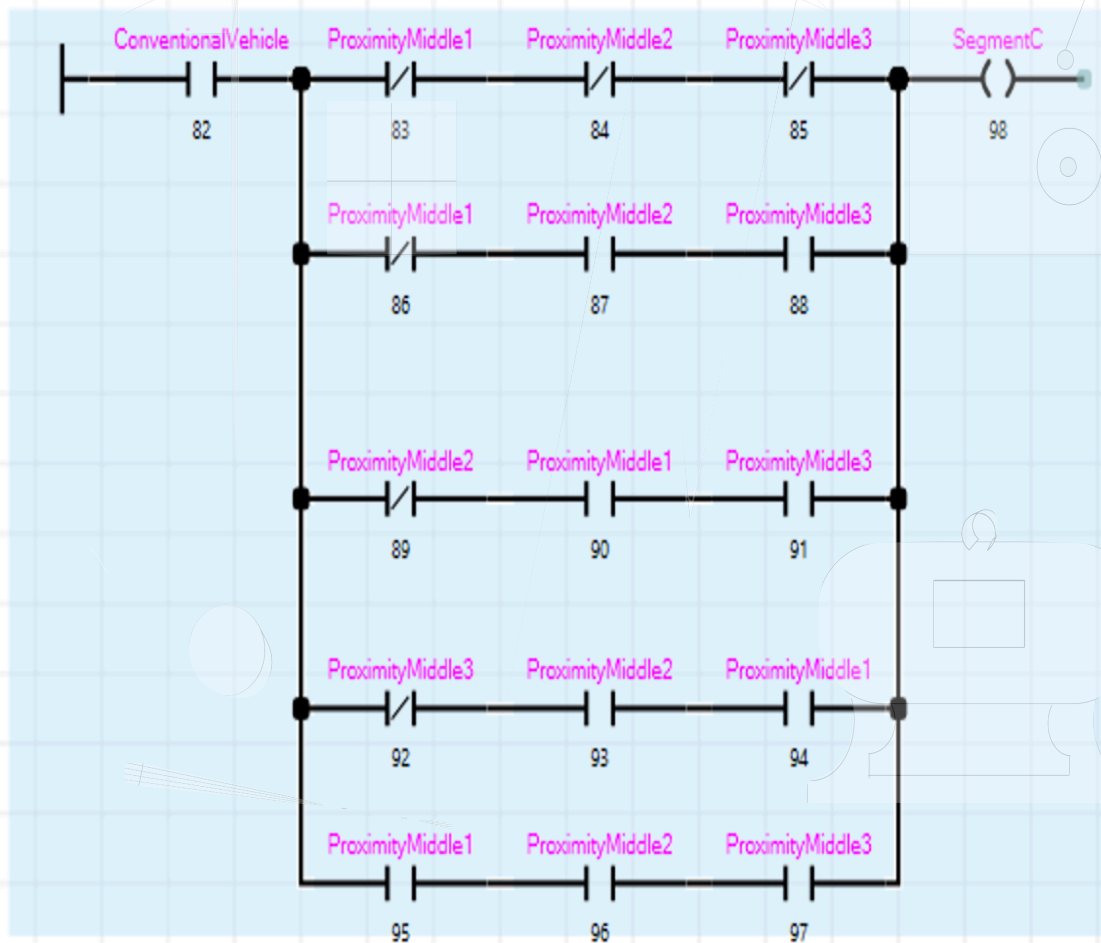
Όταν όλες οι συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι ΝΟ επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts. Ακόμη, όταν μία συμβατική θέση είναι διαθέσιμη, τότε το μοτίβο που ακολουθείται είναι ανά έναν επαγωγικό αισθητήρα απόστασης (όπως στον 2^ο, 3^ο, 4^ο κλάδο). Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από ανοιχτές επαφές / open contacts. Επί του κώδικα ST οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

Network 8:

In GXWorks 3, due to network's hierarchy, the program set the output according to the state of the variable of the last network in the ladder code.

Entrance > Conventional Vehicle : In the segment display, segment C, will be enabled for the following representations:

(1) : 3 available spaces > 1001111(GFEDCBA), (2) : 1 available spaces > 0000110(GFEDCBA) and (1) : 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)



Εικόνα 2.135: Smart Parking Network 8 - Ladder

```

62 // Network 8:
63 /* (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 1 available spaces > 0000110(GFEDCBA) and (3) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
64
65 SegmentC:= (ConventionalVehicle) AND ( ((NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3))) OR ( NOT(ProximityMiddle1)
66 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle3) OR ( NOT(ProximityMiddle2) AND ProximityMiddle1 AND ProximityMiddle3) OR ( NOT(ProximityMiddle3)
67 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle1) OR (ProximityMiddle1 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle3) );
68

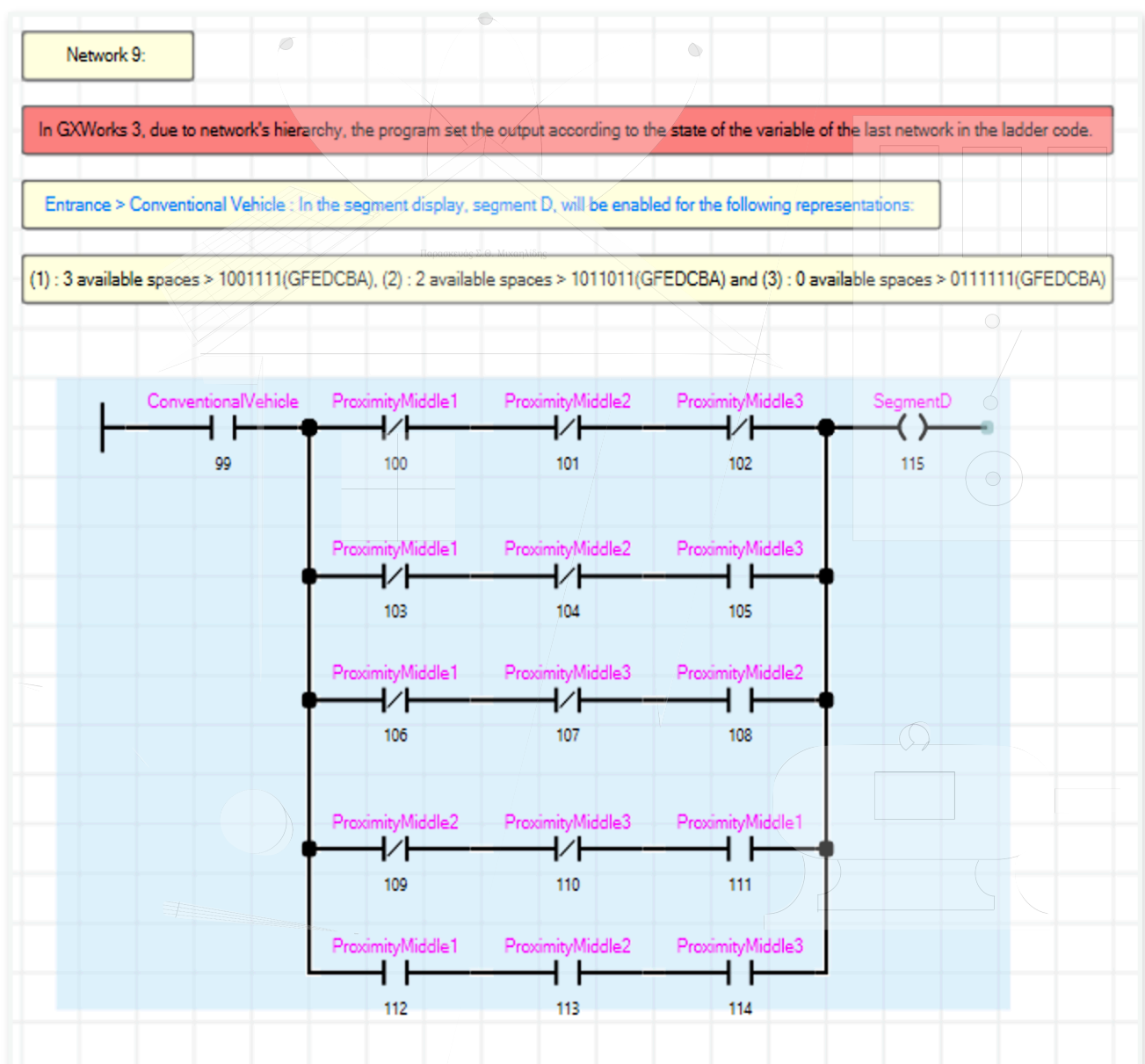
```

Εικόνα 2.136: Smart Parking Network 8 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 9**, είναι η ενεργοποίηση τη bit D του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι συμβατικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 2 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)

Οταν όλες οι συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι NO επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts. Οταν δύο από τις συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί. Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από ανοιχτές επαφές / open contacts. Επί του κώδικα ST κι εδώ οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ



Εικόνα 2.137: Smart Parking Network 9 - Ladder

σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

```

69 // Network 9:
70 /* (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA) and (3) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
71
72 SegmentD := (ConvventionalVehicle) AND ( (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3))) OR (
73 (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND ProximityMiddle3) OR ( (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle3))
74 AND ProximityMiddle2) OR ( (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3)) AND ProximityMiddle1) OR (ProximityMiddle1 AND ProximityMiddle2
75 AND ProximityMiddle3) );
76

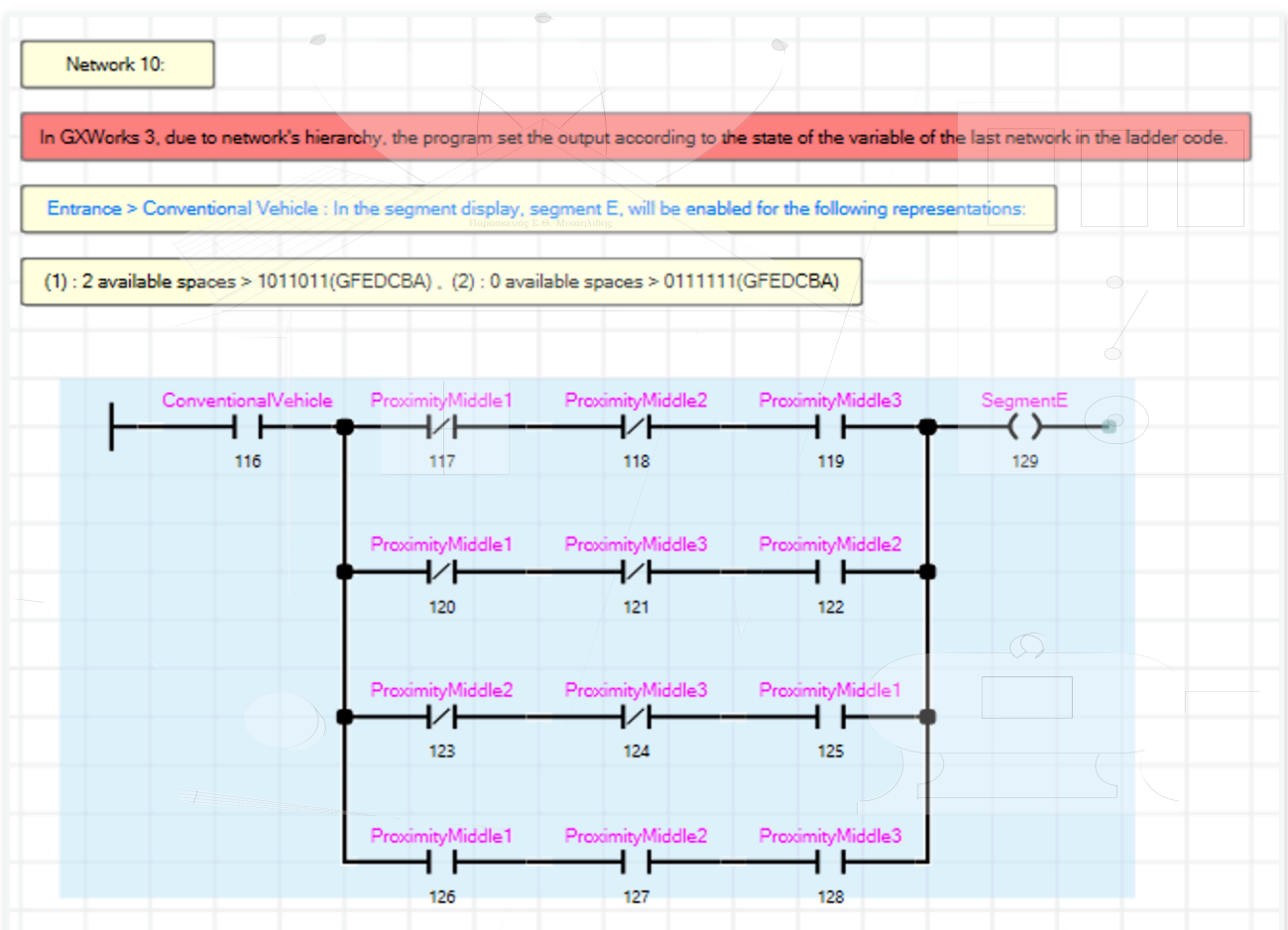
```

Εικόνα 2.138: Smart Parking Network 9 - ST Code

Κατά αντιστοιχία, στόχος του **Network 10**, είναι η ενεργοποίηση τη bit E του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι συμβατικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 2 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)

Ομοίως, όταν δύο από τις συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι Επαγωγικοί Αισθητήρες Απόστασης είναι ανενεργοί. Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από ανοιχτές επαφές / open contacts.



Εικόνα 2.139: Smart Parking Network 10 - Ladder

Επί του κώδικα ST κι εδώ οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

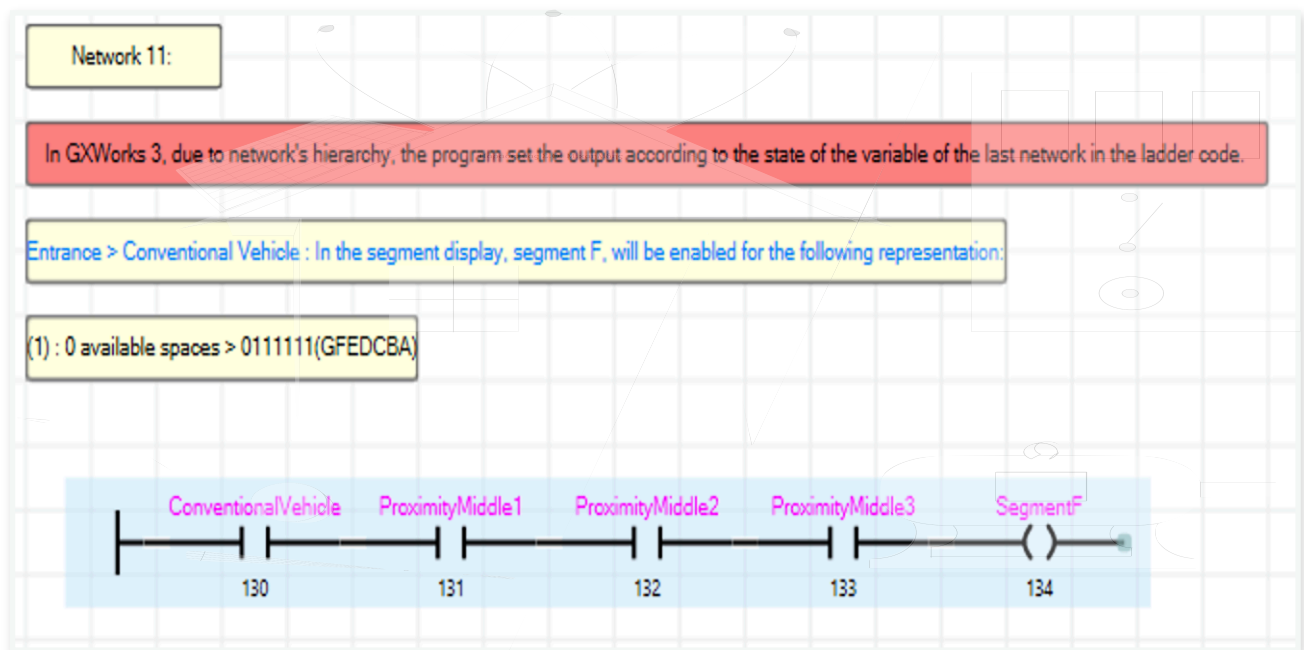
```

77 // Network 10:
78 /* (1): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA) and (2) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
79
80 SegmentE := (ConvventionalVehicle) AND ( ((NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND ProximityMiddle3) OR ((NOT(ProximityMiddle1)) AND
81 (NOT(ProximityMiddle3)) AND ProximityMiddle2) OR ((NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3)) AND ProximityMiddle1) OR (ProximityMiddle1 AND
82 ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle3) );
83

```

Εικόνα 2.140: Smart Parking Network 10 - ST Code

Επειτα, στόχος του **Network 11**, είναι η ενεργοποίηση τη bit F του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι συμβατικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στο σενάριο που δεν υπάρχει διαθέσιμη συμβατική θέση (0111111 > GFEDCBA). Όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εμπλεκόμενοι αισθητήρες, αναπαρίστανται από ανοιχτές επαφές / open contacts. Επί του κώδικα ST, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα από-



Εικόνα 2.141: Smart Parking Network 11 - Ladder

στασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

```

84 // Network 11:
85 /*(1) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
86
87 SegmentF := (ConvventionalVehicle) AND (ProximityMiddle1 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle3);
88

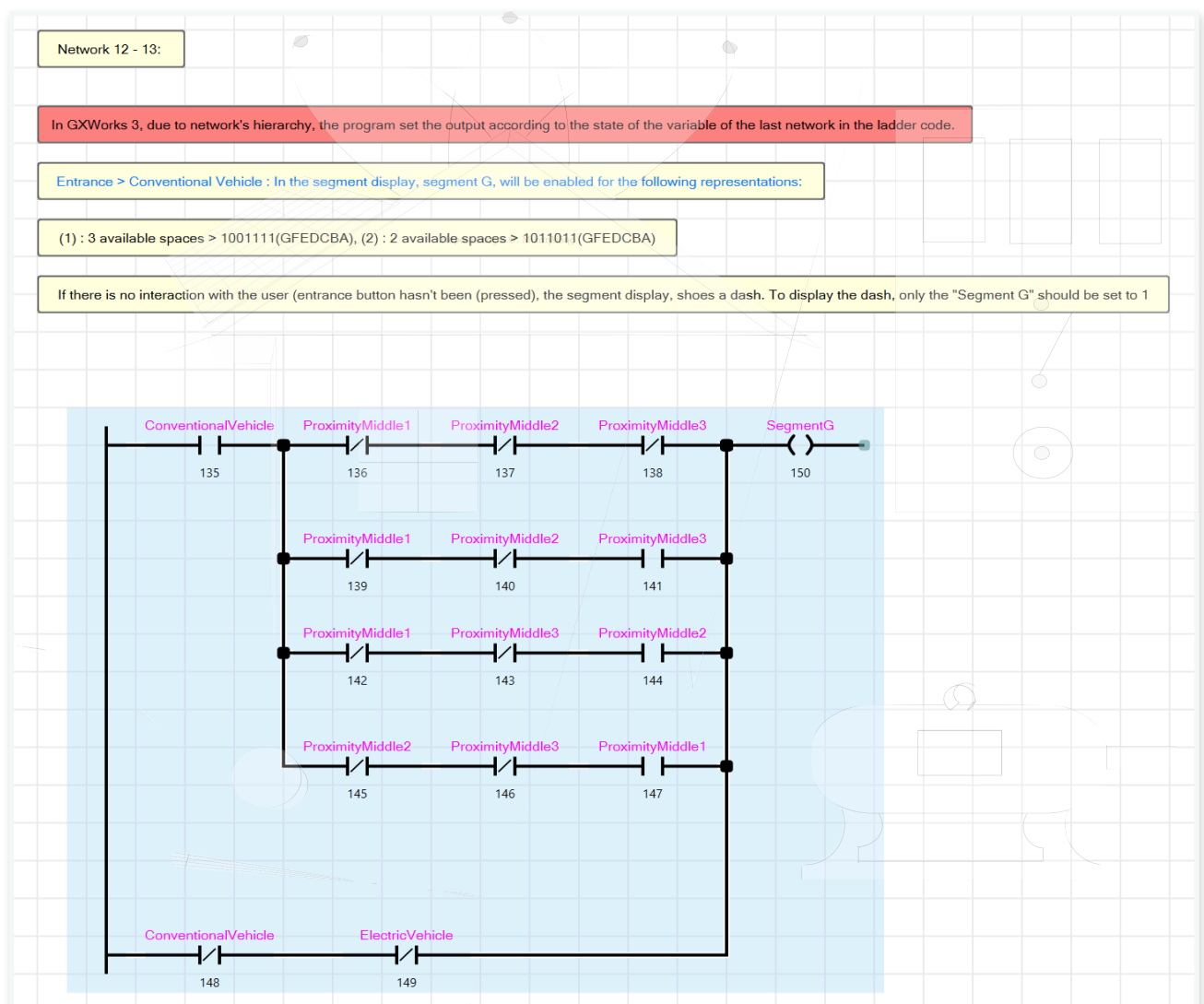
```

Εικόνα 2.142: Smart Parking Network 11 - ST Code

Ακολουθώς, ο ρόλος του επόμενου Network είναι διττός, για αυτό κι έχει ονομαστεί **Network 12** - **13**. Από τη μία, είναι η ενεργοποίηση τη bit G του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι συμβατικό κι από την άλλη η ενεργοποίησή του, όταν δεν υπάρχει ανάδραση με το χρήστη, που τότε στο Segment Display θα πρέπει να εμφανίζεται μία παύλα. Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 2 διαθέσιμες συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)
- Απουσία Ανάδρασης με το χρήστη

Κατά τα γνωστά, όταν όλες οι συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι NO επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts, ενώ όταν δύο από τις συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί. Ο τελευταίος κλάδος του κάτωθι κυκλώματος Ladder, αντιπροσωπεύει την απουσία ανάδρασης με το χρήστη, διότι κανένα εκ των βοηθητικών σημάτων “Conventional Vehicle”, “Electric Vehicle” δεν είναι ενεργό, που σημαίνει ότι ο χρήστης δεν έχει πιέσει τον Διακόπτη Επαναφοράς Εισόδου / Entrance Button. Επί του κώδικα



Εικόνα 2.143: Smart Parking Network 12-13 - Ladder

ST κι εδώ οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω. Επιπρόσθετα, ο τελευταίος κλάδος του κυκλώματος Ladder που αναφερθήκαμε και πριν, αναπαρίστανται στον κώδικα μέσω της τελευταίας εντολής OR (NOT(Conventional Vehicle) AND NOT(Electric Vehicle)).

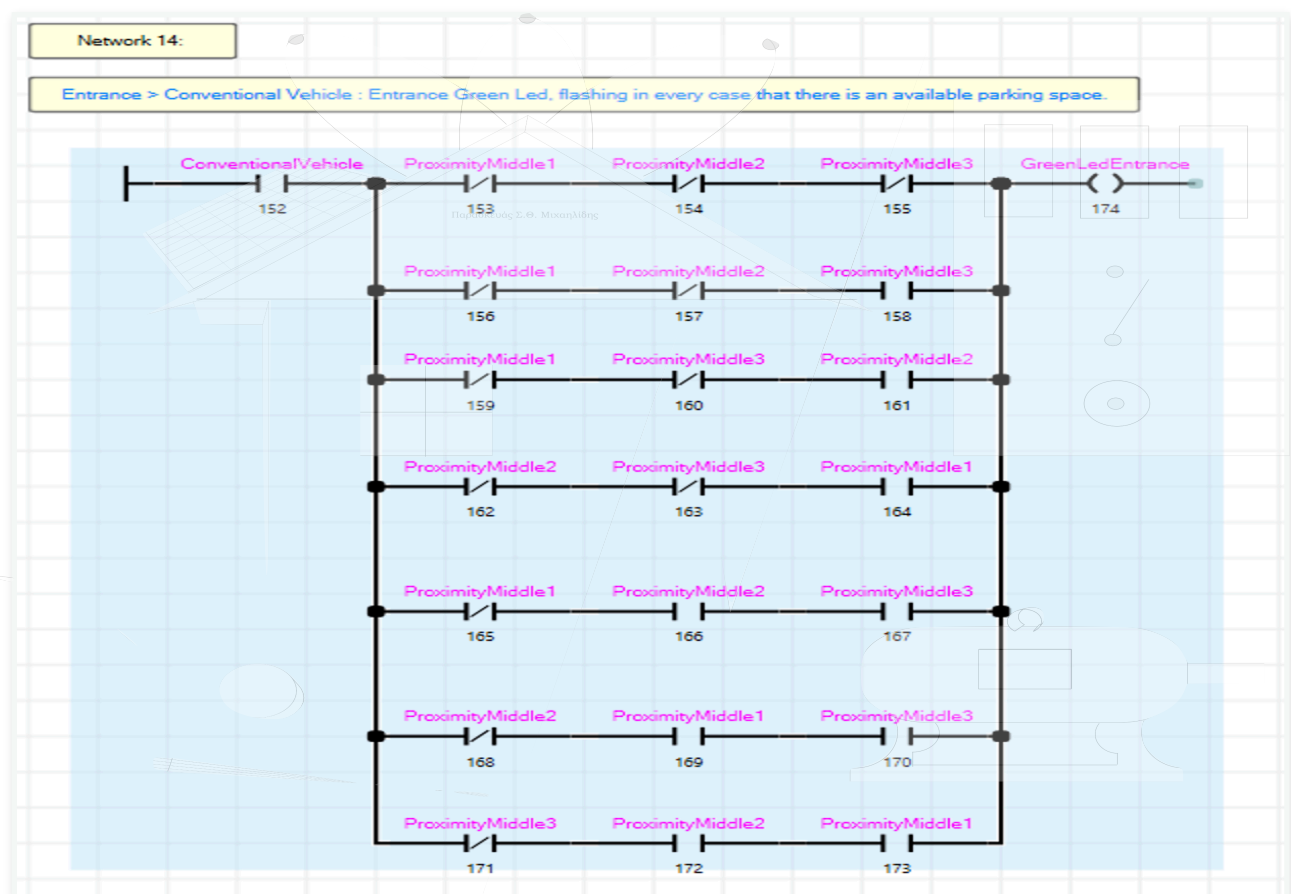
```

89 // Network 12 - Network 13:
90 /* (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA)*/
91 /* If there is no interaction with the user (entrance button hasn't been pressed), the segment display, shows a dash. To display the dash, only segment G should be set to 1*/
92
93 SegmentG := ((ConventionalVehicle) AND ( (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3)) ) OR (
94 (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND ProximityMiddle3 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle3))
95 AND ProximityMiddle2 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3)) AND ProximityMiddle1 )) OR ( NOT(ConventionalVehicle) ) AND ( NOT(ElectricVehicle) );
96

```

Εικόνα 2.144: Smart Parking Network 12-13 - ST Code

Στη συνέχεια, ο στόχος του **Network 14**, είναι η ενεργοποίηση της Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής Εισόδου / Green Led Entrance, όταν το όχημα που πρόκειται να εισέλθει στο smart parking είναι συμβατικό και ταυτόχρονα υπάρχουν διαθέσιμες θέσεις της εν λόγω κατηγορίας. Πρακτικά, σε αυτό το κύκλωμα Ladder συνδυάζονται τα κυκλώματα των σεναρίων που ήδη αναλύσαμε. Αν ένας από τους παράλληλους κλάδους είναι ενεργός, τότε η πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής Εισόδου ενεργοποιείται. Επί του κώδικα ST κι εδώ συνδυάζονται οι



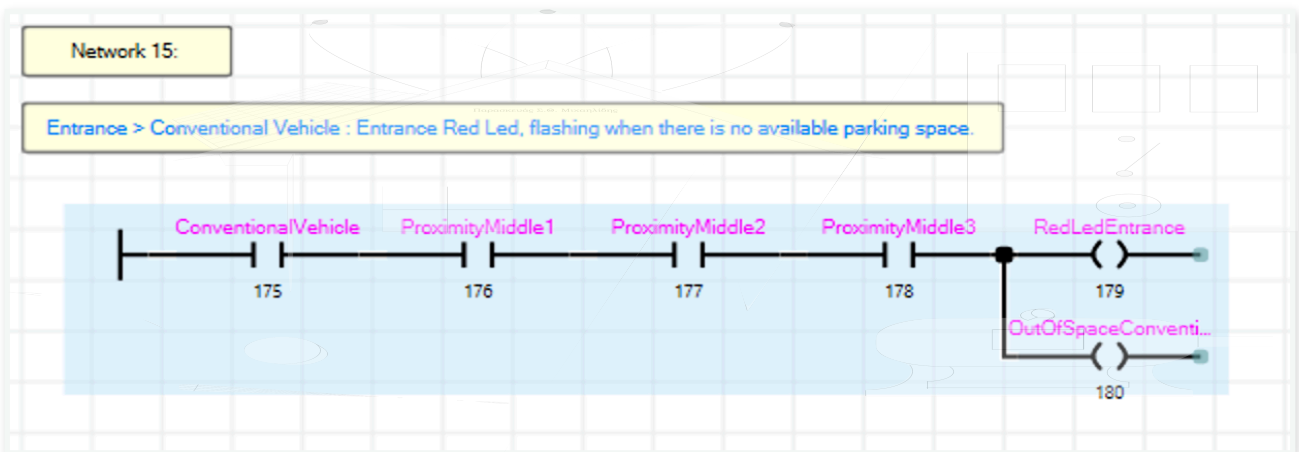
Εικόνα 2.145: Smart Parking Network 14 - Ladder

κώδικες των σεναρίων που περιγράψαμε, διατηρώντας την ίδια λογική κι αρχιτεκτονική εντολών.

```
97 // Network 14:
98 /* Entrance > Conventional Vehicle: Entrance Green Led, flashing in every case that there is an available parking space. These scenarios, are :
99 (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA) and (3): 1 available spaces > 0000110(GFEDCBA) */
100
101 GreenLedEntrance := (ConvventionalVehicle) AND ( ( NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3)) ) OR (
102 (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle2)) AND ProximityMiddle3 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle1)) AND (NOT(ProximityMiddle3))
103 AND ProximityMiddle2 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle2)) AND (NOT(ProximityMiddle3)) AND ProximityMiddle1 ) OR ( NOT(ProximityMiddle1)
104 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle3 ) OR ( NOT(ProximityMiddle2) AND ProximityMiddle1 AND ProximityMiddle3 ) OR ( NOT(ProximityMiddle3)
105 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle1 ) );
106
```

Εικόνα 2.146: Smart Parking Network 14 - ST Code

Επειτα, στόχος του **Network 15** είναι η ενεργοποίηση της Κόκκινης Διόδου Φωτοεκπομπής Εισόδου / Red Led Entrance όταν επρόκειτο να εισέλθει ένα συμβατικό όχημα και καμία θέση της εν λόγω κατηγορίας δεν είναι διαθέσιμη. Παράλληλα, με την ενεργοποίηση της προηγούμενης διόδου, παράγεται και το βοηθητικό σήμα “OutOfSpaceConventional” του οποίου τη λειτουργία θα αναλύσουμε παρακάτω. Επί του κώδικα ST, ακολουθείται η ίδια λογική, καθώς σε κάθε κλάδο,



Εικόνα 2.147: Smart Parking Network 15 - Ladder

η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών ‘AND’. Επίσης, έχουμε δύο εντολές ανάθεσης, στην 110^η & 111^η γραμμή, μέσω των οποίων ενεργοποιείται η Κόκκινη Δίοδος Φωτοεκπομπής Εισόδου και το βοηθητικό σήμα “OutOfSpaceConventional”.

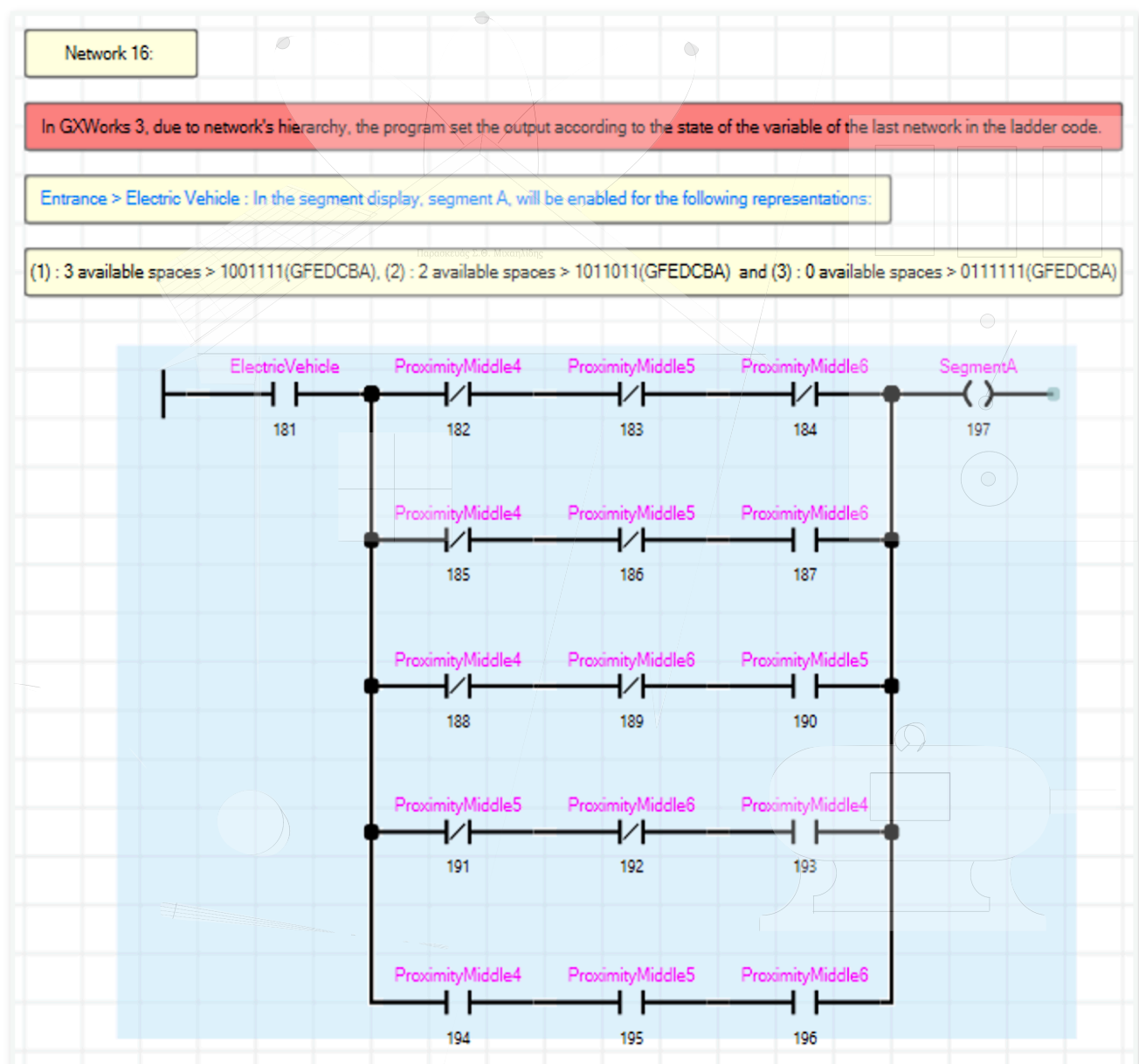
```
107 // Network 15:
108 // Entrance > Conventional Vehicle: Entrance Red Led, flashing when there is no available parking space.
109
110 RedLedEntrance := (ConvventionalVehicle) AND (ProximityMiddle1 AND ProximityMiddle2 AND ProximityMiddle3);
111 OutOfSpaceConventional := RedLedEntrance;
112
```

Εικόνα 2.148: Smart Parking Network 15 - ST Code

Παρόμοια με το Network 6, στόχος του **Network 16**, είναι η ενεργοποίηση τη bit A του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι ηλεκτρικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 2 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)

Πρακτικά, όταν όλες οι μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι NO επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί κι αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts (όπως στον 1^ο κλάδο του κυκλώματος Ladder). Όταν δύο από τις μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί (όπως στον 2^ο,3^ο,4^ο κλάδο). Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από από ανοιχτές επαφές / open contacts.



Εικόνα 2.149: Smart Parking Network 16 - Ladder
149

Αντίστοιχα, επί του κώδικα ST του Network 16, οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

```

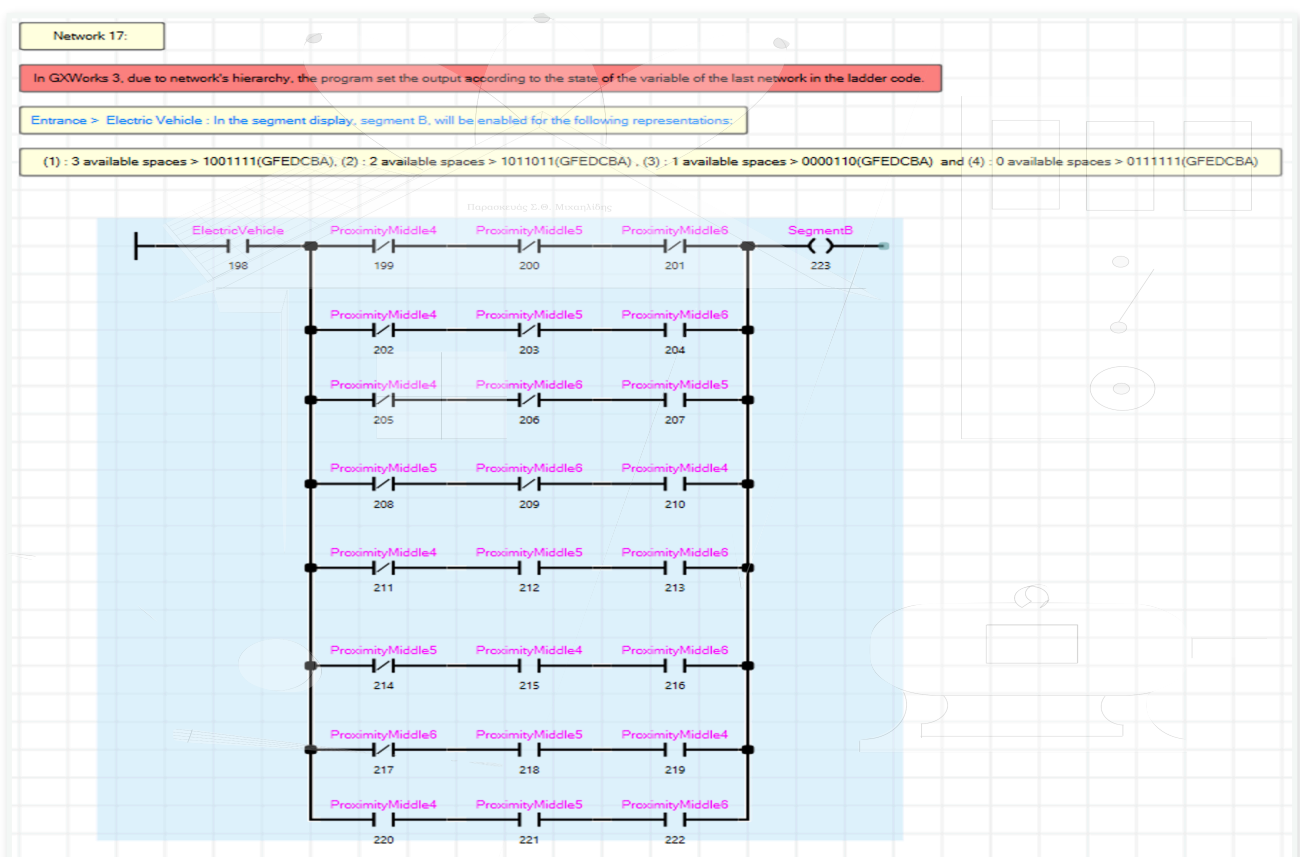
113 // Network 16:
114
115 // Entrance > Electric Vehicle : In the segment display, segment A, will be enabled for the following representations:
116
117 // (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA) and (3) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)
118
119 SegmentA := (ElectricVehicle) AND ( ( NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) ) OR (
120 (NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND ProximityMiddle6 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle6))
121 AND ProximityMiddle5 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) AND ProximityMiddle4 ) OR (ProximityMiddle4 AND
122 ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle6 ) );
123

```

Εικόνα 2.150: Smart Parking Network 16 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 17**, είναι η ενεργοποίηση τη bit B του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι ηλεκτρικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 2 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)
- 1 διαθέσιμη μη συμβατική θέση στάθμευσης (0000110 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)



Εικόνα 2.151: Smart Parking Network 17 - Ladder

Όπως προηγουμένως, όταν όλες οι μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι ΝΟ επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί κι αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts. Όταν δύο από τις μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί. Ακόμη, όταν μία μη συμβατική θέση είναι διαθέσιμη, τότε το μοτίβο που ακολουθείται είναι ανά έναν επαγωγικό αισθητήρα απόστασης (όπως στον 5^ο, 6^ο, 7^ο κλάδο). Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από από ανοιχτές επαφές / open contacts. Επί του κώδικα ST οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

```

124 // Network 17:
125 □* (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA), (3): 1 available spaces > 0000110(GFEDCBA)
126 and (4) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
127
128 SegmentB := (ElectricVehicle) AND ( ( (NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) ) OR (
129 (NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND ProximityMiddle6 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle6))
130 AND ProximityMiddle5 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) AND ProximityMiddle4 ) OR ( NOT(ProximityMiddle4)
131 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle6 ) OR ( NOT(ProximityMiddle5) AND ProximityMiddle4 AND ProximityMiddle6 ) OR ( NOT(ProximityMiddle6)
132 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle4 ) OR (ProximityMiddle4 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle6) );
133

```

Εικόνα 2.152: Smart Parking Network 17 - ST Code

Παρόμοια με το Network 8, στόχος του **Network 18**, είναι η ενεργοποίηση τη bit C του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι ηλεκτρικό. Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 1 διαθέσιμη μη συμβατική θέση στάθμευσης (0000110 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)

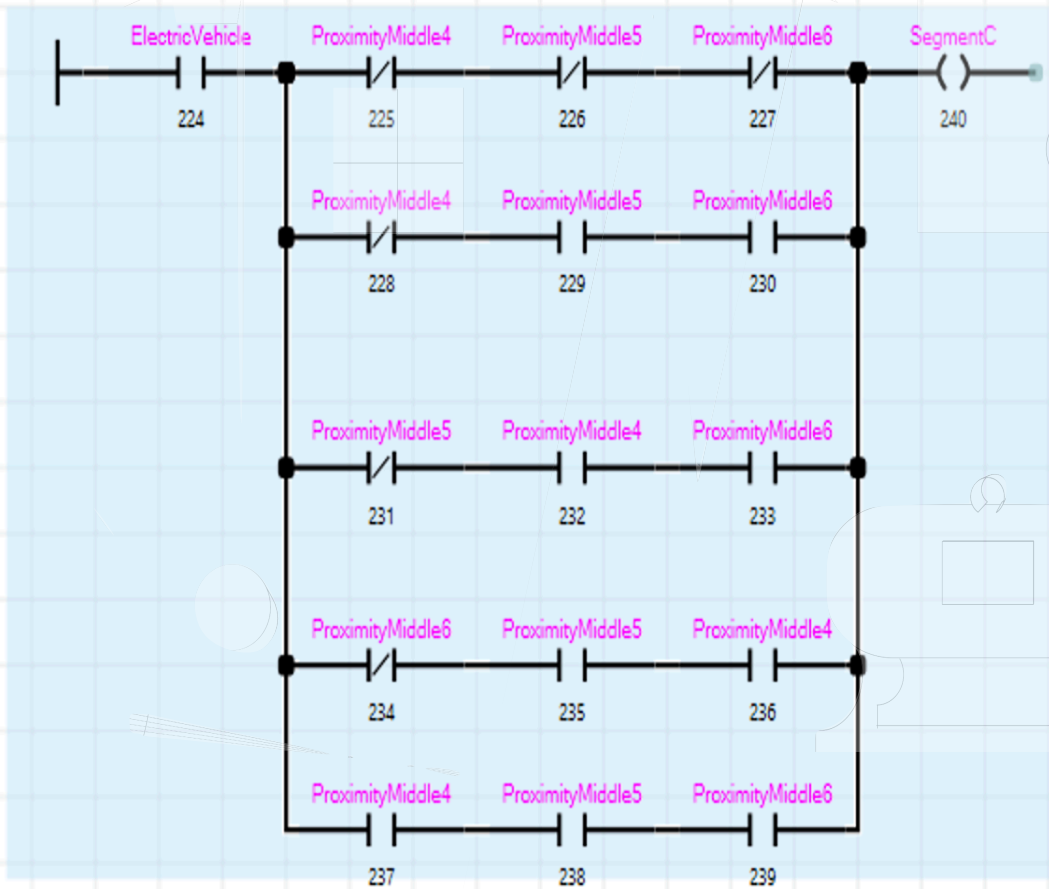
Όταν όλες οι μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι ΝΟ επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts. Ακόμη, όταν μία μη συμβατική θέση είναι διαθέσιμη, τότε το μοτίβο που ακολουθείται είναι ανά έναν επαγωγικό αισθητήρα απόστασης (όπως στον 2^ο, 3^ο, 4^ο κλάδο). Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από ανοιχτές επαφές / open contacts. Επί του κώδικα ST οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

Network 18:

In GXWorks 3, due to network's hierarchy, the program set the output according to the state of the variable of the last network in the ladder code.

Entrance > Electric Vehicle : In the segment display, segment C, will be enabled for the following representations:

(1) : 3 available spaces > 1001111(GFEDCBA), (2) : 1 available spaces > 0000110(GFEDCBA) and (1) : 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)



Εικόνα 2.153: Smart Parking Network 18 - Ladder

```

134 // Network 18:
135 /* (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 1 available spaces > 0000110(GFEDCBA) and (3) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
136
137 SegmentC:= (ElectricVehicle) AND ( ((NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6))) OR ( NOT(ProximityMiddle4)
138 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle6) OR ( NOT(ProximityMiddle5) AND ProximityMiddle4 AND ProximityMiddle6) OR ( NOT(ProximityMiddle6)
139 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle4) OR (ProximityMiddle4 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle6) );
140

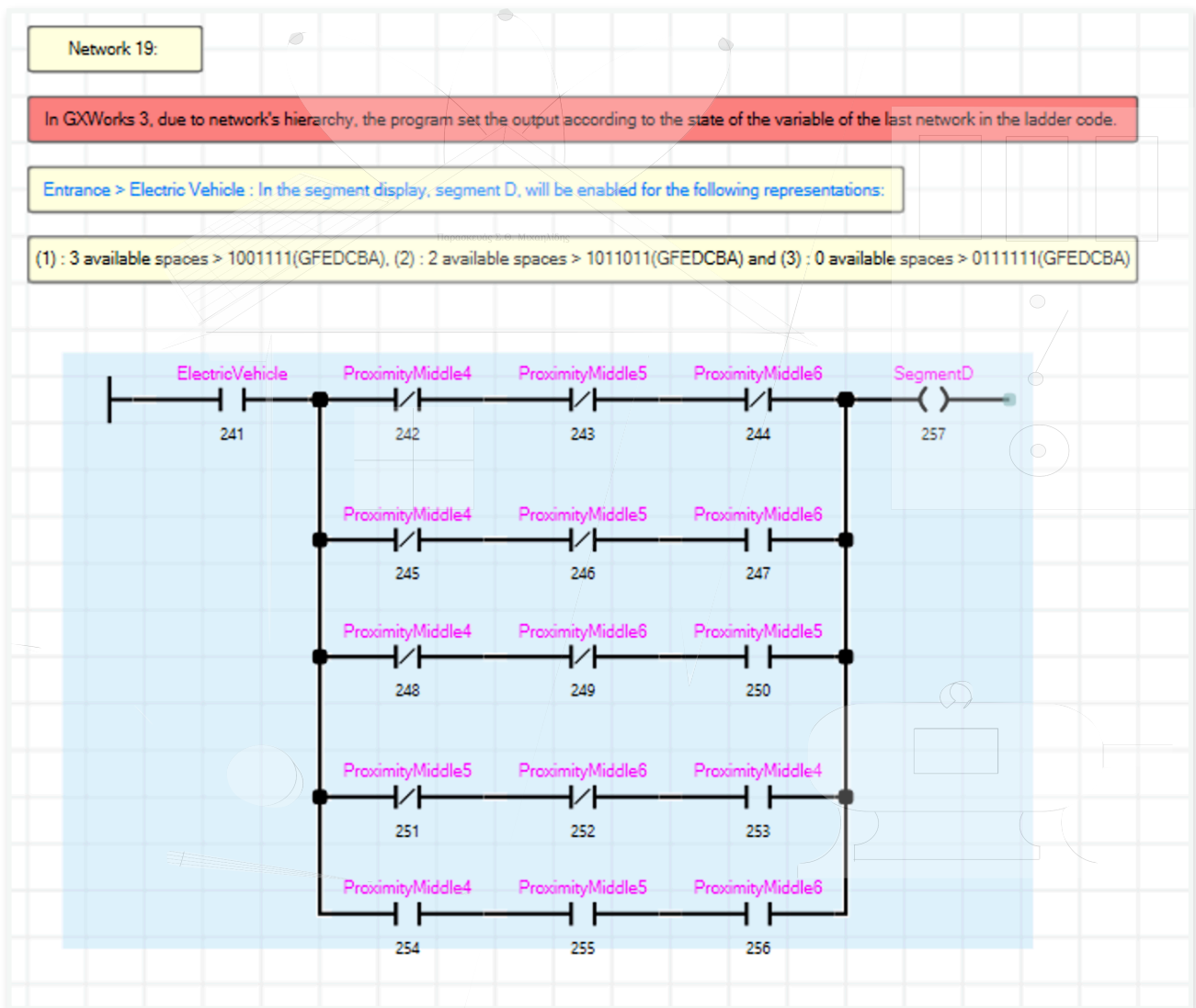
```

Εικόνα 2.154: Smart Parking Network 18 - ST Code

Επειτα, στόχος του **Network 19**, είναι η ενεργοποίηση τη bit D του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι ηλεκτρικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 2 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)

Όταν όλες οι μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι ΝΟ επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts. Όταν δύο από τις μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί. Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από ανοιχτές επαφές / open contacts. Επί του κώδικα ST κι εδώ οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.155: Smart Parking Network 19 - Ladder

```

141 // Network 19:
142 /* (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA) and (3) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
143
144 SegmentD := (ElectricVehicle) AND ( ( NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) ) OR (
145 (NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND ProximityMiddle6 ) OR ( ( NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle6))
146 AND ProximityMiddle5 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) AND ProximityMiddle4 OR (ProximityMiddle4 AND ProximityMiddle5
147 AND ProximityMiddle6) );
148

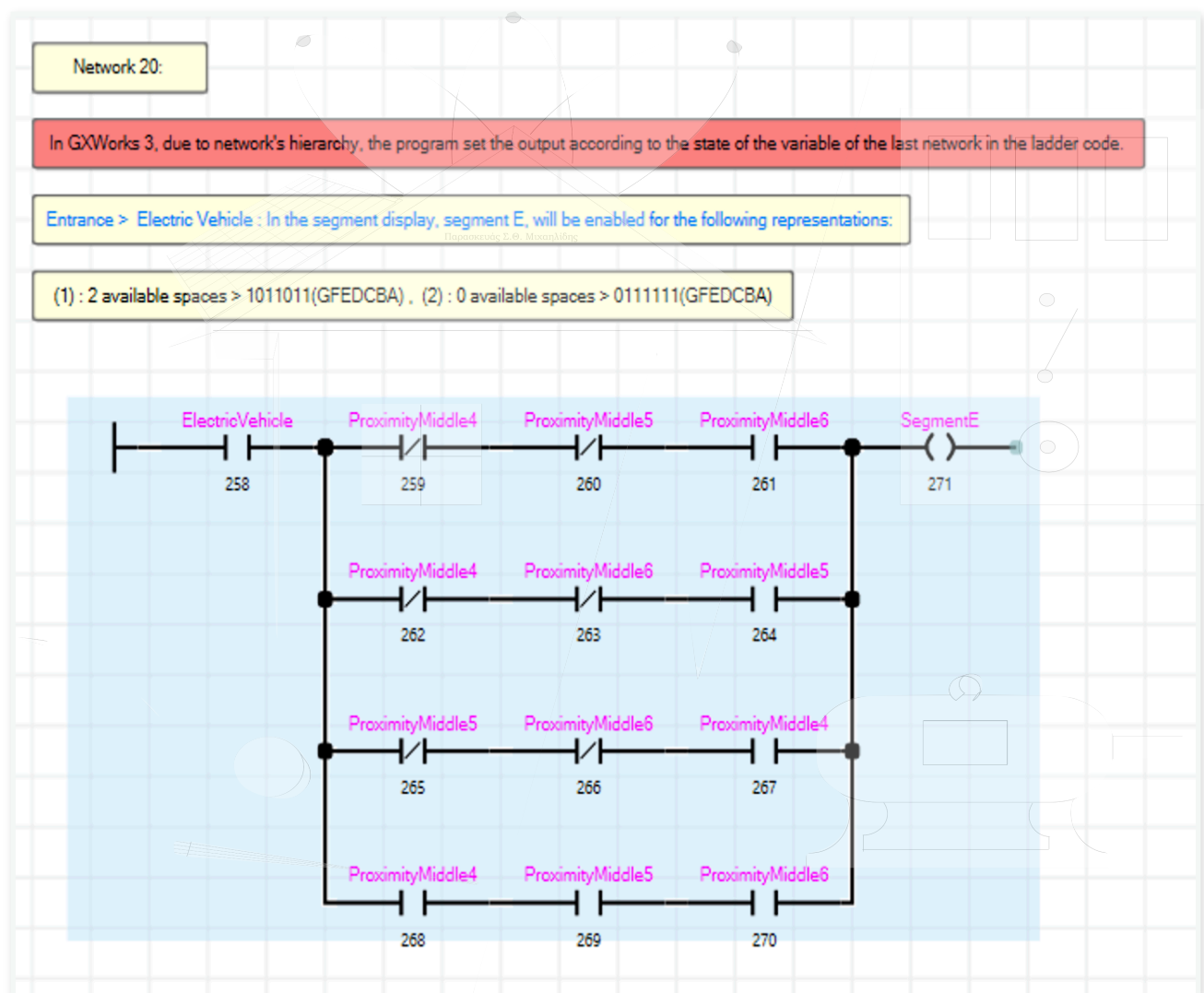
```

Εικόνα 2.156: Smart Parking Network 19 - ST Code

Κατά αντιστοιχία με το Network 10, στόχος του **Network 20**, είναι η ενεργοποίηση τη bit E του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι ηλεκτρικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στα εξής σενάρια :

- 2 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)
- 0 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (0111111 > GFEDCBA)

Ομοίως, όταν δύο από τις μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί. Αντίθετα, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εν λόγω αισθητήρες αναπαρίστανται από ανοιχτές επαφές / open contacts.



Εικόνα 2.157: Smart Parking Network 20 - Ladder

Επί του κώδικα ST κι εδώ οι παράλληλοι κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

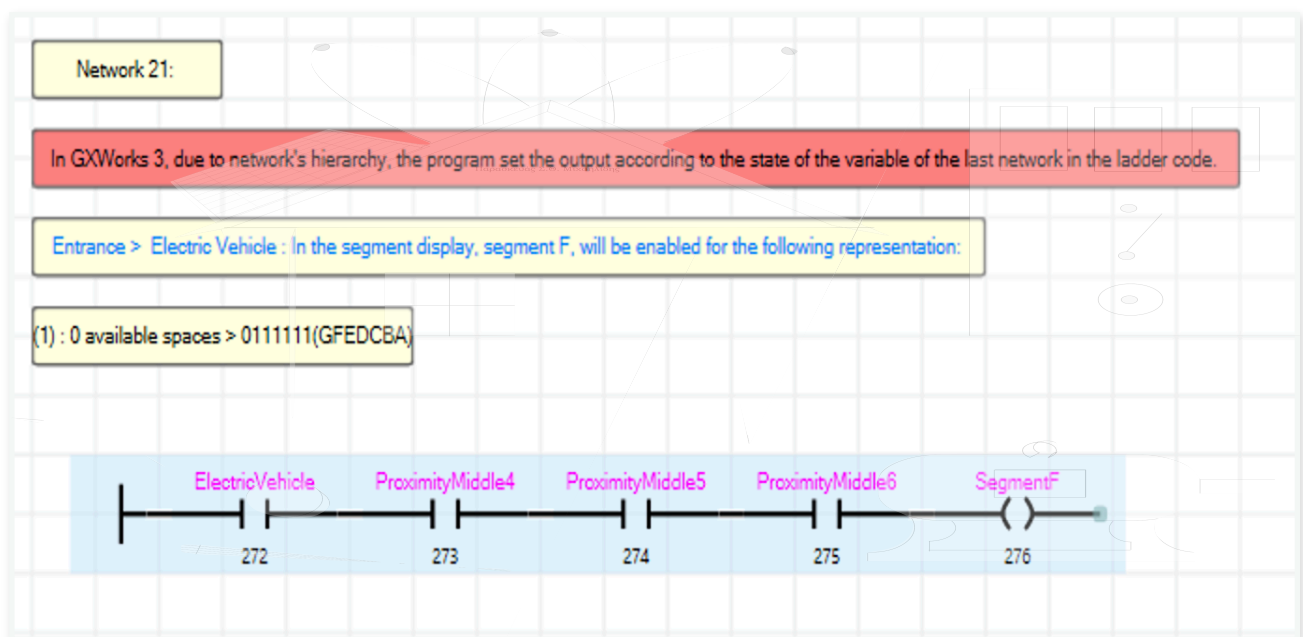
```

149 // Network 20:
150 □*(1): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA) and (2) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
151
152 SegmentE := (ElectricVehicle) AND ( ((NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND ProximityMiddle6) OR ( (NOT(ProximityMiddle4)) AND
153 (NOT(ProximityMiddle6)) AND ProximityMiddle5) OR ( (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) AND ProximityMiddle4) OR (ProximityMiddle4 AND
154 ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle6) );
155

```

Εικόνα 2.158: Smart Parking Network 20 - ST Code

Επειτα, στόχος του **Network 21**, είναι η ενεργοποίηση τη bit F του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι ηλεκτρικό . Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, για τη συγκεκριμένη κατηγορία, αφορά στο σενάριο που δεν υπάρχει διαθέσιμη μη συβατική θέση (0111111 > GFEDCBA). Όπως και πριν, όταν καμία θέση δεν είναι διαθέσιμη, οι εμπλεκόμενοι αισθητήρες, αναπαρίστανται από ανοιχτές επαφές / open contacts. Επί του κώδικα ST κι εδώ η κατάσταση κά-



Εικόνα 2.159: Smart Parking Network 21 - Ladder

θε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

```

156 // Network 21:
157 □*(1) 0 available spaces > 0111111(GFEDCBA)*/
158
159 SegmentF := (ElectricVehicle) AND (ProximityMiddle4 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle6);
160

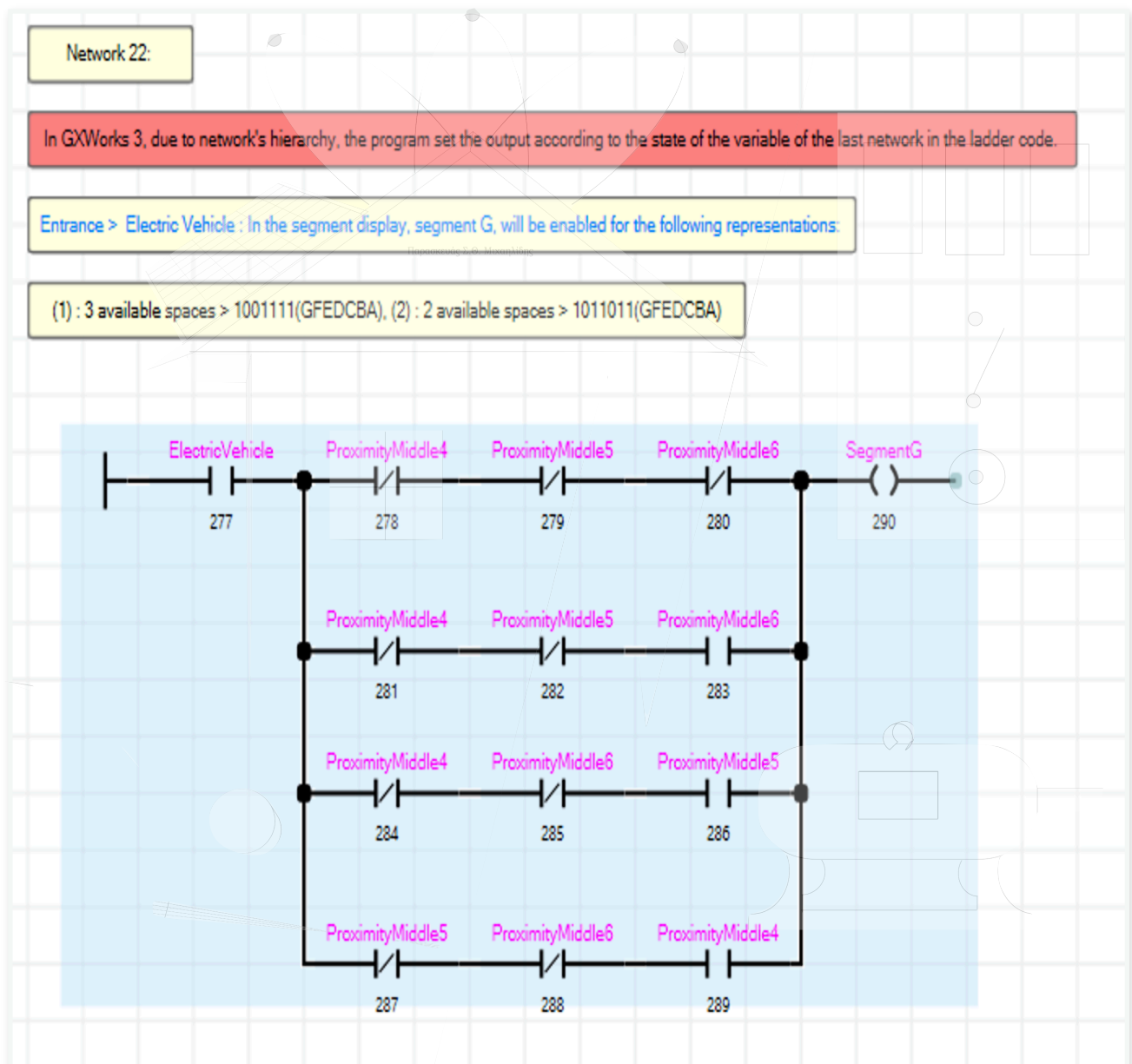
```

Εικόνα 2.160: Smart Parking Network 21 - ST Code

Ακολουθώς, ο στόχος του **Network 22**, είναι η ενεργοποίηση τη bit G του Segment Display, όταν το όχημα του χρήστη είναι ηλεκτρικό. Η ενεργοποίηση του εν λόγω bit, αφορά στα εξής σενάρια :

- 3 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1001111 > GFEDCBA)
- 2 διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης (1011011 > GFEDCBA)

Κατά τα γνωστά, όταν όλες οι μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε οι αντίστοιχοι NO επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης αναπαρίστανται από κλειστές επαφές / close contacts, ενώ όταν δύο από τις μη συμβατικές θέσεις στάθμευσης είναι διαθέσιμες, τότε ανά δύο, οι αντίστοιχοι επαγωγικοί αισθητήρες απόστασης είναι ανενεργοί. Επί του κώδικα ST κι εδώ οι



Εικόνα 2.161: Smart Parking Network 22 - Ladder

κλάδοι του κυκλώματος Ladder συνδέονται μεταξύ τους με τις εντολές 'OR', ενώ σε κάθε κλάδο, η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών 'AND' όπως φαίνεται παρακάτω.

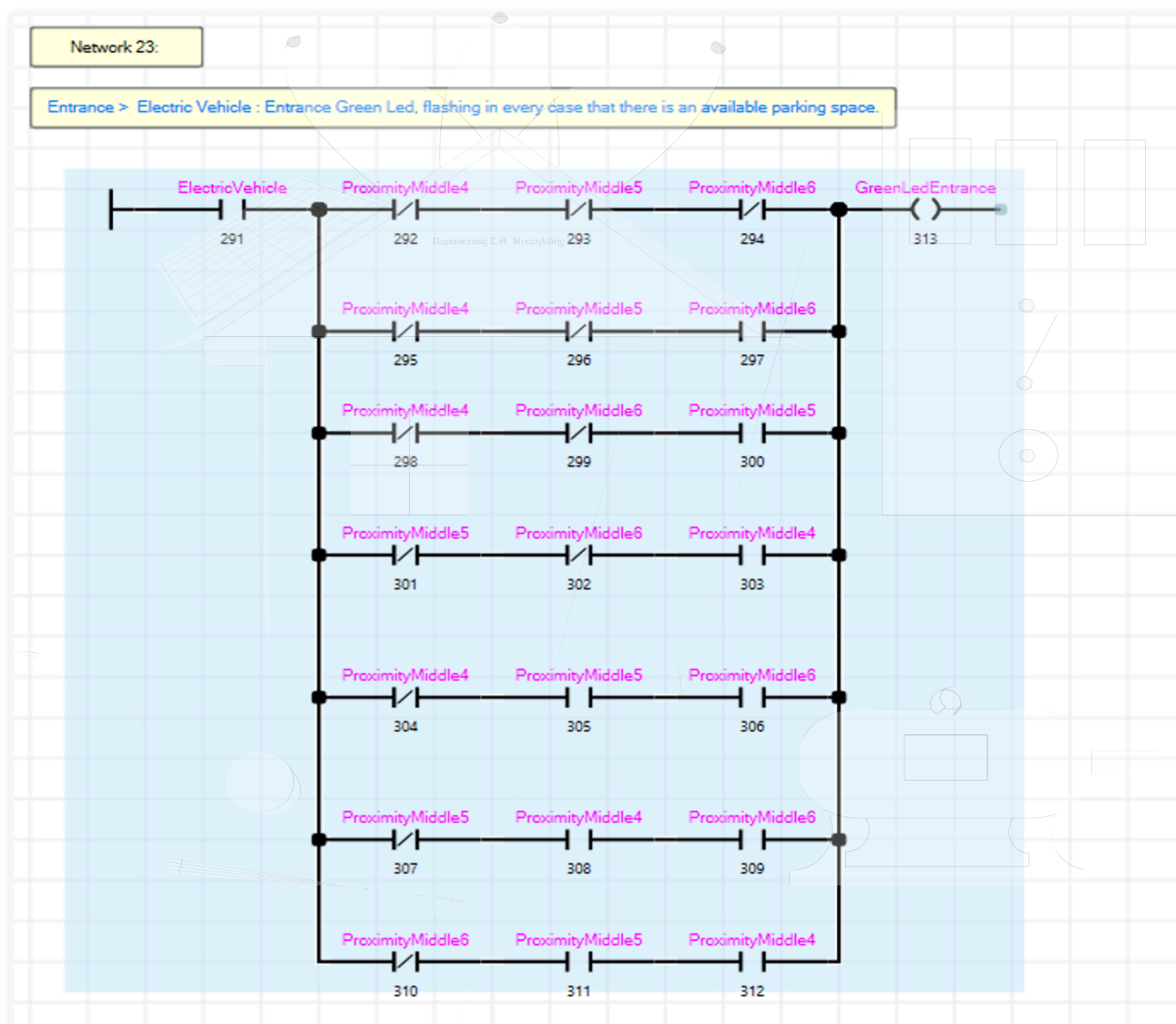
```

161 // Network 22 :
162 □/* (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011(GFEDCBA)*/
163
164 SegmentG := ( (ElectricVehicle) AND ( ( NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) ) OR ((NOT(ProximityMiddle4))
165 AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND ProximityMiddle6) OR ( (NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) AND ProximityMiddle5) OR
166 ( (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) AND ProximityMiddle4)) );
167

```

Εικόνα 2.162: Smart Parking Network 22 - ST Code

Παρόμοια με το Network 14, ο στόχος του **Network 23**, είναι να ενεργοποιεί την Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής Εισόδου / Green Led Entrance, όταν το όχημα που επρόκειτο να εισέλθει στο smart parking είναι ηλεκτρικό και ταυτόχρονα υπάρχουν διαθέσιμες θέσεις της εν λόγω κατηγορίας. Πρακτικά, σε αυτό το κύκλωμα Ladder συνδυάζονται τα κυκλώματα των σεναρίων που ήδη έχουμε αναλύσει. Αν έστω ένας από τους παράλληλους κλάδους είναι ενεργός, τότε η πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής εισόδου ενεργοποιείται. Επί του κώδικα ST κι εδώ συνδυάζονται οι κώδικες των σεναρίων που ήδη περιγράψαμε, διατηρώντας την ίδια λογική κι αρχιτεκτονική.



Εικόνα 2.163: Smart Parking Network 23 - Ladder

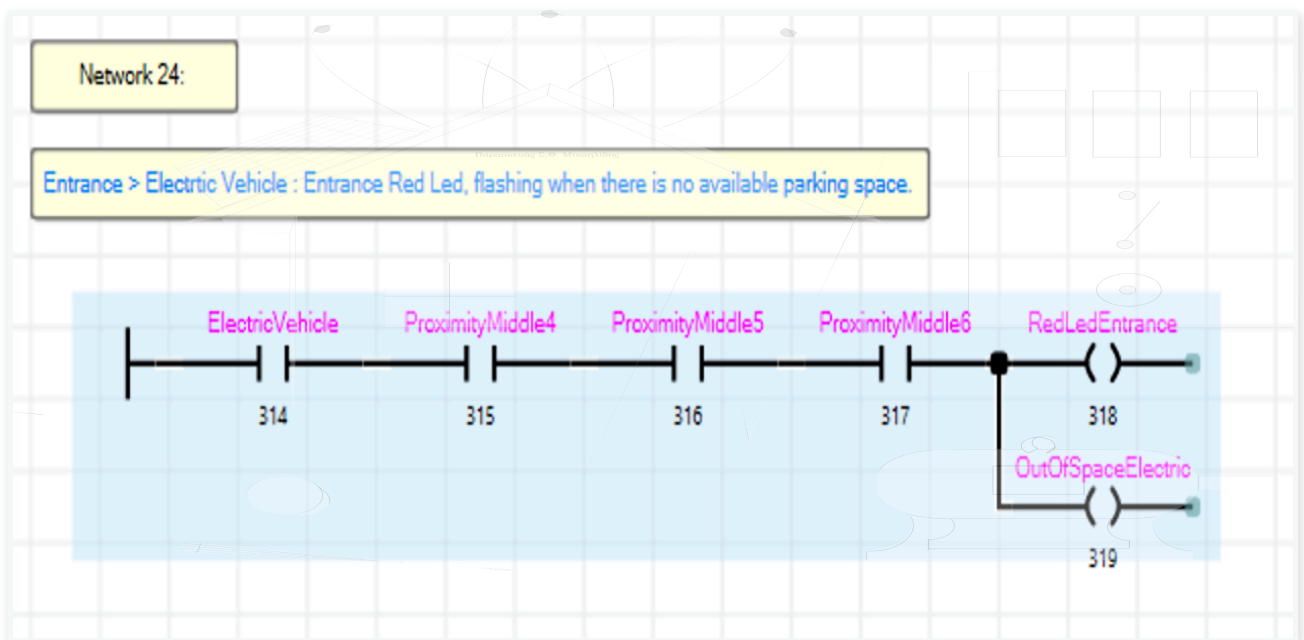
```

168 // Network 23:
169 /* Entrance > Electric Vehicle: Entrance Green Led, flashing in every case that there is an available parking space. These scenarios, are :
170 (1): 3 available spaces > 1001111 (GFEDCBA), (2): 2 available spaces > 1011011 (GFEDCBA) and (3): 1 available spaces > 0000110 (GFEDCBA) */
171
172 GreenLedEntrance := (ElectricVehicle) AND ( ( NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) ) OR (
173 (NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) AND ProximityMiddle6 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle4)) AND (NOT(ProximityMiddle6))
174 AND ProximityMiddle5 ) OR ( (NOT(ProximityMiddle5)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) AND ProximityMiddle4 ) OR ( NOT(ProximityMiddle4)
175 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle6 ) OR ( NOT(ProximityMiddle5) AND ProximityMiddle4 AND ProximityMiddle6 ) OR ( NOT(ProximityMiddle6)
176 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle4 );
177

```

Εικόνα 2.164: Smart Parking Network 23 - ST Code

Επειτα, στόχος του **Network 24** είναι η ενεργοποίηση της Κόκκινης Διόδου Φωτοεκπομπής Εισόδου / Red Led Entrance όταν επρόκειτο να εισέλθει ένα ηλεκτρικό όχημα και καμία θέση της εν λόγω κατηγορίας δεν είναι διαθέσιμη. Παράλληλα, με την ενεργοποίηση της προηγούμενης διόδου, παράγεται και το βοηθητικό σήμα “OutOfSpaceElectric” του οποίου τη λειτουργία θα αναλύσουμε παρακάτω. Επί του κώδικα ST, ακολουθείται η ίδια λογική, καθώς σε κάθε κλάδο,



Εικόνα 2.165: Smart Parking Network 24 - Ladder

η κατάσταση κάθε μεσαίου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης συνδέεται με την κατάσταση του επόμενου, μέσω των εντολών ‘AND’. Επίσης, έχουμε δύο εντολές ανάθεσης, στην 181^η & 182^η γραμμή, μέσω των οποίων ενεργοποιείται η κόκκινη διόδος φωτοεκπομπής εισόδου και το βοηθητικό σήμα “OutOfSpaceElectric”.

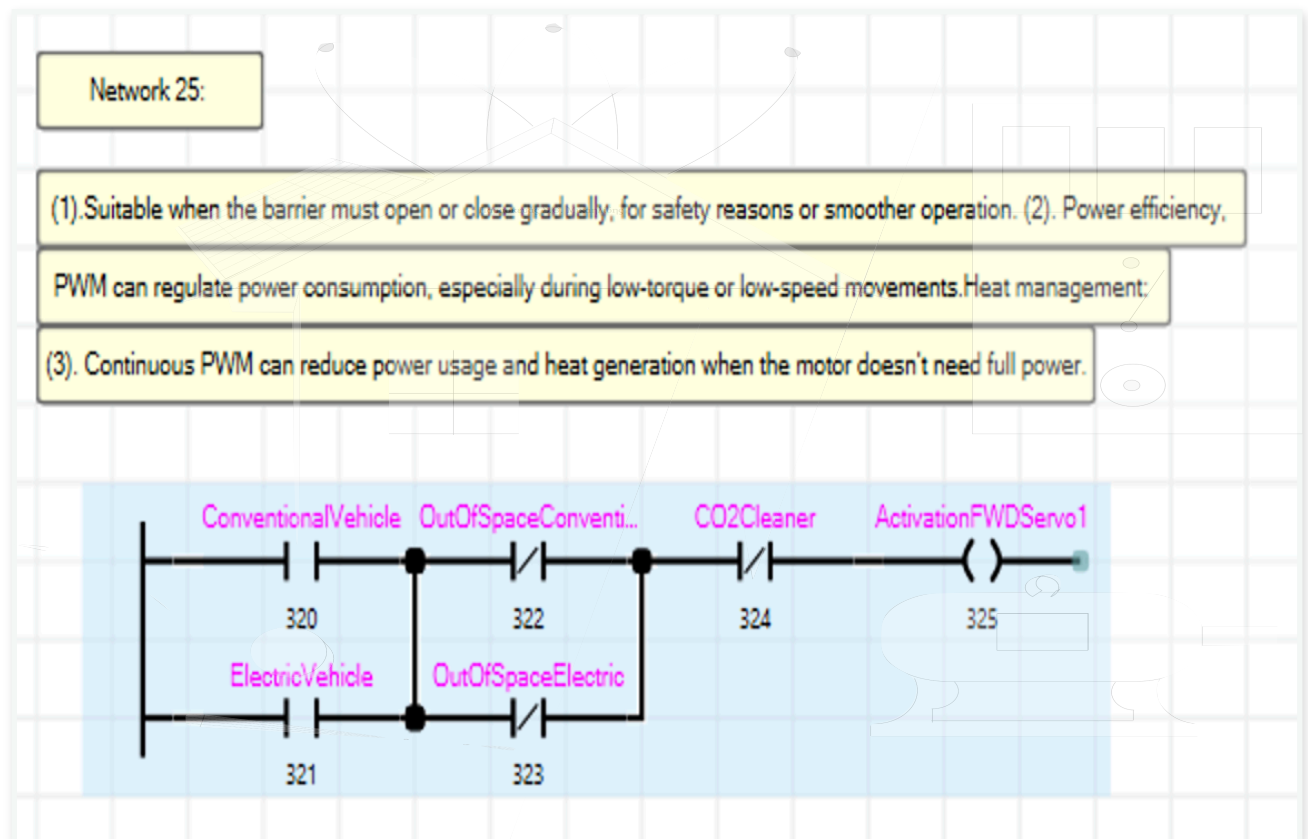
```

178 // Network 24:
179 // Entrance > Electric Vehicle: Entrance Red Led, flashing when there is no available parking space.
180
181 RedLedEntrance := (ElectricVehicle) AND (ProximityMiddle4 AND ProximityMiddle5 AND ProximityMiddle6);
182 OutOfSpaceElectric := RedLedEntrance;
183

```

Εικόνα 2.166: Smart Parking Network 24 - ST Code

Στα επόμενα networks, ακολουθεί η ανάλυση του αλγορίθμου PWM του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου. Αρχικά, στόχος του **Network 25**, είναι η παραγωγή του σήματος ενεργοποίησης του ελέγχου PWM κατά την ορθή φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου. Για να δοθεί το σήμα ενεργοποίησης θα πρέπει, είτε το όχημα που επρόκειτο να εισέλθει να είναι συμβατικό και να υπάρχουν διαθέσιμες συμβατικές θέσεις (εξού και η άρνηση του σήματος “OutOfSpaceConventional”, είτε το όχημα που επρόκειτο να εισέλθει να είναι ηλεκτρικό και να υπάρχουν διαθέσιμες μη συμβατικές θέσεις. Θα πρέπει ταυτοχρόνως ο εξαερισμός από ρύπους CO2 είναι ανενεργός. Επί του κώδικα ST του Network 25, οι συνθήκες που ήδη αναφέραμε και



Εικόνα 2.167: Smart Parking Network 25 - Ladder

σχετίζονται με την κατηγορία συμβατικών οχημάτων, συνδέονται μεταξύ τους μέσω των εντολών ‘AND’. Με τον ίδιο τρόπο συνδέονται οι συνθήκες που σχετίζονται με την κατηγορία των ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ τα δύο προηγούμενα ζεύγη εντολών συνδιάζονται μέσω της εντολής ‘OR’.

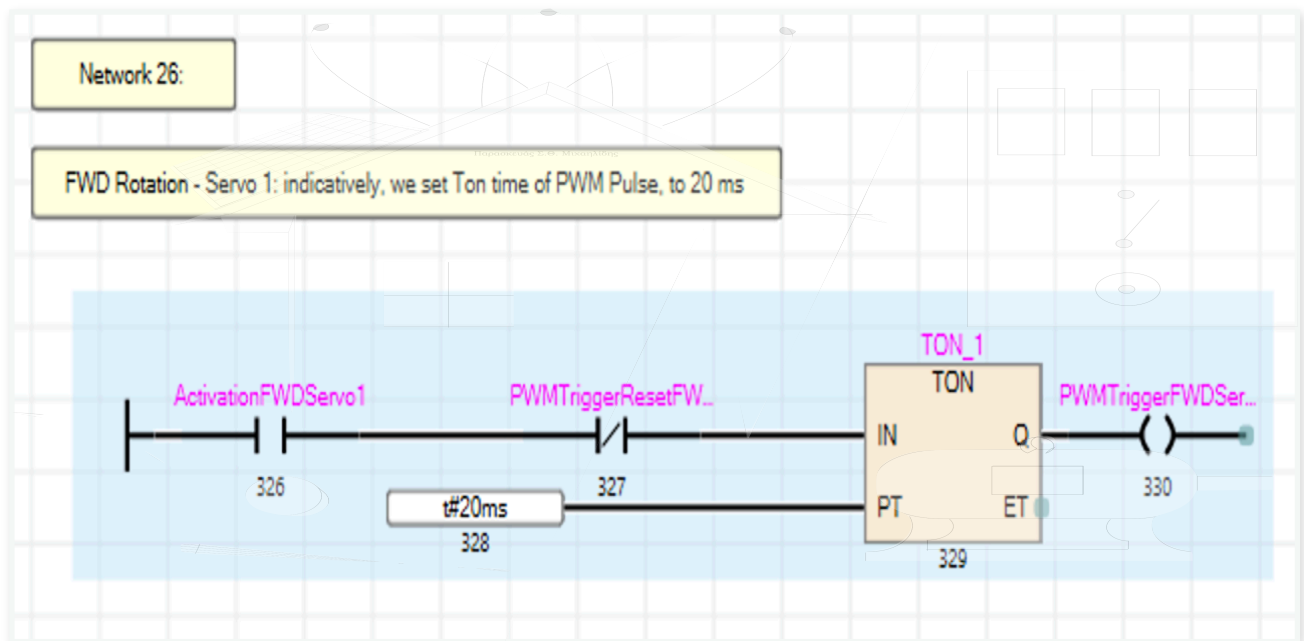
```

184 // Network 25:
185 // We use this network to activate the algorithm for PWM Control
186 ActivationFWD Servo1 := (NOT(CO2Cleaner)) AND (( (ConventionalVehicle) AND (NOT(OutOfSpaceConventional))) OR ((NOT(OutOfSpaceElectric)) AND (ElectricVehicle)));
187

```

Εικόνα 2.168: Smart Parking Network 25 - ST Code

Επειτα, το **Network 26**, έχει στόχο να παράξει το θετικό σήμα διάρκειας T_{on} , του προαναφερθέντα σερβοκινητήρα, κατά την ορθή φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης, TON_1. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν δεν έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του Ελέγχου PWM του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου (κατά την ορθή φορά) και ταυτόχρονα το σήμα ενεργοποίησης PWM ελέγχου (του προηγούμενου σερβοκινητήρα) είναι ενεργό, παράγεται το σήμα έναυσης PWM ελέγχου του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου, κατά προαναφερθείσα φορά. Εδώ έχει επιλεγθεί, $T_{on} = 20ms$. Επί του κώδικα ST του Network 26, καλούμε το FBD Block



Εικόνα 2.169: Smart Parking Network 26 - Ladder

‘TON_1’ και μέσω της εντολής της 191^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

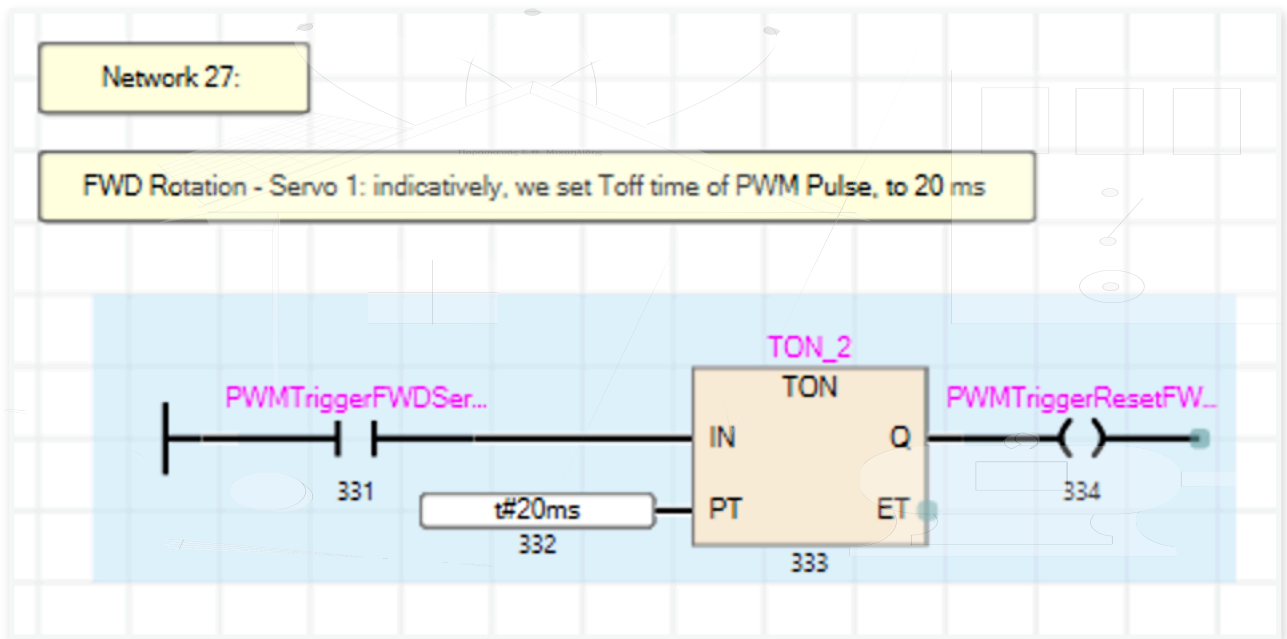
```

188 // Network 26:
189 //FWD Rotation - Servo 1: Indicatively, we set Ton time of PWM pulse, to 20ms
190
191 TON_1(IN:= (ActivationFWDServo1) AND ( NOT(PWMTriggerResetFWDServo1) ),PT:= t#20ms ,Q=> PWMTriggerFWDServo1);
192

```

Εικόνα 2.170: Smart Parking Network 26 - ST Code

Ακολούθως, στόχος του **Network 27**, είναι η παραγωγή του σήματος μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} , το οποίο έχει επιλεγθεί να είναι, για λόγους συμμετρίας, διάρκειας 20ms. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα έναυσης ελέγχου PWM του προηγούμενου σερβοκινητήρα (κατά την ορθή φορά) είναι ενεργό, τότε επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST του Network 27, καλούμε το FBD Block ‘TON_2’ μέσω της εντολής της 196^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.171: Smart Parking Network 27 - Ladder

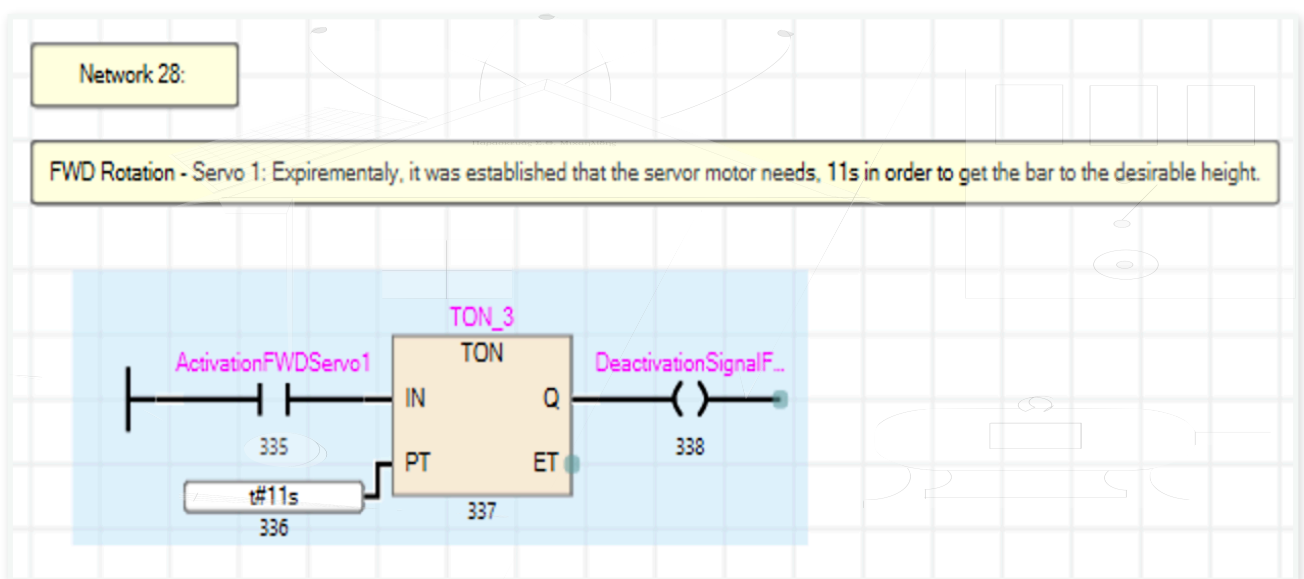
```

193 // Network 27:
194 //FWD Rotation - Servo 1: Indicatively, we set Toff time of PWM pulse, to 20ms
195
196 TON_2(IN:= PWMTriggerFWDServo1 ,PT:= t#20ms ,Q=> PWMTriggerResetFWDServo1 );
197

```

Εικόνα 2.172: Smart Parking Network 27 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 28**, είναι η παραγωγή του σήματος απενεργοποίησης του ελέγχου PWM του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου (κατά την ορθή φορά). Το σήμα απενεργοποίησης, παράγεται 11s από την έναρξη της διαδικασίας, καθώς παρατηρήσαμε πειραματικά, ότι με βάση την επιλεγμένη ταχύτητα περιστροφής, ο χρόνος που απαιτείται ώστε η μπάρα να φτάσει το επιθυμητό ύψος, είναι τα 11s . Επί του κώδικα ST, του Network 28, ομοίως



Εικόνα 2.173: Smart Parking Network 28 - Ladder

καλούμε το FBD Block 'TON_3' μέσω της εντολής της 202^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

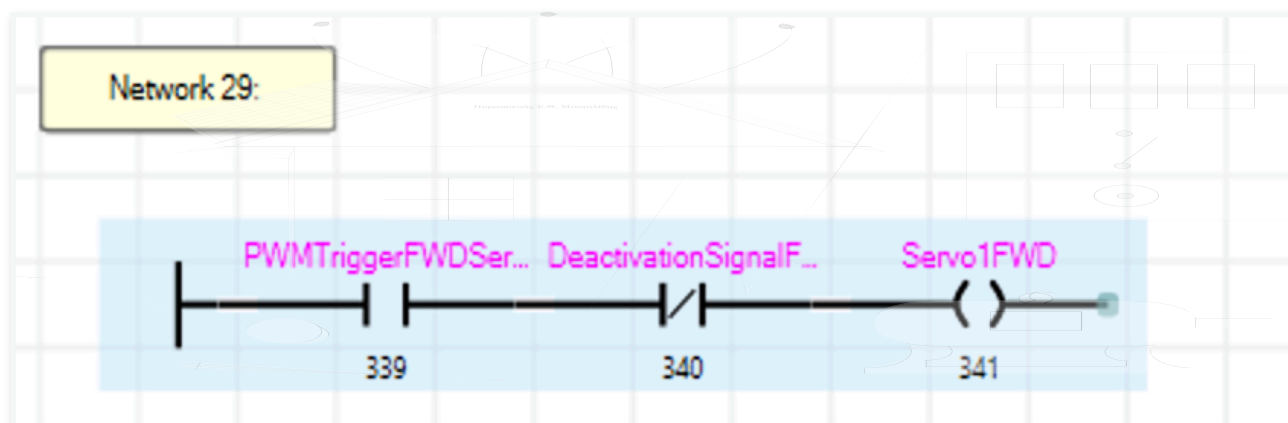
```

199 // Network 28:
200 //FWD Rotation - Servo 1: Expiementaly, it was established that the servo motor needs 11s in order to get the bar to the desirable height
201
202 TON_3(IN:=ActivationFWDServo1,PT:=t#11s,Q=>DeactivationSignalFWDServo1);
203

```

Εικόνα 2.174: Smart Parking Network 28 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 29**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση, κατά την ορθή φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα έναυσης του ελέγχου PWM του προηγούμενου σερβοκινητήρα κατά την ορθή φορά και ταυτόχρονα δεν έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του προαναφερθέντα ελέγχου, τότε αρχίζει να σηκώνεται η μπάρα εισόδου. Επί του κώδικα ST του Network 29, πρακτικά, με την εντολή 'AND' συνδιάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω κι εφόσον ισχύει η συνθήκη τίθεται σε λογικό 1 η έξοδος "Servo1 FWD".



Εικόνα 2.175: Smart Parking Network 29 - Ladder

```

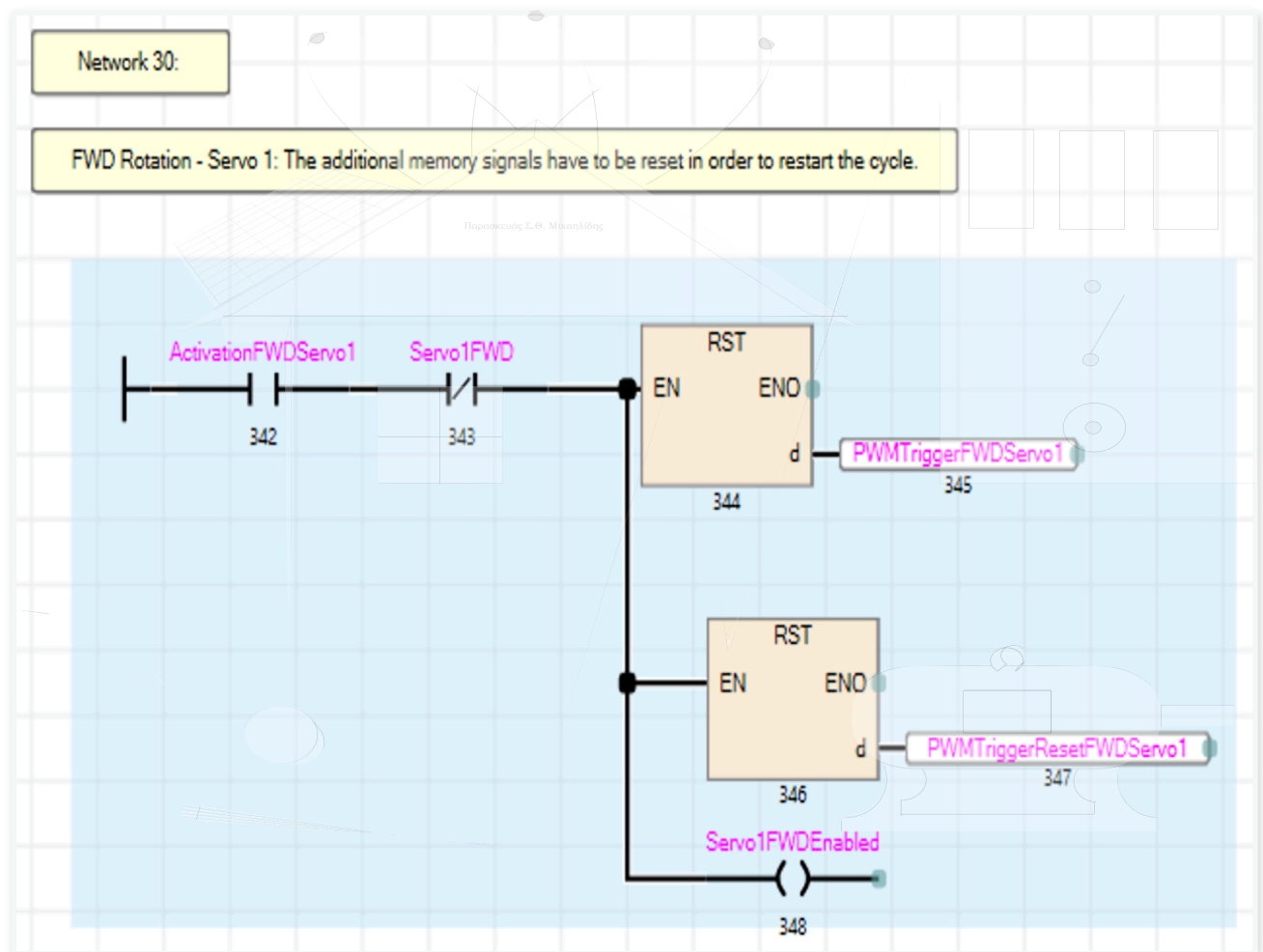
205 // Network 29:
206
207 Servo1FWD := (PWMTriggerFWDServo1) AND (NOT(DeactivationSignalFWDServo1));
208

```

Εικόνα 2.176: Smart Parking Network 29 - ST Code

Στο **Network 30**, που ακολουθεί γίνεται η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων του ελέγχου PWM (κατά την ορθή φορά) του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου, (βλ. "PWM Trigger FWD Servo 1" και "PWM Trigger Reset FWD Servo 1") ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά των εν λόγω σημάτων γίνεται μέσω των FBD Blocks 'RST' εφόσον το σήμα ενεργοποίησης του προαναφερθέντα ελέγχου είναι ενεργό και ταυτόχρονα ο σερβοκινητήρας εισόδου έχει σταματήσει να περιστρέφεται (δηλαδή η μπάρα έχει φτάσει στο επιθυμητό ύψος). Παράλληλα με την επαναφορά των προηγούμενων σημάτων, παράγεται το

βοηθητικό σήμα “Servo 1 FWD Enabled” μέσω του οποίου επιβεβαιώνεται ότι η λειτουργία του σερβοκινητήρα, κατά την ορθή φορά, έχει ολοκληρωθεί. Επί του κώδικα ST του Network 30, μέσω



Εικόνα 2.177: Smart Parking Network 30 - Ladder

των εντολών της 214^{ης} και 217^{ης} γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks ‘RST’ την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.

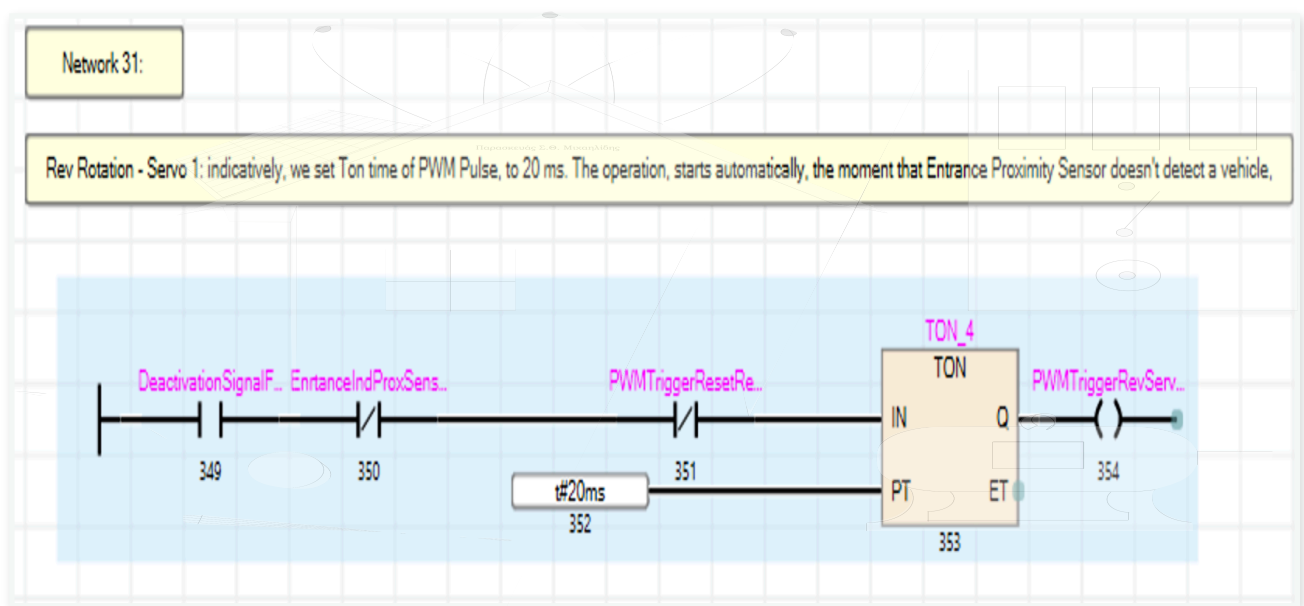
```

210 // Network 30:
211 //FWD Rotation - Servo 1: The additional memory signals have to be reset in order to restart the cycle.
212
213 //Firstly, reset the 'PWMTriggerFWD Servo1' signal.
214 RST( (ActivationFWD Servo1) AND ( NOT(Servo1FWD) ), PWMTriggerFWD Servo1);
215
216 //Secondly, reset the 'PWMTriggerResetFWD Servo1' signal.
217 RST( (ActivationFWD Servo1) AND ( NOT(Servo1FWD) ), PWMTriggerResetFWD Servo1);
218
219 Servo1FWD Enabled := (ActivationFWD Servo1) AND ( NOT(Servo1FWD) );
220

```

Εικόνα 2.178: Smart Parking Network 30 - ST Code

Στα επόμενα networks, ακολουθεί η ανάλυση του αλγορίθμου PWM, κατά την **ανάστροφη** φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου. Συγκεκριμένα, στόχος του **Network 31**, είναι η παραγωγή του σήματος ενεργοποίησης του ελέγχου PWM κατά την ανάστροφη φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου. Το σήμα ενεργοποίησης, δίνεται αυτόματα όταν ο επαγωγικός αισθητήρας απόστασης εισόδου αποδιεγερθεί, εφόσον το σήμα απενεργοποίησης του εν λόγω σερβοκινητήρα κατά την ορθή φορά είναι ενεργό και ταυτόχρονα το σήμα “PWM Trigger Reset FWD Servo 1” είναι ανενεργό. Επιπρόσθετα, με την ίδια λογική παράγεται το θετικό σήμα διάρκειας T_{on} , του προαναφερθέντα σερβοκινητήρα, κατά την ανάστροφη φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης, TON_4. Επί του κώδικα ST, καλούμε το FBD Block ‘TON_4’ μέσω



Εικόνα 2.179: Smart Parking Network 31 - Ladder

της εντολής της 225^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

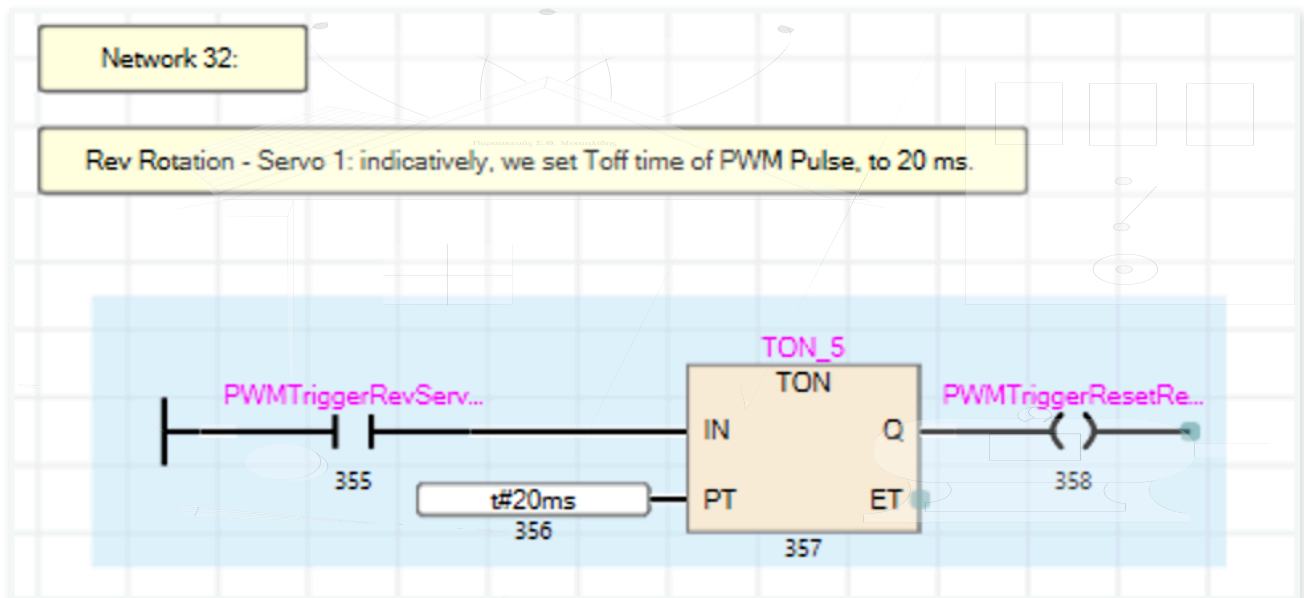
```

222 // Network 31:
223 // Rev Rotation - Servo 1: Indicatively, we set Ton time of PWM pulse, to 20ms. The operation starts automatically, the moment that the Entrance Proximity Sensor doesn't detect a vehicle.
224
225 TON_4(IN:=( (DeactivationSignalFWD Servo1) AND ( NOT(EntranceIndProxSensor) AND ( NOT(PWMTriggerResetRevServo1)))) ,PT:= t#20ms ,Q=> PWMTriggerRevServo1 );
226

```

Εικόνα 2.180: Smart Parking Network 31 - ST Code

Παρόμοια με το Network 27, στόχος του **Network 32**, είναι να παράξει το σήμα μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} , το οποίο έχει επιλεχθεί να είναι για λόγους συμμετρίας, διάρκειας 20ms. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα έναυσης ελέγχου PWM του προηγούμενου σερβοκινητήρα (κατά την ανάστροφη φορά) είναι ενεργό, τότε επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST καλούμε το FBD Block ‘TON_5’ μέσω της εντολής της



Εικόνα 2.181: Smart Parking Network 32 - Ladder

231^η γραμμή, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

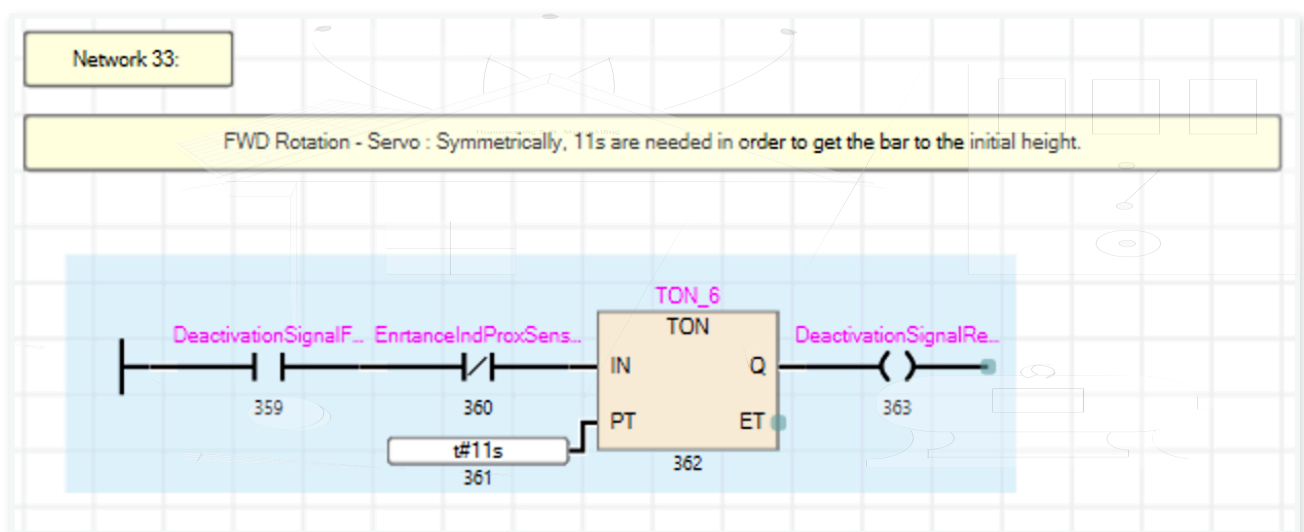
```

228 // Network 32:
229 // Rev Rotation - Servo 1: Indicatively, we set Toff time of PWM pulse, to 20ms.
230
231 TON_5(IN:= PWMTriggerRevServo1 ,PT:= t#20ms ,Q=> PWMTriggerResetRevServo1 );
232

```

Εικόνα 2.182: Smart Parking Network 32 - ST Code

Στη συνέχεια, κατά αντιστοιχία με το Network 28, στόχος του **Network 33**, είναι η παραγωγή του σήματος απενεργοποίησης του ελέγχου PWM του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου (κατά την ανάστροφη φορά). Το σήμα απενεργοποίησης, παράγεται 11s από την αποδιέγερση του επαγωγικού αισθητήρα απόστασης εισόδου ώστε η μπάρα να επανέλθει στο ύψος ηρεμίας. Οσον



Εικόνα 2.183: Smart Parking Network 33 - Ladder

αφορά στον κώδικα ST, του Network 33, ομοίως καλούμε το FBD Block 'TON_6' μέσω της εντολής της 237^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

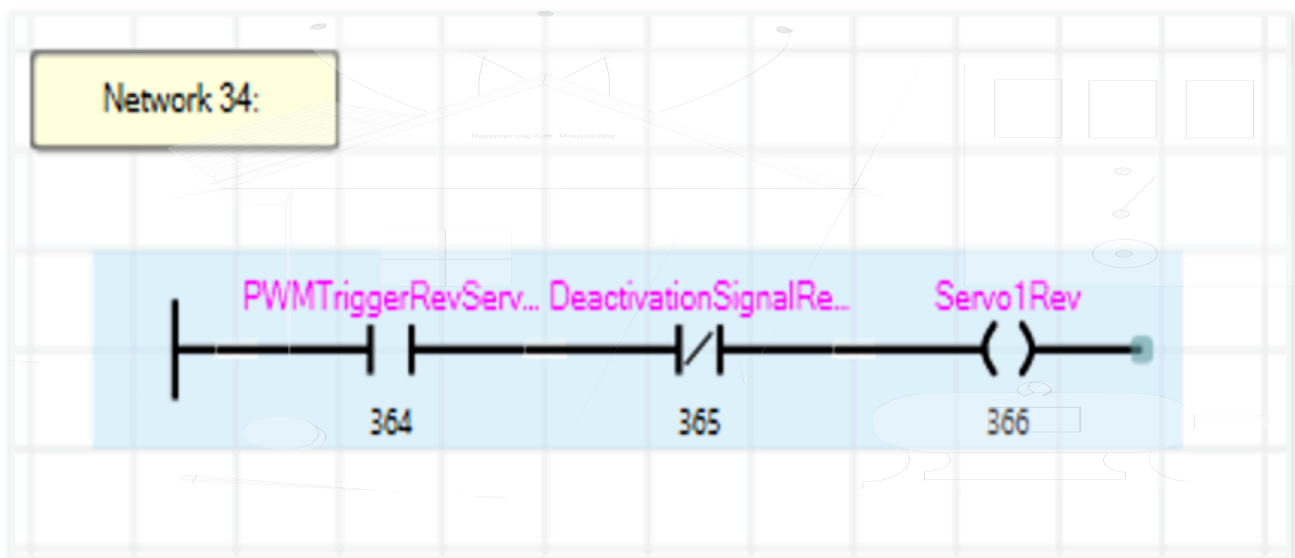
```

234 // Network 33:
235 // Rev Rotation - Servo 1: Symmetrically, 11s are needed in order to get the bar to the initial height.
236
237 TON_6(IN:= (DeactivationSignalFWDServo1) AND ( NOT(EntranceIndProxSensor) ) ,PT:= t#11s ,Q=> DeactivationSignalRevServo1 );
238

```

Εικόνα 2.184: Smart Parking Network 33 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 34**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση, κατά την ανάστροφη φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα έναυσης του ελέγχου PWM του προηγούμενου σερβοκινητήρα κατά την ανάστροφη φορά και ταυτόχρονα δεν έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του προαναφερθέντα ελέγχου, τότε αρχίζει να κατεβαίνει η μπάρα εισόδου. Επί του κώδικα ST του Network 34, πρακτικά, με την εντολή 'AND' συνδυάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω κι εφόσον ισχύει η συνθήκη τίθεται σε λογικό 1 η έξοδος "Servo1Rev".



Εικόνα 2.185: Smart Parking Network 34 - Ladder

```

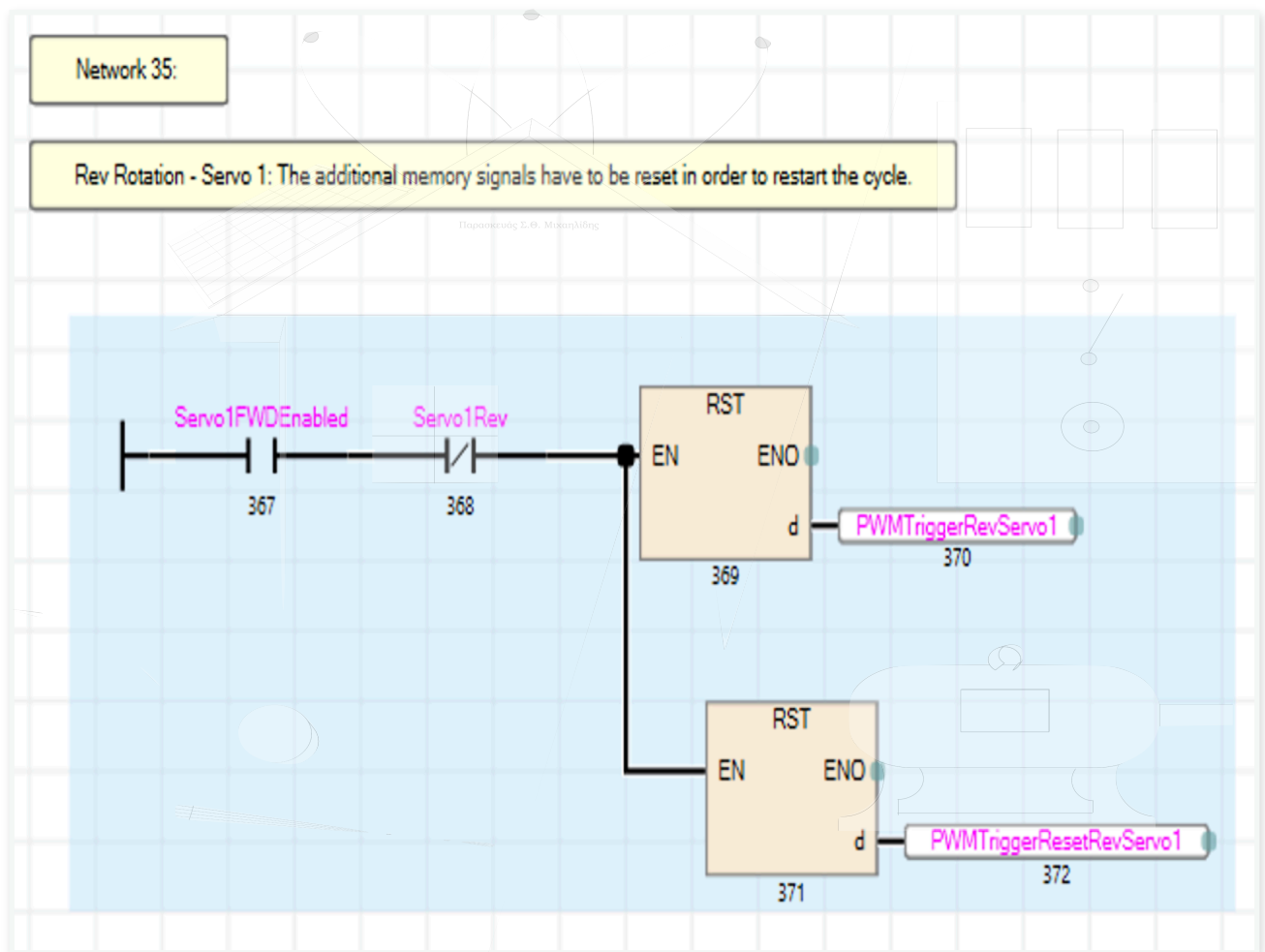
240 // Network 34:
241
242 Servo1Rev := (PWMTriggerRevServo1) AND ( NOT(DeactivationSignalRevServo1) );
243

```

Εικόνα 2.186: Smart Parking Network 34 - ST Code

Παρόμοια με το Network 30, στόχος του **Network 35** που ακολουθεί, αποτελεί η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων του ελέγχου PWM (κατά την ανάστροφη φορά) του σερβοκινητήρα της μπάρας εισόδου, (βλ. "PWM Trigger Rev Servo 1" και "PWM Trigger Reset Rev Servo 1") ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά των εν λόγω σημάτων

γίνεται μέσω των FBD Blocks 'RST' εφόσον το σήμα ενεργοποίησης του προαναφερθέντα ελέγχου είναι ενεργό και ταυτόχρονα ο σερβοκινητήρας εισόδου έχει σταματήσει να περιστρέφεται (δηλαδή η μπάρα έχει φτάσει στο ύψος ηρεμίας). Οσον αφορά στον κώδικα ST του Network 35,



Εικόνα 2.187: Smart Parking Network 35 - Ladder

μέσω των εντολών της 214ης και 217ης γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks 'RST' την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.

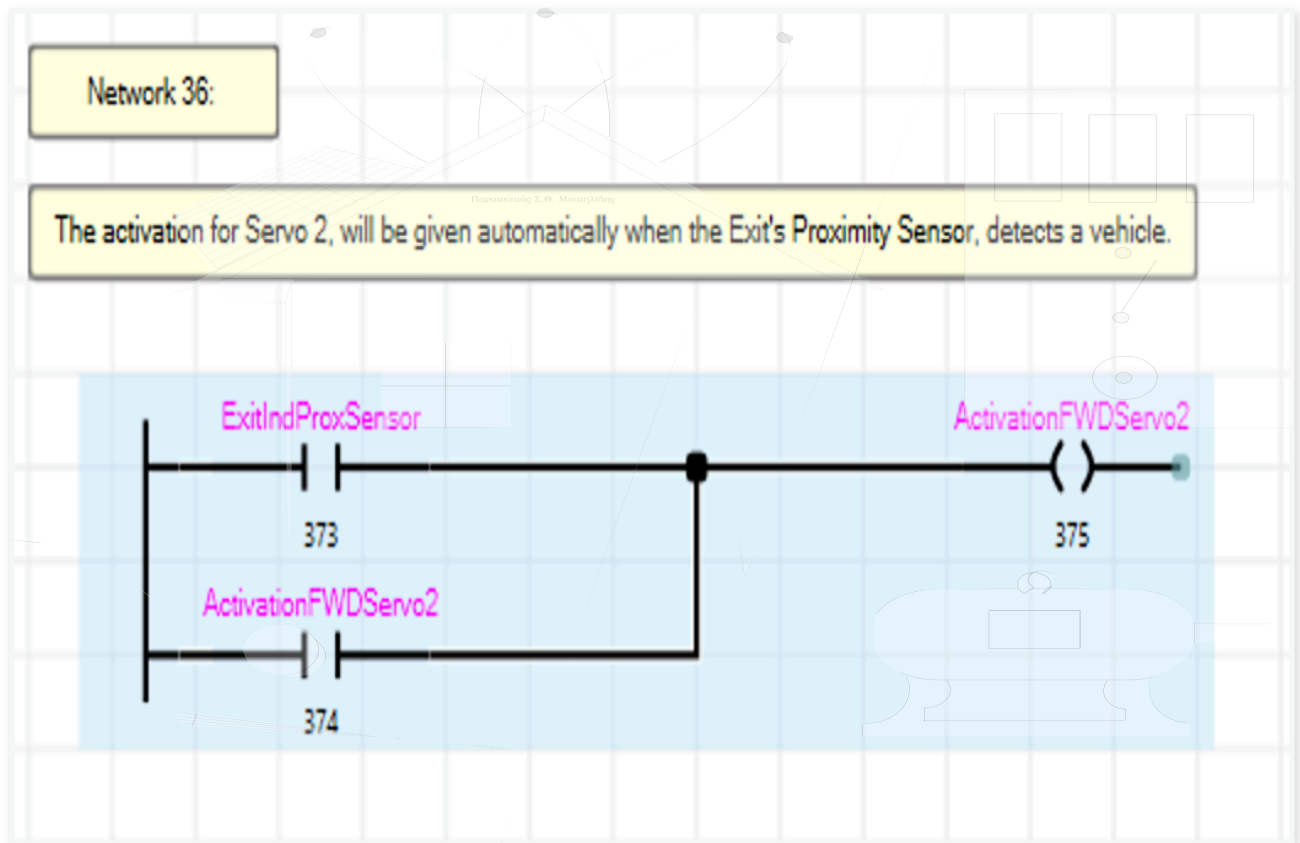
```

244 // Network 35:
245 //Rev Rotation - Servo 1: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
246
247 //Firstly, reset the 'PWMTriggerRevServo1' signal.
248 RST( (Servo1FWDEnabled) AND ( NOT(Servo1Rev) ), PWMTriggerRevServo1 );
249
250 //Secondly, reset the 'PWMTriggerResetRevServo1' signal.
251 RST( (Servo1FWDEnabled) AND ( NOT(Servo1Rev) ), PWMTriggerResetRevServo1 );
252

```

Εικόνα 2.188: Smart Parking Network 35 - ST Code

Στα επόμενα networks, ακολουθεί η ανάλυση του αλγορίθμου PWM, κατά την ορθή φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου. Αρχικά, στόχος του **Network 36**, είναι η παραγωγή του σήματος ενεργοποίησης του ελέγχου PWM, κατά την ορθή φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου. Το σήμα ενεργοποίησης, δίνεται αυτόματα με το που ο επαγωγικός αισθητήρας απόστασης εξόδου ενεργοποιηθεί. Ακόμη, ο παράλληλος κλάδος στο κύκλωμα Ladder, έχει το ρόλο της αυτοσυγκράτησης στο λογικό 1 του σήματος “Activation FWD Servo 2”. Επί του κώδικα



Εικόνα 2.189: Smart Parking Network 36 - Ladder

ST, του Network 36, οι συνθήκες ενεργοποίησης που αναφέραμε, συνδέονται με την εντολή ‘OR’ όπου αν αυτές πληρούνται με την εντολή της 256^{ης} γραμμής τίθεται σε λογικό 1 το σήμα “Activation FWD Servo 2”.

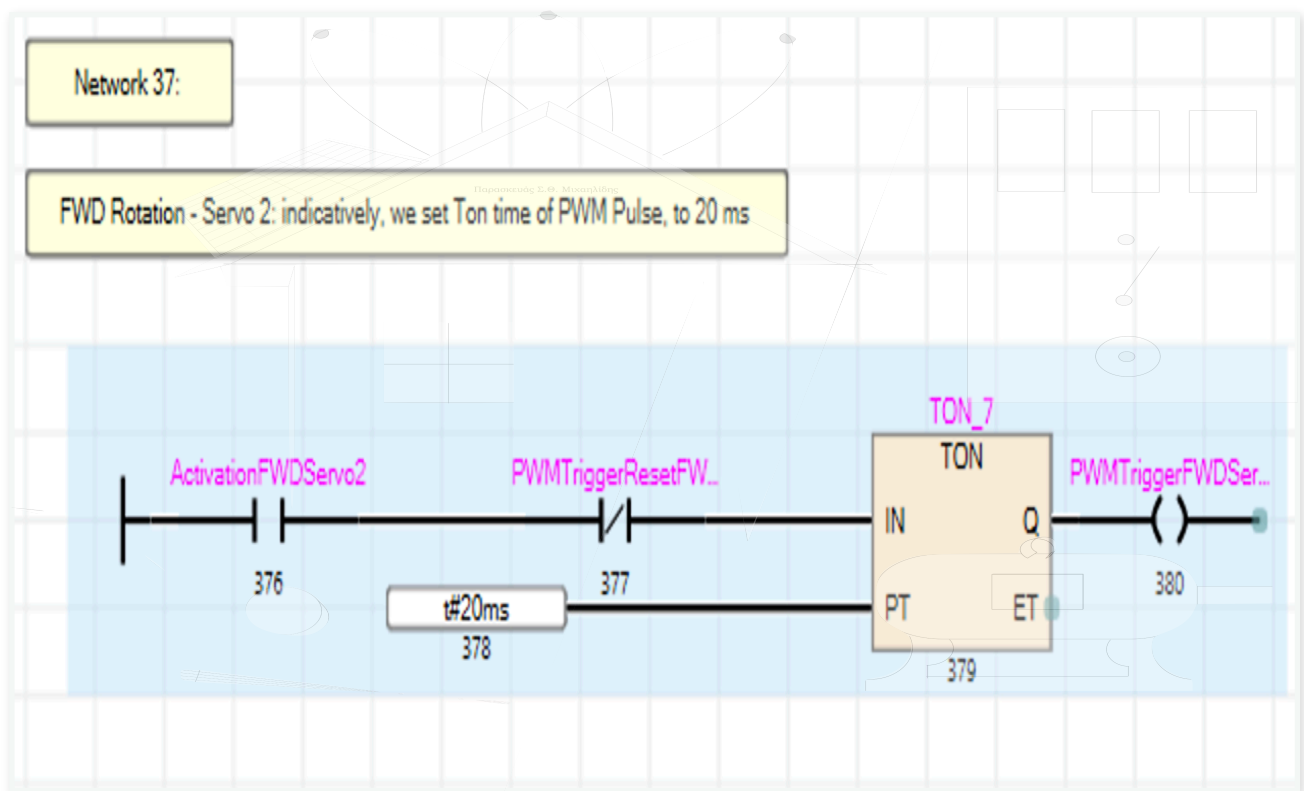
```

253 // Network 36:
254 // The activation for Servo 2, will be given automatically when the Exit's Proximity Sensor detects a vehicle.
255
256 ActivationFWDServo2 := (ActivationFWDServo2) OR (ExitIndProxSensor);
257

```

Εικόνα 2.190: Smart Parking Network 36 - ST Code

Επειτα, κατά αντιστοιχία με το Network 26, το **Network 37**, έχει στόχο να παράξει το θετικό σήμα διάρκειας T_{on} , του προαναφερθέντα σερβοκινητήρα, κατά την ορθή φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης, TON_7. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν δεν έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του ελέγχου PWM του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου (κατά την ορθή φορά) και ταυτόχρονα το σήμα ενεργοποίησης PWM ελέγχου (του προηγούμενου σερβοκινητήρα) είναι ενεργό, παράγεται το σήμα έναυσης PWM ελέγχου του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου, κατά την ορθή φορά. Εδώ έχει επιλεγθεί, $T_{on} = 20ms$. Επί του κώδικα ST του



Εικόνα 2.191: Smart Parking Network 37 - Ladder

Network 37, καλούμε το FBD Block 'TON_7' μέσω της εντολής της 261ης γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

```

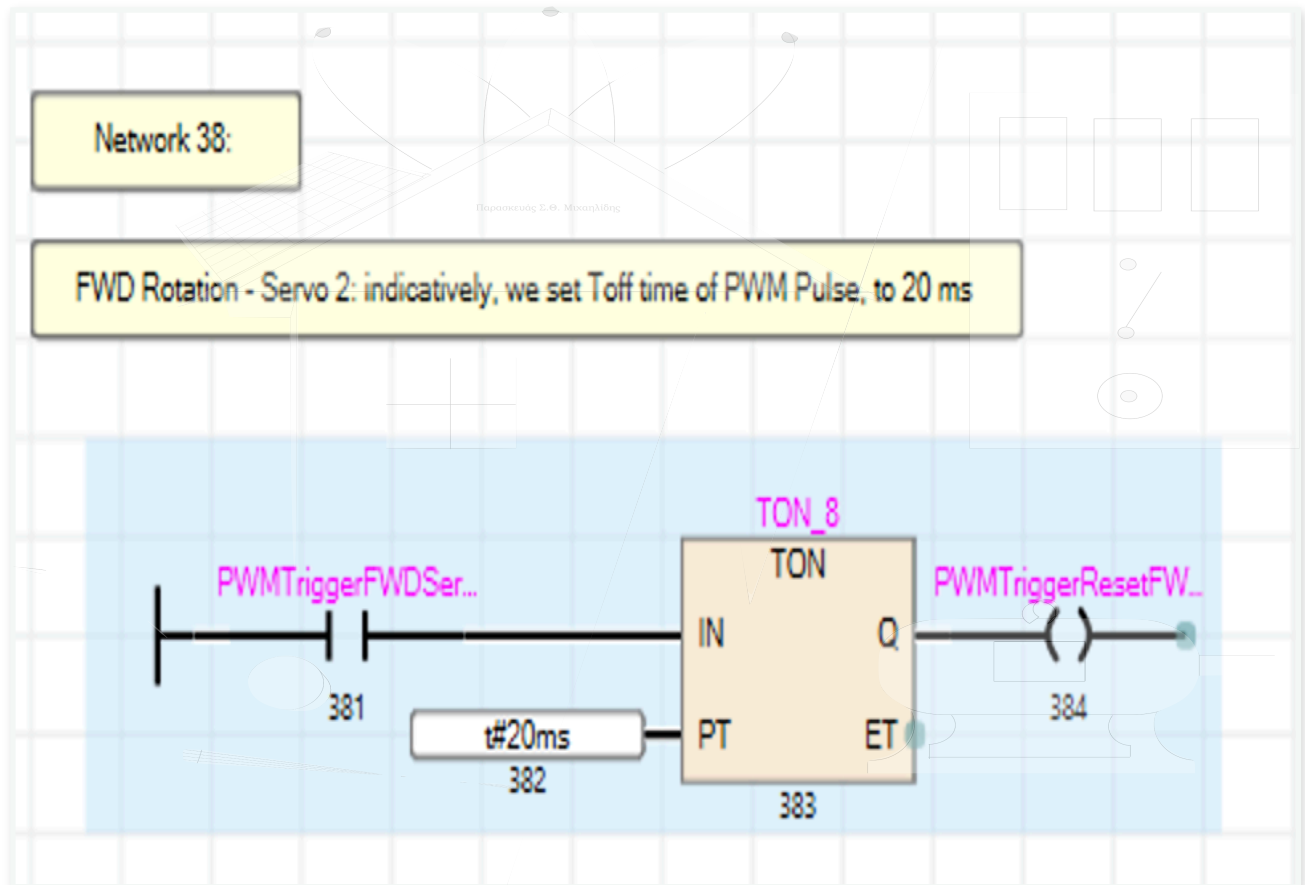
258 // Network 37:
259 //FWD Rotation - Servo 2: Indicatively, we set Ton time of PWM pulse, to 20ms
260
261 TON_7(IN:= (ActivationFWDServo2) AND ( NOT(PWMTriggerResetFWDServo2) ),PT:= t#20ms ,Q=> PWMTriggerFWDServo2 );
262

```

Εικόνα 2.192: Smart Parking Network 37 - ST Code

Ακολούθως, στόχος του **Network 38**, είναι να παραγάγει το σήμα μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} , το οποίο έχει επιλεγθεί να είναι, για λόγους συμμετρίας, διάρκειας 20ms. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα έναυσης ελέγχου PWM του προηγούμενου

σερβοκινητήρα (κατά την ορθή φορά) είναι ενεργό, τότε επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST του Network 38, καλούμε το FBD Block 'TON_8' μέσω της εντολής της 266^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.193: Smart Parking Network 38 - Ladder

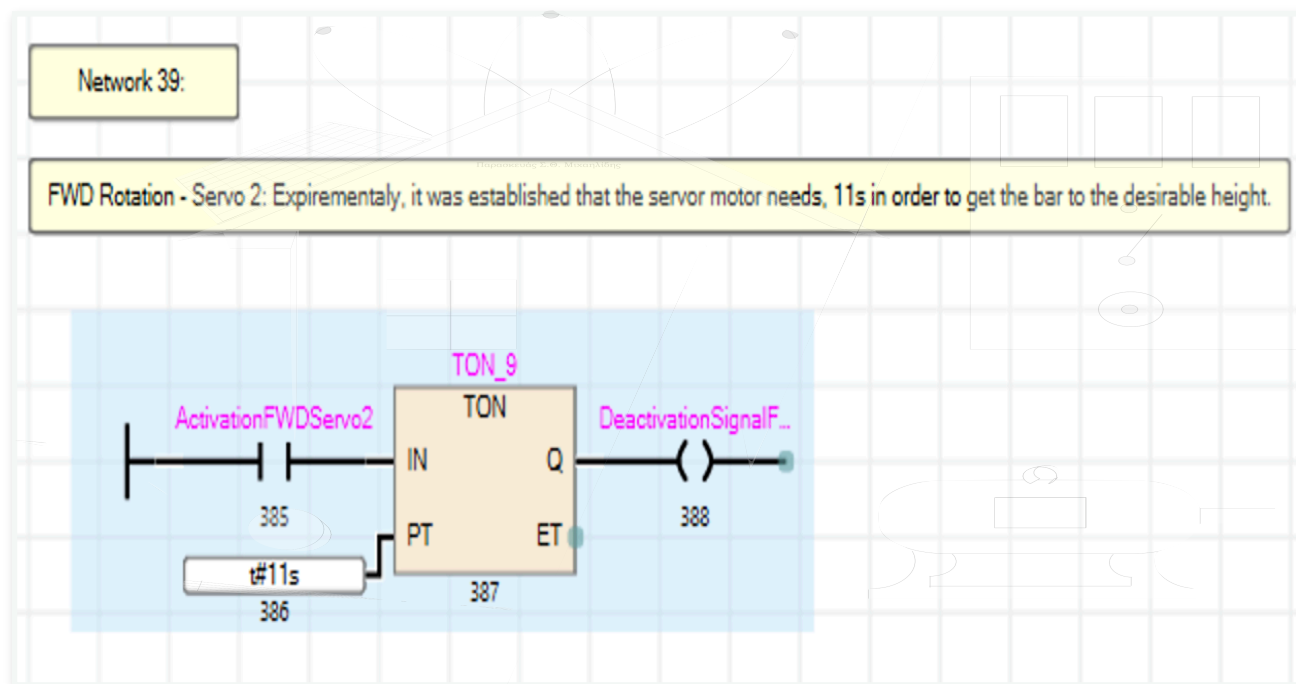
```

263 // Network 38:
264 //FWD Rotation - Servo 2: Indicatively, we set Toff time of PWM pulse, to 20ms
265
266 TON_8(IN:= PWMTriggerFWDServo2,PT:= t#20ms,Q=> PWMTriggerResetFWDServo2);
267

```

Εικόνα 2.194: Smart Parking Network 38 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 39**, είναι η παραγωγή του σήματος απενεργοποίησης του ελέγχου PWM του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου (κατά την ορθή φορά). Το σήμα απενεργοποίησης, παράγεται 11s από την έναρξη της διαδικασίας, καθώς παρατηρήσαμε πειραματικά, ότι με βάση την επιλεγμένη ταχύτητα περιστροφής, ο χρόνος που απαιτείται ώστε η μπάρα να φτάσει το επιθυμητό ύψος, είναι τα 11s. Οσον αφορά στον κώδικα ST, του Network 39, ομοίως καλούμε το FBD Block 'TON_9' μέσω της εντολής της 271^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.195: Smart Parking Network 39 - Ladder

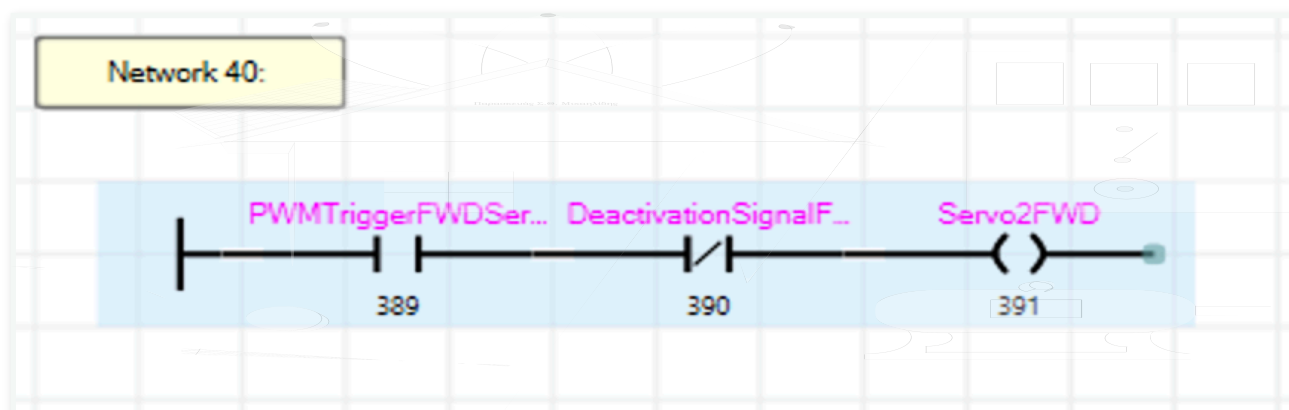
```

268 // Network 39:
269 //FWD Rotation - Servo 2: Experimentally, it was established that the servo motor needs 11s in order to get the bar to the desirable height
270
271 TON_9(IN:=ActivationFWDServo2,PT:= t#11s,Q=> DeactivationSignalFWDServo2);
272

```

Εικόνα 2.196: Smart Parking Network 39 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 40**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση, κατά την ορθή φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα έναυσης του ελέγχου PWM του προηγούμενου σερβοκινητήρα κατά την ορθή φορά και ταυτόχρονα δεν έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του προαναφερθέντα ελέγχου, τότε αρχίζει να σηκώνεται η μπάρα εξόδου. Επί του κώδικα ST του Network 40, πρακτικά, με την εντολή 'AND' συνδυάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω κι εφόσον ισχύουν τίθεται σε λογικό 1 η έξοδος "Servo1 FWD".



Εικόνα 2.197: Smart Parking Network 40 - Ladder

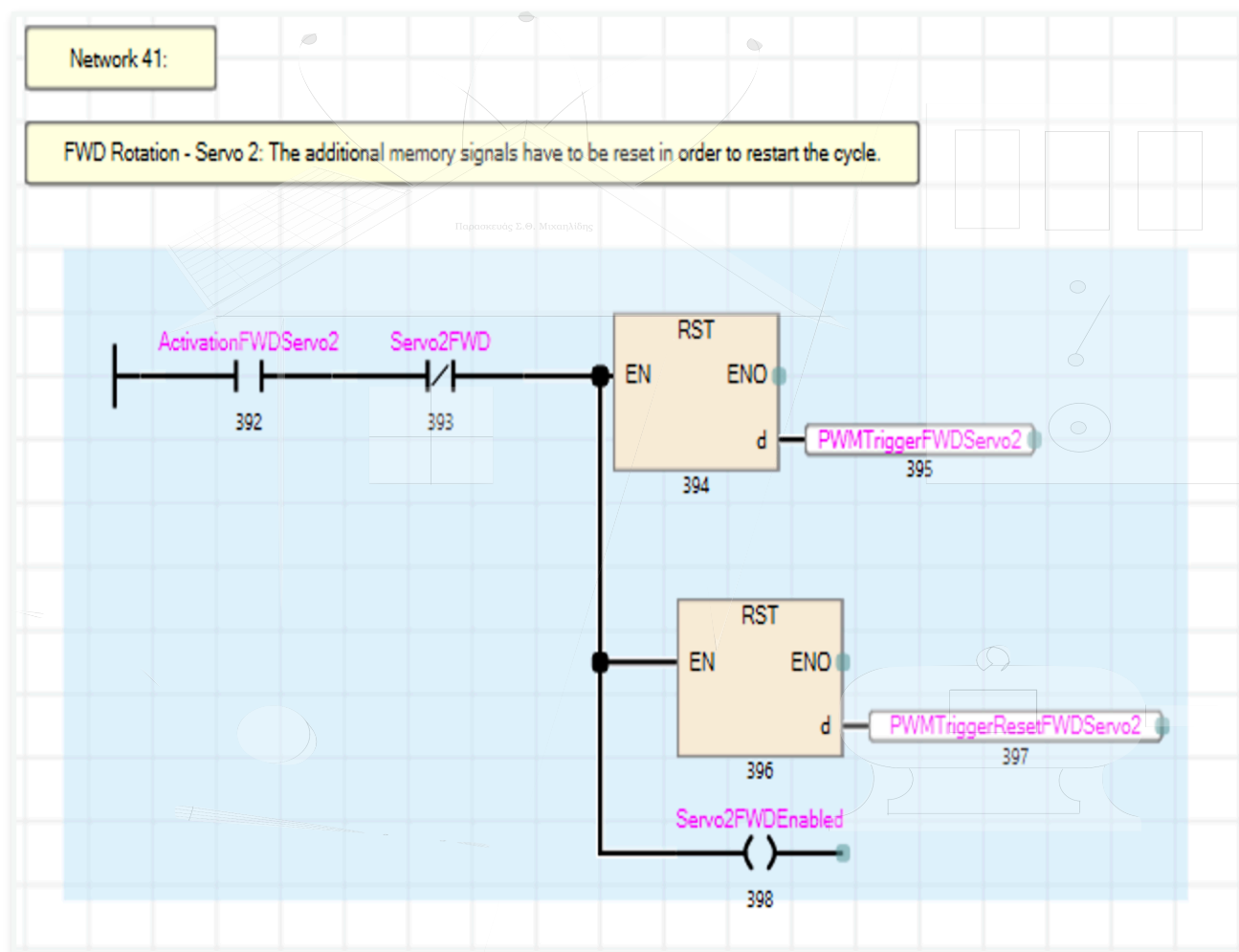
```

273 // Network 40:
274
275 Servo2FWD := (PWMTriggerFWDServo2) AND (NOT(DeactivationSignalFWDServo2));
276

```

Εικόνα 2.198: Smart Parking Network 40 - ST Code

Στο **Network 41**, που ακολουθεί γίνεται η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων του ελέγχου PWM (κατά την ορθή φορά) του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου, (βλ. “PWM Trigger FWD Servo 2” και “PWM Trigger Reset FWD Servo 2”) ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά των εν λόγω σημάτων γίνεται μέσω των FBD Blocks ‘RST’ εφόσον το σήμα ενεργοποίησης του προαναφερθέντα ελέγχου είναι ενεργό και ταυτόχρονα ο σερβοκινητήρας εξόδου έχει σταματήσει να περιστρέφεται (δηλαδή η μπάρα έχει φτάσει στο έχει φτάσει στο επιθυμητό ύψος). Παράλληλα με την επαναφορά των προηγούμενων σημάτων, παράγεται το βοηθητικό σήμα “Servo 2 FWD Enabled” μέσω του οποίου επιβεβαιώνεται ότι η λειτουργία του σερβοκινητήρα, κατά την ορθή φορά, έχει ολοκληρωθεί. Αναφορικά με τον κώδικα



Εικόνα 2.199: Smart Parking Network 41 - Ladder

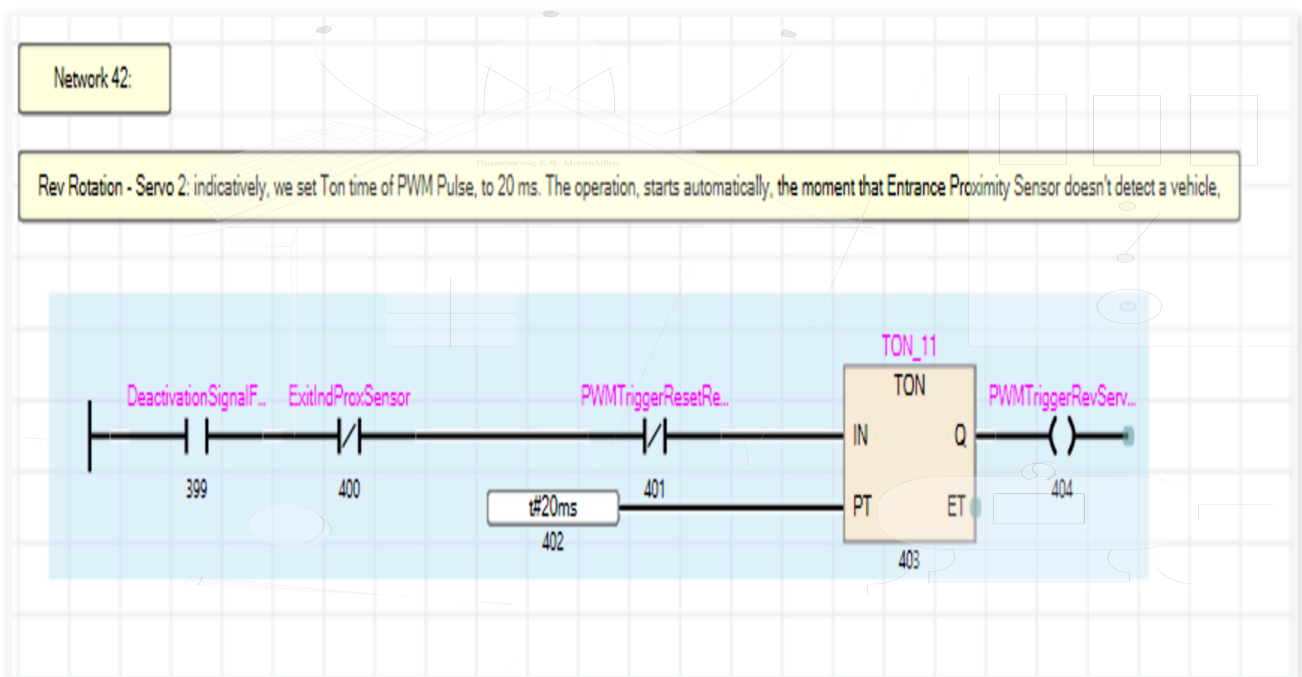
ST του Network 41, μέσω των εντολών της 281^{ης} και 284^{ης} γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks ‘RST’ την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές

εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.

```
277 // Network 41:
278 //FWD Rotation - Servo 2: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
279
280 //Firstly, reset the 'PWMTriggerFWDServo2' signal.
281 RST((ActivationFWDServo2) AND ( NOT(Servo2FWD) ) , PWMTriggerFWDServo2);
282
283 //Secondly, reset the 'PWMTriggerResetFWDServo2' signal.
284 RST((ActivationFWDServo2) AND ( NOT(Servo2FWD) ) , PWMTriggerResetFWDServo2);
285
286 Servo2FWDEnabled := (ActivationFWDServo2) AND ( NOT(Servo2FWD) );
287
```

Εικόνα 2.200: Smart Parking Network 41 - ST Code

Στα επόμενα networks, ακολουθεί η ανάλυση του αλγορίθμου PWM, κατά την **ανάστροφη** φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου. Αρχικά, στόχος του **Network 42**, είναι η παραγωγή του σήματος ενεργοποίησης του ελέγχου PWM, κατά την ανάστροφη φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου. Το σήμα ενεργοποίησης, δίνεται αυτόματα όταν ο επαγωγικός αισθητήρας απόστασης εξόδου αποδιεγερθεί, εφόσον το σήμα απενεργοποίησης του εν λόγω σερβοκινητήρα κατά την ορθή φορά είναι ενεργό και ταυτόχρονα το σήμα “PWM Trigger Reset FWD Servo 2” είναι ανενεργό. Επιπρόσθετα, με την ίδια λογική παράγεται το θετικό σήμα διάρκειας T_{on} , του προαναφερθέντα σερβοκινητήρα, κατά την ανάστροφη φορά, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_11. Αναφορικά με τον κώδικα ST, καλούμε το FBD Block ‘TON_11’ μέσω της εντολής



Εικόνα 2.201: Smart Parking Network 42 - Ladder

της 291^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

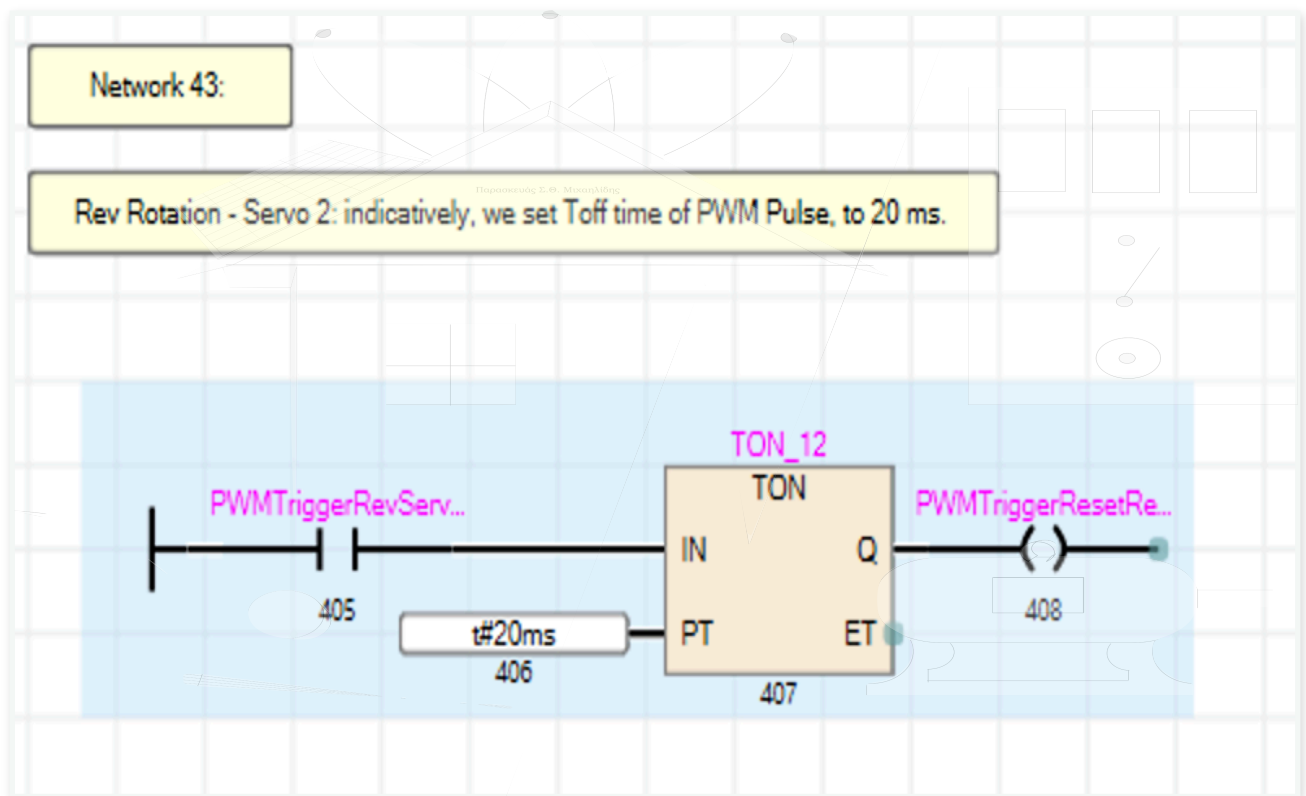
```

288 // Network 42:
289 // Rev Rotation - Servo 2: Indicatively, we set Ton time of PWM pulse, to 20ms. The operation starts automatically, the moment that the Exit Proximity Sensor doesn't detect a vehicle.
290
291 TON_11(IN:=( (DeactivationSignalFWDServo2) AND ( NOT(ExitIndProxSensor) AND ( NOT(PWMTriggerResetRevServo2)))) ),PT:= t#20ms ,Q=> PWMTriggerRevServo2);
292

```

Εικόνα 2.202: Smart Parking Network 42 - ST Code

Παρόμοια με το Network 32, στόχος του **Network 43**, είναι να παράξει το σήμα μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} , το οποίο έχει επιλεγθεί να είναι, για λόγους συμμετρίας, διάρκειας 20ms. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα έναυσης ελέγχου PWM του προηγούμενου σερβοκινητήρα (κατά την ανάστροφη φορά) είναι ενεργό, τότε επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST καλούμε το FBD Block 'TON_12' μέσω της εντολής της



Εικόνα 2.203: Smart Parking Network 43 - Ladder

231^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

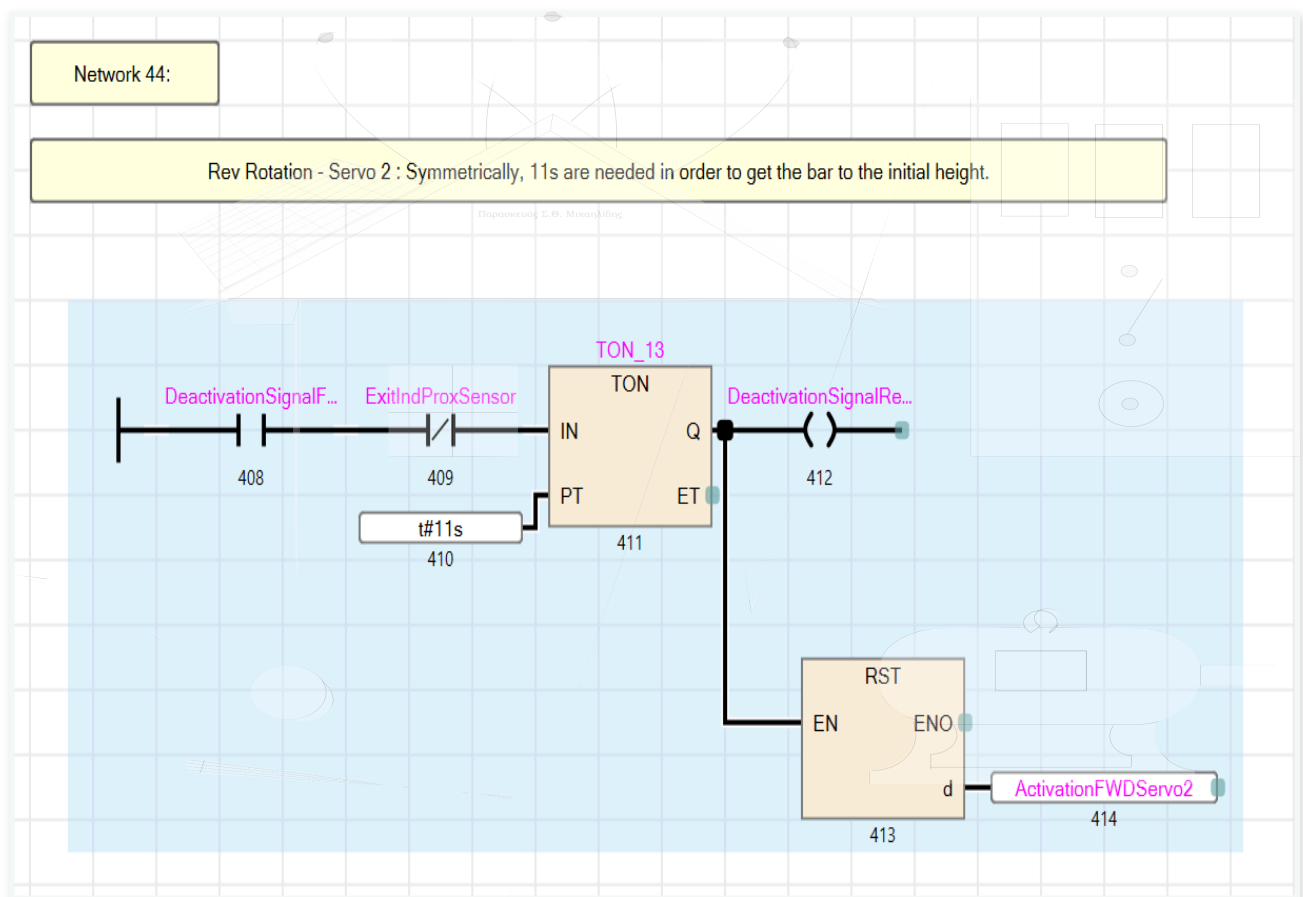
```

293 // Network 43:
294 // Rev Rotation - Servo 2: Indicatively, we set Toff time of PWM pulse, to 20ms.
295
296 TON_12(IN:= PWMTriggerRevServo2 ,PT:= t#20ms ,Q=> PWMTriggerResetRevServo2);
297

```

Εικόνα 2.204: Smart Parking Network 43 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 44**, είναι, τόσο η παραγωγή του σήματος απενεργοποίησης του ελέγχου PWM του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου (κατά την ανάστροφη φορά), όσο η επαναφορά του σήματος “Activation FWD Servo 2” που σε συνδυασμό με τις εντολές του επόμενου Network, θα οδηγήσει και στην επαναφορά του κύκλου λειτουργίας. Το σήμα απενεργοποίησης, παράγεται 11s από την αποδιέγερση του επαγωγικού αισθητήρα απόστασης εισόδου ώστε η μπάρα να επανέλθει στο ύψος ηρεμίας. Οσον αφορά στον κώδικα ST του



Εικόνα 2.205: Smart Parking Network 44 - Ladder

Network 44, ομοίως καλούμε το FBD Block ‘TON_13’ μέσω της εντολής της 300^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε. Επίσης, με την εντολή της 303^{ης} γραμμής, γίνεται η επαναφορά του σήματος “Activation FWD Servo 2” μέσω της κλήσης του FBD Block ‘RST’.

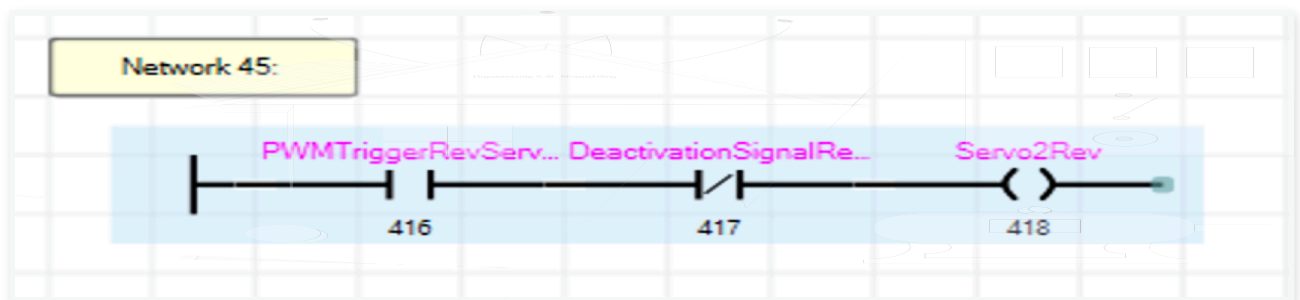
```

298 // Network 44:
299 // Rev Rotation - Servo 2: Symmetrically, 11s are needed in order to get the bar to the initial height.
300 TON_13(IN:= (DeactivationSignalFWDServo2) AND (NOT(ExitIndProxSensor)),PT:= #11s,Q=> DeactivationSignalRevServo2);
301
302 // With the command 'TON_13.Q' we take the output (Q) signal of TON_13
303 RST( TON_13.Q , ActivationFWDServo2 );
304

```

Εικόνα 2.206: Smart Parking Network 44 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 45**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση, κατά την ανάστροφη φορά, του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα έναυσης του ελέγχου PWM του προηγούμενου σερβοκινητήρα κατά την ανάστροφη φορά και ταυτόχρονα δεν έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του προαναφερθέντα ελέγχου, τότε αρχίζει να κατεβαίνει η μπάρα εξόδου. Επί του κώδικα ST του Network 45, πρακτικά, με την εντολή 'AND' συνδιάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω κι εφόσον ισχύουν τίθεται σε λογικό 1 η έξοδος "Servo2Rev".



Εικόνα 2.207: Smart Parking Network 45 - Ladder

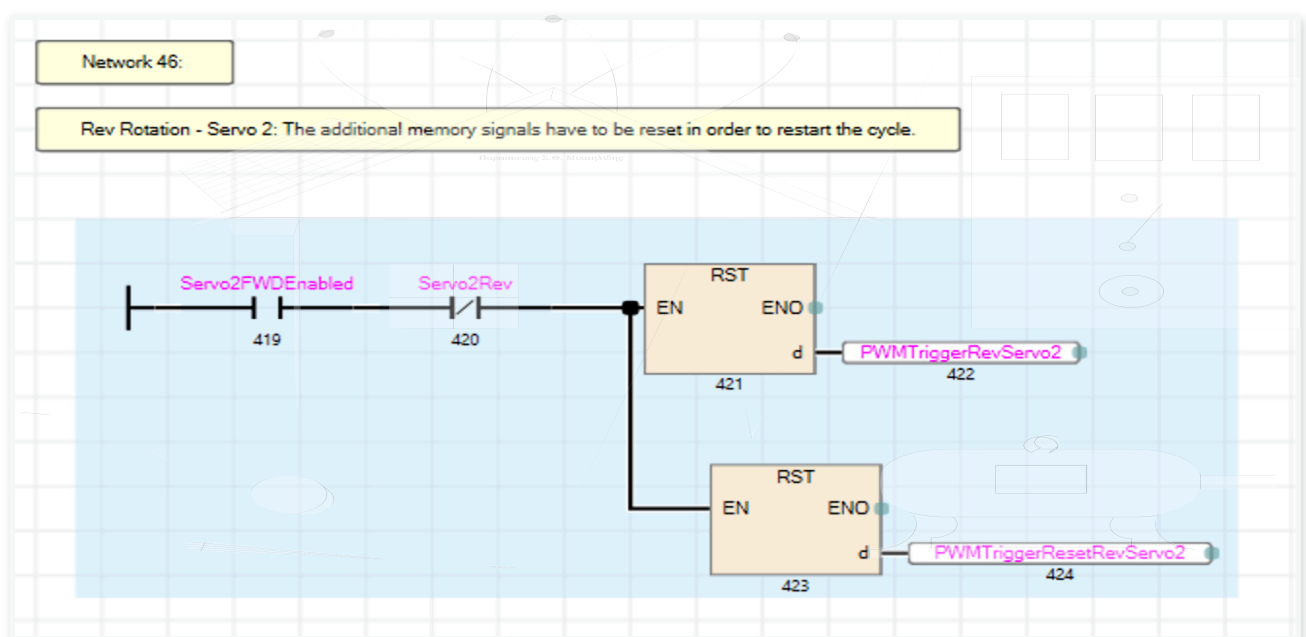
```

305 // Network 45:
306
307 Servo2Rev := (PWMTriggerRevServo2) AND (NOT(DeactivationSignalRevServo2));
308

```

Εικόνα 2.208: Smart Parking Network 45 - ST Code

Παρόμοια με το Network 35, στόχος του **Network 46** που ακολουθεί, αποτελεί η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων του ελέγχου PWM (κατά την ανάστροφη φορά) του σερβοκινητήρα της μπάρας εξόδου, (βλ. "PWM Trigger Rev Servo 2" και "PWM Trigger Reset Rev Servo 2") ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά των εν λόγω σημάτων



Εικόνα 2.209: Smart Parking Network 46 - Ladder

γίνεται μέσω των FBD Blocks 'RST' εφόσον το σήμα ενεργοποίησης του προαναφερθέντα ελέγχου είναι ενεργό και ταυτόχρονα ο σερβοκινητήρας εξόδου έχει σταματήσει να περιστρέφεται (δηλαδή η μπάρα έχει φτάσει στο ύψος ηρεμίας). Επί του κώδικα ST του Network 46, μέσω των εντολών της 313ης και 316ης γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks 'RST' την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.

```

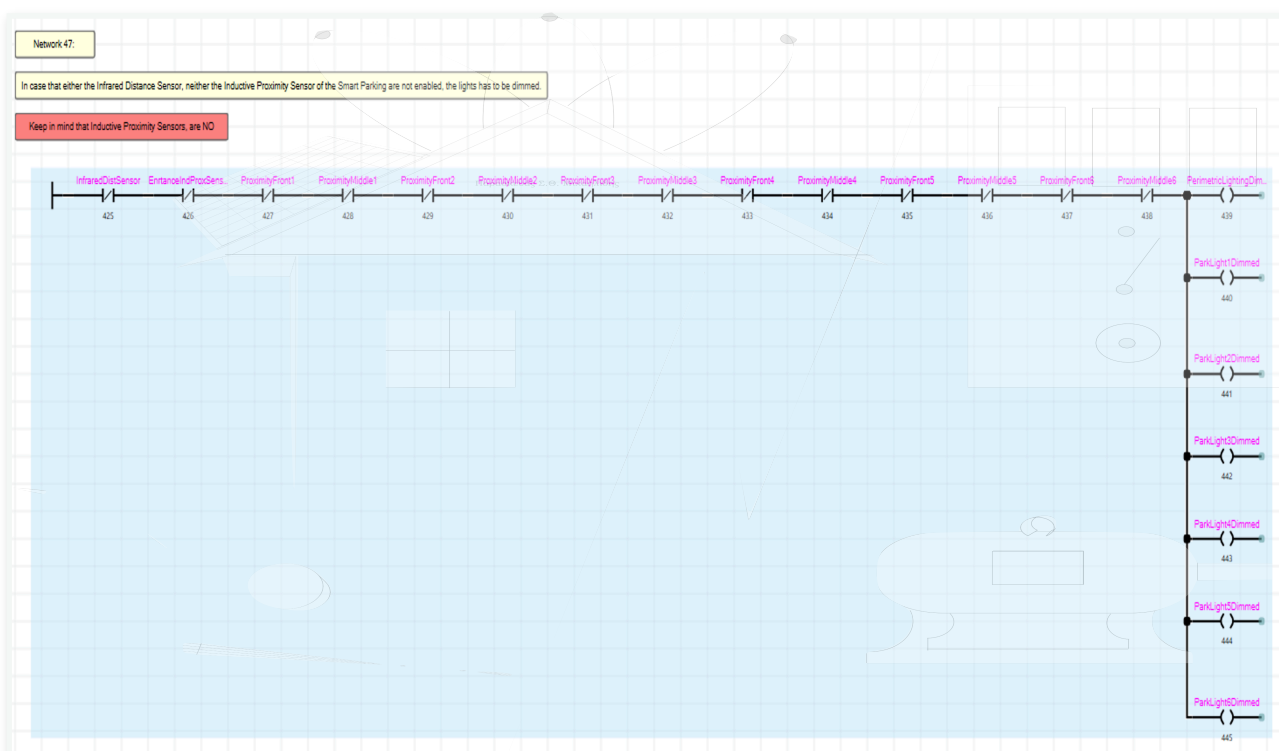
309 // Network 46:
310 //Rev Rotation - Servo 2: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
311
312 //Firstly, reset the 'PWMTriggerRevServo2' signal.
313 RST( (Servo2FWDEnabled) AND ( NOT(Servo2Rev) ), PWMTriggerRevServo2 );
314
315 //Secondly, reset the 'PWMTriggerResetRevServo2' signal.
316 RST( (Servo2FWDEnabled) AND ( NOT(Servo2Rev) ), PWMTriggerResetRevServo2 );
317

```



Εικόνα 2.210: Smart Parking Network 46 - ST Code

Στη συνέχεια, όπως έχει αναφερθεί στην ενότητα 'Πίνακας Συμβόλων' του παρόντος κεφαλαίου, αν στο χώρο έχουμε απουσία κίνησης, τότε η απόδοση τόσο των περιμετρικών φωτιστικών σωμάτων όσο κι εκείνων που βρίσκονται σε κάθε μία από τις θέσεις στάθμευσης, περιορίζεται σε ποσοστό μικρότερο του ονομαστικού. Ακριβώς αυτός είναι και ο στόχος του **Network 47**. Δηλαδή αν ο υπέρυθρος αισθητήρας απόστασης και ο επαγωγικός αισθητήρας απόστασης εισόδου αλλά και κανένας από τους εμπρόσθιους επαγωγικούς αισθητήρες απόστασης των θέσεων στάθμευσης (συμβατικών και ηλεκτρικών) δεν είναι ενεργός, τότε, ενεργοποιείται το κύκλωμα παροχής μειωμένης τάσης στα φωτιστικά που βρίσκονται περιμετρικά αλλά κι εκείνα σε κάθε θέση στάθμευσης. Ο κώδικας ST που ακολουθεί έχει διττή λειτουργία διότι συγχωνεύει το κύκλωμα



Εικόνα 2.211: Smart Parking Network 47 - Ladder

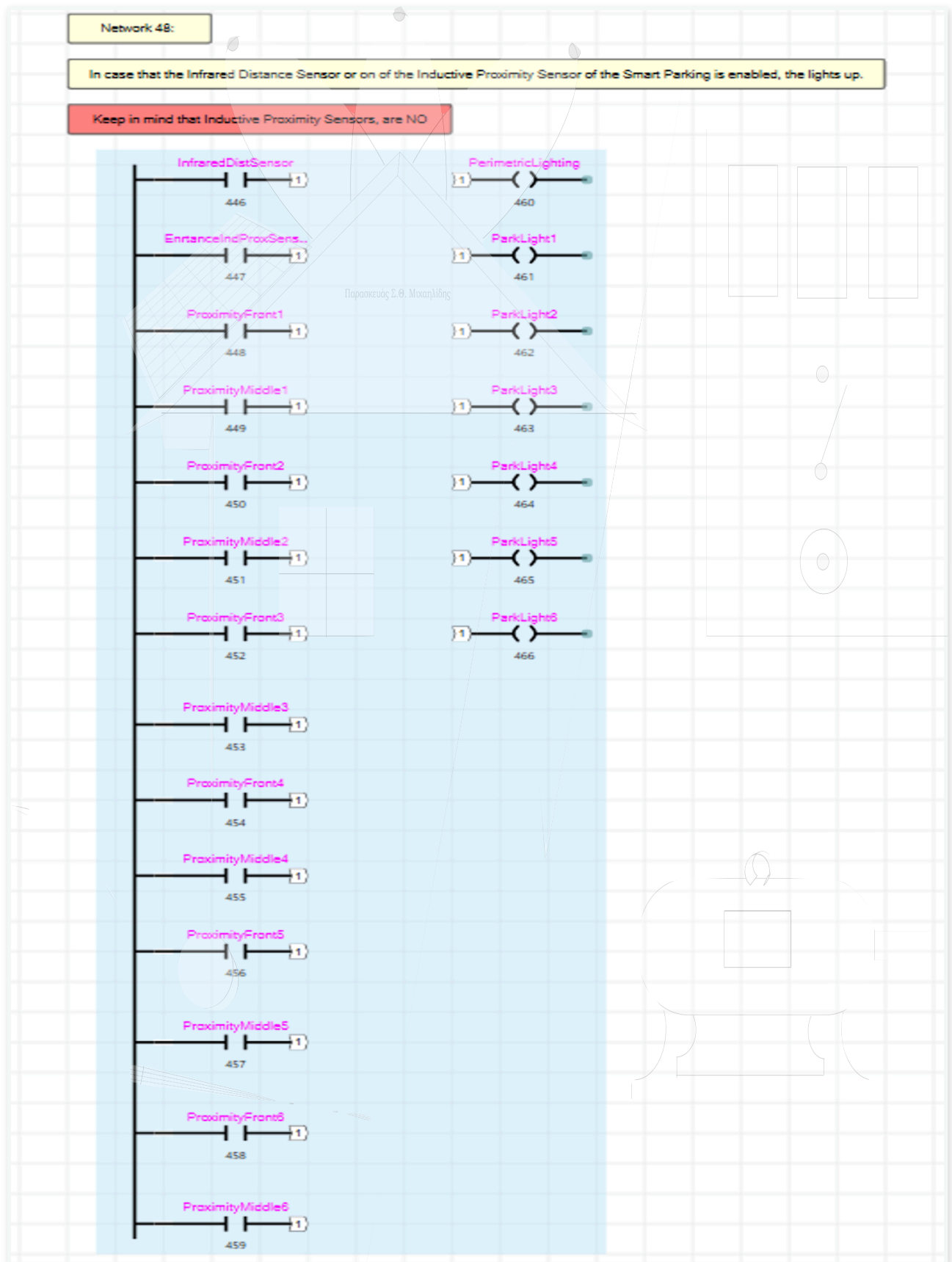
Ladder τόσο του Network 47, όσο του Network 48. Ο παρακάτω κώδικας παρατηρούμε ότι συνίσταται από ένα IF - ELSIF Case. Εντός της εμβέλειας του IF Statement υλοποιείται το κύκλωμα Ladder του Network 47, όπου συνθήκες που εξηγήσαμε συνδεούνται λογικά μεταξύ τους, με τις εντολές 'AND'. Ακόμη, σε λογικό 1 τίθενται μόνο οι έξοδοι που αφορούν στο κύκλωμα παροχής μειωμένης τάσης.

```
318 // Network 47 - Network 48:
319 //If case that either the Infrared Distance Sensor, neither an Inductive Proximity Sensor are not enabled, the lights has to be dimmed.
320
321 IF ( (NOT(InfraredDistSensor)) AND (NOT(EntranceIndProxSensor)) AND ((NOT(ProximityFront1))) AND ((NOT(ProximityMiddle1))) AND ((NOT(ProximityFront2))) AND ((NOT(ProximityMiddle2)))
322 AND ((NOT(ProximityFront3))) AND ((NOT(ProximityMiddle3))) AND ((NOT(ProximityFront4))) AND ((NOT(ProximityMiddle4))) AND ((NOT(ProximityFront5))) AND ((NOT(ProximityMiddle5))) AND
323 ((NOT(ProximityFront6))) AND ((NOT(ProximityMiddle6))) ) THEN
324 PerimetricLightingDimmed := 1;
325 ParkLight1Dimmed := 1;
326 ParkLight2Dimmed := 1;
327 ParkLight3Dimmed := 1;
328 ParkLight4Dimmed := 1;
329 ParkLight5Dimmed := 1;
330 ParkLight6Dimmed := 1;
331 PerimetricLighting := 0;
332 ParkLight1 := 0;
333 ParkLight2 := 0;
334 ParkLight3 := 0;
335 ParkLight4 := 0;
336 ParkLight5 := 0;
337 ParkLight6D := 0;
338 ELSIF ( InfraredDistSensor OR EntranceIndProxSensor OR ProximityFront1 OR ProximityMiddle1 OR ProximityFront2 OR ProximityMiddle2 OR ProximityFront3 OR ProximityMiddle3 OR ProximityFront4 OR
339 ProximityMiddle4 OR ProximityFront5 OR ProximityMiddle5 OR ProximityFront6 OR ProximityMiddle6 ) THEN
340 PerimetricLighting := 1;
341 ParkLight1 := 1;
342 ParkLight2 := 1;
343 ParkLight3 := 1;
344 ParkLight4 := 1;
345 ParkLight5 := 1;
346 ParkLight6D := 1;
347 PerimetricLightingDimmed := 0;
348 ParkLight1Dimmed := 0;
349 ParkLight2Dimmed := 0;
350 ParkLight3Dimmed := 0;
351 ParkLight4Dimmed := 0;
352 ParkLight5Dimmed := 0;
353 ParkLight6Dimmed := 0;
354 END_IF;
355
```

Εικόνα 2.212: Smart Parking Network 47-48 - ST Code

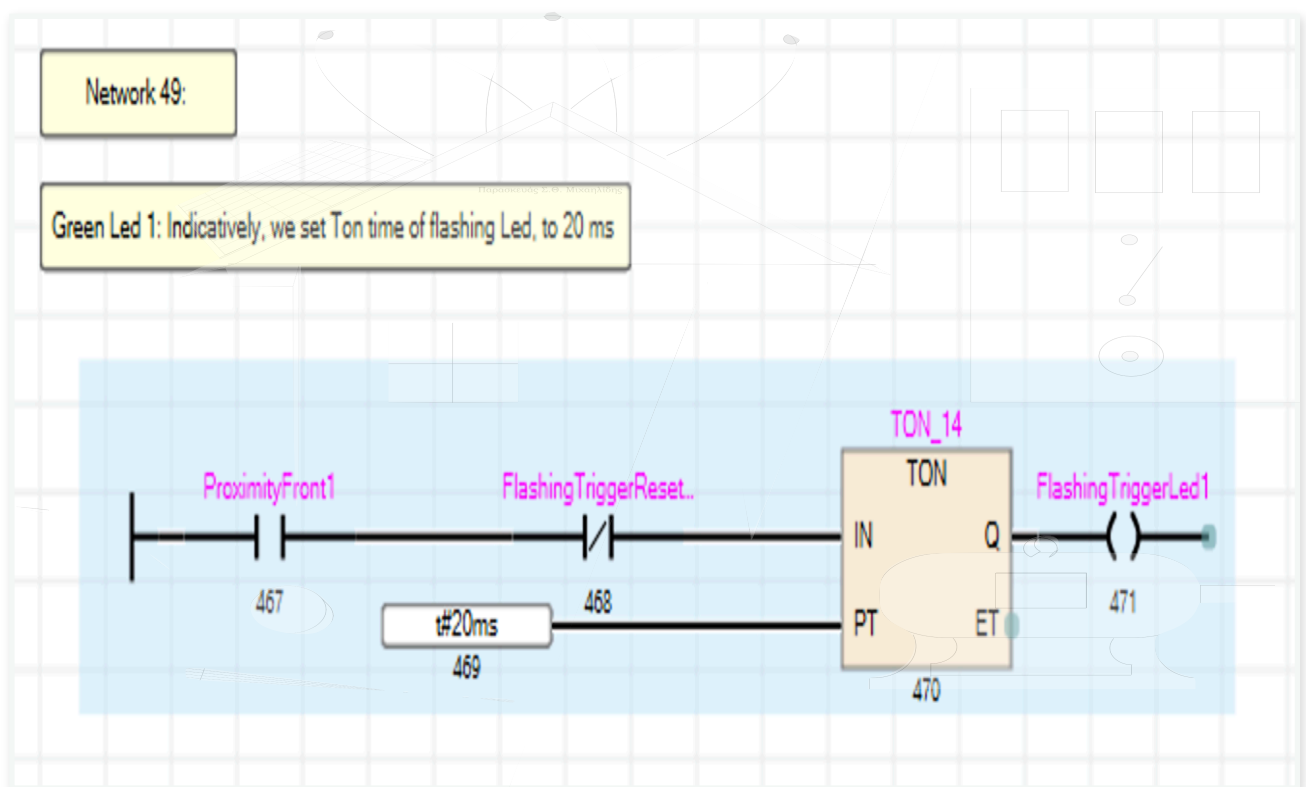
Ακολουθεί το **Network 48**, όπου σύμφωνα με την ενότητα 'Πίνακας Συμβόλων', αν στο χώρο έχουμε κίνηση, η οποία ανιχνεύεται είτε από τον υπέρυθρο αισθητήρα απόστασης, είτε από τον επαγωγικό αισθητήρα απόστασης εισόδου, είτε από κάποιον από τους 6 εμπρόσθιους επαγωγικούς αισθητήρες απόστασης των θέσεων στάθμευσης, τότε η στάθμη φωτισμού των προαναφερθέντων φωτιστικών σωμάτων είναι η ονομαστική και έχουμε την ενεργοποίηση των εξόδων που φαίνεται στο κάτωθι κύκλωμα Ladder. Επί του κώδικα ST του Network 48, εντός της εμβέλειας του παραπάνω ELSIF Statement υλοποιείται το κύκλωμα Ladder του Network 48, όπου

οι συνθήκες που εξηγήσαμε, συνδεόνται λογικά μεταξύ τους, με τις εντολές 'OR'. Ακόμη, σε λογικό 1 τίθενται μόνο οι έξοδοι που αφορούν στο κύκλωμα παροχής ονομαστικής τάσης.



Εικόνα 2.213: Smart Parking Network 48 - Ladder

Στα Networks που ακολουθούν, θα αναλυθεί ο αλγόριθμος επιτήρησης της ορθής στάθμευσης του κάθε οχήματος, όπως αναφέρθηκε στην ενότητα 'Πίνακας Συμβόλων'. Συγκεκριμένα, όταν το όχημα διεγείρει τον εκάστοτε εμπρόσθιο επαγωγικό αισθητήρα απόστασης, η αντίστοιχη πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής, αναβοσβήνει ωσότου το όχημα σταθμεύσει ορθά, καθ' ύψος. Ο χρόνος που θα είναι σβηστή η προαναφερθείσα δίοδος είναι 20ms και για λόγους συμμετρίας, ταυτίζεται με το χρόνο που θα ακτινοβολεί. Αρχικά, στόχος του **Network 49**, είναι η παραγωγή του θετικού σήματος διάρκειας T_{on} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_14), κατά τη διάρκεια του οποίου η πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής 1 θα ακτινοβολεί. Το σήμα διάρκειας T_{on} , παράγεται αυτόματα με την διέγερση του εμπρόσθιου επαγωγικού αισθητήρα απόστασης 1, εφόσον το σήμα "Flashing Trigger Reset Led 1" είναι ανενεργό. Αναφορικά με τον κώδικα ST, καλούμε το FBD



Εικόνα 2.214: Smart Parking Network 49 - Ladder

Block 'TON_14' μέσω της εντολής της 359ης γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

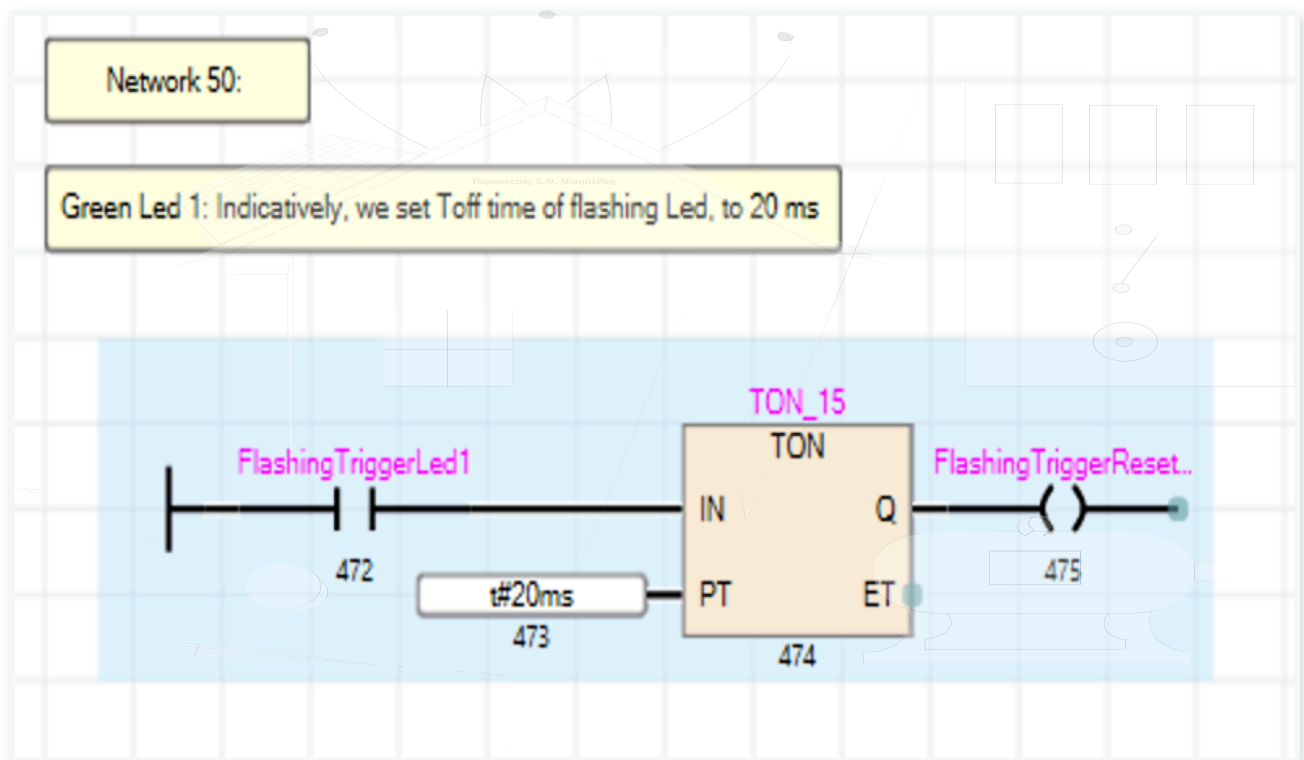
```

356 // Network 49:
357 //Green Led 1 - Flashing: Indicatively, we set Ton time of flashing led to 20ms
358
359 TON_14(IN:= (ProximityFront1) AND ( NOT(FlashingTriggerResetLed1) ),PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerLed1);
360

```

Εικόνα 2.215: Smart Parking Network 49 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 50**, είναι η παραγωγή του σήματος μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_15), κατά τη διάρκεια του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1 θα είναι σβηστή. Αν το σήμα έναυσης της προαναφερθείσας λειτουργίας είναι ενεργό τότε, μετά από 20ms, επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST του Network 50, καλούμε το FBD Block 'TON_15' μέσω της εντολής της 364^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.216: Smart Parking Network 50 - Ladder

```

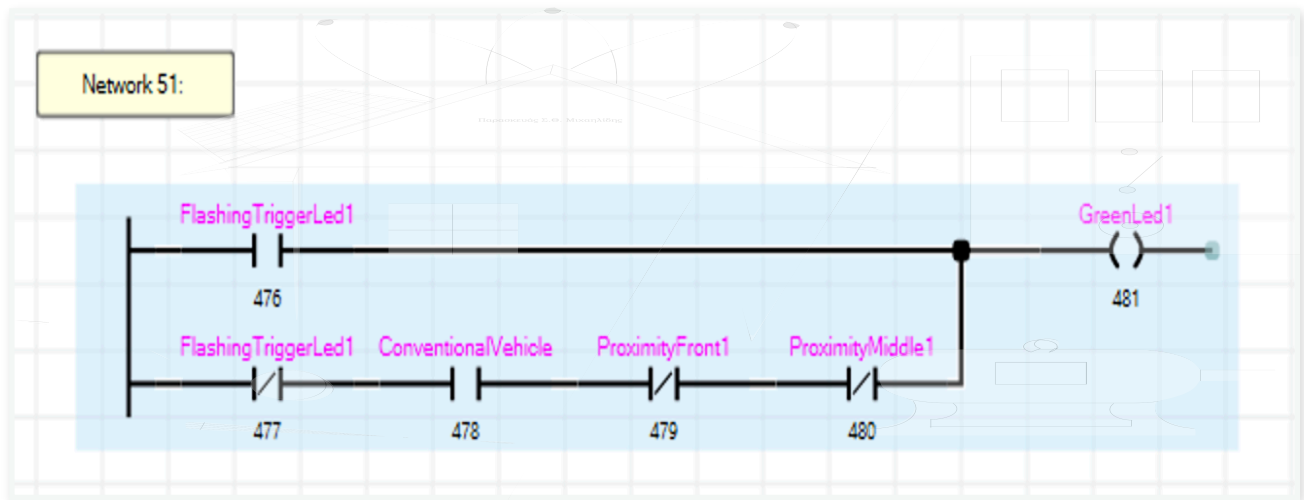
361 // Network 50:
362 //Green Led 1 - Flashing: Indicatively, we set Toff time of flashing led, to 20ms
363
364 TON_15(IN:= FlashingTriggerLed1 ,PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerReset1);
365

```

Εικόνα 2.217: Smart Parking Network 50 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 51**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση της Πράσινης Δίοδου Φωτοεκπομπής 1. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα "Flashing Trigger Led 1" είναι ενεργό η προηγούμενη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί. Όταν το εν λόγω σήμα δεν είναι ενεργό τότε η δίοδος θα είναι σβηστή. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται το φωτορυθμικό που ήδη έχουμε αναλύσει. Επιπρόσθετα, ο παράλληλος κλάδος του κάτωθι κυκλώματος Ladder, ενεργοποιείται όταν το όχημα που εισέρχεται στο χώρο στάθμευσης είναι συμβατικό, ενώ παράλληλα, το σήμα "Flashing Trigger Led 1" είναι ανενεργό όπως και κάθε ένας από τους επαγωγικούς αισθητήρες απόστασης της 1^{ης} θέσης στάθμευσης. Στην προηγούμενη περίπτωση η

πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί σταθερά. Επί του κώδικα ST του Network 51, με την εντολή ‘AND’ συνδιάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω και με την εντολή ‘OR’ αναπαρίσταται ο παράλληλος κλάδος.



Εικόνα 2.218: Smart Parking Network 51 - Ladder

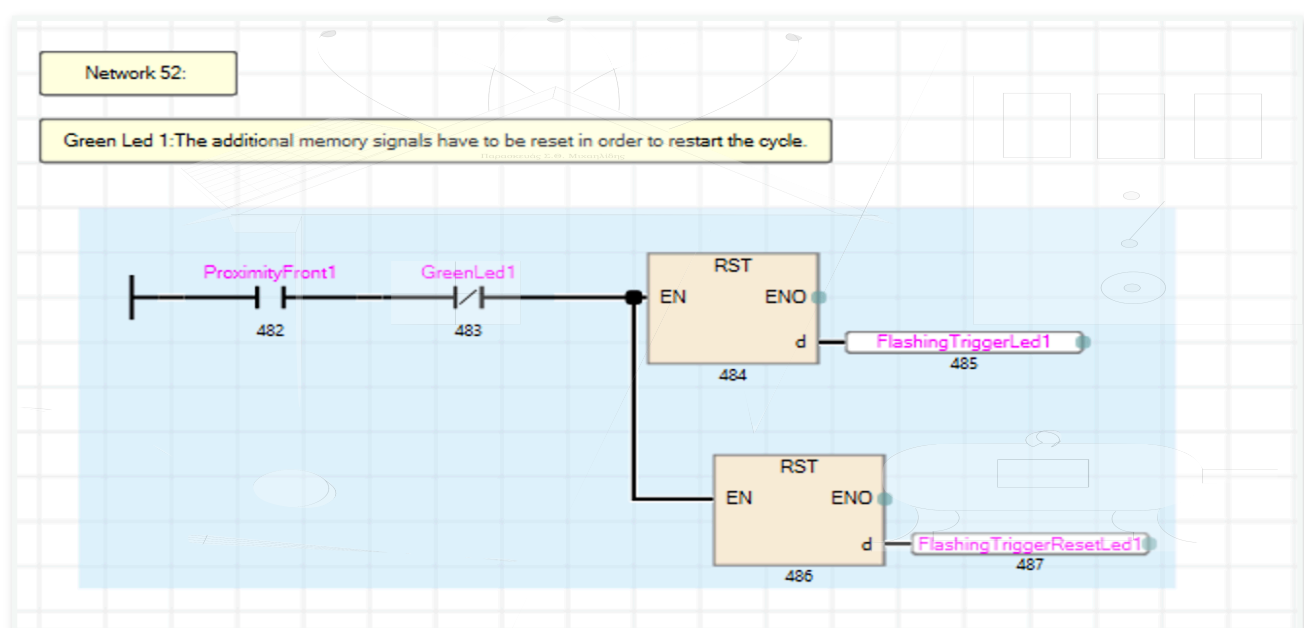
```

366 // Network 51:
367 // The usage of the parallel sector, is to control the operation of the Led 1, when a conventional vehicle is about to entry the smart parking
368
369 GreenLed1 := (FlashingTriggerLed1) OR ((NOT(FlashingTriggerLed1)) AND (ConventionalVehicle) AND (NOT(ProximityFront1)) AND (NOT(ProximityMiddle1)));
370

```

Εικόνα 2.219: Smart Parking Network 51 - ST Code

Εν συνεχεία, στόχος του **Network 52** που ακολουθεί, αποτελεί η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, βλέπε “Flashing Trigger Led 1” και “Flashing Trigger Reset Led 1”) ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά



Εικόνα 2.220: Smart Parking Network 52 - Ladder

των εν λόγω σημάτων γίνεται μέσω των FBD Blocks 'RST' εφόσον ο Εμπρόσθιος Επαγωγικός Αισθητήρας 1 έχει πλέον αποδιεγερθεί (υπόψιν ότι ο εν λόγω αισθητήρας είναι NO) και η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 1 δεν ακτινοβολεί. Επί του κώδικα ST του Network 52, μέσω των εντολών της 375ης και 378ης γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks 'RST' την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.

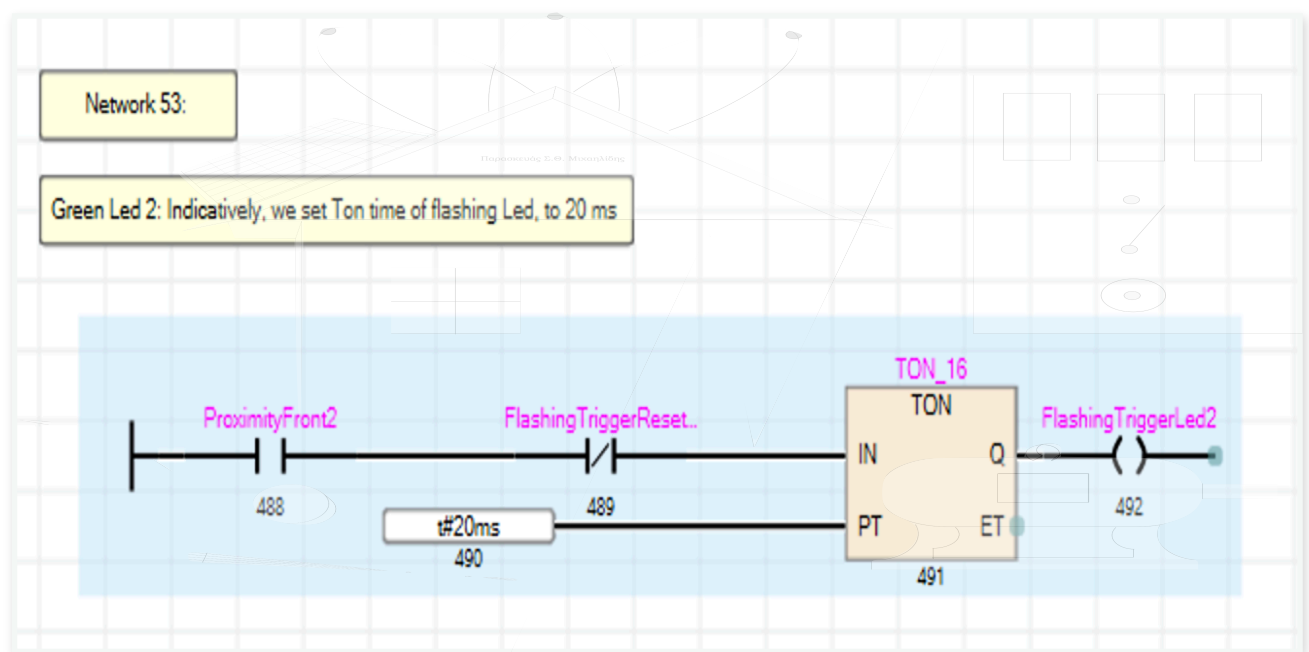
```

371 // Network 52:
372 //Green Led 1 - Flashing:: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
373
374 //Firstly, reset the 'FlashingTriggerLed1' signal.
375 RST( (ProximityFront1) AND ( NOT(GreenLed1) ) , FlashingTriggerLed1 );
376
377 //Secondly, reset the 'FlashingTriggerResetLed1' signal.
378 RST( (ProximityFront1) AND ( NOT(GreenLed1) ) , FlashingTriggerResetLed1 );
379

```

Εικόνα 2.221: Smart Parking Network 52 - ST Code

Αντίστοιχα με το Network 49, στόχος του **Network 53**, είναι η παραγωγή του θετικού σήματος και διάρκειας T_{on} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_16), κατά τη εξέλιξη του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2 θα ακτινοβολεί. Το σήμα διάρκειας T_{on} , παράγεται αυτόματα με την διέγερση του Εμπρόσθιου Επαγωγικού Αισθητήρα Απόστασης 2, εφόσον το σήμα “Flashing Trigger Reset Led 2” είναι ανενεργό. Αναφορικά με τον κώδικα ST, καλούμε το FBD Block ‘TON_16’



Εικόνα 2.222: Smart Parking Network 53 - Ladder

μέσω της εντολής της 383ης γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

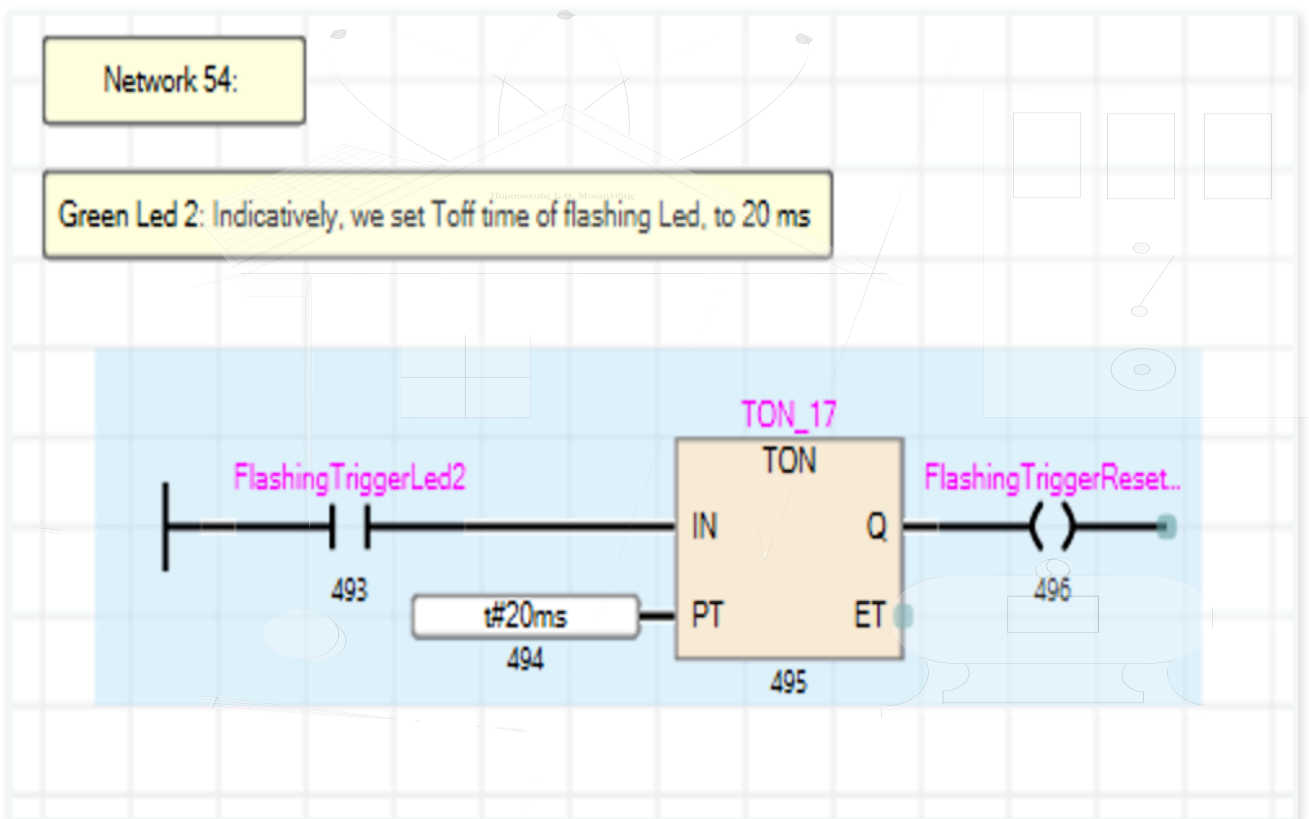

```

380 // Network 53:
381 //Green Led 2 - Flashing: Indicatively, we set Ton time of flashing led to 20ms
382
383 TON_16(IN:= (ProximityFront2) AND ( NOT(FlashingTriggerResetLed2) ),PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerLed2);
384

```

Εικόνα 2.223: Smart Parking Network 53 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 54**, είναι η παραγωγή του σήματος μηδενικού πλάτους διάρκειας T_{off} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_17), κατά τη διάρκεια του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2 θα είναι σβηστή. Αν το σήμα έναυσης της προαναφερθείσας λειτουργίας είναι ενεργό, τότε, μετά από 20ms, επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST του Network 54, καλούμε το FBD Block 'TON_17' μέσω της εντολής της 388ης γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.224: Smart Parking Network 54 - Ladder

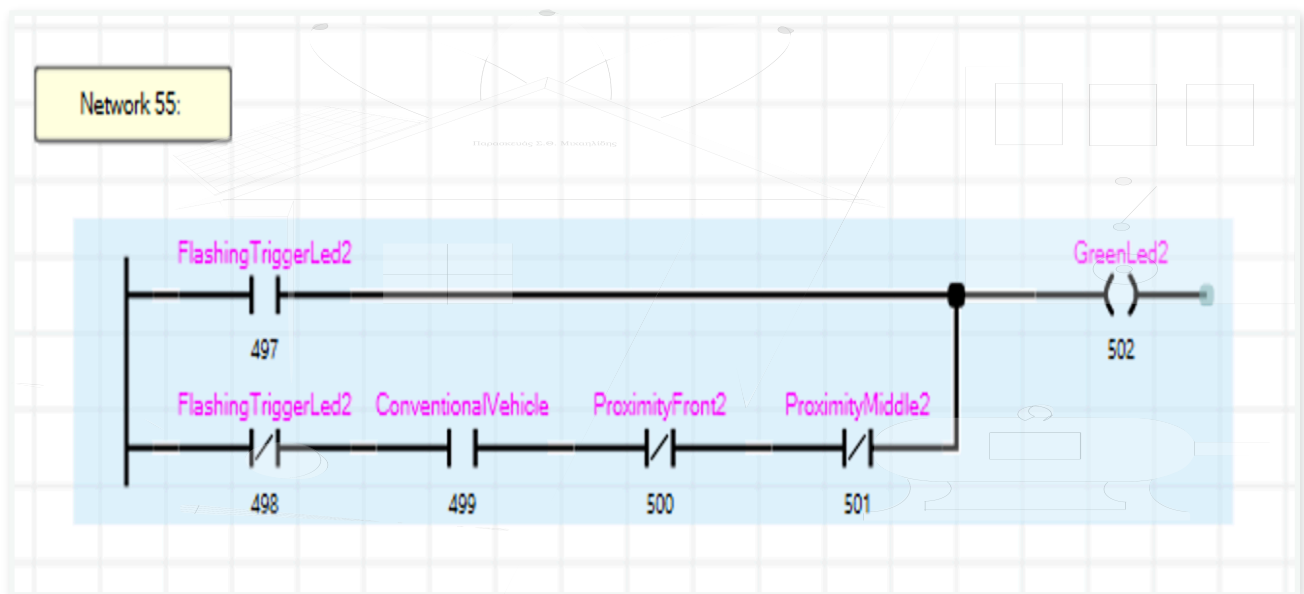
```

385 // Network 54:
386 //Green Led 2 - Flashing: Indicatively, we set Toff time of flashing led, to 20ms
387
388 TON_17(IN:= FlashingTriggerLed2 ,PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerResetLed2);
389

```

Εικόνα 2.225: Smart Parking Network 54 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 55**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση, της Πράσινης Δίοδου Φωτοεκπομπής 2. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα “Flashing Trigger Led 2” είναι ενεργό η προηγούμενη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί. Όταν το εν λόγω σήμα δεν είναι ενεργό τότε η δίοδος θα είναι σβηστή. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται το φωτορυθμικό που ήδη έχουμε αναλύσει. Επιπρόσθετα, ο παράλληλος κλάδος του κάτωθι κυκλώματος Ladder, ενεργοποιείται όταν το όχημα που εισέρχεται στο χώρο στάθμευσης είναι συμβατικό, ενώ ταυτόχρονα, το σήμα “Flashing Trigger Led 2” είναι ανενεργό όπως και κάθε ένας από τους επαγωγικούς αισθητήρες απόστασης της 2^{ης} θέσεις στάθμευσης. Στην προηγούμενη περίπτωση η



Εικόνα 2.226: Smart Parking Network 55 - Ladder

πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί σταθερά. Επί του κώδικα ST του Network 54, με την εντολή ‘AND’ συνδιάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω και με την εντολή ‘OR’ αναπαρίσταται ο παράλληλος κλάδος.

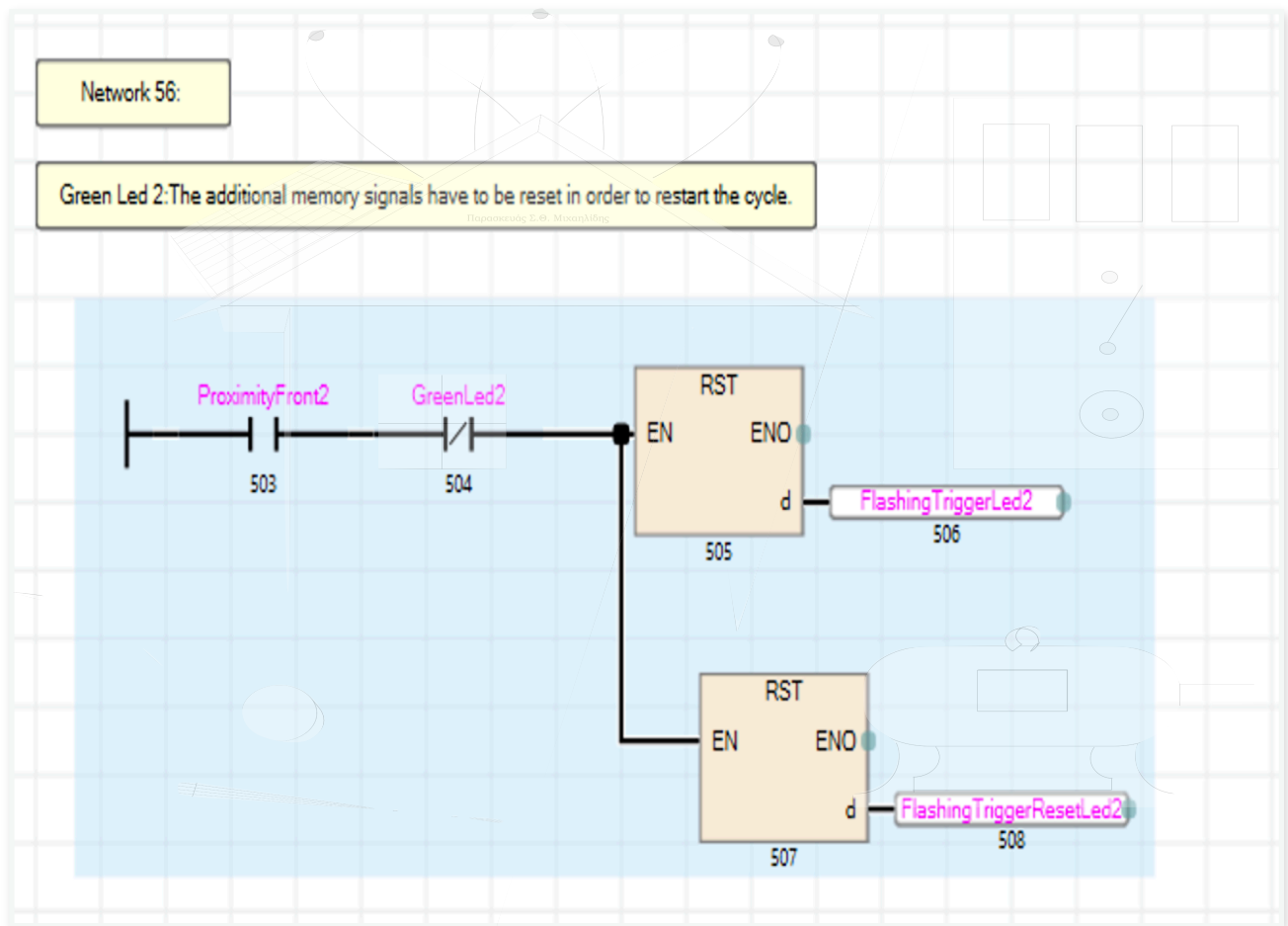
```

390 // Network 55:
391 // The usage of the parallel sector, is to control the operation of the Led 2, when a conventional vehicle is about to entry the smart parking
392
393 GreenLed2 := (FlashingTriggerLed2) OR ((NOT(FlashingTriggerLed2)) AND (ConventionalVehicle) AND (NOT(ProximityFront2)) AND (NOT(ProximityMiddle2)));
394

```

Εικόνα 2.227: Smart Parking Network 55 - ST Code

Εν συνεχεία, στόχος του **Network 56** που ακολουθεί, αποτελεί η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, (βλέπε “Flashing Trigger Led 2” και “Flashing Trigger Reset Led 2”) ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά των εν λόγω σημάτων γίνεται μέσω των FDB Blocks ‘RST’ εφόσον ο Εμπρόσθιος Επαγωγικός Αισθητήρας 2 έχει πλέον αποδιεγερθεί (υπόψιν ότι ο εν λόγω αισθητήρας είναι NO) και η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 2 δεν ακτινοβολεί. Επί του κώδικα ST του Network 56, μέσω των εντολών της 399^{ης} και 402^{ης} γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks ‘RST’ την σκοπιμότητα των οποίων



Εικόνα 2.228: Smart Parking Network 56 - Ladder

ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.

```

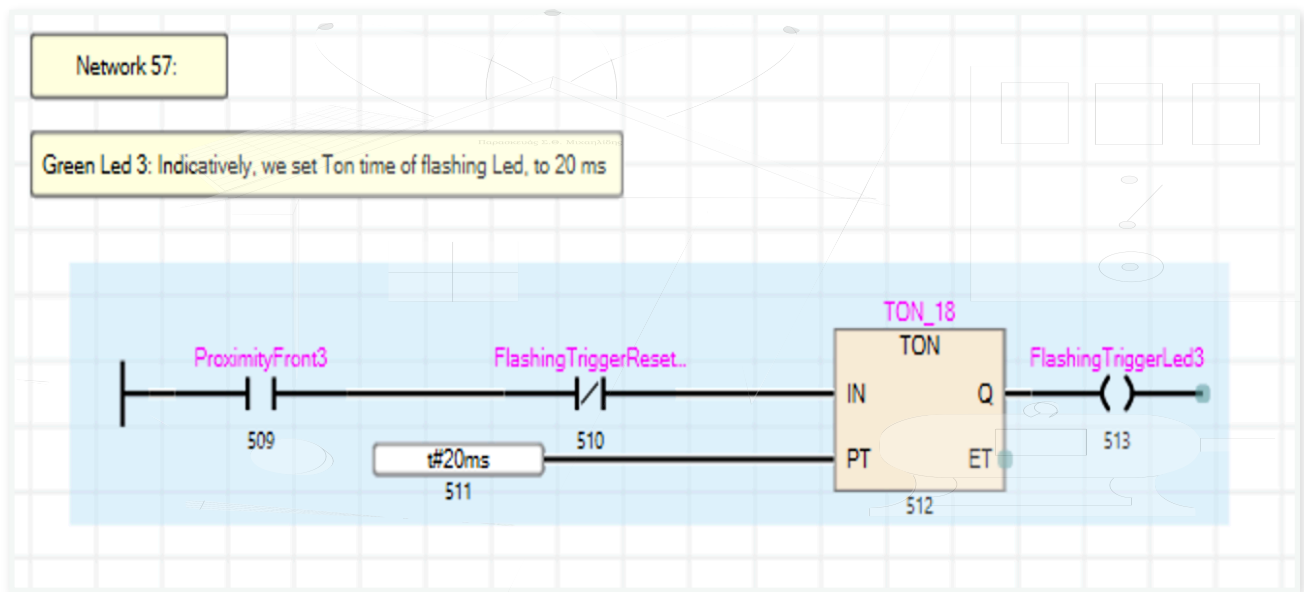
395 // Network 56:
396 //Green Led 2 - Flashing: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
397
398 //Firstly, reset the 'FlashingTriggerLed2' signal.
399 RST((ProximityFront2) AND ( NOT(GreenLed2) ), FlashingTriggerLed2 );
400
401 //Secondly, reset the 'FlashingTriggerResetLed2' signal.
402 RST((ProximityFront2) AND ( NOT(GreenLed2) ), FlashingTriggerResetLed2 );
403

```

Εικόνα 2.229: Smart Parking Network 56 - ST Code

Κατά αντιστοιχία με το Network 53, στόχος του **Network 57**, είναι η παραγωγή του θετικού σήματος και διάρκειας T_{on} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_18), κατά τη εξέλιξη του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 3 θα ακτινοβολεί. Το σήμα διάρκειας T_{on} , παράγεται αυτόματα με την διέγερση του Εμπρόσθιου Επαγωγικού Αισθητήρα Απόστασης 3, εφόσον το σήμα “Flashing Trigger Reset Led 3” είναι ανενεργό. Αναφορικά με τον κώδικα ST, καλούμε το FBD Block ‘TON_18’ μέσω της εντολής της 383^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης

και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.230: Smart Parking Network 57 - Ladder

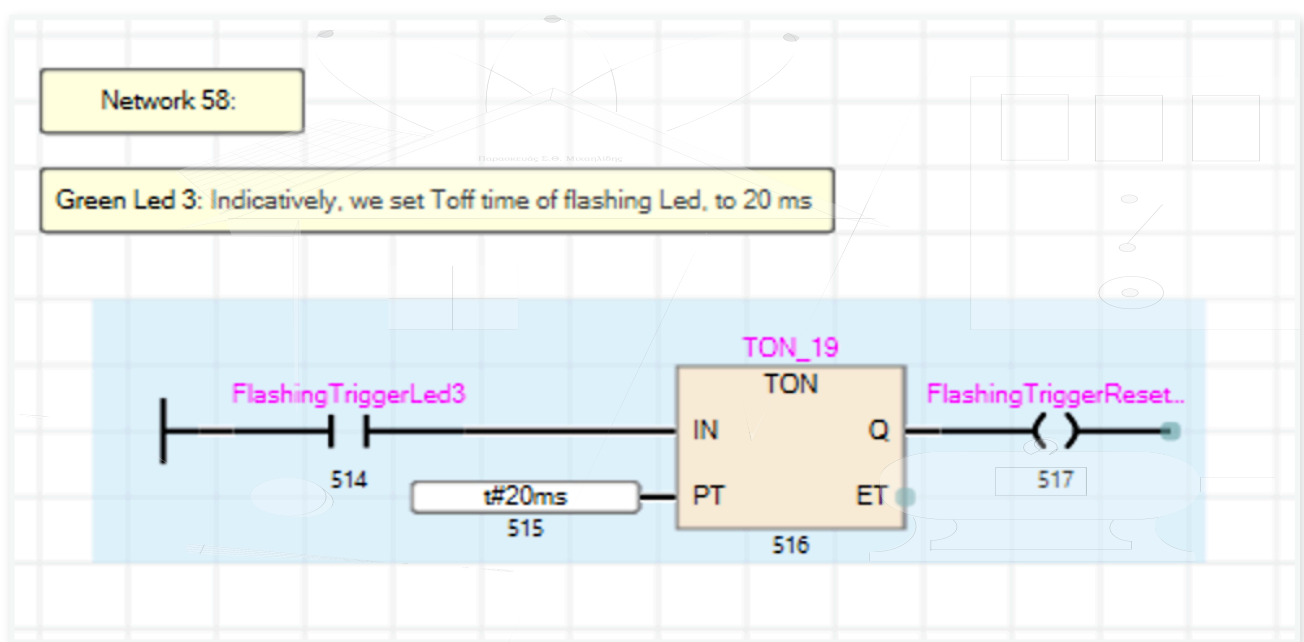
```

404 // Network 57:
405 //Green Led 3 - Flashing: Indicatively, we set Ton time of flashing led to 20ms
406
407 TON_18(IN:= (ProximityFront3) AND ( NOT(FlashingTriggerReset3) ),PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerLed3);
408

```

Εικόνα 2.231: Smart Parking Network 57 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 58**, είναι η παραγωγή του σήματος μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_19), κατά τη διάρκεια του οποίου η



Εικόνα 2.232: Smart Parking Network 58 - Ladder

Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 3 θα είναι σβηστή. Αν το σήμα έναυσης της προαναφερθείσας λειτουργίας είναι ενεργό, τότε, μετά από 20ms, επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST του Network 59, καλούμε το FBD Block 'TON_19' μέσω της εντολής της 412^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

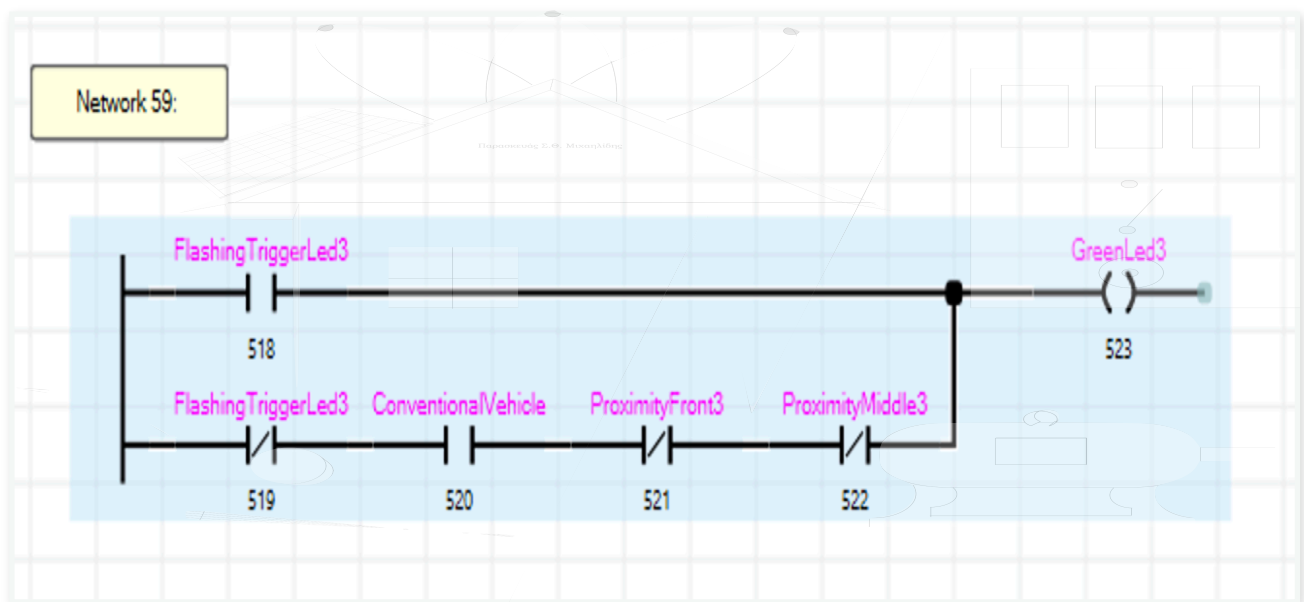
```

409 // Network 58:
410 //Green Led 3 - Flashing: Indicatively, we set Toff time of flashing led, to 20ms
411
412 TON_19(IN:= FlashingTriggerLed3 ,PT:= #20ms ,Q=> FlashingTriggerResetLed3);
413

```

Εικόνα 2.233: Smart Parking Network 58 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 59**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση, της Πράσινης Διόδου Φωτοεκπομπής 3. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα "Flashing Trigger Led 3" είναι ενεργό η προηγούμενη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί. Όταν το εν λόγω σήμα δεν είναι ενεργό τότε η δίοδος θα είναι σβηστή. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται το φωτορυθμικό που ήδη έχουμε αναλύσει. Επιπρόσθετα, ο παράλληλος κλάδος, του κάτωθι κυκλώματος Ladder, ενεργοποιείται όταν το όχημα που εισέρχεται στο χώρο στάθμευσης είναι συμβατικό, ενώ παράλληλα, το σήμα "Flashing Trigger Led 3" είναι ανενεργό όπως και και κάθε ένας από τους επαγωγικούς αισθητήρες απόστασης της 3^{ης} θέσεις στάθμευσης. Στην προηγούμενη περίπτωση η



Εικόνα 2.234: Smart Parking Network 59 - Ladder

πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί σταθερά. Επί του κώδικα ST του Network 59, με την εντολή 'AND' συνδιάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω και με την εντολή 'OR' αναπαρίσταται ο παράλληλος κλάδος.

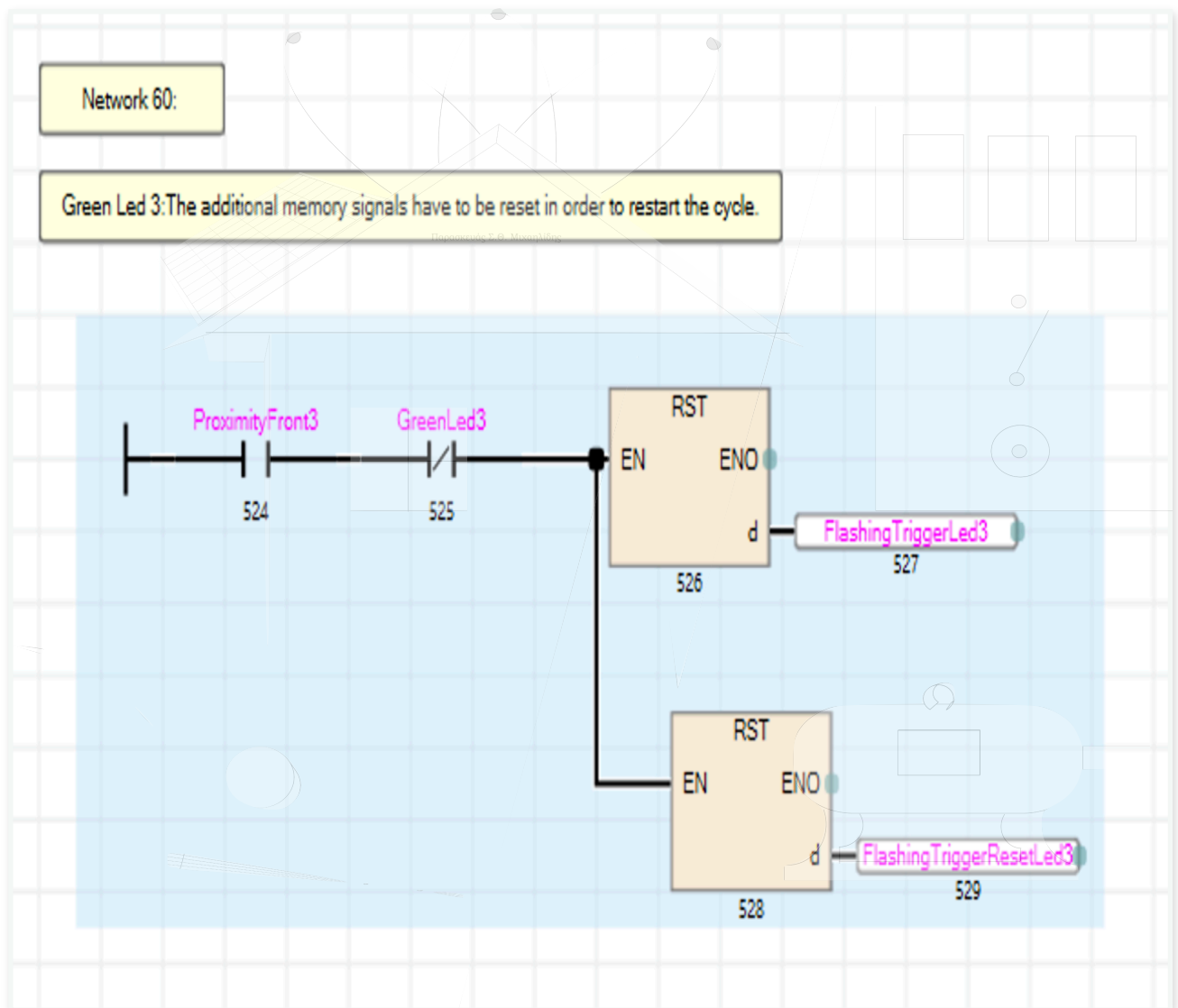
```

414 // Network 59:
415 // The usage of the parallel sector, is to control the operation of the Led 3, when a conventional vehicle is about to entry the smart parking
416
417 GreenLed3 := (FlashingTriggerLed3) OR ((NOT(FlashingTriggerLed3)) AND (ConvventionalVehicle) AND (NOT(ProximityFront3)) AND (NOT(ProximityMiddle3)));
418

```

Εικόνα 2.235: Smart Parking Network 59 - ST Code

Εν συνεχεία, στόχος του **Network 60** που ακολουθεί, αποτελεί η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, (βλέπε “Flashing Trigger Led 3” και “Flashing Trigger Reset Led 3”), ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά των εν λόγω σημάτων γίνεται μέσω των FBD Blocks ‘RST’ εφόσον ο Εμπρόσδιος Επαγωγικός Αισθητήρας 3 έχει πλέον αποδιεγερθεί (υπόψιν ότι ο εν λόγω αισθητήρας είναι NO) και η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 3 δεν ακτινοβολεί. Επί του κώδικα ST του Network 60, μέσω των εντολών της 423^{ης} και 426^{ης} γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks ‘RST’ την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.



Εικόνα 2.236: Smart Parking Network 60 - Ladder

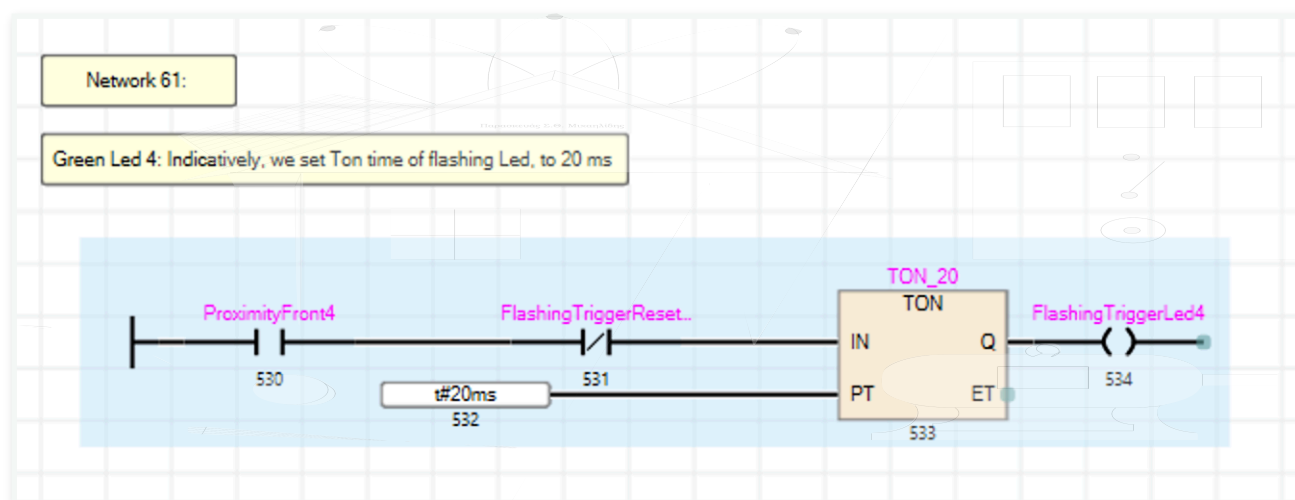
```

419 // Network 60:
420 //Green Led 3 - Flashing: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
421
422 //Firstly, reset the 'FlashingTriggerLed3' signal.
423 RST((ProximityFront3) AND ( NOT(GreenLed3) ) , FlashingTriggerLed3);
424
425 //Secondly, reset the 'FlashingTriggerResetLed3' signal.
426 RST((ProximityFront3) AND ( NOT(GreenLed3) ) , FlashingTriggerResetLed3);
427

```

Εικόνα 2.237: Smart Parking Network 60 - ST Code

Κατά αντιστοιχία με το Network 57, στόχος του **Network 61**, είναι η παραγωγή του θετικού σήματος και διάρκειας T_{on} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_20), κατά την εξέλιξη του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 4 θα ακτινοβολεί. Το σήμα διάρκειας T_{on} , παράγεται αυτόματα με την διέγερση του Εμπρόσθιου Επαγωγικού Αισθητήρα Απόστασης 4, εφόσον το σήμα “Flashing Trigger Reset Led 4” είναι ανενεργό. Αναφορικά με τον κώδικα ST, καλούμε το FBD Block ‘TON_20’ μέσω της εντολής της 431^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.238: Smart Parking Network 61 - Ladder

```

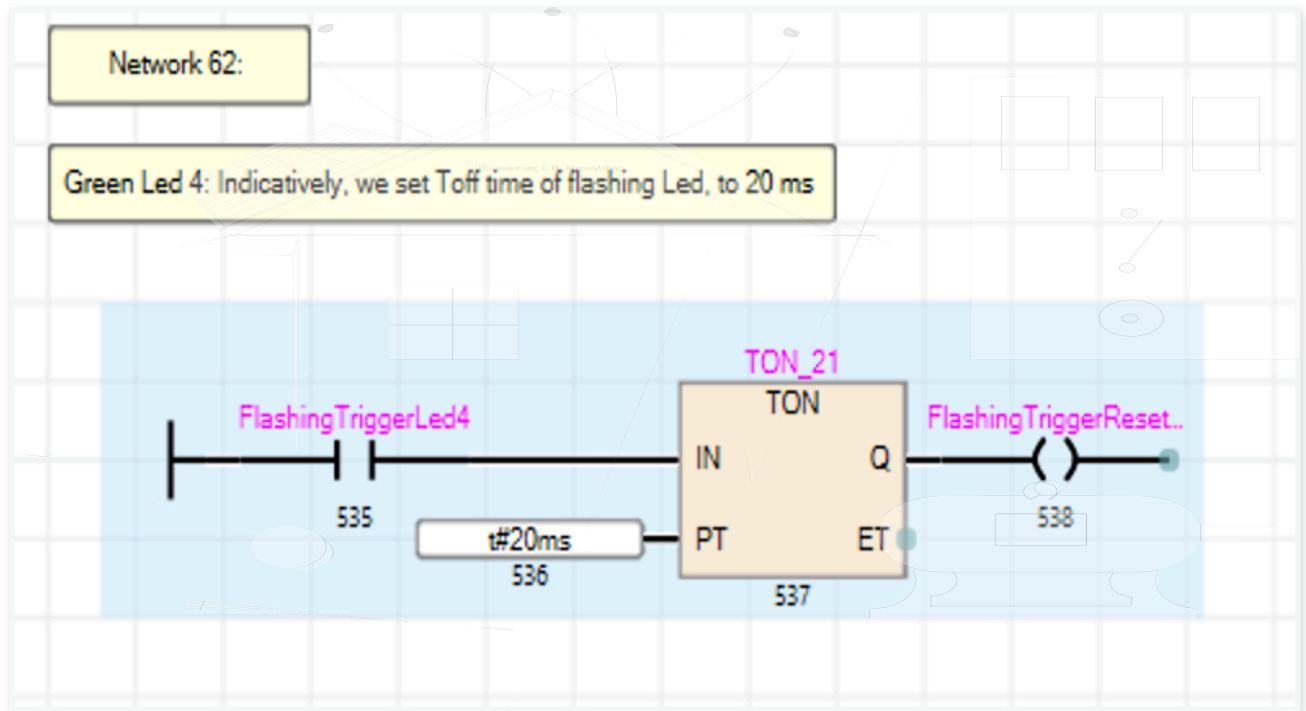
428 // Network 61:
429 //Green Led 4 - Flashing: Indicatively, we set Ton time of flashing led to 20ms
430
431 TON_20(IN:= (ProximityFront4) AND ( NOT(FlashingTriggerResetLed4) ) ,PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerLed4 );
432

```

Εικόνα 2.239: Smart Parking Network 61 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 62**, είναι η παραγωγή του σήματος μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_21), κατά τη διάρκεια του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 4 θα είναι σβηστή. Αν το σήμα έναυσης της προαναφερθείσας λειτουργίας είναι ενεργό, τότε μετά από 20ms, επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST του Network 62, καλούμε το FBD Block ‘TON_21’ μέσω της εντολής της 436^{ης} γραμμής,

ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

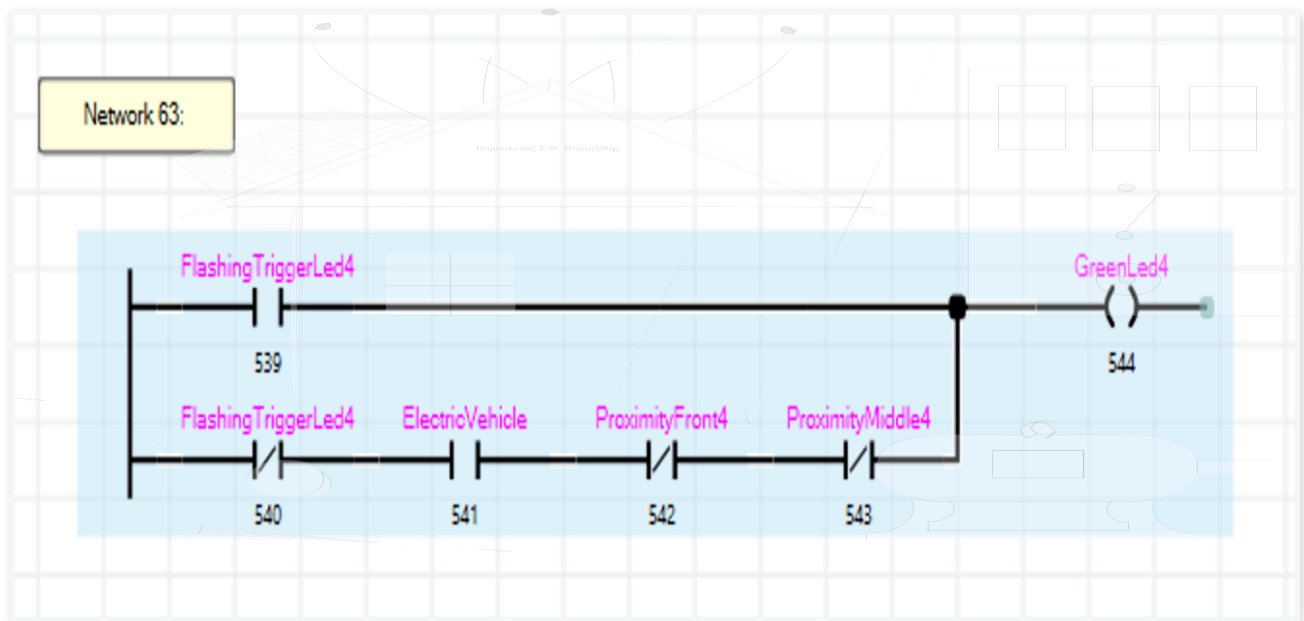


Εικόνα 2.240: Smart Parking Network 62 - Ladder

```
433 // Network 62:  
434 //Green Led 4 - Flashing: Indicatively, we set Toff time of flashing led, to 20ms  
435  
436 TON_21(IN:= FlashingTriggerLed4 ,PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerResetLed4);  
437
```

Εικόνα 2.241: Smart Parking Network 62 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 63**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση, της Πράσινης Διόδου Φωτοεκπομπής 4. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα “Flashing Trigger Led 4” είναι ενεργό η προηγούμενη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί. Όταν το εν λόγω σήμα δεν είναι ενεργό τότε η δίοδος θα είναι σβηστή. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται το φωτορυθμικό που ήδη έχουμε αναλύσει. Επιπρόσθετα, ο παράλληλος κλάδος, του κάτωθι κυκλώματος Ladder, ενεργοποιείται όταν το όχημα που εισέρχεται στο χώρο στάθμευσης είναι ηλεκτρικό, ενώ παράλληλα, το σήμα “Flashing Trigger Led 4” είναι ανενεργό όπως και και κάθε ένας από τους επαγωγικούς αισθητήρες απόστασης της 4^{ης} θέσεις στάθμευσης. Στην προηγούμενη περίπτωση η πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί σταθερά. Επί του κώδικα ST του Network 63, με την εντολή ‘AND’ συνδιάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω και με την εντολή ‘OR’ αναπαρίσταται ο παράλληλος κλάδος.



Εικόνα 2.242: Smart Parking Network 63 - Ladder

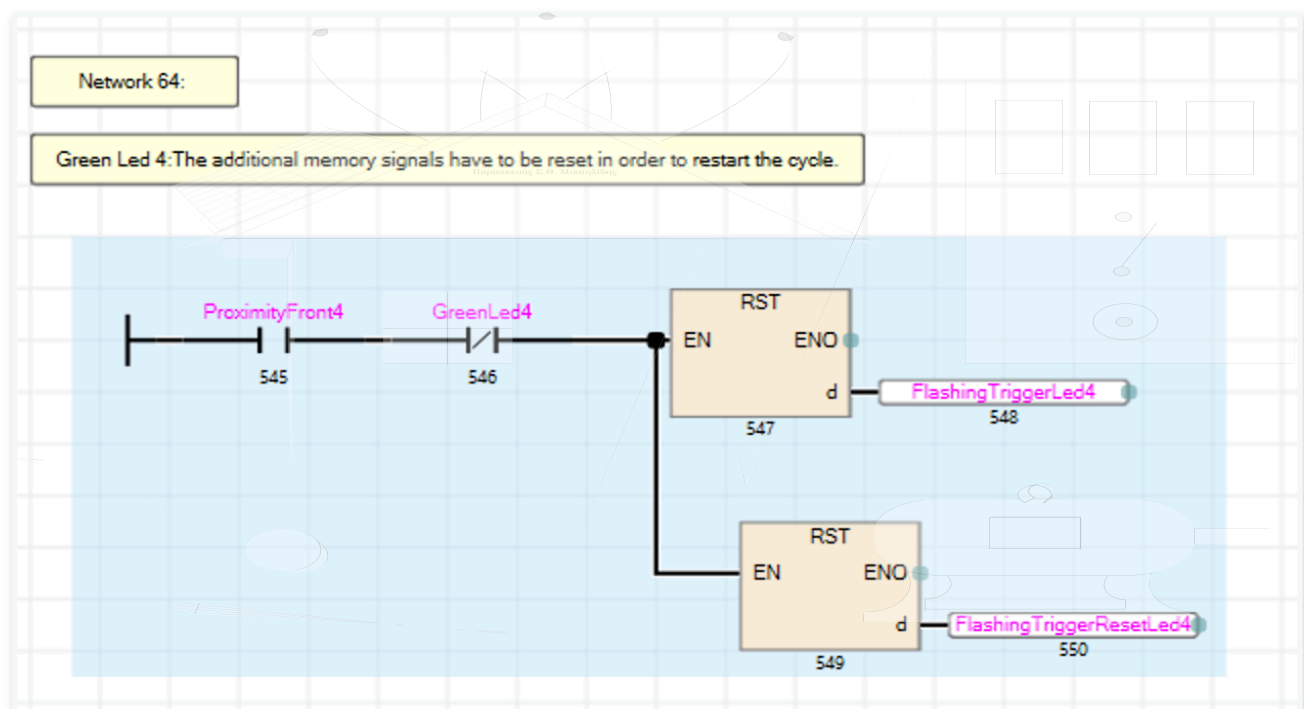
```

438 // Network 63:
439 // The usage of the parallel sector, is to control the operation of the Led 4, when a conventional vehicle is about to entry the smart parking
440
441 GreenLed4 := (FlashingTriggerLed4) OR ((NOT(FlashingTriggerLed4)) AND (ElectricVehicle) AND (NOT(ProximityFront4)) AND (NOT(ProximityMiddle4)));
442

```

Εικόνα 2.243: Smart Parking Network 63 - ST Code

Εν συνεχεία, στόχος του **Network 64** που ακολουθεί, αποτελεί η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, (βλέπε “Flashing Trigger Led 4” και “Flashing Trigger Reset Led 4”), ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά



Εικόνα 2.244: Smart Parking Network 64 - Ladder

των εν λόγω σημάτων γίνεται μέσω των FBD Blocks 'RST' εφόσον ο Εμπρόσθιος Επαγωγικός Αισθητήρας 4 έχει πλέον αποδιεγερθεί (υπόψιν ότι ο εν λόγω αισθητήρας είναι NO) και η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 4 δεν ακτινοβολεί. Επί του κώδικα ST του Network 64, μέσω των εντολών της 447^{ης} και 450^{ης} γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks 'RST' την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.

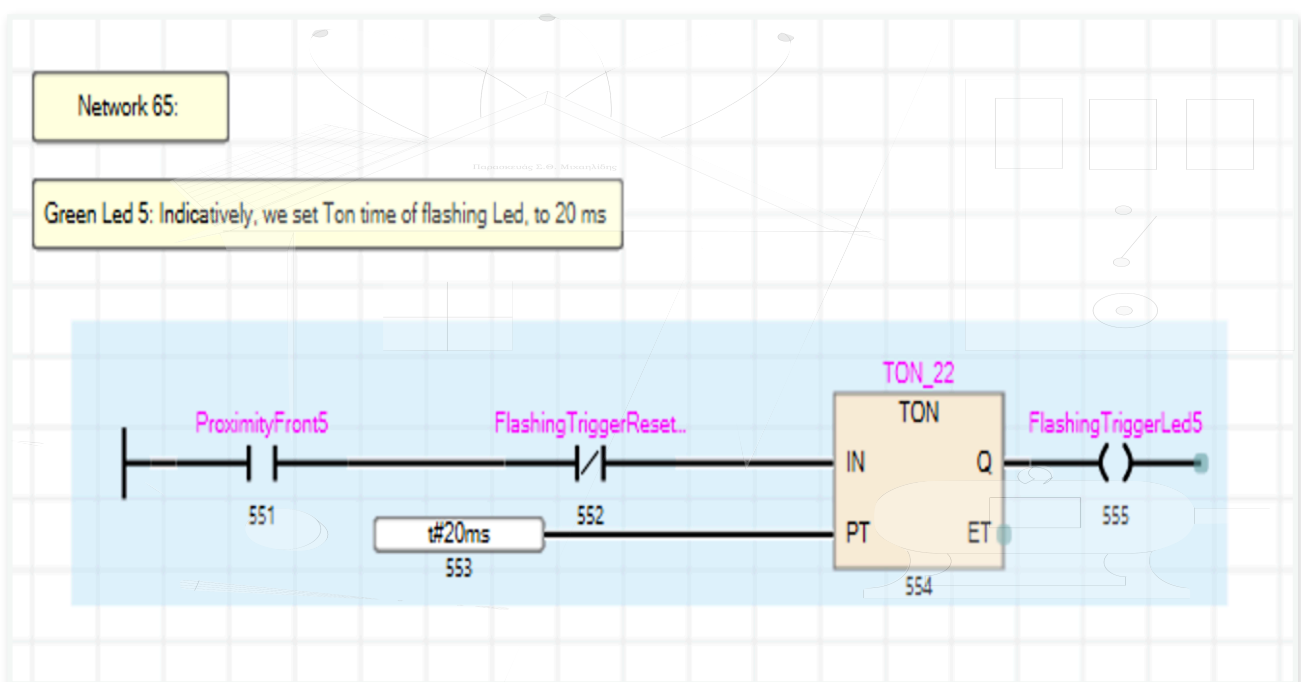
```

443 // Network 64:
444 //Green Led 4 - Flashing: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
445
446 //Firstly, reset the 'FlashingTriggerLed4' signal.
447 RST((ProximityFront4) AND (NOT(GreenLed4)), FlashingTriggerLed4);
448
449 //Secondly, reset the 'FlashingTriggerResetLed4' signal.
450 RST((ProximityFront4) AND (NOT(GreenLed4)), FlashingTriggerResetLed4);
451

```

Εικόνα 2.245: Smart Parking Network 64 - ST Code

Κατά αντιστοιχία με το Network 61, στόχος του **Network 65**, είναι η παραγωγή του θετικού σήματος και διάρκειας T_{on} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_22), κατά την εξέλιξη του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 5 θα ακτινοβολεί. Το σήμα διάρκειας T_{on} , παράγεται αυτόματα με την διέγερση του Εμπρόσθιου Επαγωγικού Αισθητήρα Απόστασης 5, εφόσον το σήμα "Flashing Trigger Reset Led 5" είναι ανενεργό. Αναφορικά με τον κώδικα ST, καλούμε το FBD Block 'TON_22' μέσω της εντολής της 455^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.246: Smart Parking Network 65 - Ladder

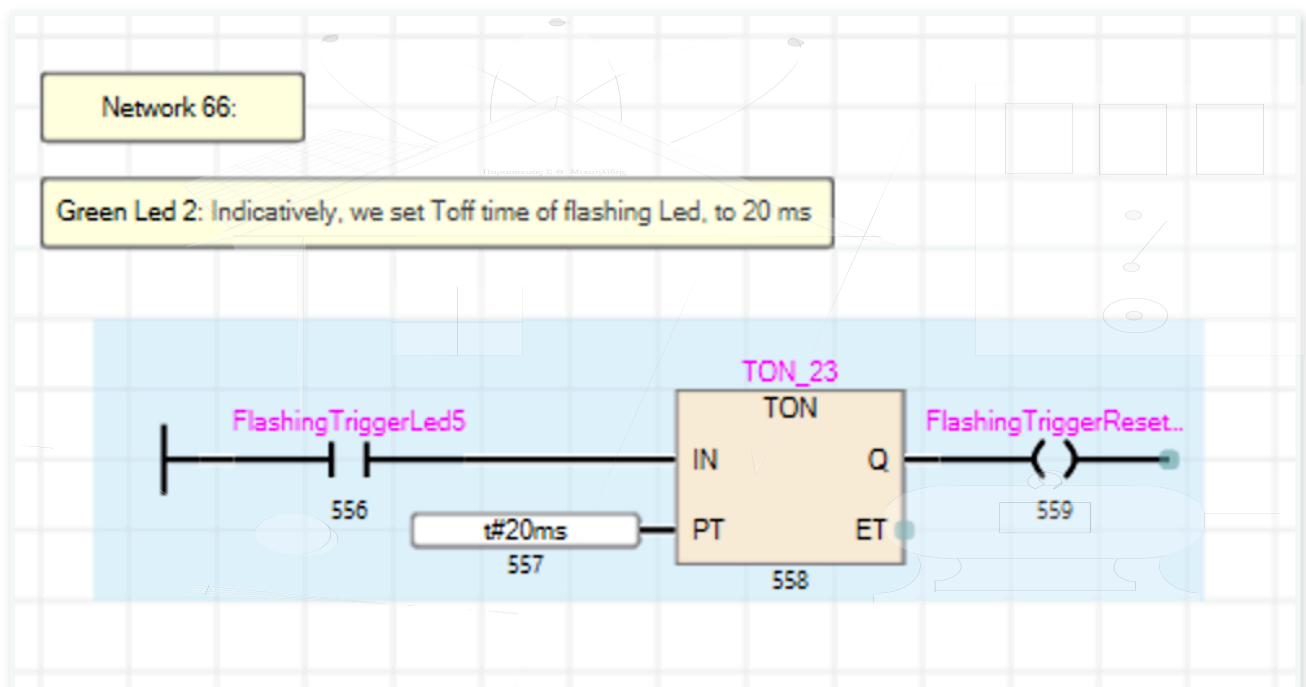
```

452 // Network 65:
453 //Green Led 5 - Flashing: Indicatively, we set Ton time of flashing led to 20ms
454
455 TON_22(IN:=(ProximityFront5) AND ( NOT(FlashingTriggerResetLed5) ),PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerLed5);
456

```

Εικόνα 2.247: Smart Parking Network 65 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 66**, είναι η παραγωγή του σήματος μηδενικού πλάτους διάρκειας T_{off} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_23), κατά τη διάρκεια του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 5 θα είναι σβηστή. Αν το σήμα έναυσης της προαναφερθείσας λειτουργίας είναι ενεργό, τότε μετά από 20ms, επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST του Network 66, καλούμε το FBD Block 'TON_23' μέσω της εντολής της 460^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.248: Smart Parking Network 66 - Ladder

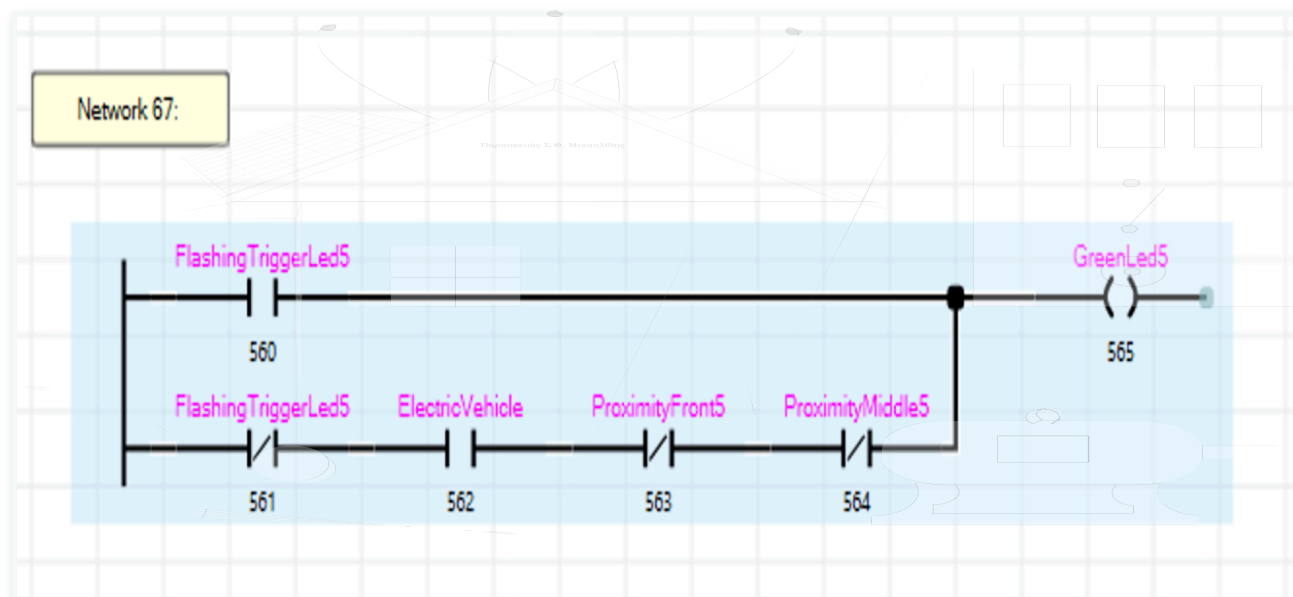
```

457 // Network 66:
458 //Green Led 5 - Flashing: Indicatively, we set Toff time of flashing led, to 20ms
459
460 TON_23(IN:= FlashingTriggerLed5 ,PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerResetLed5);
461

```

Εικόνα 2.249: Smart Parking Network 66 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 67**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση, της Πράσινης Δίοδου Φωτοεκπομπής 5. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα "Flashing Trigger Led 5" είναι ενεργό η προηγούμενη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί. Όταν το εν λόγω σήμα δεν είναι ενεργό τότε η δίοδος θα είναι σβηστή. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται το φωτορυθμικό που ήδη έχουμε αναλύσει. Επιπρόσθετα, ο παράλληλος κλάδος, του κάτωθι κυκλώματος Ladder,



Εικόνα 2.250: Smart Parking Network 67 - Ladder

ενεργοποιείται όταν το όχημα που εισέρχεται στο χώρο στάθμευσης είναι ηλεκτρικό, ενώ παράλληλα, το σήμα “Flashing Trigger Led 5” είναι ανενεργό όπως και κάθε ένας από τους επαγωγικούς αισθητήρες απόστασης της 5ης θέσεις στάθμευσης. Στην προηγούμενη περίπτωση η πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί σταθερά. Επί του κώδικα ST του Network 67, με την εντολή ‘AND’ συνδιάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω και με την εντολή ‘OR’ αναπαρίσταται ο παράλληλος κλάδος.

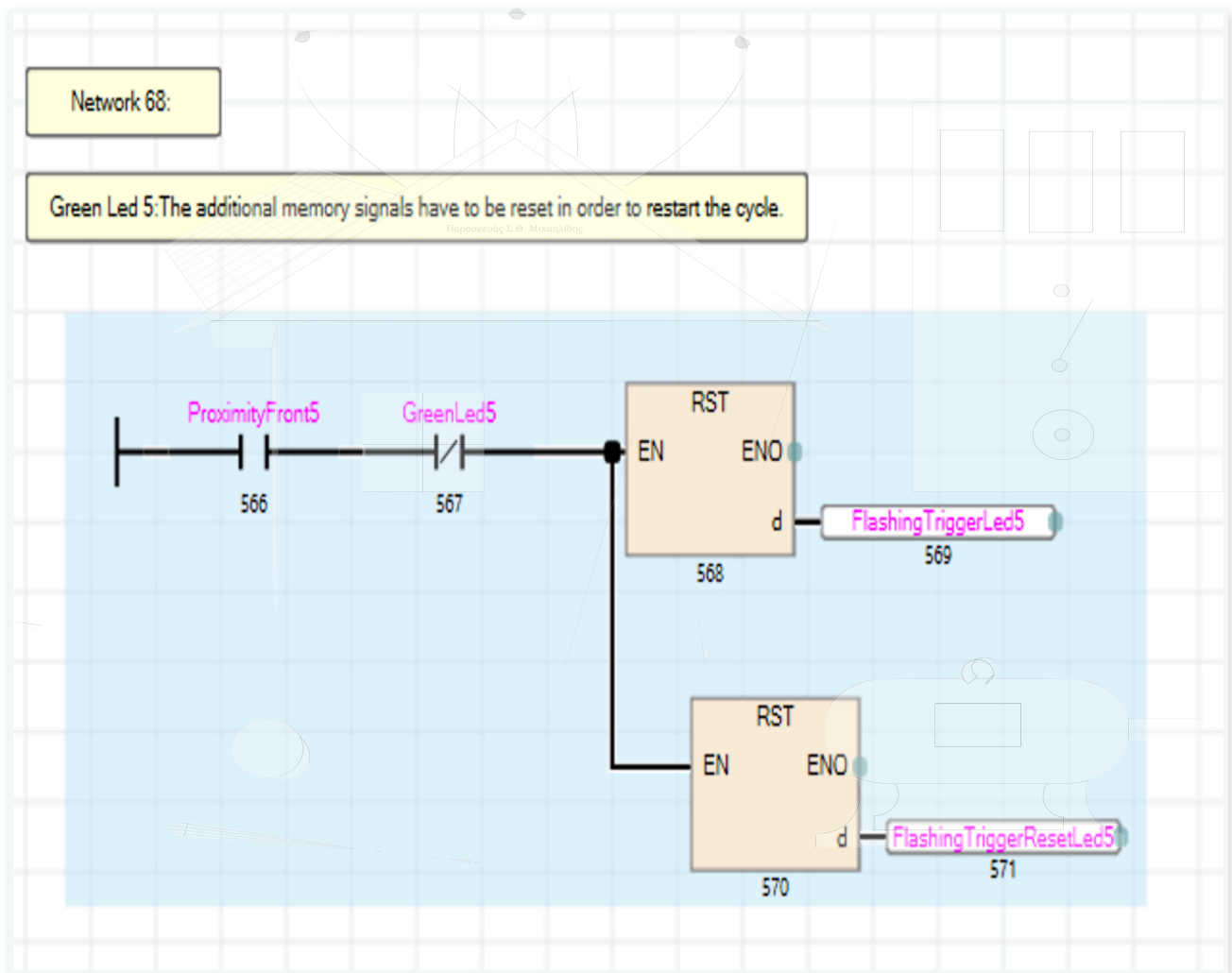
```

462 // Network 67:
463 // The usage of the parallel sector, is to control the operation of the Led 5, when a conventional vehicle is about to entry the smart parking
464
465 GreenLed5 := (FlashingTriggerLed5) OR ( (NOT(FlashingTriggerLed5)) AND (ElectricVehicle) AND (NOT(ProximityFront5)) AND (NOT(ProximityMiddle5)) );
466

```

Εικόνα 2.251: Smart Parking Network 67 - ST Code

Εν συνεχεία, στόχος του **Network 68** που ακολουθεί, αποτελεί η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, (βλέπε “Flashing Trigger Led 5” και “Flashing Trigger Reset Led 5”), ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά των εν λόγω σημάτων γίνεται μέσω των FBD Blocks ‘RST’ εφόσον ο Εμπρόσδιος Επαγωγικός Αισθητήρας 5 έχει πλέον αποδιεγερθεί (υπόψιν ότι ο εν λόγω αισθητήρας είναι NO) και η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 5 δεν ακτινοβολεί. Επί του κώδικα ST του Network 68, μέσω των εντολών της 471ης και 474ης γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks ‘RST’ την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.



Εικόνα 2.252: Smart Parking Network 68 - Ladder

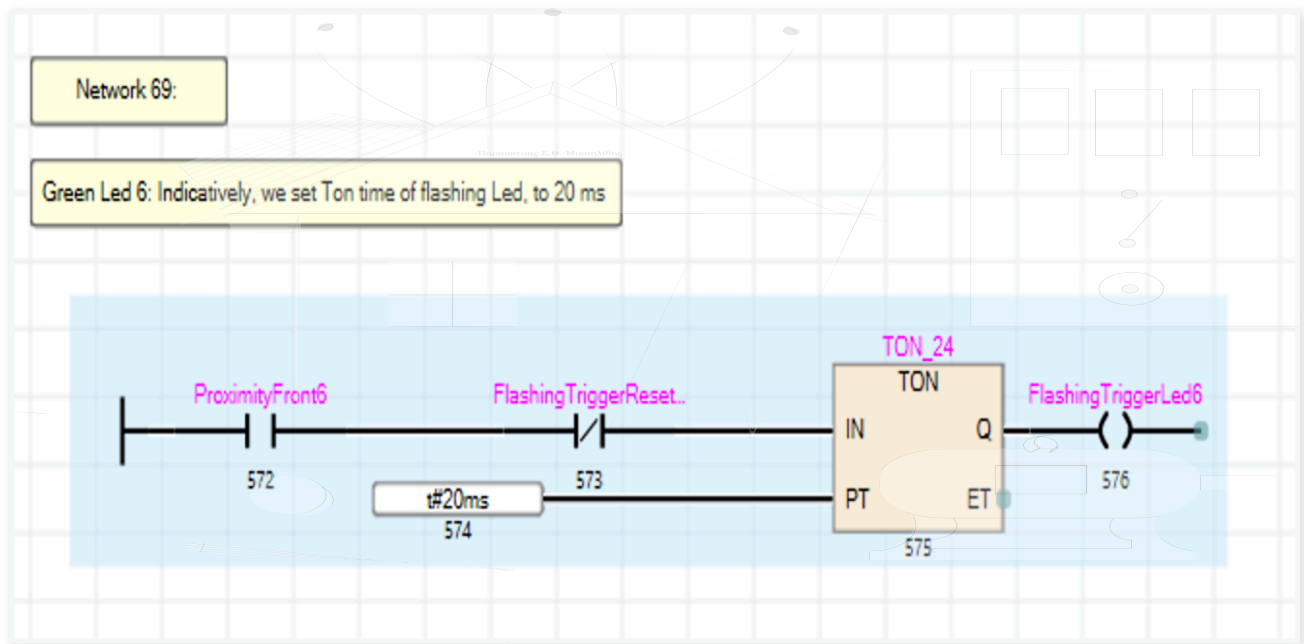
```

467 // Network 68:
468 //Green Led 5 - Flashing: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
469
470 //Firstly, reset the 'FlashingTriggerLed5' signal.
471 RST( (ProximityFront5) AND ( NOT(GreenLed5) ), FlashingTriggerLed5);
472
473 //Secondly, reset the 'FlashingTriggerResetLed5' signal.
474 RST( (ProximityFront5) AND ( NOT(GreenLed5) ), FlashingTriggerResetLed5);
475

```

Εικόνα 2.253: Smart Parking Network 68 - ST Code

Κατά αντιστοιχία με το Network 65, στόχος του **Network 69**, είναι η παραγωγή του θετικού σήματος και διάρκειας T_{on} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_24), κατά την εξέλιξη του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 6 θα ακτινοβολεί. Το σήμα διάρκειας T_{on} , παράγεται αυτόματα με την διέγερση του Εμπρόσθιου Επαγωγικού Αισθητήρα Απόστασης 6, εφόσον το σήμα “Flashing Trigger Reset Led 6” είναι ανενεργό. Αναφορικά με τον κώδικα ST, καλούμε το FBD Block ‘TON_24’ μέσω της εντολής της 479^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.254: Smart Parking Network 69 - Ladder

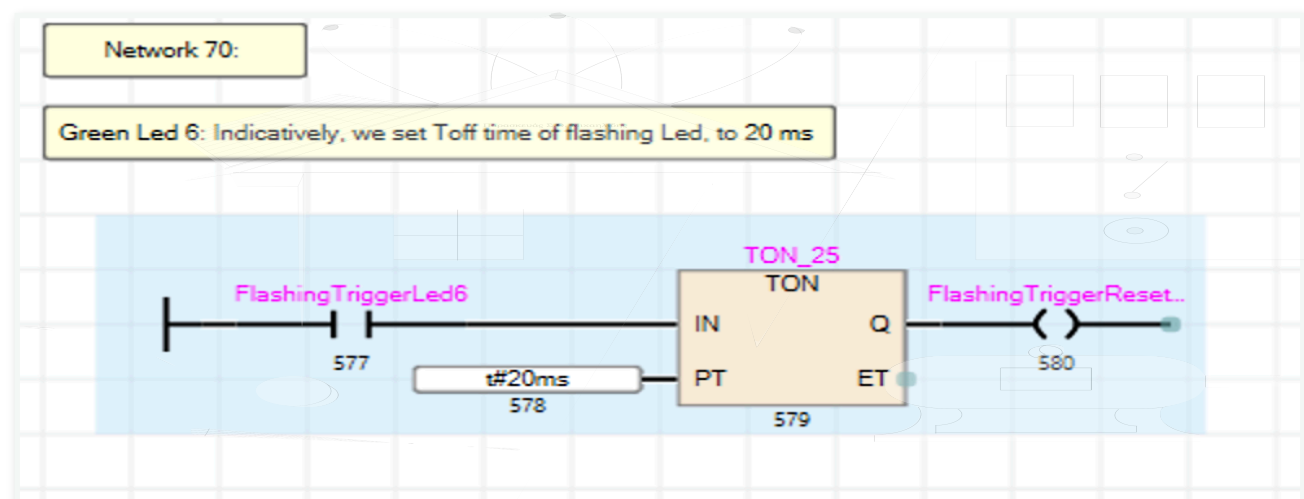
```

476 // Network 69:
477 //Green Led 6 - Flashing: Indicatively, we set Ton time of flashing led to 20ms
478
479 TON_24(IN:= (ProximityFront6) AND ( NOT(FlashingTriggerResetLed6) ) ,PT:= t#20ms ,Q=> FlashingTriggerLed6 );
480

```

Εικόνα 2.255: Smart Parking Network 69 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 70**, είναι η παραγωγή του σήματος μηδενικού πλάτους διάρκειας T_{off} (μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης TON_25), κατά τη διάρκεια του οποίου η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 6 θα είναι σβηστή. Αν το σήμα έναυσης της προαναφερθείσας λειτουργίας είναι ενεργό, τότε μετά από 20ms, επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST του Network 70, καλούμε το FBD Block 'TON_25' μέσω της εντολής της 484^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.256: Smart Parking Network 70 - Ladder

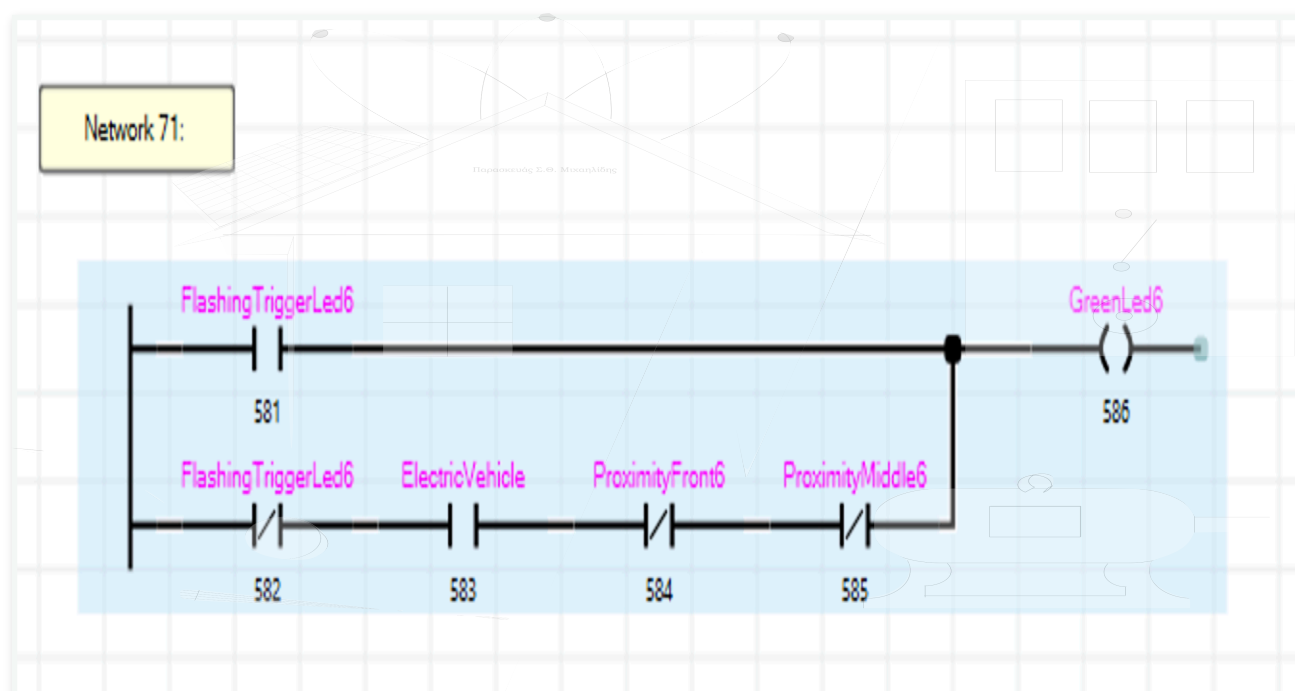

```

481 // Network 70:
482 //Green Led 6 - Flashing: Indicatively, we set Toff time of flashing led, to 20ms
483
484 TON_25(IN:= FlashingTriggerLed6,PT:= t#20ms,Q=> FlashingTriggerResetLed6);
485

```

Εικόνα 2.257: Smart Parking Network 70 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 71**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση, της Πράσινης Δίοδου Φωτοεκπομπής 6. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα “Flashing Trigger Led 6” είναι ενεργό, η προηγούμενη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί. Όταν το εν λόγω σήμα δεν είναι ενεργό τότε η δίοδος θα είναι σβηστή. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται το φωτορυθμικό που ήδη έχουμε αναλύσει. Επιπρόσθετα, ο παράλληλος κλάδος, του κάτωθι κυκλώματος Ladder,



Εικόνα 2.258: Smart Parking Network 71 - Ladder

ενεργοποιείται όταν το όχημα που εισέρχεται στο χώρο στάθμευσης είναι ηλεκτρικό, ενώ παράλληλα, το σήμα “Flashing Trigger Led 6” είναι ανενεργό όπως και και κάθε ένας από τους επαγωγικούς αισθητήρες απόστασης της 6^{ης} θέσεις στάθμευσης. Στην προηγούμενη περίπτωση η πράσινη δίοδος φωτοεκπομπής θα ακτινοβολεί σταθερά. Επί του κώδικα ST του Network 71, με την εντολή ‘AND’ συνδιάζονται οι συνθήκες που περιγράψαμε παραπάνω και με την εντολή ‘OR’ αναπαρίσταται ο παράλληλος κλάδος.

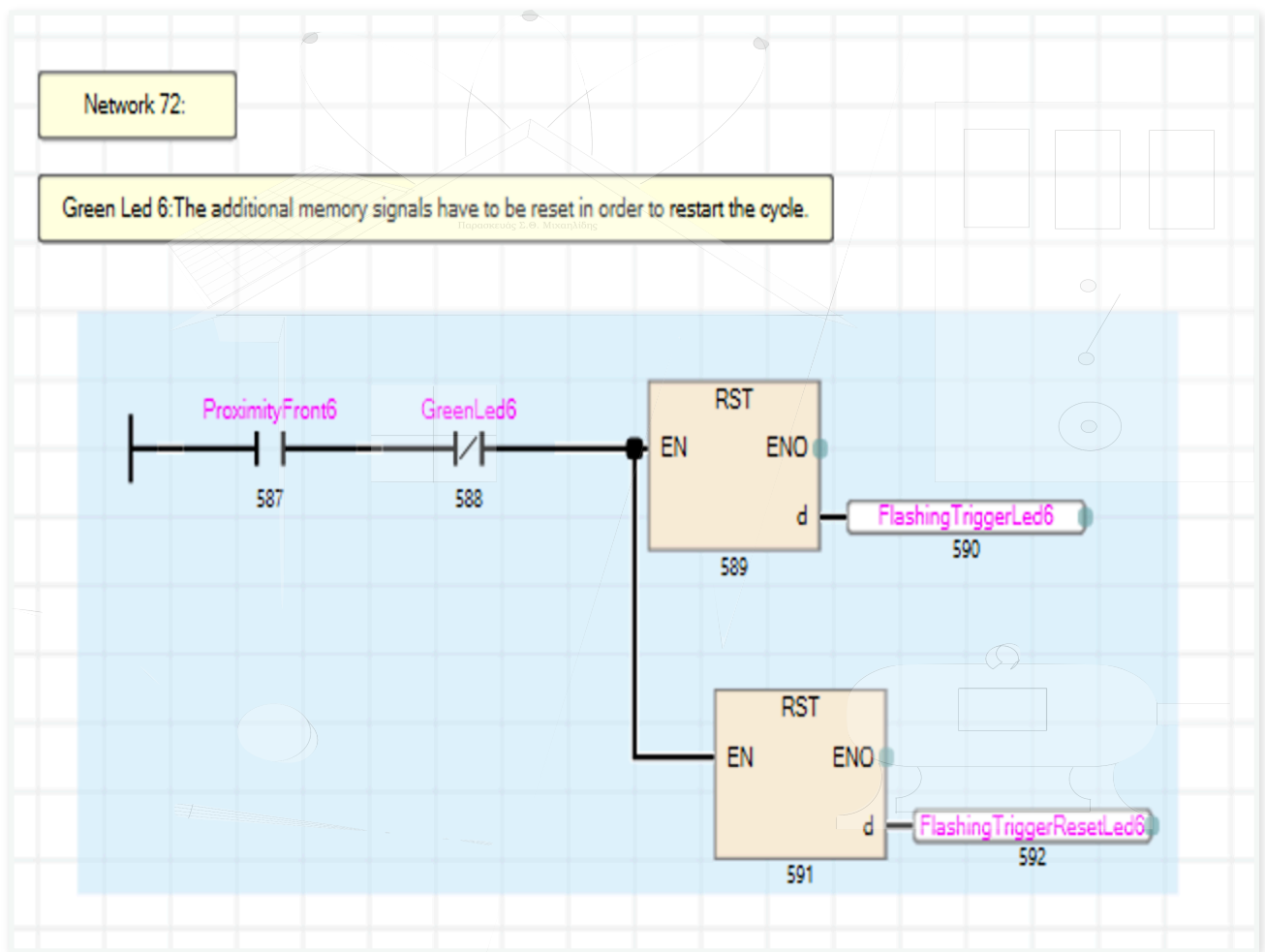
```

486 // Network 71:
487 // The usage of the parallel sector, is to control the operation of the Led 6, when a conventional vehicle is about to entry the smart parking
488
489 GreenLed6 := (FlashingTriggerLed6) OR ( (NOT(FlashingTriggerLed6)) AND (ElectricVehicle) AND (NOT(ProximityFront6)) AND (NOT(ProximityMiddle6)) );
490

```

Εικόνα 2.259: Smart Parking Network 71 - ST Code

Εν συνεχεία, στόχος του **Network 72** που ακολουθεί, αποτελεί η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, (βλέπε “Flashing Trigger Led 6” και “Flashing Trigger Reset Led 6”), ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά των εν λόγω σημάτων γίνεται μέσω των FDB Blocks ‘RST’ εφόσον ο Εμπρόσδιος Επαγωγικός Αισθητήρας 6 έχει πλέον αποδιεγερθεί (υπόψιν ότι ο εν λόγω αισθητήρας είναι NO) και η Πράσινη Δίοδος Φωτοεκπομπής 6 δεν ακτινοβολεί. Επί του κώδικα ST του Network 72, μέσω των εντολών της 495^{ης} και 498^{ης} γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks ‘RST’ την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.



Εικόνα 2.260: Smart Parking Network 72 - Ladder

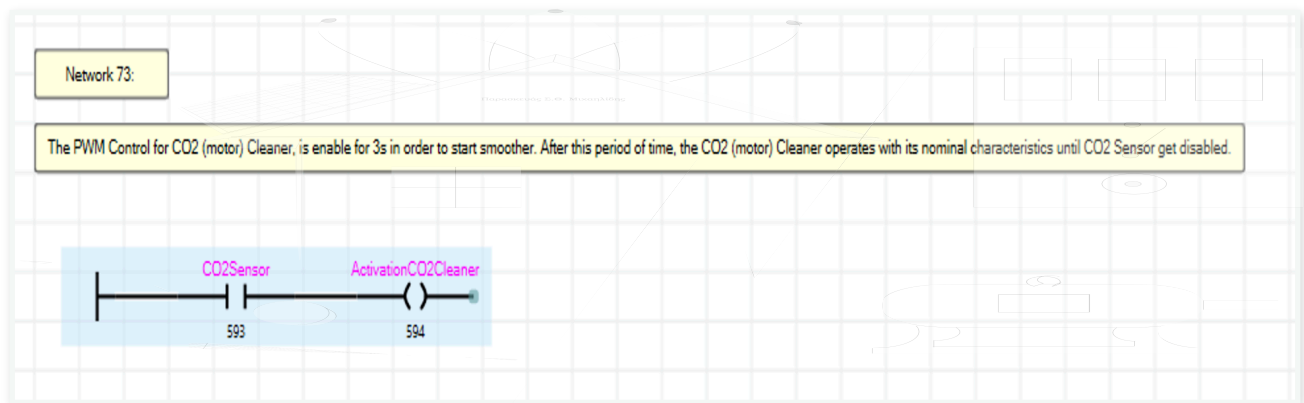
```

491 // Network 72:
492 //Green Led 6 - Flashing: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
493
494 //Firstly, reset the 'FlashingTriggerLed6' signal.
495 RST( (ProximityFront6) AND ( NOT(GreenLed6) ) , FlashingTriggerLed6 );
496
497 //Secondly, reset the 'FlashingTriggerResetLed6' signal.
498 RST( (ProximityFront6) AND ( NOT(GreenLed6) ) , FlashingTriggerResetLed6 );
499

```

Εικόνα 2.261: Smart Parking Network 72 - ST Code

Στα επόμενα networks, ακολουθεί η ανάλυση του αλγορίθμου PWM, του κινητήρα εξαερισμού. Αρχικά, στόχος του **Network 73**, είναι η παραγωγή του σήματος ενεργοποίησης του Ελέγχου PWM, του προαναφερθέντα κινητήρα. Για να δοθεί το σήμα ενεργοποίησης, θα πρέπει ο Αισθητήρας Εκπομπών CO₂ να ενεργοποιηθεί. Επί του κώδικα ST, του Network 73, για την παραγωγή του εν λόγω σήματος ενεργοποίησης χρησιμοποιούμε την εντολή ανάθεσης της 503ης γραμμής.



Εικόνα 2.262: Smart Parking Network 73 - Ladder

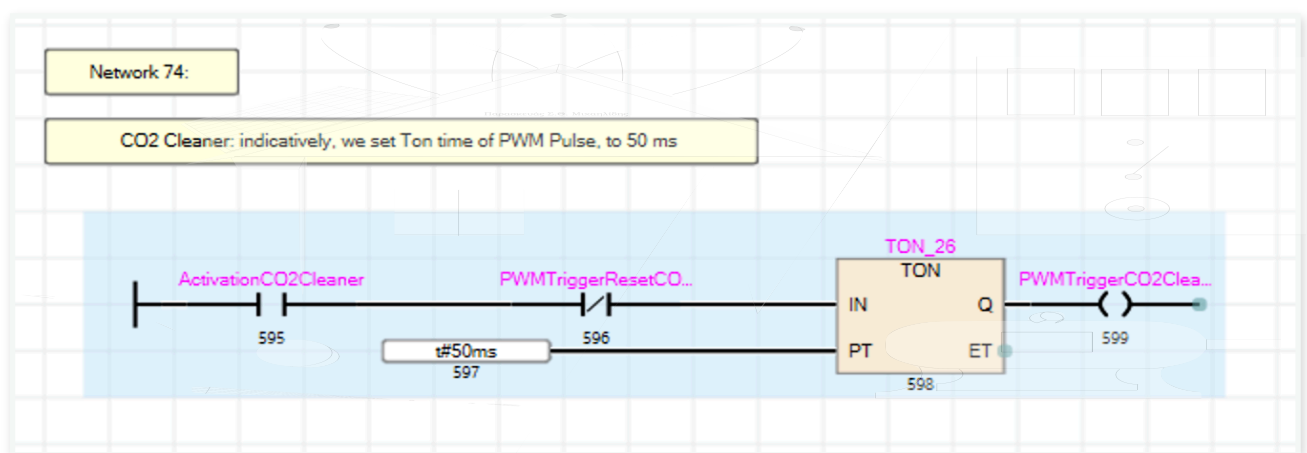
```

500 // Network 73:
501 // The PWM Control for CO2 (motor) Cleaner, is enabled for 3s in order to start smoother. After this period of time, the motor operates within it's nominal characteristics until CO2 Sensor get disabled.
502
503 ActivationCO2Cleaner := CO2Sensor;
504

```

Εικόνα 2.263: Smart Parking Network 73 - ST Code

Επειτα, το **Network 74**, έχει στόχο να παράξει το θετικό σήμα διάρκειας T_{on} , του προαναφερθέντα κινητήρα, μέσω του χρονικού καθυστέρησης έλξης, TON_26. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν δεν έχει γίνει επαναφορά του σήματος έναυσης του ελέγχου PWM του κινητήρα εξαερισμού και ταυτόχρονα το σήμα ενεργοποίησης του PWM ελέγχου είναι ενεργό, τότε παράγεται το σήμα έναυσης PWM ελέγχου του κινητήρα εξαερισμού. Εδώ έχει επιλεχθεί, $T_{on} = 20ms$. Επί του κώδικα ST του Network 74, καλούμε το FBD Block 'TON_26' μέσω της εντολής της



Εικόνα 2.264: Smart Parking Network 74 - Ladder

508^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

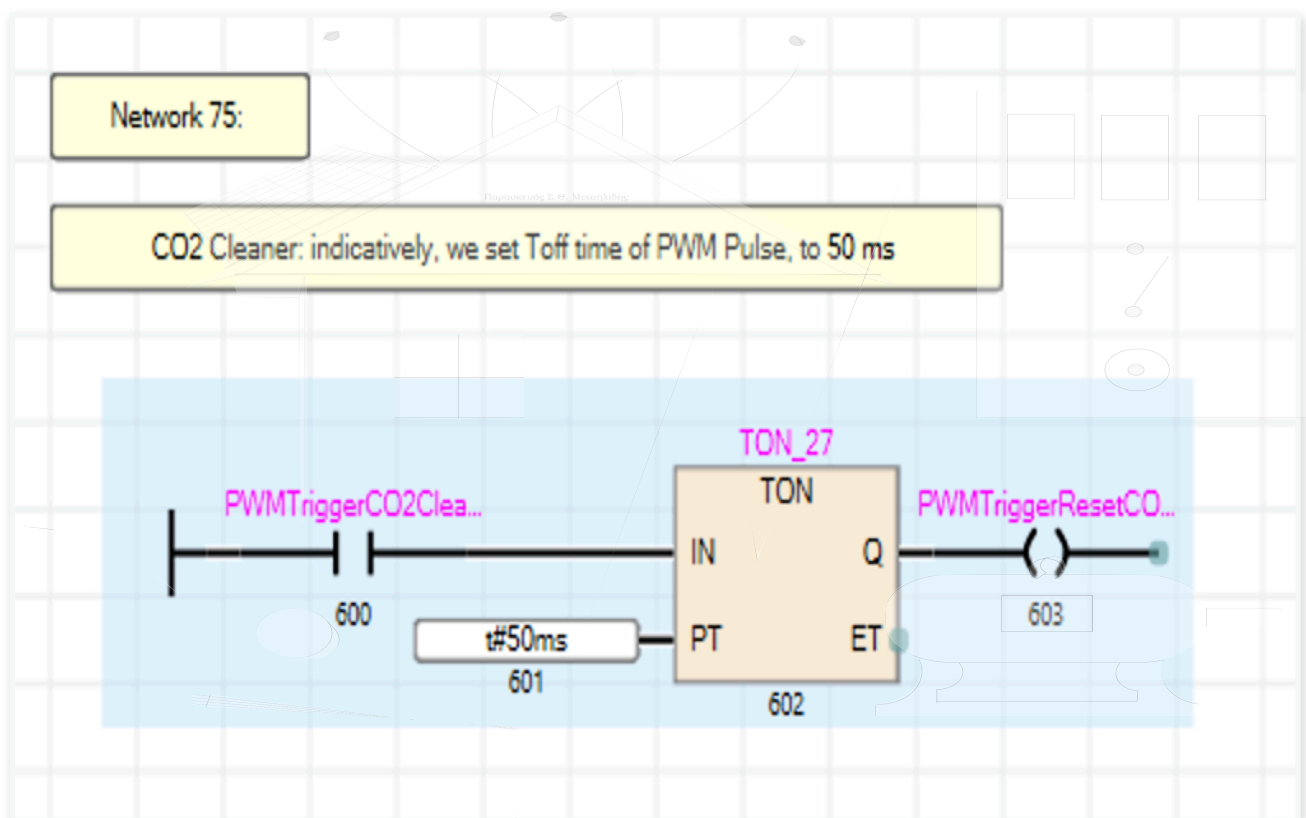
```

505 // Network 74:
506 // CO2 Cleaner: Indicatively, we set Ton time of PWM pulse, to 20ms.
507
508 TON_26(IN:=( (ActivationCO2Cleaner) AND ( NOT(PWMTriggerResetCO2Cleaner))) ,PT:= t#20ms ,Q=> PWMTriggerCO2Cleaner);
509

```

Εικόνα 2.265: Smart Parking Network 74 - ST Code

Ακολουθως, στόχος του **Network 75**, είναι να παράξει το σήμα μηδενικού πλάτους και διάρκειας T_{off} , το οποίο έχει επιλεγθεί να είναι, για λόγους συμμετρίας, διάρκειας 20ms. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν το σήμα έναυσης ελέγχου PWM του κινητήρα εξαερισμού είναι ενεργό, τότε, επαναφέρεται το εν λόγω σήμα έναυσης. Επί του κώδικα ST του Network 75, καλούμε το FBD Block 'TON_27' μέσω της εντολής της 513^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.266: Smart Parking Network 75 - Ladder

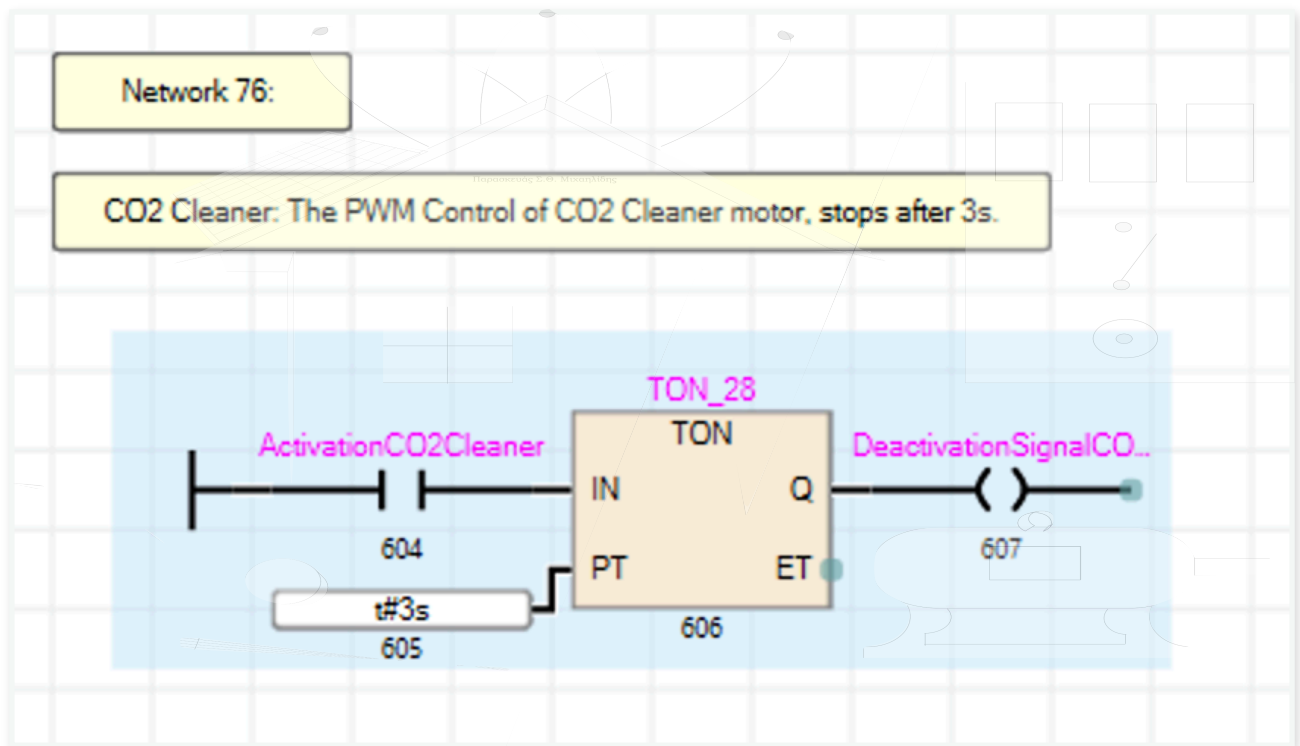
```

510 // Network 75:
511 // CO2 Cleaner: Indicatively, we set Toff time of PWM pulse, to 20ms.
512
513 TON_27(IN:= PWMTriggerCO2Cleaner ,PT:= t#20ms ,Q=> PWMTriggerResetCO2Cleaner);
514

```

Εικόνα 2.267: Smart Parking Network 75 - ST Code

Στη συνέχεια, στόχος του **Network 76**, είναι η παραγωγή του σήματος απενεργοποίησης του ελέγχου PWM του κινητήρα εξαερισμού. Το σήμα απενεργοποίησης, παράγεται 3s από την έναρξη της διαδικασίας, καθώς επιθυμούμε ο έλεγχος PWM να εφαρμοστεί μόνο κατά την εκκίνηση προκειμένου να γίνει με πιο ομαλό τρόπο. Επί του κώδικα ST, του Network 76, ομοίως



Εικόνα 2.268: Smart Parking Network 76 - Ladder

καλούμε το FBD Block 'TON_28' μέσω της εντολής της 517^{ης} γραμμής, ορίζουμε τόσο τη συνθήκη ενεργοποίησης και το χρόνο καθυστέρησης έλξης, όσο την έξοδο που επιθυμούμε να ενεργοποιήσουμε, όπως φαίνεται παρακάτω.

```

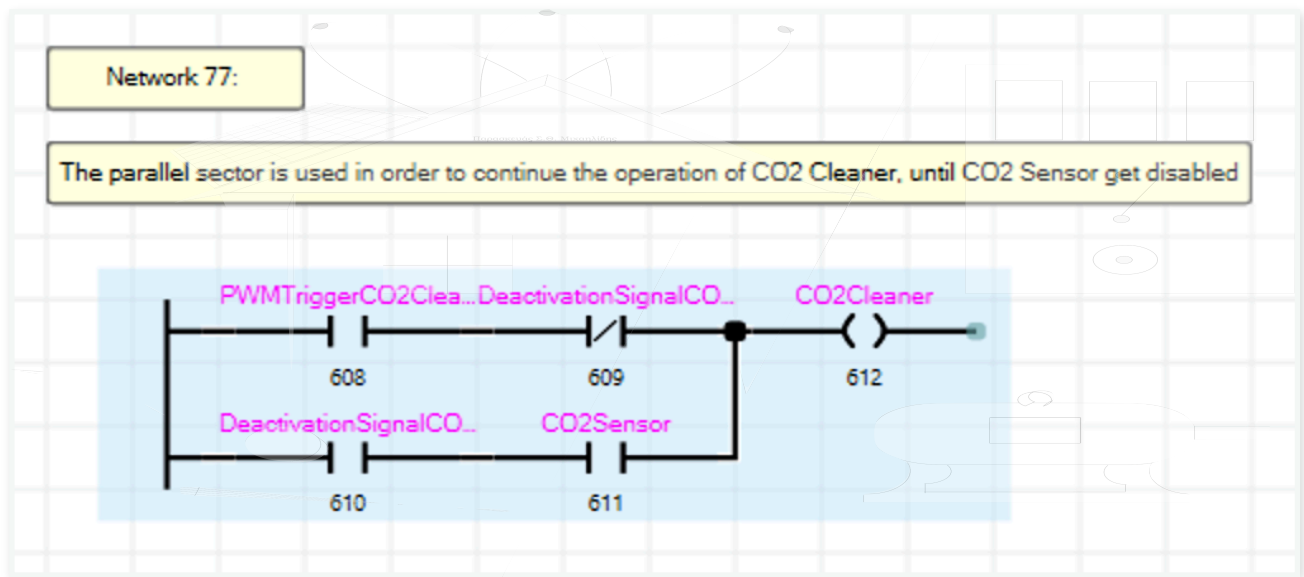
515 // Network 76:
516 // CO2 Cleaner: The PWM Control of CO2 cleaner motor, stops after 3s
517 TON_28(IN:= ActivationCO2Cleaner,PT:= t#3s,Q=> DeactivationSignalCO2Cleaner);
518

```

Εικόνα 2.269: Smart Parking Network 76 - ST Code

Παρακάτω, το **Network 77**, συνιστά το τελικό βήμα για την ενεργοποίηση του κινητήρα εξαερισμού. Συγκεκριμένα, επί του κυκλώματος Ladder, αν έχει δοθεί σήμα έναυσης του ελέγχου PWM του προηγούμενου κινητήρα και ταυτόχρονα δεν έχει δοθεί σήμα απενεργοποίησης του προαναφερθέντα ελέγχου, τότε εκκινεί η διαδικασία. Ο παράλληλος κλάδος του κυκλώματος Ladder, χρησιμοποιείται για λόγους αυτοσυγκράτησης της λειτουργίας του κινητήρα εξαερισμού. Επί του κώδικα ST του Network 77, πρακτικά, με την εντολή 'AND' συνδιάζονται οι συνθήκες που

περιγράψαμε παραπάνω και μέσω της εντολής 'OR' αναπαρίσταται από παράλληλος κλάδος στον οποίο αναφερθήκαμε.



Εικόνα 2.270: Smart Parking Network 77 - Ladder

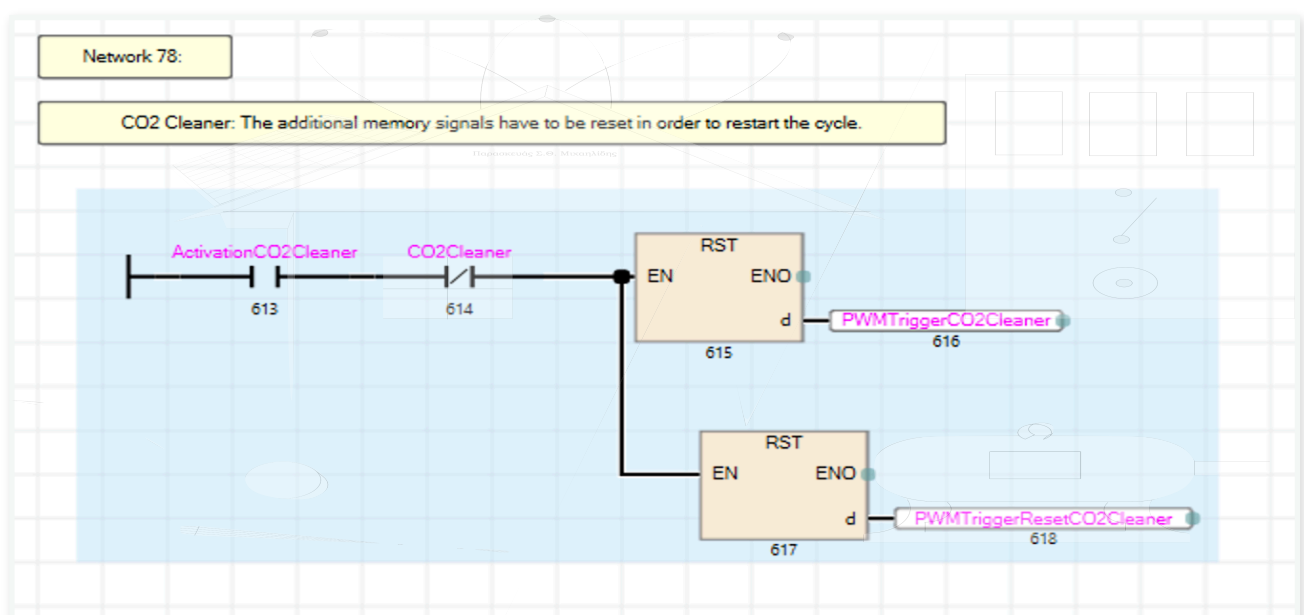
```

515 // Network 76:
516 // CO2 Cleaner: The PWM Control of CO2 cleaner motor, stops after 3s
517 TON_28(IN:= ActivationCO2Cleaner ,PT:= #3s ,Q=> DeactivationSignalCO2Cleaner );
518

```

Εικόνα 2.271: Smart Parking Network 77 - ST Code

Τέλος, στόχος του **Network 78** που ακολουθεί, αποτελεί η επαναφορά των βοηθητικών σημάτων που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω, (βλέπε “PWM Trigger CO2 Cleaner” και “PWM Trigger Reset CO2 Cleaner”), ώστε να μπορεί να επιτευχθεί επανεκκίνηση του κύκλου λειτουργίας. Η επαναφορά των εν λόγω σημάτων γίνεται μέσω των FDB Blocks ‘RST’ εφόσον το αντίστοιχο σήμα



Εικόνα 2.272: Smart Parking Network 78 - Ladder

ενεργοποίησης του ελέγχου PWM είναι ενεργό κι ο κινητήρας εξαερισμού δεν είναι σε λειτουργία. Επί του κώδικα ST του Network 78, μέσω των εντολών της 528^{ης} και 531^{ης} γραμμής, καλούνται τα FBD Blocks 'RST' την σκοπιμότητα των οποίων ήδη έχουμε αναφέρει. Σε κάθε μία από αυτές τις εντολές, εντάσσουμε τόσο τις συνθήκες ενεργοποίησης, που αναλύσαμε, όσο το σήμα που θέλουμε να επαναφέρουμε.άλλη ενέργεια.

```

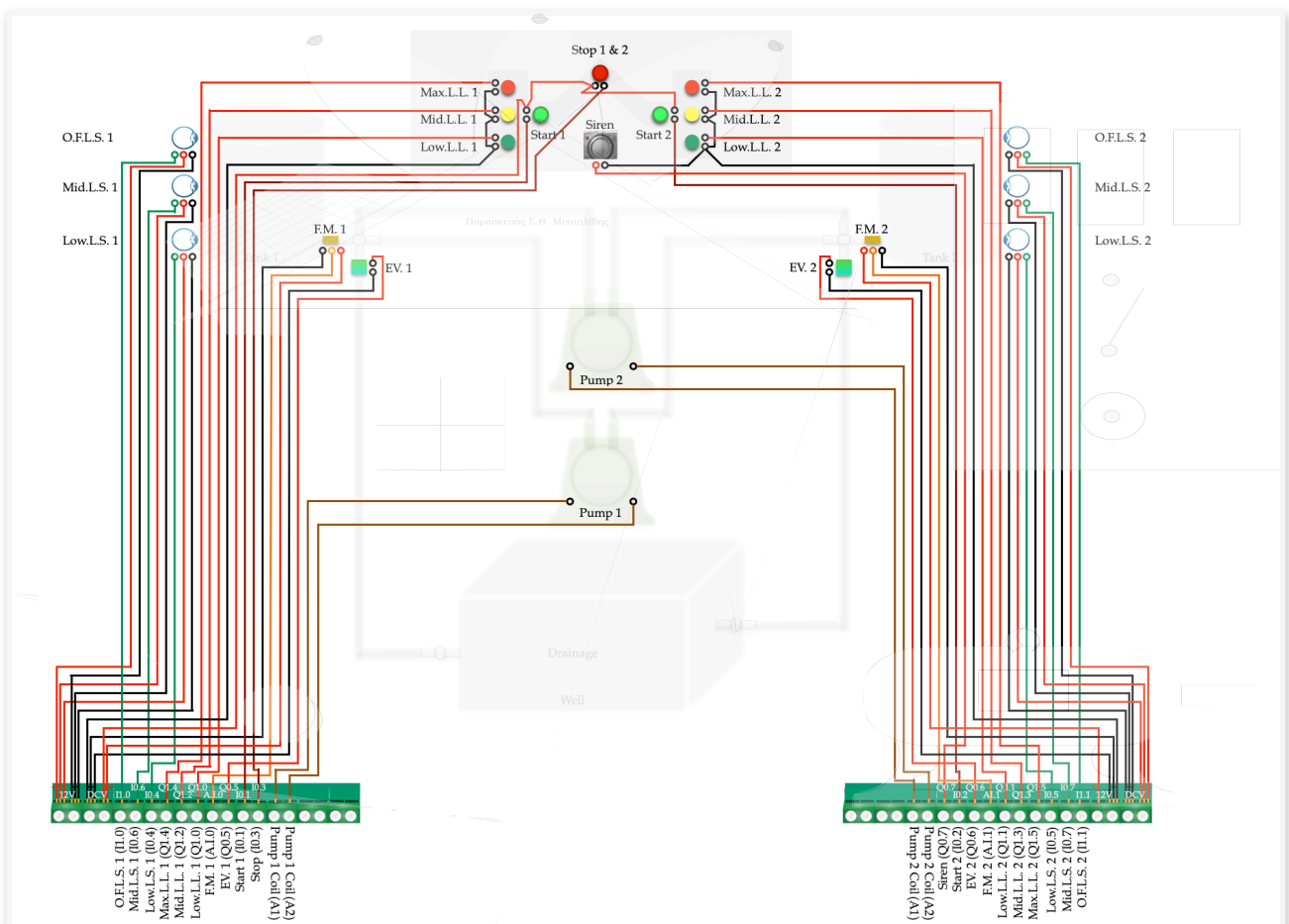
524 // Network 78:
525 // CO2 Cleaner: The additional memory signals have to be reseted in order to restart the cycle.
526
527 //Firstly, reset the 'PWMTriggerCO2Cleaner' signal.
528 RST( (ActivationCO2Cleaner) AND ( NOT(CO2Cleaner) ) , PWMTriggerCO2Cleaner );
529
530 //Secondly, reset the 'PWMTriggerResetCO2Cleaner' signal.
531 RST( (ActivationCO2Cleaner) AND ( NOT(CO2Cleaner) ) , PWMTriggerResetCO2Cleaner );
532

```

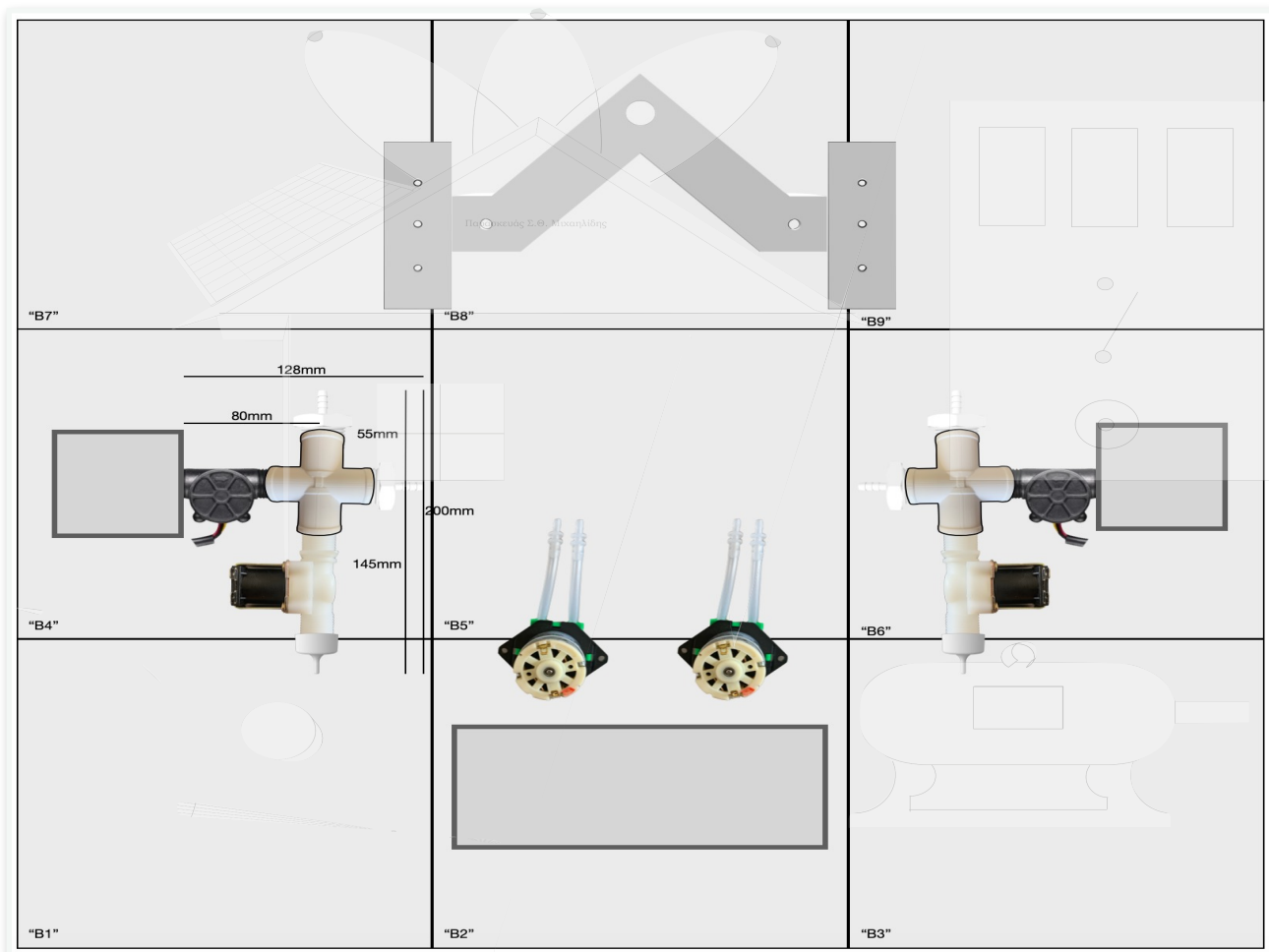
Εικόνα 2.273: Smart Parking Network 78 - ST Code

3 Τρισδιάσταση Σχεδίαση

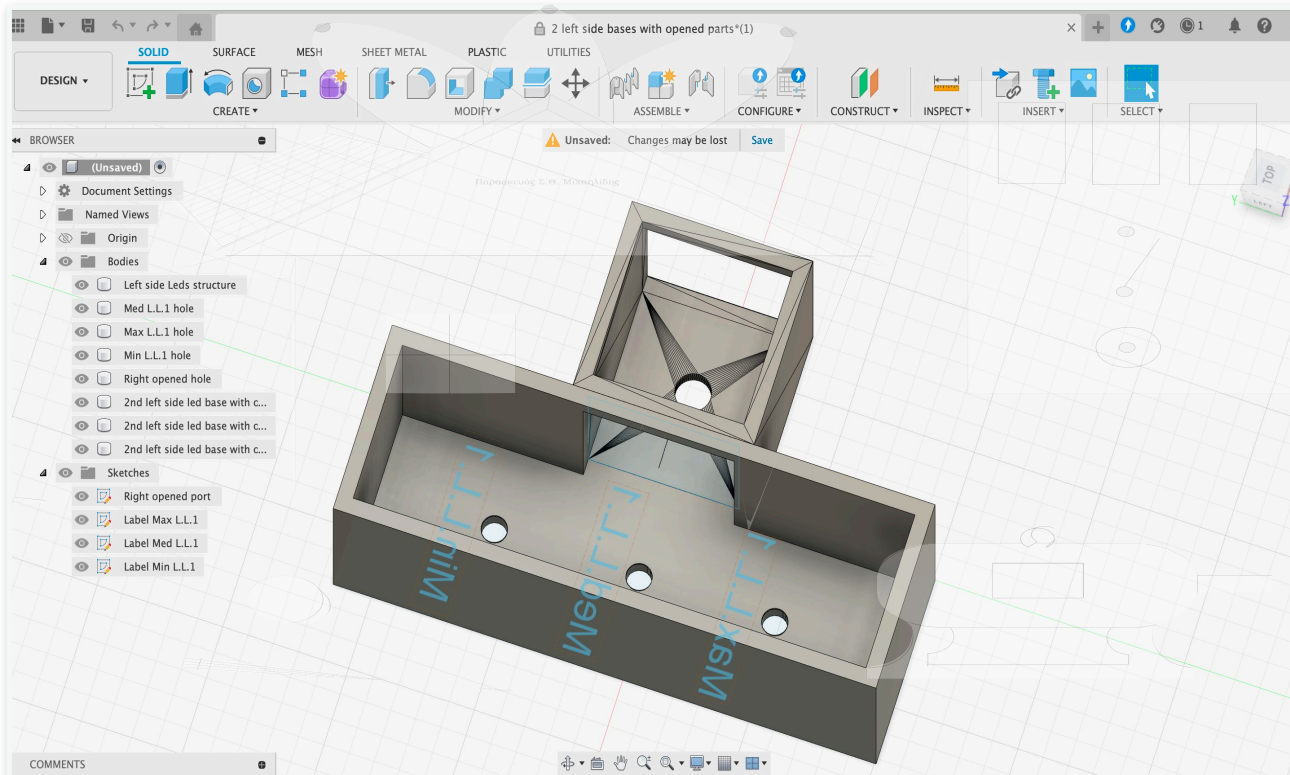
Στο παρών κεφάλαιο, πραγματοποιείται η συνοπτική παρουσίαση των κυριότερων μερών της τρισδιάστατης σχεδίασης, του κατασκευαστικού μέρους της διπλωματικής εργασίας το οποίο θα αποτελεί εποπτικό διδακτικό υλικό για το εργαστήριο του τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων & Συστημάτων Αποφάσεων.



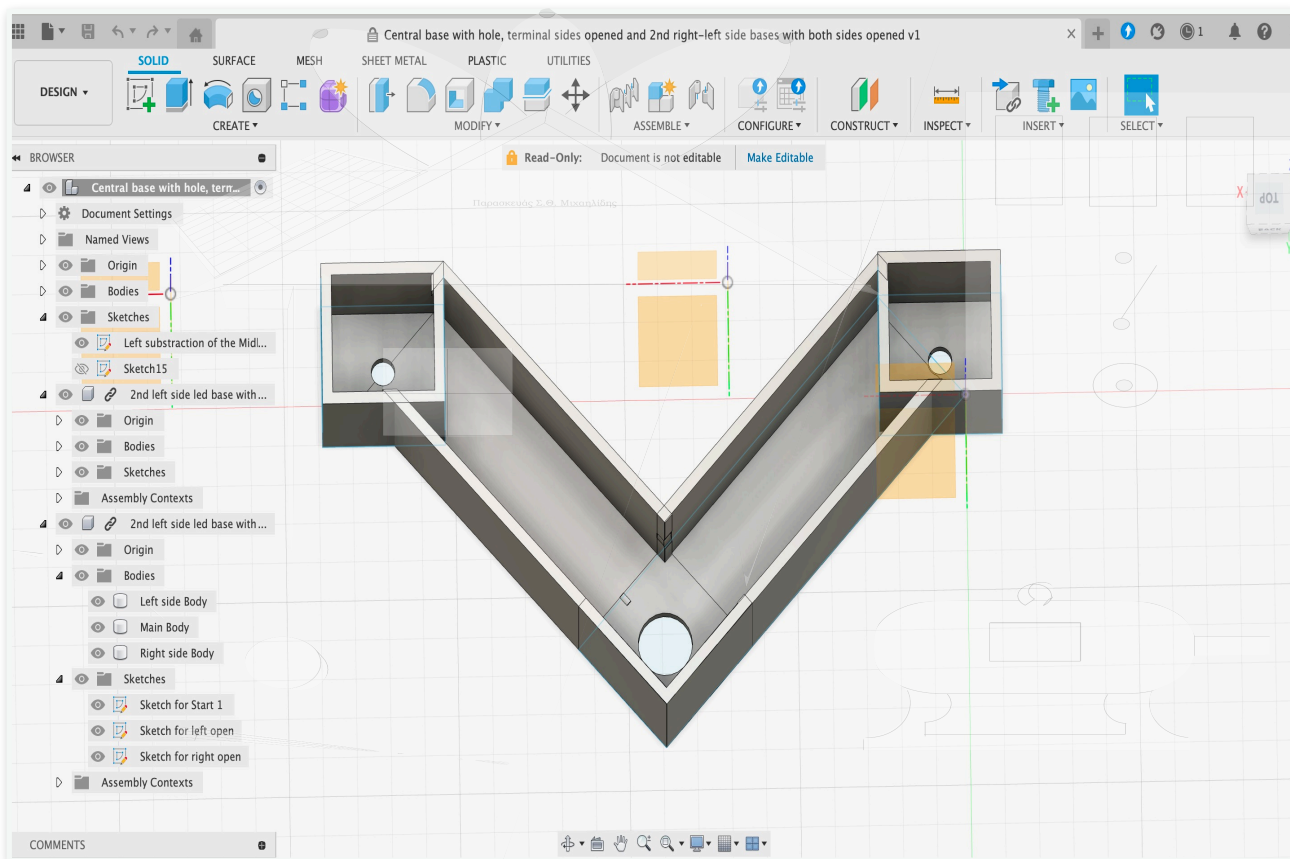
Εικόνα 3.1: Καλωδίωση Συστημάτων Ελέγχου



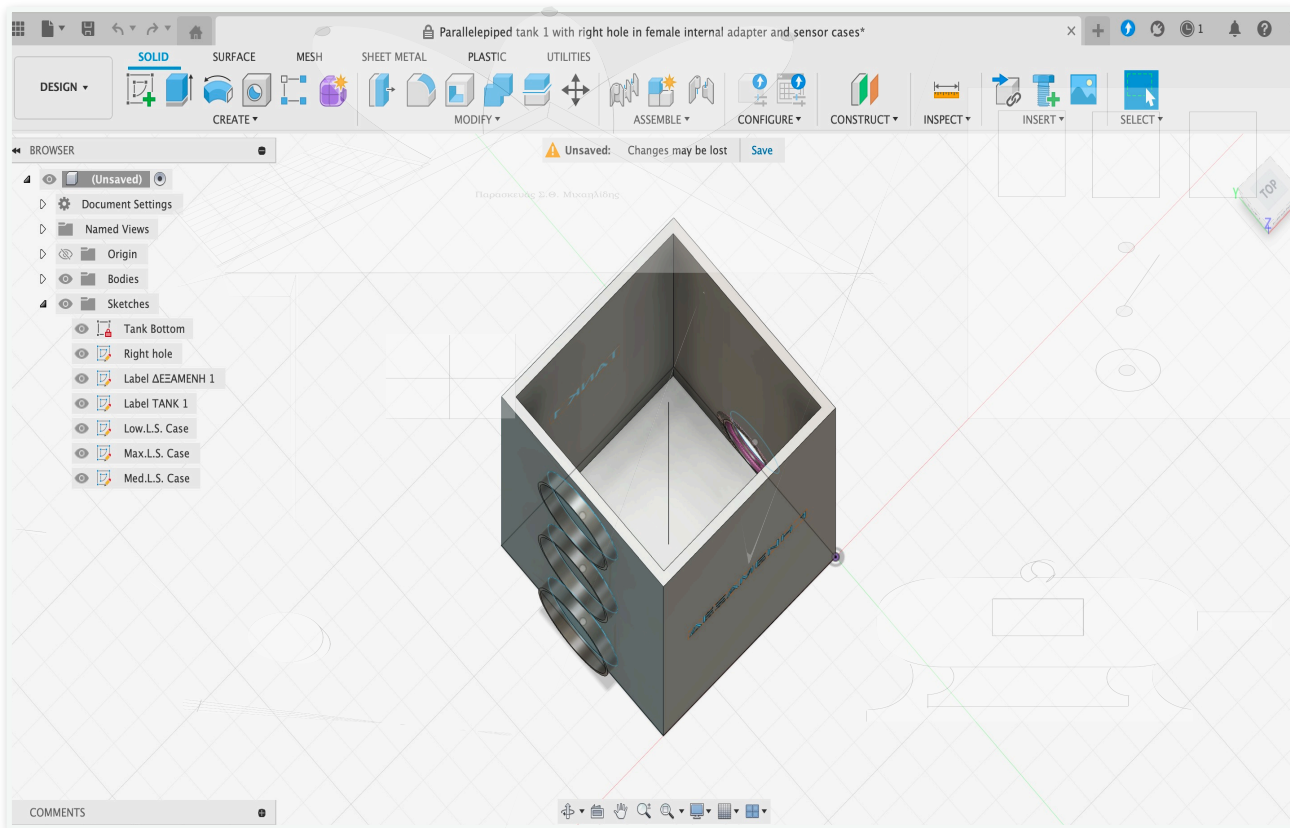
Εικόνα 3.2: Χωροταξική Κατανομή Εφαρμογής



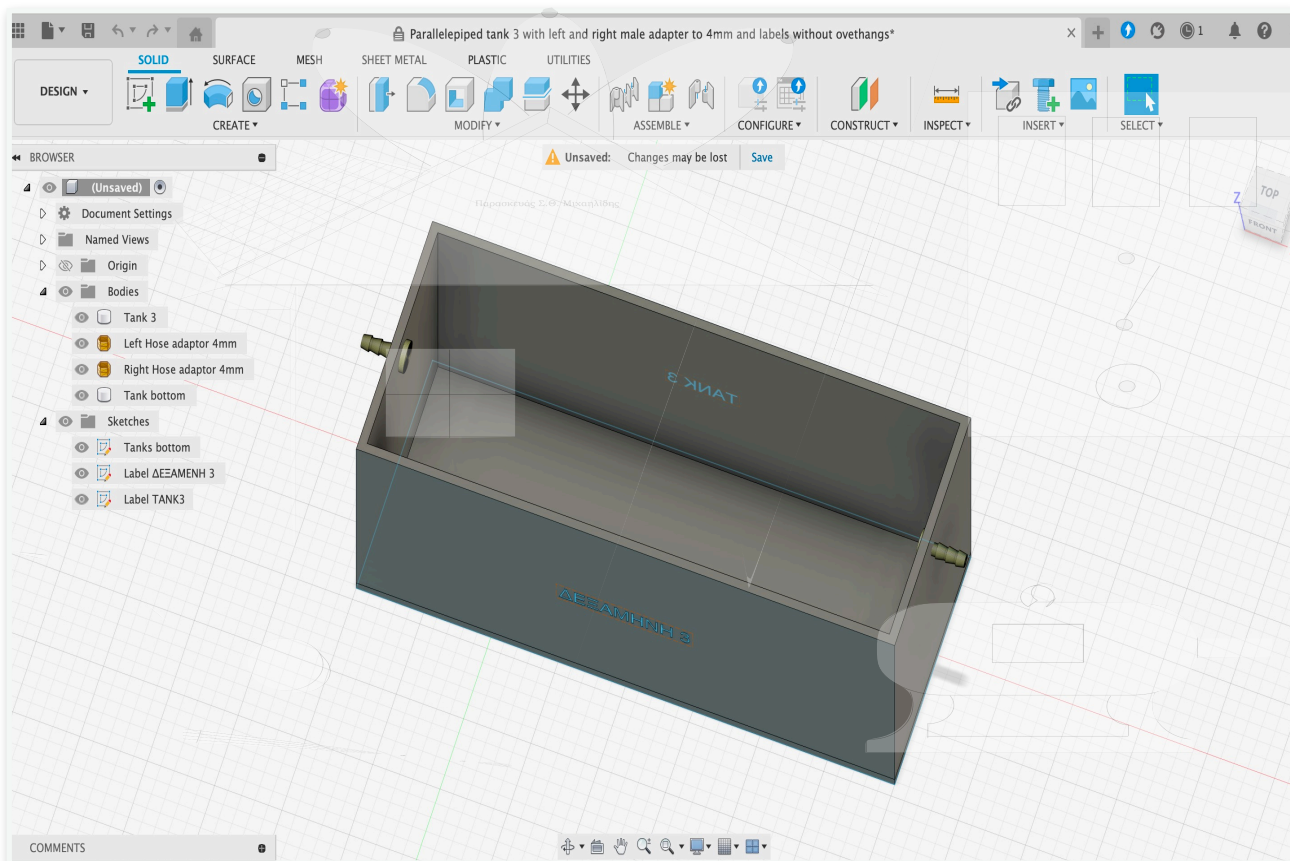
Εικόνα 3.3: Αριστερό Τμήμα Κέντρου Χειρισμού



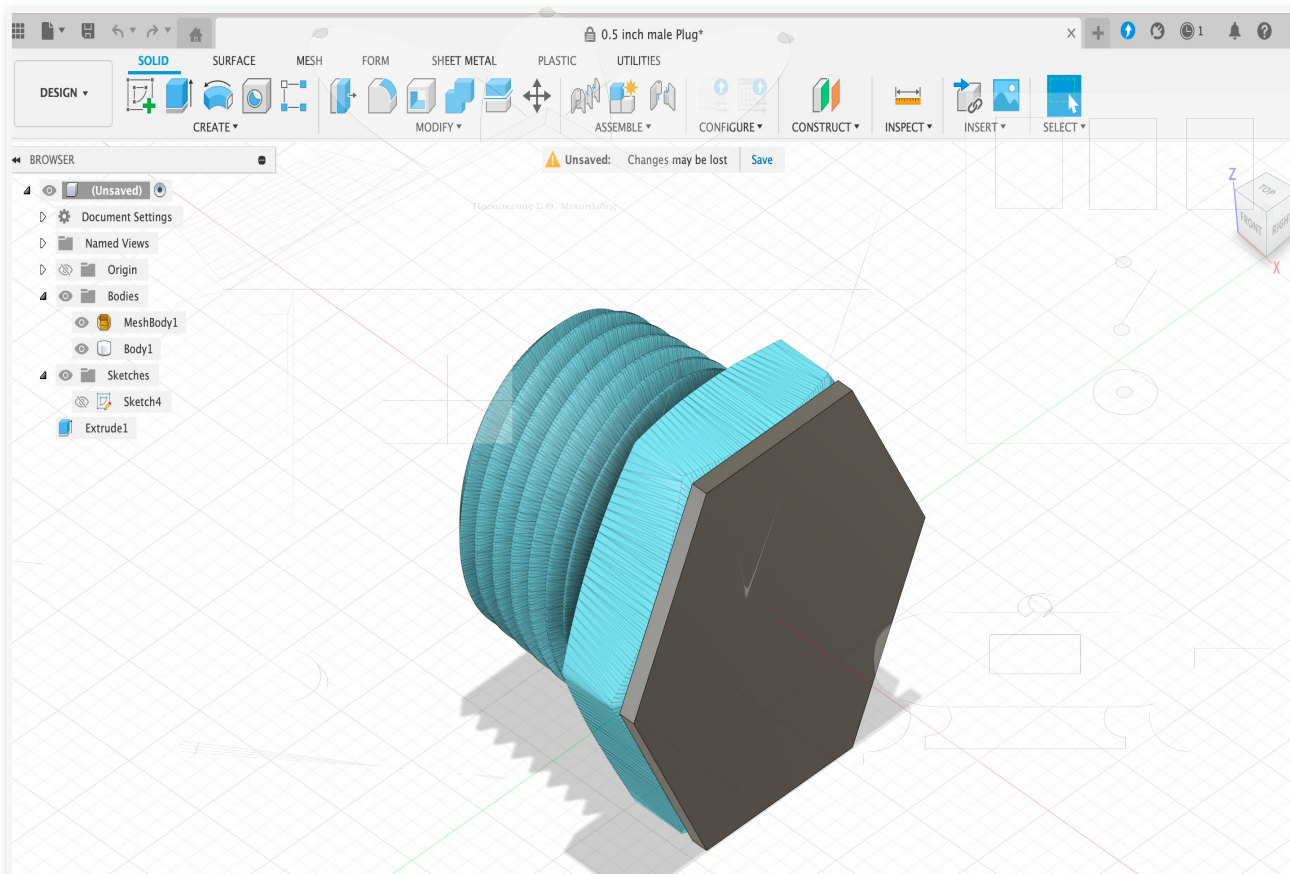
Εικόνα 3.4: Μεσσαίο Τμήμα Κέντρου Χειρισμού



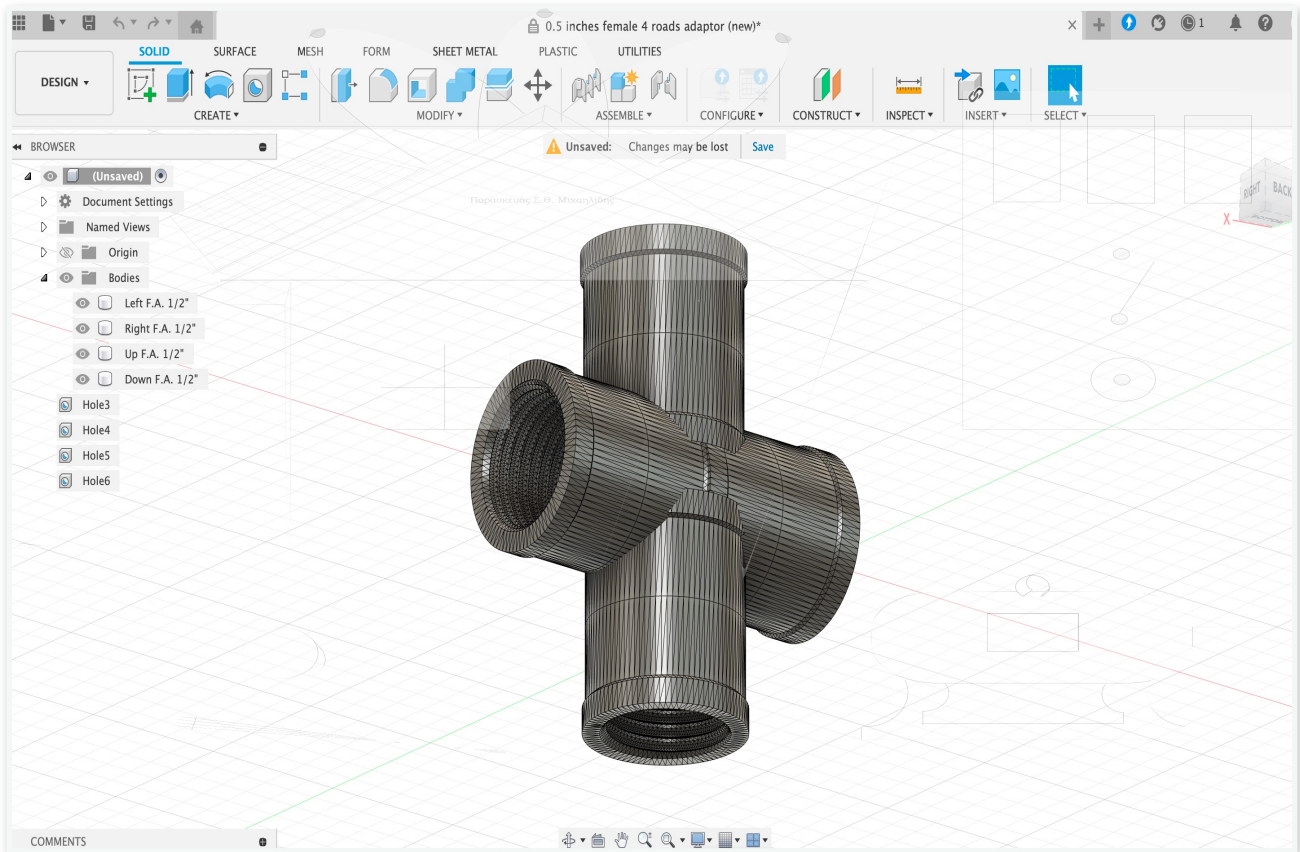
Εικόνα 3.5: 1^η Δεξαμενή Αντλιοστασίου



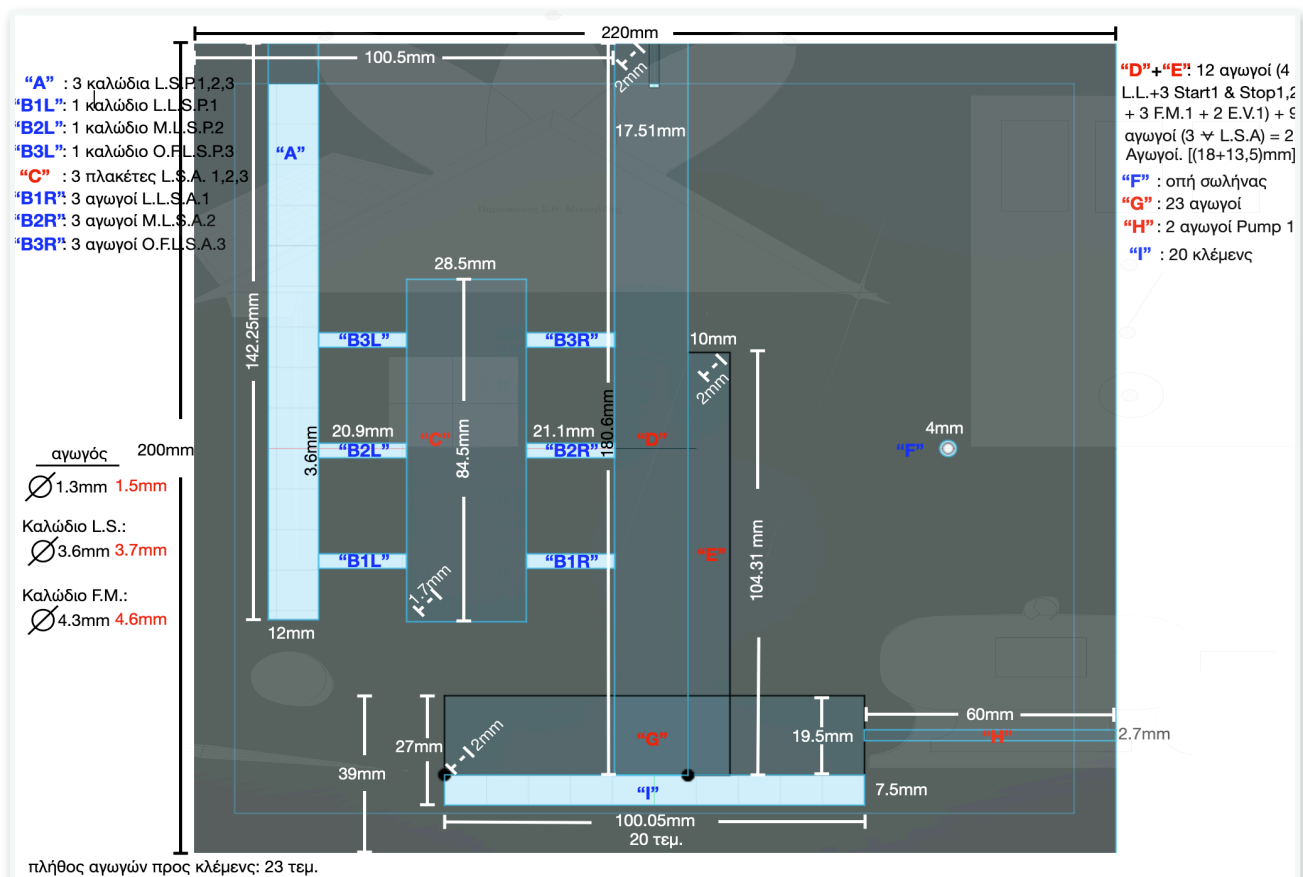
Εικόνα 3.6: Δεξαμενή Αποχέτευσης



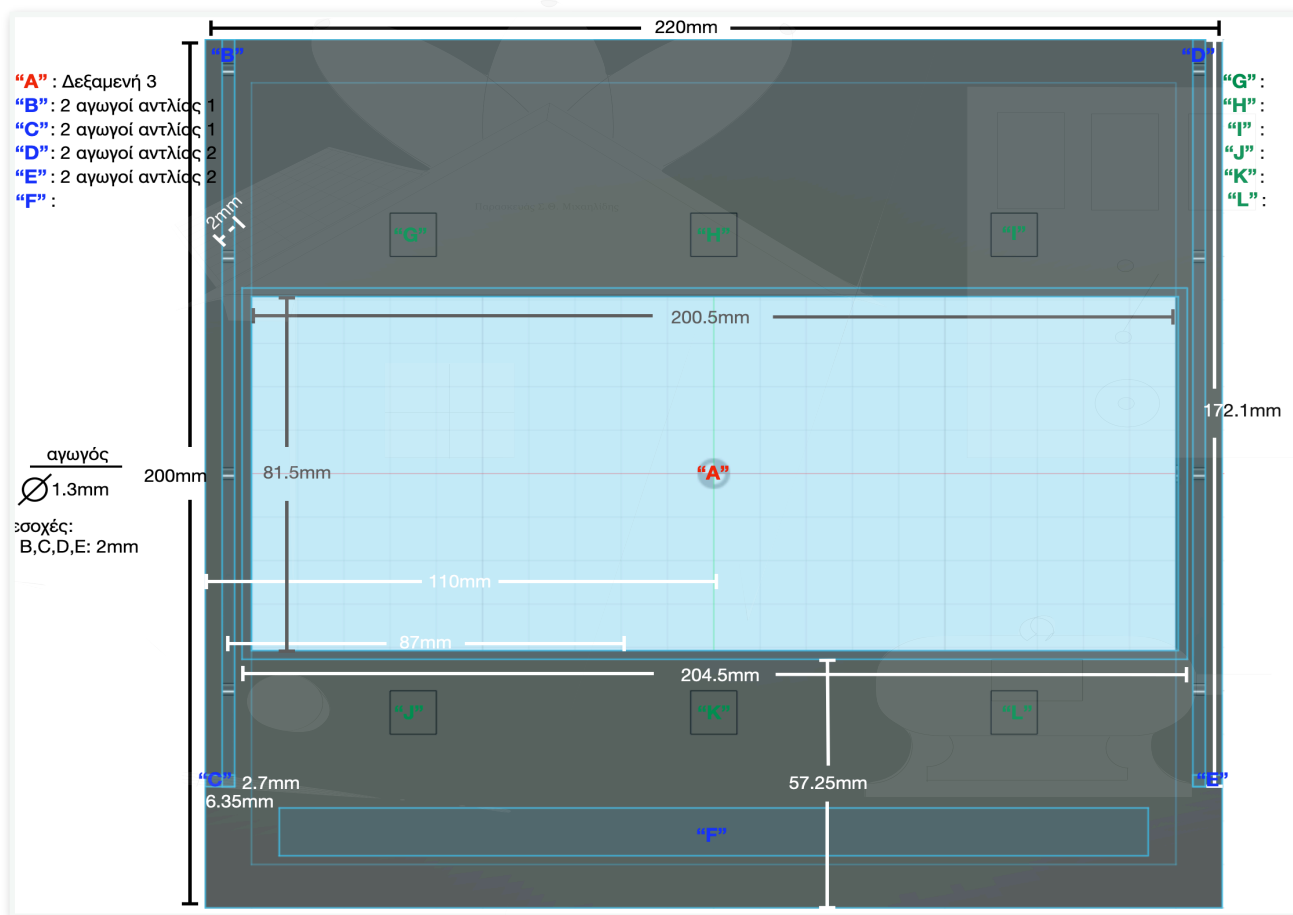
Εικόνα 3.7: Αρσενικό Πώμα 0.5 inch



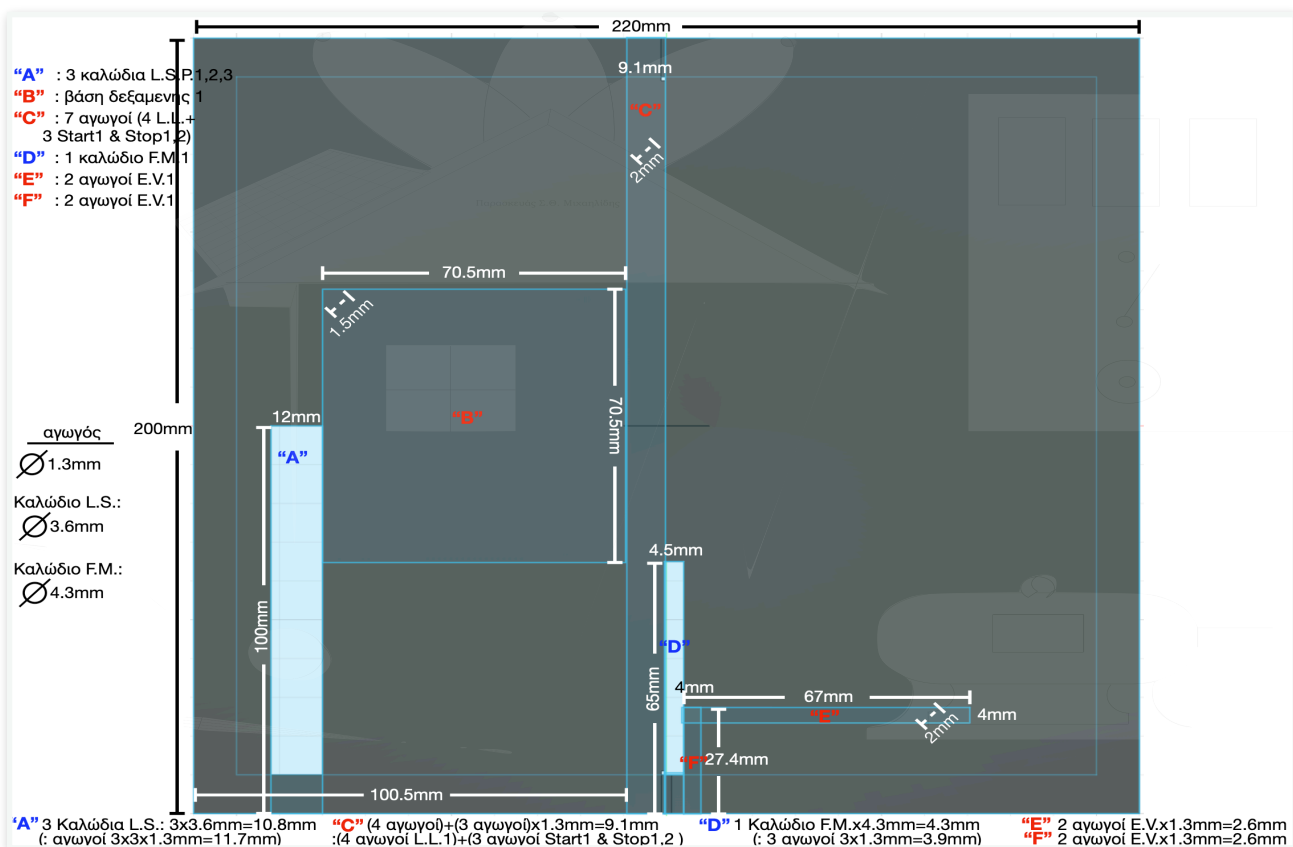
Εικόνα 3.8: Θηλυκός Αντάπτορας 0.5 inch



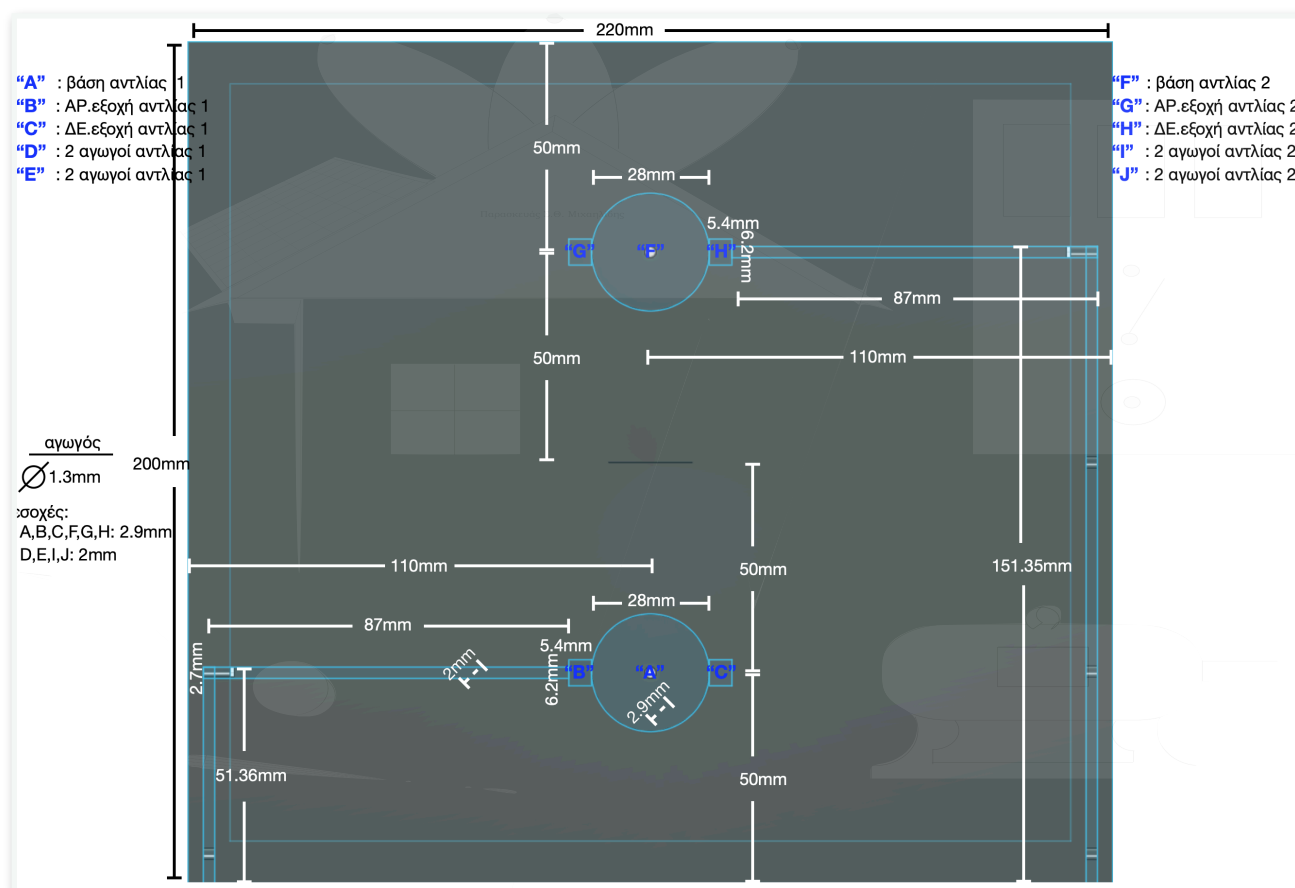
Εικόνα 3.9: Αριστερή Βάση Πλακετών



Εικόνα 3.10: Βάση Δεξαμενής Αποχέτευσης



Εικόνα 3.11: Βάση 1ης Δεξαμενής



Εικόνα 3.12: Βάση Περισταλτικών Αντλιών

4 Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη δύο φυσικών υλοποιήσεων με τη χρήση υπό κλίμακα IoT αισθητήρων και συσκευών ώστε να αποτελέσει εκπαιδευτικό υλικό για τους νέους συναδέλφους, ώστε μέσω της φυσικής επαφής και του πραγματικού χειρισμού των διατάξεων να έρθουν σε μία πιο άμεση επαφή με το αντικείμενο. Δεδομένου ότι οι εφαρμογές υλοποιήθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού, αναδείχθηκε και το εύρος και οι δυνατότητες που έχουν οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές.

Στις συγκεκριμένες εφαρμογές, δόθηκαν προτάσεις βελτιστοποίησης για τη λειτουργία των συγκεκριμένων συστημάτων οι οποίες στόχευαν στην εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας - ενεργειακής αποδοτικότητας και στη βελτίωση του συντελεστή ισχύος. Η δημιουργία του αλγορίθμου PWM ελέγχου από το μηδέν, δίνει μία νέα πρόταση στον τρόπο χρήσης του ελέγχου στα συστήματα που χρησιμοποιούν PLC, διότι τον καθιστούν περισσότερο επεκτάσιμο και παραμετροποιήσιμο.

5 Βιβλιογραφία

- [1] IoT Based Water Tank Level Control System Using PLC, International Conference on Computer Science and Software Engineering (CSASE), Duhok, Kurdistan Region – Iraq, 2020
- [2] Measurement and control system for variable-frequency speed regulating of motor based on PLC and HMI, Xiaoming CUI, Bajin LI, Zhiwei KOU, Yanjun QIAO, 2019
- [3] Water Level Control System using Programmable Logic Controller (PLC): Rujban Water Supply System, Yousef M. K. Ali, Omar A. Zargelin, Fadel Lashhab, Abdulbasit Alaribi, 2021
- [4] Modeling and Simulation of PLC-based PWM- Driven Variable Speed Drive via State-Space Approach, Muhammad Kamarul Baharin, Nordin Saad, Taib Ibrahim and Handy Ali Munir, 2011
- [5] Implementation of Supervisory Control and Data Acquisition - SCADA on a PLC and VFD Controlled Digital Mixing Plant Using TIA Portal, Bismah Hasan, Syed Sheraz-ul-Hasan Mohani, Syed Saiq Hussain Sajid Yasin, Waqar Ahmed Alvi & Osama Saeed, 2019
- [6] Design and Implementation system of Peeling Conventional VFD by Servo Motor Based on PLC, Mehul R. Patel, Ketan Goswami, Mohan Tilwari, 2017
- [7] VFD Control for Industrial Machines using PLC and LC Filter, Mr. Suraj Salunkhe, Dr. V. N. Kalkhambkar, 2019
- [8] Speed Control of A DC Motor Using PLC and PIC Microcontroller, Upasana Sarma, Prof. P.K Bordoloi, 2017
- [9] Use Of Smart Drives and PLC for Energy Saving, S.G. Tarnekar, D. R. Tutakane, 2018
- [10] Design of Three-Dimensional Parking Garage, Li Long, Xiaodong Zhang, Zixu Peng, Wenlei Xu, 2017
- [11] Scheduling Multiple AGVs with Dynamic Time-windows for Smart Indoor Parking Lot, Xueyan Sun, Yingkai Zhao, Shuhuai Shen, Kefei Wang, 2018
- [12] Smart Parking System for Monitoring Cars and Wrong Parking, Faris Alshehri, A. H. M. Alkawgani, Ayed Alqahtani, Abdurahman Alqahtani ,2019
- [13] Energy Aware Parking Lot Availability Detection Using YOLO on TX2, Yohan Marvel Anggawijaya, Tien-Hsiung Weng, Rosita Herawati, 2019
- [14] A Visual Sensor Network for Parking Lot Occupancy Detection in Smart Cities, Luca Baroffio, Luca Bondi, Matteo Cesana, Alessandro Enrico Redondi, Marco Tagliasacchi ,2015
- [15] Automatic parking lot mapping for available parking space detection, Kairoek Choeychuen, 2013
- [16] Modeling of the Industrial Manipulator Based on PLC Siemens and Step Motors Festo, Pavel Ganin, Alexander Kobrin, 2020
- [17] Automated Parking Lot Management System using Embedded Robot Type Smart Car based on Wireless Sensors, YeJi Kang, Doyeon Jung, Inshil Doh, 2017
- [18] IoT Platform Based Smart Parking Navigation System with Shortest Route and Anti-Collision, Dae-hyun Kim, Sung-hyun Park, Seungwoon Lee, Byeong-hee Roh, 2018
- [19] Towards a Smart Parking Management System for Smart Cities, Paul Melnyk, Soufiene Djahel and Farid Nait-Abdesselam, 2019

- [20] IoT Based Smart Parking System for Large Parking Lot, Manickam Ramasamy, Sunil Govinda Solanki, Elango Natarajan, Tham Mun Keat , 2018
- [21] The PLC-based Control System for Intelligent Garage, Day Sheng-wei, Wang Xin, Li Yan-lin, Hu Zhen-yu 2013
- [22] An IoT-based Eco-Parking System for Smart Cities, Ibrahim Tamam, Shen Wang, Soufiene Djahel, 2020