



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

Μετρήσεις Ηλεκτρονικών Κυκλωμάτων σε Πραγματικό Χρόνο μέσω Διαδικτύου

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Σ. Τσιάντης

Επιβλέπων: Ελευθέριος Καγιάφας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 22^η Ιανουαρίου 2004.

.....
Ε. Καγιάφας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Β. Λούμος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Η. Κουκούτσης
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιανουάριος 2004

Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Πολυμέσων του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου από τον Ιούλιο έως τον Νοέμβριο του 2003.

Θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες καταρχήν προς τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Καγιάφα, και κατόπιν προς όλους τους συνεργάτες του Εργαστηρίου για την άψογη συνεργασία και την πολύτιμη βοήθειά τους σε όλη τη διάρκεια της παραπάνω περιόδου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τη σύζυγό μου Νίκη και τους γονείς μου Σεραφείμ και Κωνσταντία, χωρίς την αμέριστη υποστήριξη και συμπαράσταση των οποίων, θα ήταν αδύνατον η εργασία αυτή να έλθει εις πέρας.

Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσεως, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσης εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό – κερδοσκοπικό σκοπό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της Διπλωματικής αυτής Εργασίας είναι η πραγματοποίηση μετρήσεων σε ηλεκτρονικά κυκλώματα από απόσταση. Για την επίτευξη του στόχου αυτού υλοποιήθηκε το Εικονικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής (Virtual Electro Laboratory).

Το Εικονικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής προσφέρει, μέσω του Διαδικτύου, πρόσβαση σε κυκλώματα διαφόρων τύπων ηλεκτρονικών στοιχείων: Τρανζίστορ εγκαρσίου πεδίου FET: *n*-καναλιού (N-JFET) και FET μετάλλου-οξειδίου ημιαγωγού τύπου-*p* (P-MOS-FET), Διπολικό Τρανζίστορ Ενώσεως (BJT), Δίοδο πυριτίου (Dsi) και Zener δίοδο (Dze). Χαρακτηριστικά κυκλώματα των στοιχείων αυτών έχουν υλοποιηθεί σε μία κοινή πλακέτα, η οποία από κοινού με ένα κύκλωμα ηλεκτρονόμων (Relay Bench) και την πλακέτα επίκτησης δεδομένων (National Instruments PCI-6024E Data Acquisition plug-in Board) αποτελούν το υλισμικό (hardware) της εφαρμογής.

Την καρδιά της όλης υλοποίησης αποτελεί ένα Εικονικό Όργανο (Virtual Instrument) για τη δημιουργία του οποίου χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πακέτο LabVIEW της *National Instruments*. Το LabVIEW είναι μια γλώσσα προγραμματισμού, η οποία χρησιμοποιεί γραφικά αντί για γραμμές κειμένου. Ο προγραμματισμός πραγματοποιείται με βάση τη ροή δεδομένων.

Το εν λόγω πρόγραμμα δέχεται τα δεδομένα και χειρίζεται το *hardware* έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν σε πραγματικό χρόνο οι ζητούμενες μετρήσεις. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε αντίστοιχα αρχεία, τα οποία δημοσιεύονται στο Διαδίκτυο καθιστώντας έτσι δυνατή οποιαδήποτε περαιτέρω επεξεργασία, όπως ταξινόμηση σε κάποια Βάση Δεδομένων ή εξαγωγή χαρακτηριστικών γραφικών παραστάσεων.

Για να επιτευχθεί η μέσω Διαδικτύου πρόσβαση στα ηλεκτρονικά κυκλώματα προς μέτρηση, ήταν απαραίτητη η δημιουργία ενός Δικτυακού Τόπου (website). Ο Δικτυακός Τόπος (<http://147.102.16.98/VELab/sitethree>) είναι το τμήμα της όλης εφαρμογής, το οποίο παραμένει *on line* κατά το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα. Με τον τρόπο αυτό, όσο ο εξυπηρετητής (server) υπολογιστής παραμένει ανοικτός, οποιοσδήποτε διαθέτει πρόσβαση στο Ίντερνετ είναι δυνατόν να λάβει πληροφορίες για το Εικονικό Εργαστήριο, και να πραγματοποιήσει μετρήσεις ή να δει τα αποτελέσματα των τελευταίων μετρήσεων.

Συνοψίζοντας λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι το *website* καθιστά δυνατή την πρόσβαση από απόσταση (μέσω Ίντερνετ), και το VI την πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο στα κυκλώματα προς μέτρηση.

ABSTRACT

The scope of this Thesis is the realization of remote measurements in electronic circuits in real time. In order to achieve this objective, the Virtual Electro Laboratory was developed and implemented.

This Laboratory of Electronics supports, via the Internet, access to different classes of electronic components: N-Channel Junction Field Effect Transistor (N-JFET), P-Type Enhancement Channel -Metal Oxide Semiconductor- Field Effect Transistor (P-MOS-FET), Bipolar Junction Transistor (BJT), Silicon Diode (DSi) and Zener Diode (DZe). Typical circuits of these elements are placed on the same test board, constituting the Devices Under Test. These DUTs are accessed through a circuit of relays (Relay Bench). The National Instruments PCI – 6024E Data Acquisition plug-in Board is also part of the Hardware Resources of this implementation.

The backbone of Virtual Electro Laboratory is based on National Instruments' LabView Software. LabVIEW is a graphical programming language, used primarily in Data Acquisition and Instrumentation control. LabVIEW programs are known as Vis, since they function exactly as real instruments although they are Virtual Instruments.

In the present implementation a LabView Virtual Instrument commands the DAQ board, the Relay Bench and the Devices Under Test, for the measurements to take place. With LabView the results are formatted into text and excel files and are published in the Web for future use, such as database ordering and diagram construction.

In order to achieve the via Internet access to the electronic circuits, the creation of a website was essential. This website (<http://147.102.16.98/VELab>), is the only part of the VELab project that remains on-line for the longest period of time. In this way, as long as the server is ON, anyone with Internet access can obtain information about VELab and further more, either perform measurements or browse the last measurements' results.

Summarizing the above, we can say that the website offers remote access and the VI (Virtual Instrument) real-time access to the Devices Under Test.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1	ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	1
2	ΤΟ ΥΛΙΣΜΙΚΟ	5
2.1	ΤΑ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ	6
2.1.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	6
2.1.2	FET ΕΝΩΣΕΩΣ <i>n</i> -ΚΑΝΑΛΙΟΥ (N-JFET)	7
2.1.2.1	Θεωρητική παρουσίαση.....	7
2.1.2.2	Παραδείγματα Μετρήσεων στο 2SK170 N-JFET	11
2.1.2.2.1	Επεξεργασία των Αποτελεσμάτων των Μετρήσεων	14
2.1.2.2.2	Πολλαπλές μετρήσεις της τάσης υποδοχής V_D με σταθερή τιμή της τάσης U_2	15
2.1.2.3	Πολλαπλές μετρήσεις της τάσης υποδοχής V_D για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών $I_D(V_D)$	18
2.1.2.4	Πολλαπλές μετρήσεις της τάσης υποδοχής V_D για την εύρεση του κέρδους τάσης ασθενούς σήματος	19
2.1.3	FET ΜΕΤΑΛΛΟΥ – ΟΞΕΙΔΙΟΥ - ΗΜΙΑΓΩΓΟΥ <i>p</i> -ΚΑΝΑΛΙΟΥ (P-MOS-FET)	20
2.1.3.1	Θεωρία MOS-FET	20
2.1.3.2	Παραδείγματα Μετρήσεων στο 2N4352 P-MOS-FET.....	23
2.1.4	ΔΙΠΟΛΙΚΟ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΕΝΩΣΕΩΣ (BJT)	28
2.1.4.1	Θεωρία BJT.....	28
2.1.4.2	Παραδείγματα Μετρήσεων στο BJT BC109	34
2.2	ΟΙ ΔΙΟΔΟΙ.....	37
2.2.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	37
2.2.1.1	Δίοδοι Ενώσεως Πυριτίου (Si Diodes)	40
2.2.1.1.1	Ανάλυση Κυκλωμάτων Διόδων	42
	Μη Γραμμικό Μοντέλο.....	42
	Απλουστευμένο Μοντέλο Διόδου.....	43
	Μοντέλο Σταθερής Πτώσης Τάσης	44
	Μοντέλο Ιδανικής Διόδου.....	45
2.2.1.2	Δίοδος Zener (Zener Diode)	45
2.2.2	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΩΝ ΔΙΟΔΩΝ.....	47
2.2.2.1	Δίοδος Πυριτίου (Si Diode) 1N4003	48
2.2.2.2	Δίοδος Zener (Zener Diode) C6V2PH.....	50
2.3	Η ΠΛΑΚΕΤΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΩΝ (RELAY BENCH).....	52
2.4	Η ΠΛΑΚΕΤΑ ΕΠΙΚΤΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 6024E DAQ BOARD	54
2.4.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	54

2.4.2	ΕΠΙΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA ACQUISITION).....	56
2.4.2.1	Είδη των Πηγών Σήματος (Signal Sources Types).....	56
2.4.2.1.1	Πηγές Σήματος Χωρίς Κοινό Σημείο Γείωσης (Floating Signal Sources) ..	56
2.4.2.1.2	Πηγές Κοινού Σημείου Γείωσης (Ground – Referenced Signal Sources)...	56
2.4.2.2	Διάρθρωση των Αναλογικών Καναλιών Εισόδου (Analogue Input Modes) .	56
2.5	ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (WORK BENCH).....	59
2.5.1	ΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗ (DEVICES UNDER TEST).....	62
3	ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	65
3.1	ΤΟ LabVIEW.....	65
3.1.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	65
3.1.2	Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΩΝ.....	67
3.1.2.1	Windows 2000 και πρόσβαση στην παράλληλη θύρα (Parallel Port) του υπολογιστή.....	67
3.1.2.2	Διάρθρωση των ηλεκτρονόμενων (Relay Configuration).....	69
3.1.3	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΤΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	72
3.1.4	ΤΟ LabVIEW ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “WORKBENCH.VI ”.....	75
3.1.4.1	ΤΟ FRONT PANEL.....	75
3.1.4.2	ΤΟ BLOCK DIAGRAM.....	76
3.1.4.2.1	Το Στάδιο Έναρξης.....	78
3.1.4.2.2	Το Στάδιο των <i>Loops</i>	80
3.1.4.2.3	Το Τελικό Στάδιο.....	90
4	Ο ΔΙΚΤΥΑΚΟΣ ΤΟΠΟΣ (WEBSITE).....	93
4.1	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ.....	93
4.2	ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ – PHP ΚΑΙ JAVASCRIPT.....	104
4.2.1	Διερεύνηση της <i>on line</i> κατάστασης του Σταθμού Μετρήσεων.....	104
4.2.2	Δημιουργία των αρχείων δεδομένων (Stimuli TXT Files).....	105
4.2.3	Λήψη των αποτελεσμάτων από τα αντίστοιχα αρχεία (Results TXT Files).....	108
4.2.4	Χρήση JavaScript για την επιβεβαίωση της σωστής υποβολής δεδομένων....	110
4.2.5	Χρήση JavaScript στα δυναμικά μενού και στο άνοιγμα νέων παραθύρων.....	111
4.2.6	Διεπικοινωνία μεταξύ Εικονικού Οργάνου (Visual Instrument) και Δικτυακού Τόπου (website).....	114
4.3	ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΚΙΝΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (WML ΣΕΛΙΔΕΣ).....	116
4.4	Η ΟΠΤΙΚΗ ΒΟΗΘΕΙΑ (VisualHelp).....	122
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	125
6	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	127
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: XLS Αρχεία Αποτελεσμάτων.....	129
	N-JFET DUT.....	131
	ID – VD.....	131
	IDS – UGS.....	135
	Πρότυπο ασθενούς σήματος.....	137

P-MOS-FET DUT	139
ID – VD	139
ID – VD for VGS = - 4 V	143
BJT DUT	147
IC – VCE / IB – VBE	147
Diodes DUT	153
Si Diode – R = 1kΩ	153
Si Diode – R = 1MΩ	157
Ze Diode – R = 1kΩ	161
Ze Diode – R = 1MΩ	165
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: template.dwt	169
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: JavaScript Form Validator	191
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Δημιουργία του Stimuli TXT File για το BJT dut	195
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: mm_menu.js (Created by Fireworks)	201
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: ΟΠΤΙΚΗ ΒΟΗΘΕΙΑ (VISUAL HELP)	225
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: ΔΙΚΤΥΑΚΟΣ ΤΟΠΟΣ (VELab WEBSITE)	229
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	233

Κεφάλαιο 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα έκδοση του Εικονικού Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής (Virtual Electro Laboratory-VELab) αποτελεί τη συνέχεια προηγούμενων εφαρμογών επάνω στο ίδιο θέμα, δηλαδή την εξ αποστάσεως πραγματοποίηση μετρήσεων σε ηλεκτρονικά κυκλώματα σε πραγματικό χρόνο.

Οι επιμέρους ενότητες της συγκεκριμένης υλοποίησης – το υλισμικό, βασικό στοιχείο του οποίου αποτελούν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα προς μέτρηση (Τρανζίστορ FET και Διπολικό Ενώσεως, Δίοδοι), το λογισμικό (LabVIEW-VI στον Workbench υπολογιστή) και ο Δικτυακός Τόπος - συγκροτούν μία ολοκληρωμένη, συμπαγή και κατά το δυνατόν χαμηλού κόστους εφαρμογή.

Το λογισμικό πακέτο LabVIEW της *National Instruments*, που αποτελεί την καρδιά της εφαρμογής, συμβάλλει επαναστατικά στο ερευνητικό και διδακτικό ακαδημαϊκό έργο. Ένα ηλεκτρονικό, και όχι μόνο, εργαστήριο βασισμένο στο LabVIEW, βελτιώνει εξίσου, τόσο την παραγωγικότητα των ερευνητών όσο και τη δεκτική ικανότητα των σπουδαστών. Η προσοχή τους συγκεντρώνεται στην επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, αντί της κοπιαστικής και χρονοβόρας συγκέντρωσης δεδομένων. Δίνεται πάντοτε ιδιαίτερη έμφαση στη μεθοδολογία, αλλά τώρα, για διδάσκοντες και σπουδαστές, το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου αναλώνεται στην εκτέλεση και αξιοποίηση των πειραμάτων αντί της υλοποίησής τους.

1.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Τα επιμέρους τμήματα του υλισμικού (Hardware), στο οποίο ο χρήστης έχει πρόσβαση, μέσω του Διαδικτύου, φαίνονται στο Σχήμα 1.1

**Σχήμα 1.1**

Από αριστερά προς τα δεξιά:

Επάνω σειρά: Η πλακέτα των κυκλωμάτων προς μέτρηση (Devices Under Test – DUTs), η πλακέτα των ηλεκτρονόμενων (Relay Bench) και ο σύνδεσμος Εισόδου / Εξόδου του DAQ (I/O DAQ Connector), η αρτηρία σύνδεσης (Connector Bus) και η πλακέτα επίκτησης δεδομένων DAQ PCI-6024E (Data Acquisition Board).

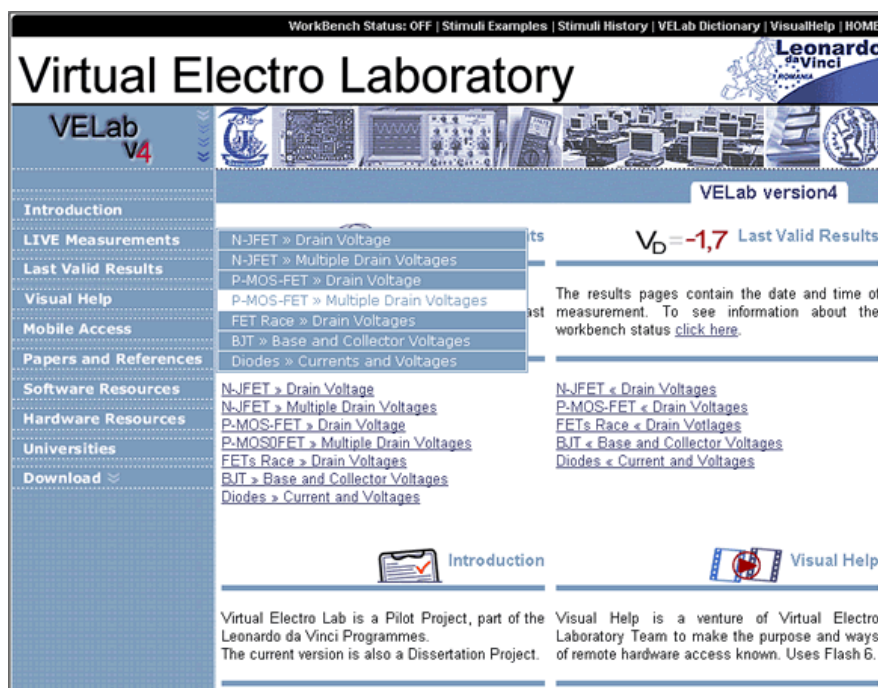
Κάτω σειρά: Το καλώδιο LPT και ο μετασχηματιστής, που χρησιμοποιεί το κύκλωμα Relays.

Για να επιτευχθεί η μέσω Διαδικτύου πρόσβαση στο Σταθμό Μετρήσεων (workbench), ήταν απαραίτητη η δημιουργία ενός Δικτυακού Τόπου (website). Στη διεύθυνση <http://147.102.16.98/VELab/sitethree> παρουσιάζεται πλήρως η συγκεκριμένη υλοποίηση. Μέσα από αρχεία, τα οποία δημιουργεί το LabVIEW και με χρήση *PHP script*, ανιχνεύεται καταρχήν εάν τα κυκλώματα προς μέτρηση είναι *on line*, οπότε είναι δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων. Στην αντίθετη περίπτωση, ο χρήστης είναι δυνατόν να έχει πρόσβαση στα αρχεία των αποτελεσμάτων, τα οποία δημιουργήθηκαν την τελευταία φορά που το *workbench* ήταν *on line*.

Για την δημιουργία και τη δημοσίευση στο Διαδίκτυο του παραπάνω Δικτυακού Τόπου, χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία της *Macromedia®*: Για την κυρίως εμφάνιση των ιστοσελίδων, τα μενού και τις εικόνες χρησιμοποιήθηκε το *Macromedia Fireworks*, για την ανάπτυξη της Οπτικής Βοήθειας (Visual Help) το *Macromedia Flash* και τέλος για το *PHP script* και τη δημιουργία του Δικτυακού Τόπου το *Macromedia Dreamweaver*.

Ο Δικτυακός Τόπος είναι το τμήμα της όλης εφαρμογής, το οποίο παραμένει *on line* κατά το μεγαλύτερο δυνατόν χρονικό διάστημα. Με τον τρόπο αυτό, όσο ο εξυπηρετητής (server) υπολογιστής παραμένει ανοικτός, οποιοσδήποτε διαθέτει πρόσβαση στο Ίντερνετ είναι δυνατόν να λάβει πληροφορίες για το Εικονικό Εργαστήριο, και να πραγματοποιήσει μετρήσεις ή να δει τα αποτελέσματα των τελευταίων μετρήσεων.

Στο Σχήμα 1.2 μπορούμε να δούμε την κεντρική σελίδα του παραπάνω Δικτυακού Τόπου, με ανοικτές τις επιλογές των *on line* μετρήσεων.



Σχήμα 1.2
Η κεντρική σελίδα του VELab

Τα πρωτόκολλα και οι τεχνικές Ίντερνετ, που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής: *HTTP*-για ιστοσελίδες που δημοσιεύονται στο Ίντερνετ, *PHP*- για τις δυναμικά παραγόμενες σελίδες και την υποβολή των δεδομένων στον εξομοιούμενο *Apache* εξυπηρετητή υπολογιστή, εργαλεία *Macromedia®* - για την υλοποίηση και δημοσίευση των ιστοσελίδων και τέλος το λογισμικό πακέτο *LabVIEW* δί το οποίο ελέγχει και συντονίζει την όλη εφαρμογή.

Η τρέχουσα υλοποίηση του VELab προσφέρει, μέσω του Διαδικτύου, πρόσβαση σε κυκλώματα διαφόρων τύπων ηλεκτρονικών στοιχείων: Τρανζίστορ εγκαρσίου πεδίου FET: *n*-καναλιού (N-JFET) και FET μετάλλου-οξειδίου ημιαγωγού τύπου-*p* (P-MOS-FET), Διπολικό Τρανζίστορ Ενώσεως (BJT), Δίοδο πυριτίου (Dsi) και Zener δίοδο (Dze).

Το υλισμικό (hardware) της όλης εφαρμογής απαρτίζεται από την πλακέτα των κυκλωμάτων προς μέτρηση (DUTs), την πλακέτα των ηλεκτρονόμενων (Relay Bench) και την πλακέτα επίκτησης δεδομένων (Data Acquisition Board-DAQ). Στην περίπτωση μας αυτή είναι η PCI-6024E *plug-in board* της *National Instruments* που έχει προστεθεί στον κεντρικό υπολογιστή (Workbench) του Σταθμού Μετρήσεων (workbench).

Το λογισμικό βασίζεται σε ένα VI πρόγραμμα (Virtual Instrument-LabView). Το εν λόγω πρόγραμμα δέχεται τα δεδομένα και χειρίζεται το *hardware* έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν σε πραγματικό χρόνο οι ζητούμενες μετρήσεις. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε αντίστοιχα αρχεία για περαιτέρω επεξεργασία, όπως ταξινόμηση σε κάποια Βάση Δεδομένων, δημοσίευση στο Διαδίκτυο, δημιουργία γραφικών παραστάσεων.

Ο Δικτυακός Τόπος τέλος δημιουργεί ένα πλήρως κατατοπιστικό και φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον. Το website καθιστά δυνατή την πρόσβαση από απόσταση (μέσω Ίντερνετ), και το VI την πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο στα

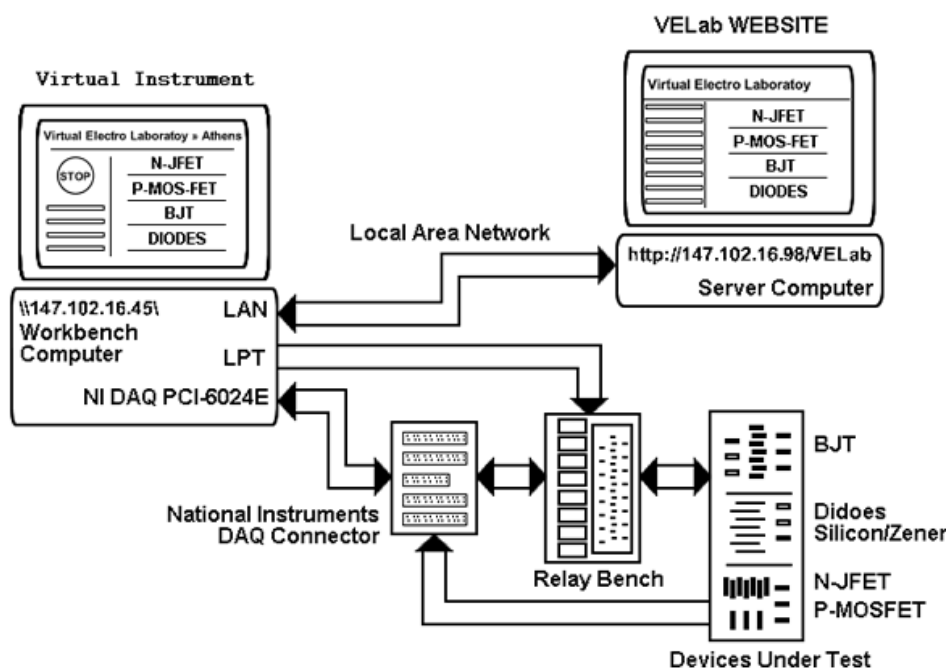
κυκλώματα προς μέτρηση. Επίσης η πρόσβαση είναι δυνατόν να επιτευχθεί και μέσω κινητών διατάξεων (mobile devices) καθώς το *website* προσφέρει και *WML* σελίδες (Wireless Mark-up Language).

Στο Σχήμα 1.3 έχουμε μια γενική εικόνα της όλης εφαρμογής:

- Σταθμός Μετρήσεων (workbench) ο οποίος αποτελείται από τα εξής:
 1. Κεντρικός υπολογιστής (Workbench Computer). Έχει εγκατεστημένο το VI πρόγραμμα (LabVIEW).
 2. Πλακέτα επίκτησης δεδομένων (Data Acquisition Board) εγκατεστημένη (plug-in) στον κεντρικό υπολογιστή.
 3. Σύνδεσμος Εισόδου/Εξόδου της πλακέτας επίκτησης δεδομένων (I/O DAQ Connector).
 4. Πλακέτα ηλεκτρονόμενων (Relay Bench).
 5. Πλακέτα κυκλωμάτων προς μέτρηση (Devices Under Test).
- Εξυπηρετητής υπολογιστής (Server Computer: Deerhunter). Έχει εγκατεστημένο τον Δικτυακό Τόπο (website). Στον υπολογιστή αυτόν δημιουργούνται επίσης, από το VI, τα αρχεία δεδομένων και αποτελεσμάτων τύπου .txt και .xls, όπως θα δούμε παρακάτω.

Μεταξύ του Workbench και του Deerhunter υπάρχει αμφίδρομη επικοινωνία μέσω του τοπικού δικτύου (LAN).

Οι εντολές προς το κύκλωμα των ηλεκτρονόμενων δίνονται από το VI, μέσω της παράλληλης θύρας του κεντρικού υπολογιστή.



Σχήμα 1.3

Συνδέσεις μεταξύ επιμέρους τμημάτων του Εικονικού Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής

Κεφάλαιο 2

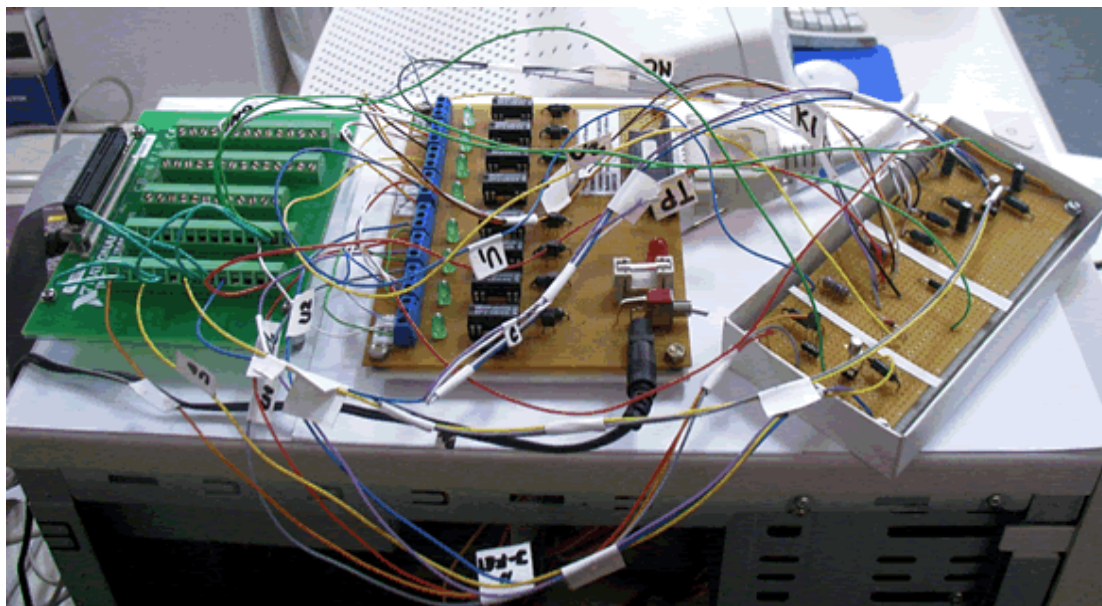
ΤΟ ΥΛΙΣΜΙΚΟ

Το υλισμικό (hardware) αποτελεί την υλική ενότητα του Εικονικού Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής (VELab). Τα κυκλώματα προς μέτρηση (DUTs), είναι αυτά των N-JFET, P-MOS-FET, BJT και διόδων.

Η πλακέτα επίκτησης δεδομένων PCI-6024E παρέχει μόνο δύο εξόδους συνεχούς τάσης. Η τροφοδοσία λοιπόν των παραπάνω κυκλωμάτων απαιτεί την παρουσία των ηλεκτρονόμων, οι οποίοι - έξι από τους οκτώ συνολικά - πραγματοποιούν την αναγκαία πολύπλεξη αυτών των εξόδων. Οι υπόλοιποι δύο ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται από το κύκλωμα των διόδων (Diodes DUT) για την επιλογή της ενεργού διόδου (ανάμεσα στη δίοδο πυριτίου και τη Zener) και της ενεργού αντίστασης (ανάμεσα σε δύο αντιστάσεις με τιμές $1\text{ k}\Omega$ και $1\text{ M}\Omega$). Εκ των προτέρων έχουν επιλεγεί (default) η δίοδος πυριτίου (Si Diode) και η αντίσταση $R = 1\text{ k}\Omega$.

Η πλακέτα του κυκλώματος των ηλεκτρονόμων, που κατασκευάστηκε στη Ρουμανία και εισήχθη στην Ελλάδα χρησιμοποιεί νέου τύπου ηλεκτρομαγνητικούς ηλεκτρονόμους και είναι προστατευμένο από υπερφόρτωση και γενικά από προβλήματα τροφοδοσίας. Ο μετασχηματιστής και ο σταθεροποιητής, που χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία του, είναι κατασκευασμένοι από την *Hewlett Packard*. Επίσης υπάρχει ένας διακόπτης δύο θέσεων (on-off) και μια ενδεικτική λυχνία λειτουργίας, οπότε το κύκλωμα δεν χρειάζεται να αποσυνδέεται από το δίκτυο κάθε φορά που δεν χρησιμοποιείται.

Όλα τα κυκλώματα προς μέτρηση είναι τοποθετημένα στην ίδια πλακέτα. Αυτά των N-JFET και P-MOS-FET αποτελούν το κύκλωμα των FET (FET DUT) και έχουν κοινή γείωση, ενώ το κύκλωμα του BJT (BJT-DUT) έχει διαχωριστεί.

**Σχήμα 2.1**

Το υλισμικό.

Από αριστερά προς τα δεξιά: Ο σύνδεσμος Εισόδου / Εξόδου (I/O DAQ Connector), η πλακέτα των ηλεκτρονόμων (με το LPT καλώδιο να έρχεται από δεξιά) και η πλακέτα των κυκλωμάτων προς μέτρηση (κύκλωμα FET αριστερά, κύκλωμα διόδων στο κέντρο και κύκλωμα BJT δεξιά).

2.1 ΤΑ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

2.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο κύριος στόχος του Εικονικού Εργαστηρίου (VELab), είναι η υλοποίηση μιας εύκολης στην πρόσβαση, και ταυτόχρονα ελκυστικής, μεθόδου μελέτης της Ηλεκτρονικής (ηλεκτρονικών στοιχείων και κυκλωμάτων). Τα τρανζίστορ είναι μια εξαιρετικά σημαντική κατηγορία ηλεκτρονικών στοιχείων. Η συμπεριφορά τους, τόσο σε συνεχή όσο και σε εναλλασσόμενη τάση, είναι δυνατόν να μελετηθεί εξ αποστάσεως με τη χρήση του VELab: Η εναλλασσόμενη τάση προσομοιώνεται με μικρές μεταβολές της τάσης εισόδου.

Τα τρανζίστορ που μελετώνται σε αυτή την εφαρμογή είναι τα N-JFET, P-MOS-FET και BJT.

Ακολουθώς θα παρουσιάσουμε τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των τύπων τρανζίστορ.

Υπάρχουν δύο τύποι τρανζίστορ (ημιαγωγοί με τρεις ακροδέκτες): το διπολικό τρανζίστορ (Bipolar Junction Transistor – BJT) και το τρανζίστορ εγκαρσίου πεδίου (Field-Effect-Transistor – FET). Και οι δύο τύποι είναι εξίσου σημαντικοί, και ο καθένας προσφέρει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα καθώς έχει ιδιαίτερες περιοχές εφαρμογής.

Το διπολικό τρανζίστορ αποτελείται από έναν κρύσταλλο πυριτίου (ή γερμανίου) στον οποίο έχει παρεμβληθεί ένα στρώμα πυριτίου τύπου n μεταξύ δύο στρωμάτων πυριτίου τύπου p . Εναλλακτικά είναι δυνατόν να αποτελείται από ένα στρώμα τύπου p μεταξύ δύο στρωμάτων υλικού τύπου n . Το ρεύμα που άγεται, προέρχεται, τόσο από ηλεκτρόνια όσο και από οπές, και έτσι εξηγείται το όνομα

διπολικό. Χρησιμοποιείται ευρέως σε κυκλώματα με διακριτά στοιχεία καθώς επίσης και στη σχεδίαση ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, τόσο αναλογικών όσο και ψηφιακών.

Το τρανζίστορ εγκαρσίου πεδίου, είναι ένα στοιχείο από ημιαγωγό, η λειτουργία του οποίου εξαρτάται από τον έλεγχο του ρεύματος δι' ενός ηλεκτρικού πεδίου. Συγκεκριμένα η τάση ανάμεσα στους δύο ακροδέκτες του FET ελέγχει το ρεύμα που ρέει στον τρίτο ακροδέκτη του. Το τρανζίστορ εγκαρσίου πεδίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως ενισχυτής όσο και ως διακόπτης.

Το FET εγκαρσίου πεδίου διαφέρει από το διπολικό τρανζίστορ ενώσεως κατά τα ακόλουθα σπουδαία χαρακτηριστικά:

1. Η λειτουργία του εξαρτάται μόνον από τη ροή των φορέων πλειονότητας. Είναι επομένως ένα μονοπολικό στοιχείο.
2. Η κατασκευή του είναι ευκολότερη και σε ολοκληρωμένη μορφή καταλαμβάνει μικρότερη επιφάνεια.
3. Έχει υψηλή αντίσταση εισόδου, συνήθως πολλά εκατομμύρια Ω .
4. Είναι λιγότερο θορυβώδες από το διπολικό τρανζίστορ.

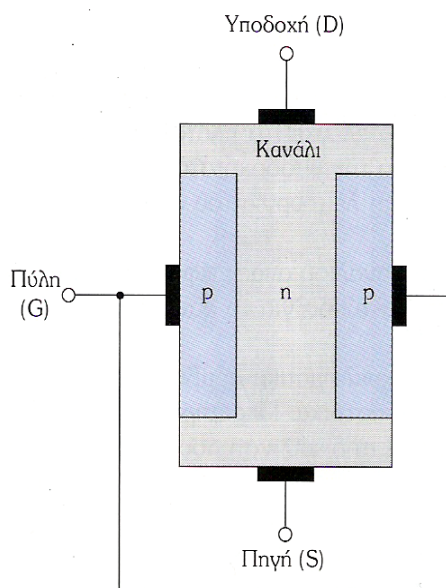
Για ρεύμα υποδοχής ίσο με το μηδέν δεν παρουσιάζει τάση απόκλισης και επομένως είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ως διακόπτης.

Υπάρχουν δύο τύποι τρανζίστορ εγκαρσίου πεδίου: το τρανζίστορ εγκαρσίου πεδίου ενώσεως (JFET) και το τρανζίστορ εγκαρσίου πεδίου μονωμένης πύλης (IGFET), το οποίο επίσης ονομάζεται τρανζίστορ μετάλλου-οξειδίου-ημιαγωγού (MOSFET).

2.1.2 FET ΕΝΩΣΕΩΣ n -ΚΑΝΑΛΙΟΥ (N-JFET)

2.1.2.1 Θεωρητική παρουσίαση

Η δομή ενός N-JFET εικονίζεται στο Σχήμα 2.2. Αποτελείται από μια πλάκα πυριτίου τύπου n , στις δύο πλευρές του οποίου, έχουν δημιουργηθεί με διάχυση περιοχές τύπου p .

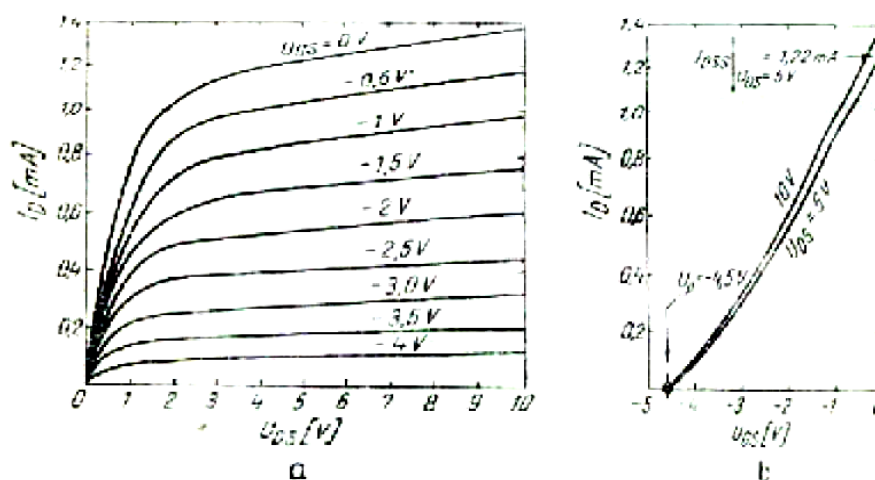


Σχήμα 2.2
Το τρανζίστορ N-JFET

Η λειτουργία του στοιχείου βασίζεται στην ανάστροφη πόλωση μεταξύ της πύλης και του καναλιού. Πράγματι, η ανάστροφη πόλωση αυτής της ένωσης ελέγχει το πλάτος του καναλιού, και κατά συνέπεια ελέγχει το ρεύμα που ρέει από την Υποδοχή προς την Πηγή. Το ρεύμα αυτό αποτελείται από φορείς πλειονότητας, οι οποίοι στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι τα ηλεκτρόνια. Για το FET έχει καθιερωθεί ο ακόλουθος συμβολισμός:

- **Πηγή.** Η πηγή S, είναι ο ακροδέκτης, από τον οποίο οι φορείς πλειονότητας εισέρχονται στην πλάκα. Το συμβατικό ρεύμα, που εισέρχεται στην πλάκα από την πηγή S, συμβολίζεται με I_S .
- **Υποδοχή.** Η υποδοχή D, είναι ο ακροδέκτης μέσα από τον οποίο οι φορείς πλειονότητας αποχωρούν από την πλάκα. Το συμβατικό ρεύμα που εισέρχεται από την υποδοχή D συμβολίζεται με I_D . Η τάση της υποδοχής-προς-πηγή συμβολίζεται με V_{DS} και είναι θετική εάν η D είναι περισσότερο θετική από την S.
- **Πύλη.** Οι περιοχές υψηλής νοθεύσεως p στις δύο πλευρές της πλάκας, που είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένες μεταξύ τους, συνιστούν την πύλη G. Μεταξύ της πύλης και της πηγής εφαρμόζεται μια τάση V_{GS} , έτσι ώστε η πόλωση της ένωσης $p-n$ να είναι ανάστροφη. Το συμβατικό ρεύμα, που εισέρχεται στην πλάκα από την πύλη G συμβολίζεται με I_G .
- **Κανάλι.** Η περιοχή τύπου n μεταξύ των δύο πυλών, αποτελεί το κανάλι μέσα από το οποίο κινούνται οι φορείς πλειονότητας από την πηγή προς την υποδοχή.

Ας δούμε τώρα τον τρόπο λειτουργίας του N-JFET. Όταν $V_{GS} = 0$, η εφαρμογή μιας τάσης V_{DS} δημιουργεί ροή φορτίου από την υποδοχή προς την πηγή. Όταν εφαρμόζεται μια αρνητική τάση V_{GS} , το κανάλι γίνεται στενότερο, η αντίστασή του μεγαλώνει και επομένως το ρεύμα I_D (για μια δεδομένη τιμή V_{DS}) μικραίνει. Αν η V_{DS} είναι μικρή, το κανάλι έχει σχεδόν ομοιόμορφο πλάτος, το JFET λειτουργεί ως αντίσταση και το ρεύμα I_D αυξάνεται γραμμικά με την τάση V_{DS} . Καθώς το ρεύμα αυξάνεται, η πτώση τάσης, επί της αντίστασης μεταξύ της πηγής και του καναλιού, αναστρέφει την πόλωση της ένωσης, και έτσι το αγώγιμο τμήμα του καναλιού αρχίζει να ελαττώνεται. Τελικά η τάση V_{DS} , φτάνει σε μια τιμή, στην οποία το κανάλι “φράσσεται”, και το ρεύμα υποδοχής I_D φτάνει σε κορεσμό, δηλαδή παύει να αυξάνεται και παίρνει μια σταθερή τιμή.



Σχήμα 2.3

Χαρακτηριστικές καμπύλες N-JFET

Στο Σχήμα 2.3α φαίνονται οι τυπικές χαρακτηριστικές καμπύλες $I_D(V_{DS})$ για ένα N-JFET. Σημειώνεται, ότι κάθε χαρακτηριστική καμπύλη, για μικρές τιμές της V_{DS} , έχει μια ωμική περιοχή, στην οποία το I_D είναι ανάλογο της V_{DS} . Όλες επίσης οι χαρακτηριστικές για μεγάλες τιμές της V_{DS} , έχουν μια περιοχή σταθερού ρεύματος, στην οποία το I_D δεν μεταβάλλεται σημαντικά με την V_{DS} .

Βλέπουμε επίσης, ότι όσο αυξάνεται η ανάστροφη πόλωση (περισσότερο αρνητικές τιμές της V_{GS}), η φραγή πραγματοποιείται για μικρότερες τιμές της $|V_{DS}|$ και η μέγιστη τιμή του ρεύματος υποδοχής είναι μικρότερη. Συνεχίζοντας να αυξάνουμε την ανάστροφη πόλωση V_{GS} , φτάνουμε σε μια τιμή, στην οποία το κανάλι είναι πλήρως απογυμνωμένο από τους φορείς του φορτίου του (ηλεκτρόνια), έχει δηλαδή εξαφανιστεί. Αυτή η τιμή της V_{GS} , είναι η τάση κατωφλίου του στοιχείου V_P , και είναι προφανώς αρνητική σε ένα JFET n -καναλιού. Η χαρακτηριστική καμπύλη $I_D(V_{GS})$ στην περιοχή κορεσμού, απεικονίζεται στο Σχήμα 2.3b.

Ο κατασκευαστής του JFET καθορίζει συνήθως την τιμή του ρεύματος υποδοχής I_D στο όριο μεταξύ γραμμικής περιοχής και κορεσμού για $V_{GS}=0$ που συμβολίζεται με I_{DSS} . Μπορεί εύκολα να αποδειχθεί ότι $I_{DSS} = K \cdot V_P^2$, όπου K είναι μία παράμετρος αγωγιμότητας του στοιχείου, η οποία καθορίζεται από το λόγο των διαστάσεων του.

Έτσι λοιπόν έχουμε ότι το JFET- n καναλιού αποκόπτει όταν

$$V_{GS} \leq V_P$$

όπου η V_P είναι αρνητική. Για να ανοίξει το στοιχείο, εφαρμόζουμε μια τάση πύλης - υποδοχής V_{GS} ,

$$V_P < V_{GS} \leq 0$$

και μια θετική τάση V_{DS} . Το JFET λειτουργεί τη γραμμική περιοχή για

$$V_{DS} \leq V_{GS} - V_P$$

Και σε αυτή την περίπτωση το ρεύμα υποδοχής είναι

$$I_D = I_{DSS} \cdot \left[2 \left(1 - \frac{V_{DS}}{V_P} \right) \left(\frac{V_{DS}}{-V_P} \right) - \left(\frac{V_{DS}}{V_P} \right)^2 \right] \quad (2.1)$$

Το JFET λειτουργεί στον κορεσμό για

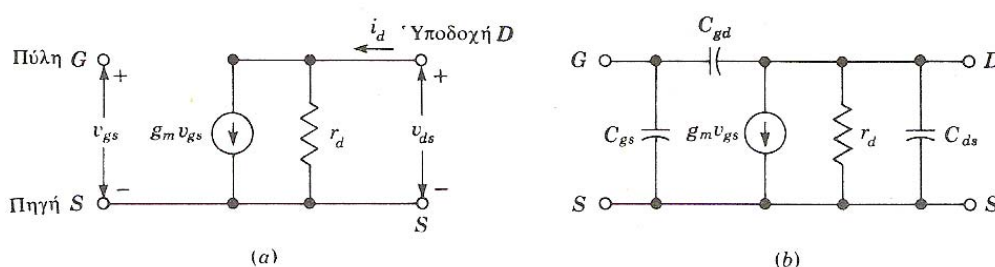
$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_P$$

Συνοπτικά για να λειτουργεί ένα JFET στον κορεσμό θα πρέπει η τάση υποδοχής του να είναι μεγαλύτερη από την τάση στην πύλη του κατά $|V_P|$. Στον κορεσμό το ρεύμα υποδοχής (I_{DS}) είναι

$$I_{DS} = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 \cdot (1 + \lambda V_{DS}) \quad (2.2)$$

όπου $\lambda = 1/V_A$ μια θετική σταθερά που συμπεριλαμβάνεται για να περιγράψει την εξάρτηση του I_{DS} από το V_{DS} στον κορεσμό. Στην πράξη θεωρούμε ότι $\lambda = 0$, οπότε ο παραπάνω τύπος γίνεται

$$I_{DS} = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \quad (2.3)$$



Σχήμα 2.4

Πρότυπο ασθενούς σήματος N-Jfet

α : Πρότυπο χαμηλής συχνότητας

β : Πρότυπο υψηλής συχνότητας

Στην ανάλυση ασθενούς σήματος, το FET συμπεριφέρεται ως μια πηγή ρεύματος, η οποία ελέγχεται από το σήμα εισόδου. Δέχεται ένα σήμα v_{gs} και προμηθεύει στον ακροδέκτη υποδοχής ένα ρεύμα ίσο με $g_m \cdot v_{gs}$. Ο συντελεστής αναλογίας είναι η *διαγωγιμότητα* g_m , η οποία ορίζεται ως

$$g_m \equiv \frac{\partial I_D}{\partial V_{GS}} \approx \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} = \frac{I_D}{V_{GS}} \quad \text{για σταθερό } V_{DS} \quad (2.4)$$

Μία εναλλακτική έκφραση για τη διαγωγιμότητα g_m , που χρησιμοποιείται συχνά στην περίπτωση των JFET είναι και η παρακάτω (Τύπος 2.5)

$$g_m = \frac{-2I_{DSS}}{|V_P|} \cdot \sqrt{\frac{I_{DS}}{I_{DSS}}} \quad (2.5)$$

Η διαγωγιμότητα συμβολίζεται επίσης ως Y_{fs} ή g_{fs} και ονομάζεται *ορθή σύνθετη διαγωγιμότητα κοινής πηγής*.

Κάνοντας τώρα χρήση του τύπου 2.3 παίρνουμε την εξίσωση 2.6

$$g_m = g_{m0} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right) \quad (2.6)$$

όπου g_{m0} είναι η τιμή της g_m για $V_{GS}=0$ και δίνεται από την

$$g_{m0} = \frac{-2I_{DSS}}{V_P} \quad (2.7)$$

Εφόσον I_{DSS} και V_P έχουν αντίθετα σημεία, το g_{m0} είναι πάντοτε θετικό. Η τιμή αυτή είναι εκείνη, η οποία αναγράφεται συνήθως στα φύλλα τεχνικών προδιαγραφών του κατασκευαστή, που συνοδεύουν το στοιχείο.

Η αντίσταση υποδοχής (ή εξόδου) είναι η r_d όπως ορίζεται από την εξίσωση

$$r_d \equiv \frac{\partial V_{DS}}{\partial I_D} \approx \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} = \frac{V_{DS}}{I_D} \quad \text{για σταθερό } V_{GS} \quad (2.8)$$

Η αγωγιμότητα υποδοχής g_d είναι το αντίστροφο του r_d . Αυτή συμβολίζεται επίσης ως Y_{os} ή g_{os} και ονομάζεται αγωγιμότητα εξόδου κοινής πηγής.

Η αντίσταση εισόδου μεταξύ της πύλης και της πηγής είναι άπειρη, εάν υποτεθεί ότι η ανάστροφα πολωμένη πύλη δεν απορροφά ρεύμα. Για τον ίδιο λόγο η αντίσταση μεταξύ της πύλης και της υποδοχής λαμβάνεται ότι είναι άπειρη.

Στο πρότυπο υψηλής συχνότητας, το οποίο φαίνεται στο Σχήμα 2.4β, έχουν προστεθεί χωρητικότητες μεταξύ ζευγών κόμβων. Ο πυκνωτής C_{gs} υποκαθιστά την χωρητικότητα φράγματος μεταξύ της πύλης και της πηγής, και η C_{gd} είναι η χωρητικότητα φράγματος μεταξύ της πύλης και της υποδοχής. Το στοιχείο C_{ds} υποκαθιστά την χωρητικότητα του καναλιού υποδοχή-προς-πηγή.

Στον πίνακα 2.1 φαίνονται οι οριακές τιμές των παραμέτρων ενός JFET.

Πίνακας 2.1

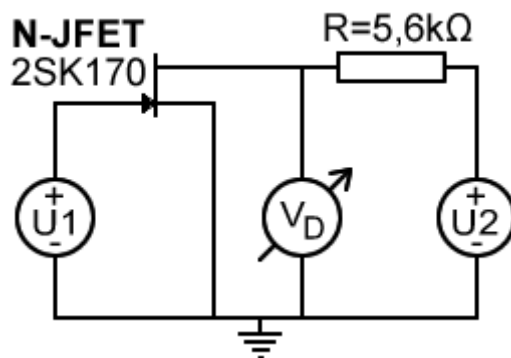
Παράμετρος	JFET
g_m	0,1-10 mA/V
r_d	0,1-1 M
C_{ds}	0,1-1 pF
C_{gs}, C_{gd}	1-10pF
r_{gs}	>108 Ω
r_{gd}	>108Ω

Μέσα από το Εικονικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής είναι δυνατή η εξ αποστάσεως πρόσβαση σε ένα N-JFET 2SK170 Toshiba. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση των επίσημων χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου τύπου τρανζίστορ, όπως αυτά δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρία.

Σε εργαστηριακό επίπεδο, όσον αφορά το N-JFET, αντικείμενο ενδιαφέροντος αποτελούν η επαλήθευση, μέσα από τις μετρήσεις, των χαρακτηριστικών λειτουργίας και των μαθηματικών τύπων, στα οποία έγινε παραπάνω θεωρητική αναφορά. Είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί επίσης μελέτη του Ισοδύναμου Μοντέλου Ασθενούς Σήματος.

2.1.2.2 Παραδείγματα Μετρήσεων στο 2SK170 N-JFET

Στο Σχήμα 2.5 απεικονίζεται το κύκλωμα του N-JFET, το οποίο αποτελεί και το πρώτο κύκλωμα (DUT), για το οποίο είναι δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων στο Εικονικό Εργαστήριο (VELab).



Σχήμα 2.5

Το κύκλωμα προς μέτρηση (DUT) για το N-JFET

Στο Δικτυακό Τόπο υπάρχει η δυνατότητα υποβολής δεδομένων μέσα από δύο τύπων ιστοσελίδες.

Για τους μη εξοικειωμένους με την Ηλεκτρονική και τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα χρήστες, το VELab προσφέρει την απόλυτα κατανοητή και φιλική στο χρήστη ιστοσελίδα **N-JFET » Stimuli Submission**. Επιλέγονται ως δεδομένα τα U1 και U2, δηλαδή οι τάσεις πύλης και τροφοδοσίας αντίστοιχα και ως αποτέλεσμα της μέτρησης λαμβάνεται το V_D , δηλαδή η τάση υποδοχής.

Η ιστοσελίδα υποβολής πολλαπλών δεδομένων **N-JFET » Multiple Drain Voltages** επιτρέπει την εξαγωγή γραφικών παραστάσεων, εφόσον με την πραγματοποίηση πολλαπλών μετρήσεων καθίσταται δυνατή η λήψη πολλαπλών αποτελεσμάτων. Στην περίπτωση αυτή η υποβολή των δεδομένων (stimuli submission) είναι πλέον σύνθετη, καθώς παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει την αρχική (UStart) και την τελική (UStop) τιμή των τάσεων πύλης (U1) και τροφοδοσίας (U2), όπως επίσης και να καθορίσει τον αριθμό των βημάτων (U1Steps και U2Steps αντίστοιχα) για τα μεσοδιαστήματα ανάμεσα στις επιλεγείσες αρχικές και τελικές τιμές των παραπάνω τάσεων. Όπως είναι φανερό, το γινόμενο U1Steps x U2Steps είναι ίσο με τον συνολικό αριθμό των μετρήσεων οι οποίες θα πραγματοποιηθούν.

Στον Πίνακα 2.2 φαίνονται τα χαρακτηριστικά του 2SK170 N-JFET ($T_a=25^\circ\text{C}$), όπως αυτά δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρία

Πίνακας 2.2

Χαρακτηριστικά	Σύμβολα	Συνθήκες Μέτρησης	Min	Typical	Max	Μονάδα
Ρεύμα αποκοπής Πύλης	I_{GSS}	$V_{GS}=-30\text{V}, V_{DS}=0$	-	-	-1,0	NA
Τάση αποκοπής Πύλης-Υποδοχής	$V_{(BR)GDS}$	$V_{DS}=0, I_G=-100\mu\text{A}$	-40	-	-	V
Ρεύμα Υποδοχής	I_{DSS}	$V_{DS}=10\text{V}, V_{GS}=0$	2,6	-	20	mA
Τάση αποκοπής Πύλης-Πηγής	$V_{GS(OFF)}$	$V_{DS}=0, I_D=0,1\mu\text{A}$	-0,2	-	-1,5	V

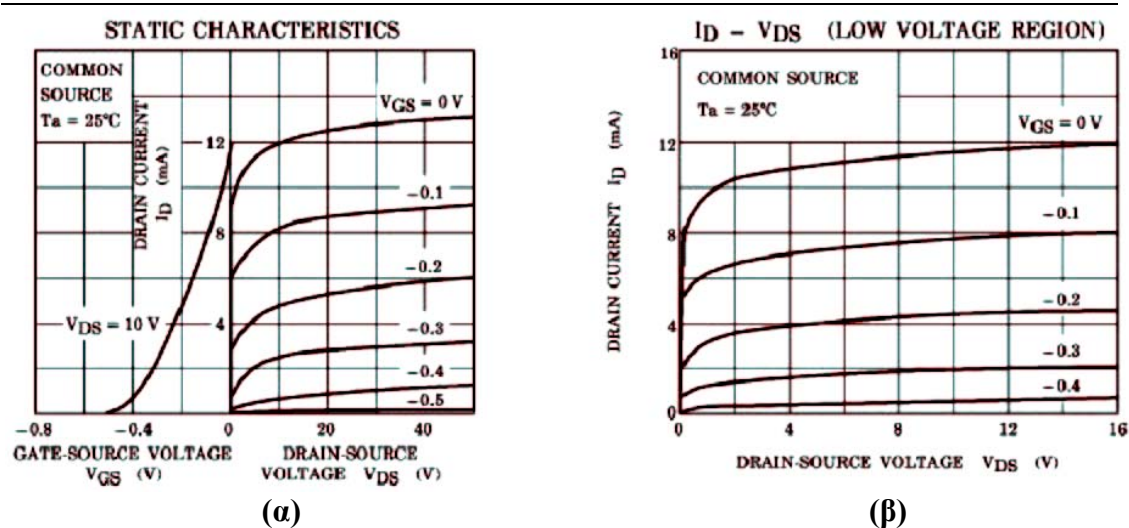
Χαρακτηριστικά	Σύμβολα	Συνθήκες Μέτρησης	Min	Typical	Max	Μονάδα
Ορθή σύνθετη διαγωγιμότητα	$ Y_{fs} $	$V_{DS}=10V, V_{GS}=0, f=1kHz$	-	22	-	MS
Χωρητικότητες εισόδου	C_{iss}	$V_{DS}=10V, I_D=0, f=1MHz$	-	30	-	pF
Χωρητικότητα ανάστροφης μεταβίβασης	C_{rss}	$V_{DG}=10V, I_D=0, f=1MHz$	-	6	-	pF
Τιμές Θορύβου	NF(1)	$V_{DS}=10V, I_D=1,0mA, R_G=1k\Omega, f=1kHz$	-	1,0	10	dB
	NF(2)	$V_{DS}=10V, I_D=1,0mA, R_G=1K\Omega, f=1kHz$	-	0,5	2	

Οι μέγιστες τιμές για το 2SK170 N-JFET ($T_a = 25^\circ C$) είναι οι εξής:

Πίνακας 2.3

Χαρακτηριστικό	Σύμβολο	Τιμή	Μονάδα
Τάση Πύλης-Υποδοχής	V_{GDS}	-40	V
Ρεύμα Πύλης	I_G	10	mA
Απώλεια ισχύος στην υποδοχή	P_D	400	mW
Θερμοκρασία ένωσης	T_j	125	$^\circ C$
Εύρος θερμοκρασίας αποθήκευσης	T_{stg}	-55/125	$^\circ C$

Στο Σχήμα 2.6 φαίνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες για το τρανζίστορ 2SK170, όπως αυτές δίνονται από τον κατασκευαστή.



Σχήμα 2.6

Χαρακτηριστικές καμπύλες του Toshiba 2SK170 N-JFET

Για την ακρίβεια, στο Σχήμα 2.5α βλέπουμε τις καμπύλες $I_D(V_{GS})$ και $I_D(V_{DS})$, ενώ στο Σχήμα 2.5β την καμπύλη $I_D(V_{DS})$ για χαμηλές τιμές της τάσης V_{DS} .

Τα αποτελέσματα των εξ αποστάσεως μετρήσεων θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για να επαληθεύσουν τις καμπύλες αυτές. Συγκεκριμένα από τα *Microsoft Excel* αρχεία, που είναι διαθέσιμα μετά το τέλος κάθε ακολουθίας μετρήσεων, θα εξαχθούν γραφικές παραστάσεις, οι οποίες θα συμπίπτουν με αυτές του Σχήματος 2.5

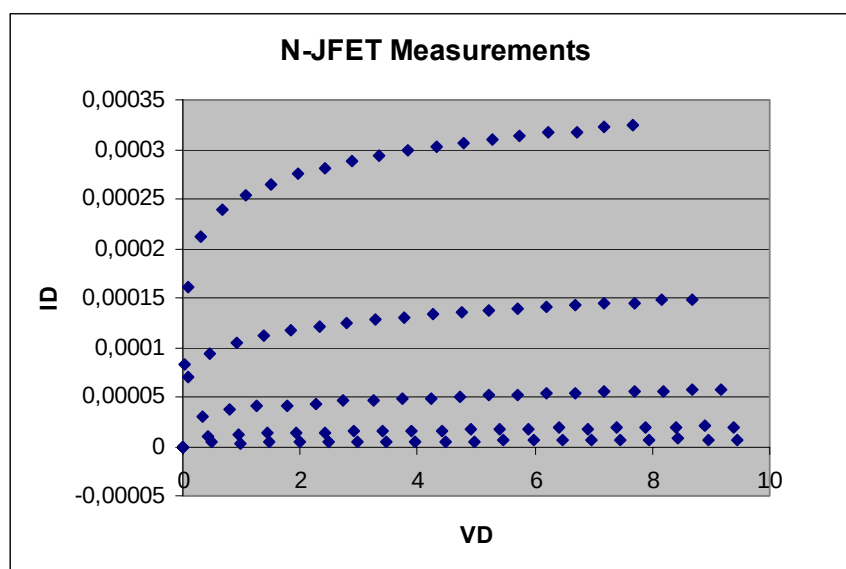
2.1.2.2.1 Επεξεργασία των Αποτελεσμάτων των Μετρήσεων

Στη συνέχεια με τη χρήση γραφικών παραστάσεων και όλων των απαραίτητων υπολογισμών, στις περιπτώσεις τόσο του συνεχούς, όσο και του εναλλασσομένου ρεύματος, θαδειχθεί η πολλαπλή χρησιμότητα των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, καθώς τα κυκλώματα προς μέτρηση παρέχουν όλες τις αναγκαίες πληροφορίες.

Πίνακας 2.4

U1Start = -0,5 V	U2Start = 0 V
U1Stop = -0,3 V	U2Stop = 10 V
U1Steps = 5	U2Steps = 20

Καταρχήν μετά από την ακολουθία των μετρήσεων, που φαίνονται στον Πίνακα 2.4, από το Excel αρχείο των αποτελεσμάτων, το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα Α, κατέστη δυνατή η εξαγωγή της γραφικής παραστάσεως, που απεικονίζεται στο Σχήμα 2.7



Σχήμα 2.7

Χαρακτηριστικές καμπύλες $I_D - V_D$ από το *N-JFET DUT*

Βλέπουμε, ότι πρόκειται για τις αντίστοιχες του Σχήματος 2.5 β χαρακτηριστικές καμπύλες του I_D ως συνάρτηση του V_{DS} για χαμηλές τιμές της τάσης V_{DS} .

Όπως εύκολα μπορεί να διαπιστωθεί, τα αποτελέσματα των μετρήσεων επιβεβαιώνουν πλήρως τις καμπύλες του κατασκευαστή.

2.1.2.2 Πολλαπλές μετρήσεις της τάσης υποδοχής V_D με σταθερή τιμή της τάσης U_2

Θα μελετήσουμε τώρα την μεταβολή του ρεύματος υποδοχής I_D , σε σχέση με την τάση πύλης-πηγής V_{GS} , στην περιοχή κορεσμού. Στην περιοχή αυτή το ρεύμα υποδοχής συμβολίζεται με I_{DS} και όταν η πύλη είναι βραχυκυκλωμένη ($V_{GS} = 0$) αυτό συμβολίζεται με I_{DSS} .

Η μέγιστη τιμή τάσης, που είναι δυνατόν να ληφθεί από την πλακέτα επίκτησης δεδομένων PCI-6024E είναι αυτή των 10 V, τιμή που μας εξυπηρετεί απόλυτα, καθώς η τάση τροφοδοσίας $U_2 = 10$ V εγγυάται την λειτουργία του N-JFET, όπως αυτό φαίνεται στο κύκλωμα του Σχήματος 2.5, στην περιοχή κορεσμού.

Έτσι προχωρήσαμε στη σειρά των μετρήσεων του Πίνακα 2.5 με σταθερή τάση τροφοδοσίας $U_2 = 10$ V.

Πίνακας 2.5

U1Start = -0,5V	U2Start = 10V
U1Stop = 0V	U2Stop = 10V
U1Steps = 20	U2Steps = 1

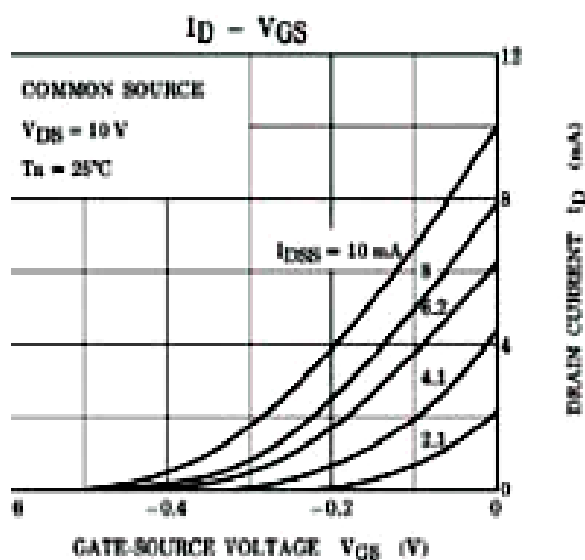
Στον Πίνακα 2.6 φαίνονται τα αποτελέσματα, όπως αυτά ελήφθησαν από το αντίστοιχο Excel αρχείο, το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα Α.

Πίνακας 2.6

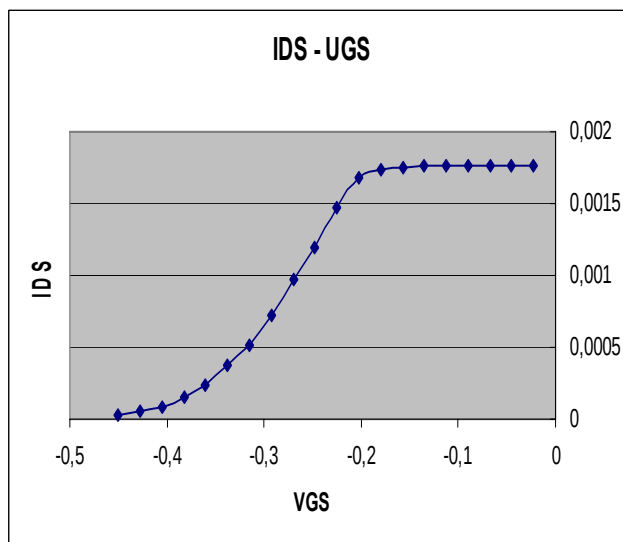
U1	VD	U2	ID	SQRT (ID)
-4,50E-01	9,83E+00	1,00E+01	2,96E-05	0,005444782
-4,28E-01	9,73E+00	1,00E+01	4,88E-05	0,006987712
-4,05E-01	9,50E+00	1,00E+01	8,98E-05	0,009476754
-3,83E-01	9,12E+00	1,00E+01	0,000158	0,012562622
-3,60E-01	8,68E+00	1,00E+01	0,000236	0,015371833
-3,38E-01	7,93E+00	1,00E+01	0,00037	0,01922755
-3,15E-01	7,16E+00	1,00E+01	0,000507	0,022526956
-2,93E-01	5,97E+00	1,00E+01	0,000719	0,026820569
-2,70E-01	4,58E+00	1,00E+01	0,000969	0,031124189
-2,48E-01	3,34E+00	1,00E+01	0,001188	0,034473783
-2,25E-01	1,76E+00	1,00E+01	0,001471	0,03835293
-2,03E-01	5,81E-01	1,00E+01	0,001682	0,041011639
-1,80E-01	2,69E-01	1,00E+01	0,001738	0,041686426
-1,58E-01	1,76E-01	1,00E+01	0,001754	0,04188466
-1,35E-01	1,46E-01	1,00E+01	0,00176	0,041947066
-1,13E-01	1,27E-01	1,00E+01	0,001763	0,041988619
-9,00E-02	1,12E-01	1,00E+01	0,001766	0,042019756
-6,75E-02	1,03E-01	1,00E+01	0,001767	0,042040501
-4,50E-02	9,77E-02	1,00E+01	0,001768	0,04205087
-2,25E-02	9,28E-02	1,00E+01	0,001769	0,042061236

Ο υπολογισμός του I_D έγινε με βάση τον τύπο $I_D = \frac{U_2 - V_D}{5600}$ όπως προκύπτει από την επίλυση του κυκλώματος 2.5.

Στο Σχήμα 2.8 βλέπουμε συγκριτικά το διάγραμμα εξόδου $I_D(V_{GS})$ του 2SK170 (Σχήμα 2.8α), όπως δίνεται από τον κατασκευαστή, με την αντίστοιχη γραφική παράσταση (Σχήμα 2.8β) των πειραματικών αποτελεσμάτων των παραπάνω μετρήσεων



(α)



(β)

Σχήμα 2.8

α : Χαρακτηριστικές ($I_D - V_{GS}$) του Toshiba 2SK170 N-JFET

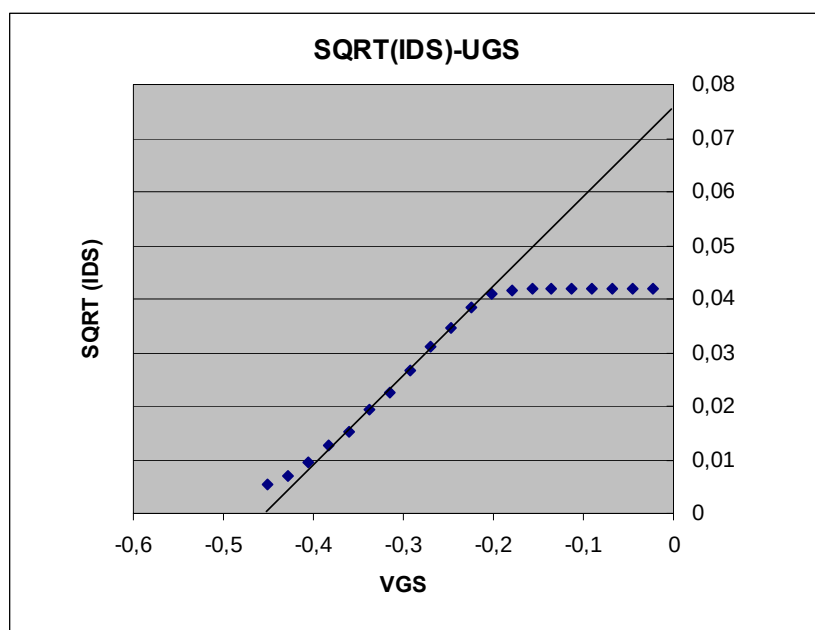
β : Χαρακτηριστική καμπύλη $I_{DS} - V_{GS}$ από μετρήσεις στο N-JFET DUT

Διαπιστώνουμε, ότι δίνονται πέντε διαφορετικές καμπύλες I_{DS} για το 2SK170 στο Σχήμα 2.7α, με αντίστοιχες τιμές για το I_{DSS} από 2,1 mA έως 10 mA. Αυτό δείχνει, ότι υπάρχει μια διακύμανση, όσον αφορά τις καμπύλες αυτές για κάθε JFET, κάτι το οποίο οφείλεται σε κατασκευαστικές ανοχές.

Από τη γραφική παράσταση του Σχήματος 2.7β θα υπολογίσουμε την τιμή της τάσεως V_{GS} , κάτω από την οποία το τρανζίστορ αποκόπτε, δηλαδή την τάση κατωφλίου V_P , καθώς επίσης και την τιμή του ρεύματος κορεσμού για $V_{GS} = 0$, δηλαδή το I_{DSS} .

Το σημείο τομής της καμπύλης του Σχήματος 2.7β με τον άξονα των x αντιπροσωπεύει την τάση κατωφλίου V_P , και το σημείο τομής της με τον άξονα των y αντιπροσωπεύει το I_{DSS} . Το παραβολικό σχήμα της καμπύλης καθιστά δύσκολη την εύρεση των παραπάνω σημείων τομής της με τους άξονες.

Για το λόγο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε την παράσταση της τετραγωνικής ρίζας του I_{DS} ως συνάρτησης της τάσης V_{GS} . Η γραφική αυτή παράσταση φαίνεται στο Σχήμα 2.9. Αυτή τη φορά, η γραμμικότητα της καμπύλης επιτρέπει να βρεθούν πολύ ευκολότερα τα σημεία τομής της με τους άξονες των x και y.



Σχήμα 2.9

Χαρακτηριστική καμπύλη $SQRT(I_{DS}) - U_{GS}$ από μετρήσεις στο N-JFET DUT

Υπολογίζουμε ότι η τιμή της τάσης κατωφλίου (σημείο τομής της καμπύλης με τον οριζόντιο άξονα) είναι $V_P = -0,46$ V. Ακόμη, η καμπύλη τέμνει τον κατακόρυφο άξονα στο σημείο 0,074. Άρα $\sqrt{I_{DSS}} = 0,074$, οπότε $I_{DSS} = 5,47$ mA

Η περιοχή κορεσμού για το τρανζίστορ, αντιστοιχεί στη σχεδόν οριζόντια γραμμή του Σχήματος 2.7 β και στην αντίστοιχη σχεδόν οριζόντια γραμμή του Σχήματος 2.6. Παρατηρούμε επίσης, ότι για την περιοχή κορεσμού στο διάγραμμα $SQRT(I_{DS}) - V_{GS}$ (Σχήμα 2.8) η καμπύλη είναι απόλυτα οριζόντια.

Θα υπολογίσουμε τώρα τη διαγωγιμότητα για $V_P = 0,46 \text{ V}$, $I_{DSS} = 5,48 \text{ mA}$ και $V_{GS} = 0,293 \text{ V}$.

Με αντικατάσταση των τιμών αυτών στις εξισώσεις 2.6 και 2.7 βρίσκουμε

$$g_{m0} = \frac{-2I_{DSS}}{V_P} = \frac{-2 * 5,47 \text{ mA}}{-0,46 \text{ V}} = 23,78 \text{ mS} \quad (2.9)$$

και τελικά

$$g_m = g_{m0} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right) = 23,78 \text{ mS} \cdot \left(1 - \frac{-0,293 \text{ V}}{-0,46 \text{ V}}\right) = 8,63 \text{ mS} \quad (2.10)$$

Ακόμη από τον τύπο 2.3 υπολογίζουμε

$$I_{DS} = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 = 5,47 \text{ mA} \cdot \left(1 - \frac{-0,293 \text{ V}}{-0,46 \text{ V}}\right)^2 = 720 \text{ } \mu\text{A} \quad (2.11)$$

Από το παραπάνω αποτέλεσμα διαπιστώνουμε ότι επαληθεύονται πλήρως τα αποτελέσματα των μετρήσεων, καθώς, όπως βλέπουμε από τον Πίνακα 2.6, για τάση πύλης $V_{GS} = 0,293 \text{ V}$ η τιμή που βρέθηκε πειραματικά για το ρεύμα υποδοχής είναι $I_{DS} = 719 \text{ } \mu\text{A}$.

Το ίδιο ισχύει και για την τιμή του g_{m0} η οποία υπολογίστηκε ίση με $23,78 \text{ mS}$, ενώ η αντίστοιχη τιμή, που δίνεται από τον κατασκευαστή, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2.3, είναι αυτή των 22 mS .

2.1.2.3 Πολλαπλές μετρήσεις της τάσης υποδοχής V_D για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών $I_D(V_D)$

Αναφερόμαστε στις χαρακτηριστικές καμπύλες του Σχήματος 2.6 ,όπως αυτές προέκυψαν από τις πολλαπλές μετρήσεις της τάσης V_D , οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 2.3.

Οι τάσεις πύλης είναι $U1 = V_G = -0,1 \text{ V} / -0,2 \text{ V} / -0,3 \text{ V} / -0,4 \text{ V}$

Οι τάσεις τροφοδοσίας για κάθε μία από τις παραπάνω τάσεις πύλης είναι $U2 = 0 \text{ V} / 0,5 \text{ V} \dots 9,5 \text{ V}$

Για τις παραπάνω τιμές και σύμφωνα με τον τύπο 2.8 υπολογίζουμε την αντίσταση υποδοχής

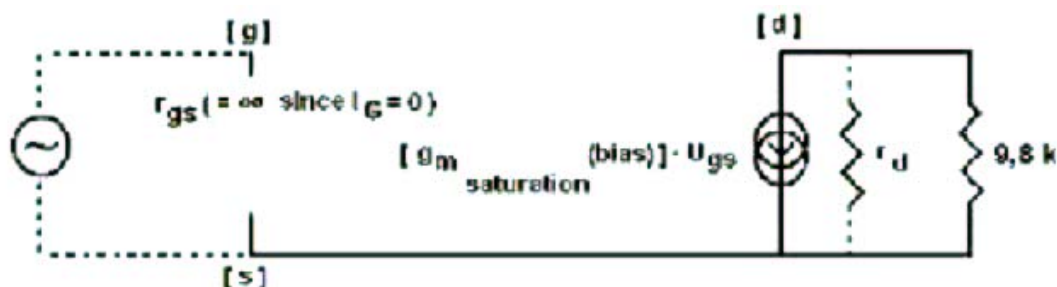
$$r_d = 56,5 \text{ k}\Omega. \quad (2.12)$$

Επομένως η αγωγιμότητα υποδοχής θα είναι

$$g_d = \frac{1}{r_d} = \frac{1}{56,5 \text{ k}\Omega} = 17,7 \text{ } \mu\text{S} \quad (2.13)$$

2.1.2.4 Πολλαπλές μετρήσεις της τάσης υποδοχής V_D για την εύρεση του κέρδους τάσης ασθενούς σήματος

Στο Σχήμα 2.10 βλέπουμε το ισοδύναμο κύκλωμα ασθενούς σήματος για το FET, μόνο που στην περίπτωση μας, στη θέση της αντίστασης των $9,8\text{ k}\Omega$ υπάρχει μία των $5,6\text{ k}\Omega$.



Σχήμα 2.10

Ισοδύναμο κύκλωμα ασθενούς σήματος N-JFET

Με πολύ μικρές διακυμάνσεις της τάσης πύλης, καθίσταται δυνατή η μελέτη της περιπτώσεως του εναλλασσομένου ρεύματος. Έτσι πραγματοποιούμε μετρήσεις για τάσεις πύλης $U_1 = V_G = -0,290\text{ V} / -0,295\text{ V} / -0,300\text{ V}$, ενώ η τάση τροφοδοσίας έχει επιλεγεί ως $U_2 = 8,5\text{ V}$.

Για τις παραπάνω τιμές της τάσης V_G , οι τιμές της τάσης υποδοχής, που παίρνουμε ως αποτελέσματα των μετρήσεων, είναι αντίστοιχα: $V_D = 4,20\text{ V} / 4,46\text{ V} / 4,72\text{ V}$, όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα του Πίνακα 2.7. Τα αποτελέσματα αυτά τα πήραμε από το διαθέσιμο μετά τις μετρήσεις Excel αρχείο, το οποίο παρατίθεται στο παράρτημα Α.

Πίνακας 2.7

U1	VD	U2
-3,00E-01	4,72E+00	8,50E+00
-2,99E-01	4,71E+00	8,50E+00
-2,98E-01	4,72E+00	8,50E+00
-2,97E-01	4,71E+00	8,50E+00
-2,96E-01	4,71E+00	8,50E+00
-2,95E-01	4,46E+00	8,50E+00
-2,94E-01	4,46E+00	8,50E+00
-2,93E-01	4,47E+00	8,50E+00
-2,92E-01	4,46E+00	8,50E+00
-2,91E-01	4,46E+00	8,50E+00
-2,90E-01	4,20E+00	8,50E+00
-2,89E-01	4,20E+00	8,50E+00
-2,88E-01	4,19E+00	8,50E+00
-2,87E-01	4,20E+00	8,50E+00
-2,86E-01	4,20E+00	8,50E+00
-2,85E-01	3,94E+00	8,50E+00
-2,84E-01	3,94E+00	8,50E+00
-2,83E-01	3,94E+00	8,50E+00
-2,82E-01	3,94E+00	8,50E+00
-2,81E-01	3,94E+00	8,50E+00

Η μέτρηση, για την περίπτωση του εναλλασσομένου ρεύματος, προσομοιώνεται, όπως προείπαμε με την επιλογή του ελάχιστου βήματος των 0,005 V για την τάση πύλης, βήμα το οποίο υποστηρίζεται από την πλακέτα επίκτησης δεδομένων DAQ Board, η οποία παρέχει τις τάσεις τροφοδοσίας για το κύκλωμα του J-FET.

Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων το κέρδος τάσης υπολογίζεται ως

$$A_V = \frac{V_{D3} - V_{D1}}{V_{G3} - V_{G1}} = \frac{4,72V - 4,20V}{-0,300V - (-0,290V)} = -52 \quad (2.14)$$

Στη συνέχεια από το κύκλωμα του Σχήματος 2.9 βρίσκουμε το κέρδος τάσης ως

$$A_V = \frac{v_d}{v_{gs}} = -g_m \cdot (R_d // r_d) \quad (2.15)$$

οπότε με αντικατάσταση των τιμών $g_m = 8,63 \text{ mS}$ (Τύπος 2.10), $R_d = 5,6 \text{ k}\Omega$ και $r_d = 56,5 \text{ k}\Omega$ (Τύπος 2.12) υπολογίζουμε ότι

$$A_V = -43,96 \quad (2.16)$$

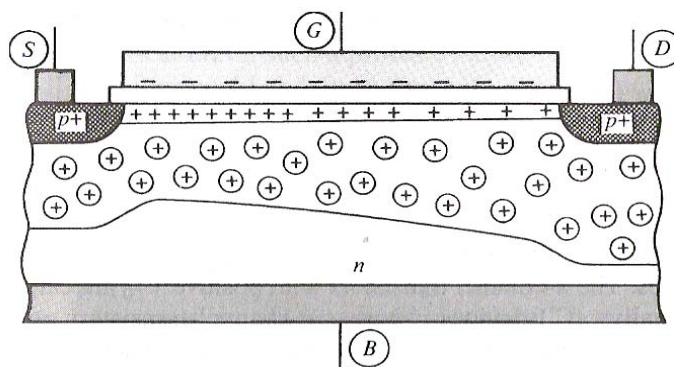
Η διαφορά των δύο τιμών (2.14) και (2.16) οφείλεται στην προσέγγιση που έγινε κατά τον υπολογισμό των τιμών των V_P και I_{DSS} από το διάγραμμα του Σχήματος 2.8.

2.1.3 FET ΜΕΤΑΛΛΟΥ – ΟΞΕΙΔΙΟΥ - ΗΜΙΑΓΩΓΟΥ *p*-ΚΑΝΑΛΙΟΥ (P-MOS-FET)

2.1.3.1 Θεωρία MOS-FET

Στην ενότητα αυτή θα στρέψουμε την προσοχή μας στο FET μονωμένης-πύλης (IGFET) ή FET μετάλλου-οξειδίου-ημιαγωγού (P-MOS-FET), το οποίο έχει πολύ μεγαλύτερη εμπορική σημασία από το FET ενώσεως.

Το MOSFET *p*-καναλιού, όπως φαίνεται το Σχήμα 2.11, αποτελείται από ένα υπόστρωμα χαμηλής νόθευσης τύπου *n* εντός του οποίου διαχέονται δύο περιοχές υψηλής νόθευσης τύπου p^+ .



Σχήμα 2.11
MOSFET p - καναλιού

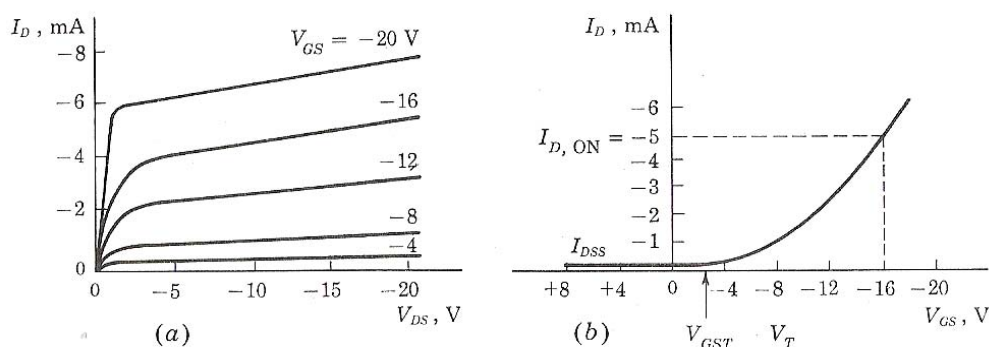
Οι περιοχές αυτές, οι οποίες θα λειτουργήσουν ως **πηγή** (source) και **υποδοχή** (drain), απέχουν μεταξύ τους 5 έως 10 μm . Ένα λεπτό στρώμα (περίπου 0,1 μm) μονωτικού διοξειδίου του πυριτίου (SiO_2) αναπτύσσεται στην επιφάνεια της κατασκευής, και κατόπιν ανοίγονται οπές εντός του στρώματος οξειδίου, ώστε να σχηματισθούν οι επαφές πηγής και υποδοχής. Στη συνέχεια η μεταλλική περιοχή της **πύλης** (gate) επιστρώνεται επί του οξειδίου ώστε να καλύπτει ολόκληρη την περιοχή του καναλιού. Συγχρόνως σχηματίζονται μεταλλικές επαφές στην υποδοχή και την πηγή. Η επαφή του μετάλλου επάνω από την περιοχή του καναλιού είναι ο ακροδέκτης της πύλης. Επαφή μετάλλου (ωμική σύνδεση ημιαγωγικής περιοχής με μέταλλο) φτιάχνεται και στο υπόστρωμα, το οποίο λέγεται και **σώμα** (body).

Λόγω του μονωτικού στρώματος SiO_2 το στοιχείο αυτό παίρνει και την ονομασία FET μονωμένης πύλης (IGFET). Επίσης το στρώμα αυτό προσδίδει στο MOSFET μια πολύ υψηλή αντίσταση εισόδου της τάξης των 10^{10} έως $10^{15} \Omega$.

Στην παρακάτω περιγραφή λειτουργίας του στοιχείου, θα θεωρήσουμε ότι η ένωση μεταξύ υποστρώματος και πηγής δεν θα άγει, καθώς θα έχει τα άκρα της βραχυκυκλωμένα και συνεπώς το υπόστρωμα δεν θα έχει καμία επίδραση στη λειτουργία του MOSFET. Θα το εξετάσουμε, λοιπόν, σαν να ήταν στοιχείο τριών ακροδεκτών (πύλη, πηγή, υποδοχή).

Το MOSFET Πυκνώσεως. Εάν γειώσουμε το σώμα B του Σχήματος 2.10 και συνδέσουμε μια αρνητική τάση στην πύλη G ένα ηλεκτρικό πεδίο θα σχηματισθεί κάθετα δια μέσου του οξειδίου. Τα θετικά φορτία, τα οποία είναι φορείς μειονότητας στο υπόστρωμα τύπου-n σχηματίζουν ένα «σώμα αναστροφής». Καθώς αυξάνεται το μέτρο της αρνητικής τάσεως επί της πύλης, το εξ επαγωγής θετικό φορτίο εντός του ημιαγωγού αυξάνεται επίσης. Η περιοχή κάτω από το οξείδιο έχει φορείς τύπου-p, η αγωγιμότητα αυξάνει, και ρεύμα ρέει από την πηγή S προς την υποδοχή D διαμέσου του εξ επαγωγής καναλιού. Έτσι η αρνητική τάση πύλης έχει ως αποτέλεσμα να πυκνώνεται το ρεύμα υποδοχής. Ένα τέτοιο στοιχείο ονομάζεται MOS τύπου πυκνώσεως (Enhancement-type MOS).

Οι χαρακτηριστικές τάσεως – ρεύματος της υποδοχής ενός MOSFET πυκνώσεως, p-καναλιού, δίνονται στο Σχήμα 2.12a και η καμπύλη μεταφοράς του στο Σχήμα 2.12b.



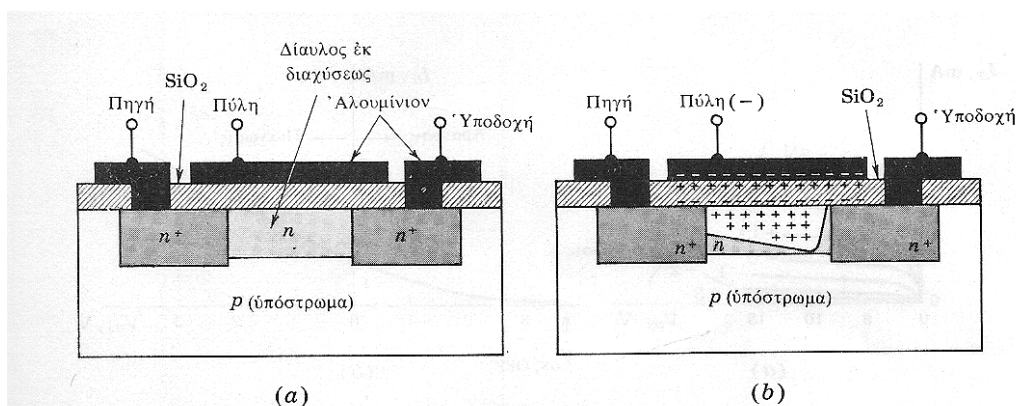
Σχήμα 2.12

Χαρακτηριστικές καμπύλες MOSFET πυκνώσεως p -καναλιού

Για $V_{GS} \geq 0$ το ρεύμα I_{DSS} είναι πολύ ασθενές, της τάξεως των μερικών *nanoamperes*. Καθώς η V_{GS} παίρνει αρνητικές τιμές, το ρεύμα $|I_D|$ αυξάνεται, στην αρχή αργά, και στη συνέχεια πιο γρήγορα, με την αύξηση της $|V_{GS}|$. Ο κατασκευαστής συνήθως δίνει την τάση κατωφλίου πύλης-πηγής V_{GST} ή V_T για την οποία η $|I_D|$ παίρνει μια ορισμένη τιμή ας πούμε $10 \mu A$. Ο κατασκευαστής δίνει επίσης στα φύλλα προδιαγραφών του, ένα ρεύμα $I_{D,ON}$ το οποίο αντιστοιχεί περίπου στη μέγιστη τιμή, η οποία δίνεται επί των χαρακτηριστικών υποδοχής, όπως επίσης και την τιμή της V_{GS} που αντιστοιχεί στο ρεύμα αυτό.

Η τιμή της V_T για ένα συνηθισμένο MOSFET p -καναλιού, είναι περίπου $-4 V$. Η τάση του τροφοδοτικού της υποδοχής που χρησιμοποιείται συνήθως είναι $-12 V$. Η υψηλή αυτή τάση είναι ασυμβίβαστη με την τάση τροφοδοτήσεως $5 V$ που χρησιμοποιείται συνήθως στα διπολικά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Για τον λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι κατασκευής, με σκοπό τη μείωση της V_T . Έτσι τελικά προκύπτει ένα στοιχείο χαμηλής τάσης κατωφλίου V_T , που κυμαίνεται μεταξύ $1,5 V$ και $2,5 V$, ενώ αντίθετα για ένα συνηθισμένο MOS υψηλής τάσης κατωφλίου η V_T κυμαίνεται μεταξύ 4 και $6 V$.

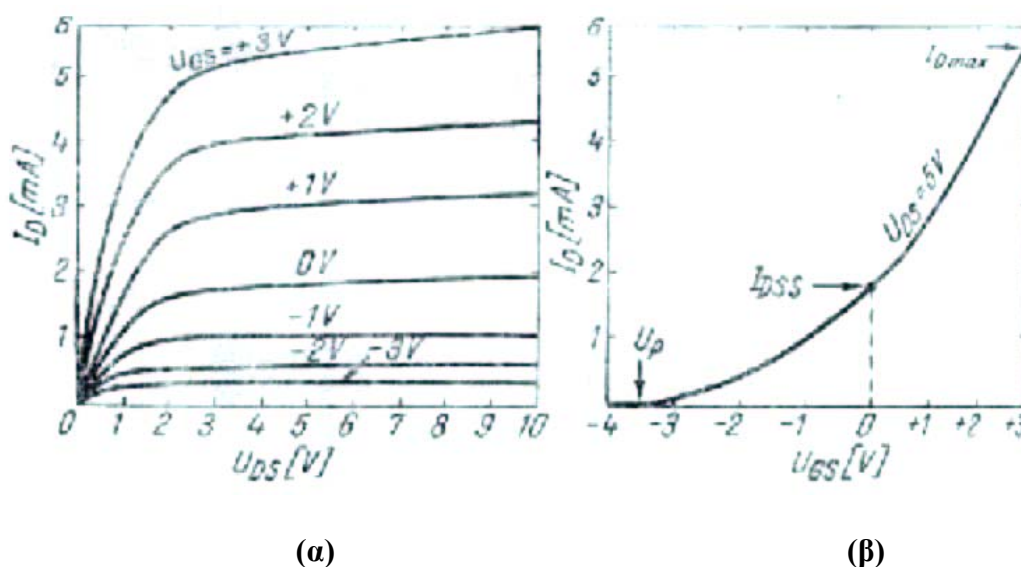
Το MOSFET αραιώσεως. Ένας δεύτερος τύπος MOSFET μπορεί να κατασκευασθεί, αν στη βασική κατασκευή του Σχήματος 2.11 διαχυθεί ένα κανάλι μεταξύ της πηγής και της υποδοχής, με προσμίξεις του ίδιου τύπου με εκείνες, που χρησιμοποιήθηκαν για τη διάχυση της πηγής και της υποδοχής. Μια τέτοια κατασκευή καναλιού τύπου- n φαίνεται στο Σχήμα 2.13



Σχήμα 2.13

MOSFET αραιώσεως n -καναλιού

Στο στοιχείο αυτό, για μηδενική τάση πύλης-προς-πηγή $V_{GS} = 0$, το ρεύμα υποδοχής I_{DSS} είναι αρκετά μεγαλύτερο του μηδενός. Εάν η τάση πύλης πάρει αρνητικές τιμές, επάγονται θετικά φορτία στο κανάλι διαμέσου του SiO_2 . Εφόσον το ρεύμα σε ένα FET οφείλεται σε φορείς πλειονότητας (ηλεκτρόνια για υλικό τύπου n), τα θετικά φορτία εξ επαγωγής καθιστούν το κανάλι λιγότερο αγώγιμο και το ρεύμα υποδοχής ελαττώνεται, καθώς η V_{GS} παίρνει περισσότερες αρνητικές τιμές. Η ανακατανομή του φορτίου μέσα στο κανάλι προκαλεί μια ενεργή αραιώση των φορέων πλειονότητας, από την οποία προέρχεται η ονομασία MOSFET αραιώσεως. Οι χαρακτηριστικές τάσεως-ρεύματος ενός MOSFET αραιώσεως και ενός JFET είναι σχεδόν όμοιες, όπως βλέπουμε στο Σχήμα 2.14.



Σχήμα 2.14

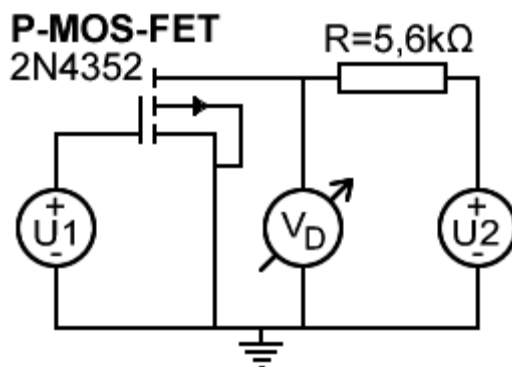
Στατικές χαρακτηριστικές για ένα MOSFET αραιώσεως n -καναλιού

Ένα MOSFET αραιώσεως μπορεί επίσης να λειτουργήσει ως MOSFET πυκνώσεως. Για να συμβεί αυτό, είναι απαραίτητο να συνδέσουμε μόνο μια θετική τάση στην πύλη, ώστε να επαχθούν αρνητικά φορτία στο κανάλι τύπου n . Έτσι, αυξάνεται η αγωγιμότητα του καναλιού, και το ρεύμα ξεπερνάει την τιμή του I_{DSS} . Μερικές φορές ο κατασκευαστής δίνει την τάση αποκοπής πύλης-πηγής $V_{GS,OFF}$, στην οποία η I_D παίρνει μια ορισμένη αμελητέα τιμή για μια δεδομένη τιμή της V_{DS} . Αυτή η τάση πύλης αντιστοιχεί στην τάση φραγής V_P του JFET.

Όλα τα παραπάνω ισχύουν επίσης για ένα MOSFET p -καναλιού. Για το στοιχείο αυτό, πρέπει να αναστρέψουμε τα πρόσημα όλων των ρευμάτων και τάσεων στις χαρακτηριστικές τάσεως-ρεύματος.

2.1.3.2 Παραδείγματα Μετρήσεων στο 2N4352 P-MOS-FET

Το δεύτερο κύκλωμα προς μέτρηση, το οποίο χρησιμοποιείται στην εφαρμογή αυτή, καθιστά δυνατή την εργαστηριακή μελέτη της συμπεριφοράς ενός FET μετάλλου-οξειδίου-ημιαγωγού πυκνώσεως p - καναλιού (P-Type Channel Enhancement MOSFET). Η συνδεσμολογία είναι η βασική για ένα P-MOS-FET, όπως και για το JFET, κοινής υποδοχής την οποία βλέπουμε στο Σχήμα 2.15.



Σχήμα 2.15

Το κύκλωμα προς μέτρηση (DUT) για το P-MOS-FET

Τα δύο παρόμοια κυκλώματα των N-JFET και P-MOS-FET χρησιμοποιούν κοινή γείωση για καλύτερη οικονομία των συνδέσεων με την πλακέτα επίκτησης δεδομένων PCI-6024E *plug-in board*. Έτσι, τα αντιμετωπίζουμε, ως ενιαίο κύκλωμα προς μέτρηση (FET DUT).

Όπως και στην περίπτωση του N-JFET, ο Δικτυακός Τόπος προσφέρει δύο τρόπους για την εξ αποστάσεως εισαγωγή των τάσεων U_1 και U_2 , ανάλογα με τον βαθμό εξοικείωσης των χρηστών με το VELab και την Ηλεκτρονική γενικότερα.

Η ιστοσελίδα **P-MOS-FET » Drain Voltage** είναι απλούστερης μορφής, και προσφέρεται για τους μη εξοικειωμένους χρήστες, καθώς ζητούνται μία μόνον τιμή για το U_1 και μία για το U_2 .

Αντίθετα στην ιστοσελίδα **P-MOS-FET » Multiple Drain Voltages** ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μια αρχική και μια τελική τιμή για τα U_1 (U_{1Start} , U_{1Stop}) και U_2 (U_{2Start} , U_{2Stop}), καθώς και τον αριθμό των ενδιάμεσων αντίστοιχων τιμών (U_{1Steps} , U_{2Steps}), τιμές οι οποίες θα υπολογιστούν από το VI. Με τον τρόπο αυτό, καθίσταται δυνατή η μελέτη της λειτουργίας του στοιχείου, με την αξιοποίηση των πινάκων των αποτελεσμάτων (μέσα από τα διαθέσιμα Excel αρχεία), καθώς και την εξαγωγή των γραφημάτων (χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας), που αυτά επιτρέπουν.

Το φύλλο προδιαγραφών του κατασκευαστή δίνει για το 2N4352 τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

Πίνακας 2.8

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

($T_A = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise noted)

Drain-Source Voltage	25 V
Drain-Gate Voltage	30 V
Gate-Source Voltage	± 30 V
Drain Current	30 mA
Storage Temperature Range	-65°C to $+200^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range	-55°C to $+150^{\circ}\text{C}$
Lead Temperature (Soldering, 10sec)	$+300^{\circ}\text{C}$
Power Dissipation	300 mW
Derate above 25°C	1.7 mW/ $^{\circ}\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (TA = 25oC unless otherwise specified)

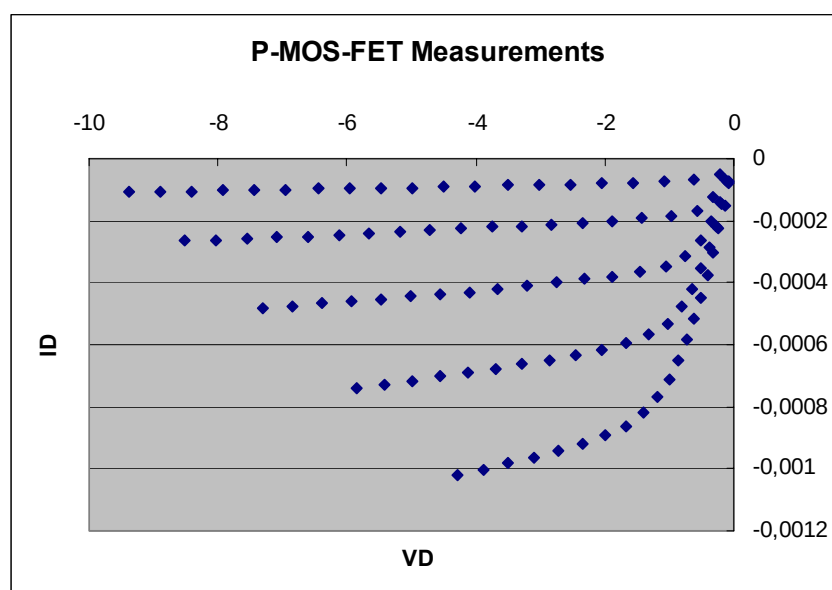
SYMBOL	PARAMETER	MIN	MAX	UNITS	TEST CONDITIONS
$V_{(BR)DSX}$	Drain-Source Breakdown Voltage	-25		Vdc	$I_D = -10mA$, $V_{GS} = 0$
I_{DSS}	Zero-Gate-Voltage Drain Current		-10 -10	nAdc mAdc	$V_{DS} = -10V$, $V_{GS} = 0$, $T_A = 25oC$ $V_{DS} = -10V$, $V_{GS} = 0$, $T_A = 150oC$
I_{GSS}	Gate Reverse Current		± 10 pA	pA	$V_{GS} = \pm 30V$, $V_{DS} = 0$
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	-1.0	-5.0	Vdc	$V_{DS} = -10V$, $I_D = -10mA$
$V_{DS(on)}$	Drain-Source On-Voltage		-1.0	V	$I_D = -2mA$, $V_{GS} = -10V$
$I_{D(on)}$	On-State Drain Current	-3.0 mA			$V_{GS} = -10V$, $V_{DS} = -10V$
$r_{DS(on)}$	Drain-Source Resistance		600	ohms	$V_{GS} = -10V$, $I_D = 0$, $f = 1.0kHz$
$ y_{fs} $	Forward Transfer Admittance	1000		mmho	$V_{DS} = -10V$, $I_D = 2.0mA$, $f = 1.0kHz$
C_{iss}	Input Capacitance		5.0	pF	$V_{DS} = -10V$, $V_{GS} = 0$, $f = 140MHz$
C_{rss}	Input Capacitance		1.3		$V_{DS} = 0$, $V_{GS} = 0$, $f = 140MHz$
$C_{d(sub)}$	Drain-Substrate Capacitance		5.0		$V_{D(sub)} = -10V$, $f = 140kHz$
t_{d1}	Turn-On Delay		45	ns	$I_D = -2.0mAdc$, $V_{DS} = -10Vdc$, $V_{GS} = -10V$
t_r	Rise Time		65		
t_{d2}	Turn-Off Delay		60		
t_f	Fall Time		100		

Για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών $I_D(V_{DS})$ του P-MOS-FET, πραγματοποιήθηκαν στο VELab οι μετρήσεις που περιγράφονται στον Πίνακα 2.9

Πίνακας 2.9

U1Start = -5 V	U2Start = -10 V
U1Stop = -3 V	U2Stop = 0 V
U1Steps = 5	U2Steps = 20

Από το Excel αρχείο των αποτελεσμάτων το οποίο είναι διαθέσιμο στο Παράρτημα Α παίρνουμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες που φαίνονται στο Σχήμα 2.16



Σχήμα 2.16

Χαρακτηριστικές καμπύλες $I_D - V_D$ μετά από μετρήσεις στο P-MOS-FET DUT

Οι χαρακτηριστικές αυτές καμπύλες μας δείχνουν ότι υπάρχουν τρεις περιοχές λειτουργίας: η περιοχή αποκοπής (cutoff region), η γραμμική περιοχή (linear region) και η περιοχή του κορεσμού (saturation region). Η λειτουργία στην περιοχή του κορεσμού επιλέγεται όταν το FET πρόκειται να λειτουργήσει ως ενισχυτής. Στις εφαρμογές διακοπών με MOSFET έχουμε λειτουργία του FET στη γραμμική περιοχή και στην αποκοπή.

Όπως παρατηρούμε, στο παραπάνω Σχήμα φαίνονται καθαρά οι πολικότητες, τόσο της τάσης, όσο και του ρεύματος υποδοχής V_D και I_D αντίστοιχα.

Η τάση κατωφλίου V_t είναι αρνητική, άρα αποκοπή έχουμε για $V_{GS} > 0$. Κανάλι δημιουργείται όταν η τάση πύλης είναι περισσότερο αρνητική από την V_t

$$V_{GS} \leq V_t \quad (\text{Σχηματισμός καναλιού}) \quad (2.17)$$

και η τάση υποδοχής είναι περισσότερο αρνητική από την τάση της πηγής (η τάση V_{DS} είναι αρνητική).

Όταν έχουμε λειτουργία στη γραμμική περιοχή η V_{DS} είναι

$$V_{DS} \geq V_{GS} - V_t \text{ (Σχηματισμός καναλιού)} \quad (2.18)$$

Τέλος για τη λειτουργία στην περιοχή του κορεσμού ισχύει

$$V_{DS} \leq V_{GS} - V_t \text{ (Στραγγαλισμός του καναλιού)} \quad (2.19)$$

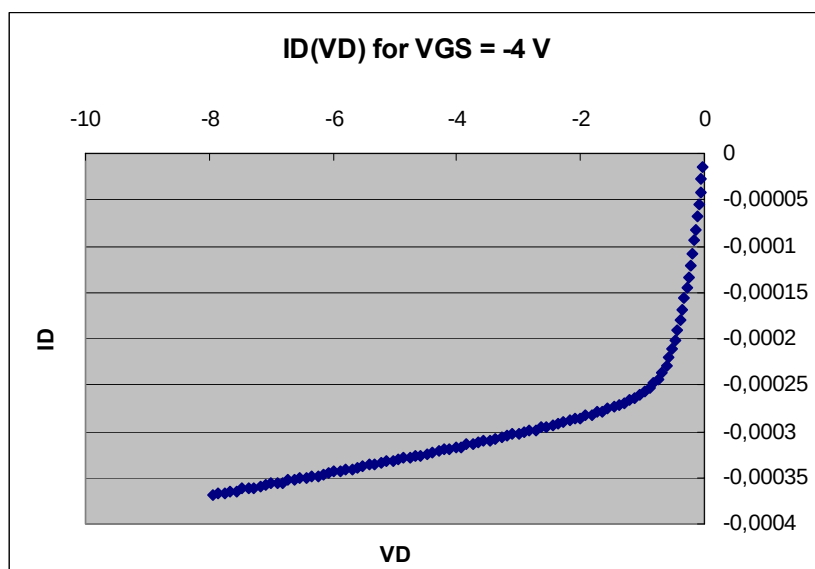
Στη συνέχεια πραγματοποιούμε τις μετρήσεις του Πίνακα 2.10

Πίνακας 2.10

U1Start = -4 V	U2Start = -10 V
U1Stop = -4 V	U2Stop = 0 V
U1Steps = 1	U2Steps = 100

Κρατάμε σταθερή την τάση πύλης $V_{GS} = U1_{Start} = U1_{Stop} = -4 \text{ V}$. Ως αρχική τιμή για την τάση τροφοδοσίας επιλέγουμε $U2_{Start} = -10 \text{ V}$ την ελάχιστη τιμή που μας επιτρέπει η πλακέτα PCI-6024E η οποία μας παρέχει όλες τις τάσεις τροφοδοσίας και ως τελική την $U2_{Stop} = 0 \text{ V}$ (επάνω από την αποκοπή). Τέλος επιλέγουμε τον αριθμό των εκατό βημάτων ($V_{steps} = 100$) για καλύτερη προσέγγιση της καμπύλης.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων, που περιέχονται στο αντίστοιχο και διαθέσιμο για κάθε μελλοντική χρήση Excel αρχείο του Παραρτήματος Α, εξάγουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη του Σχήματος 2.17



Σχήμα 2.17

Καμπύλη $I_D - V_D$ μετά από μετρήσεις στο P-MOS-FET DUT

Βλέπουμε, ότι στην περιοχή του κορεσμού, η καμπύλη είναι σχεδόν παράλληλη με τον οριζόντιο άξονα. Στην πραγματικότητα, για σταθερή τάση πύλης (V_{GS}), η τιμή του ρεύματος υποδοχής (I_{DS}) εξαρτάται από την τάση υποδοχής (V_{DS}).

Έτσι λοιπόν στην περιοχή κορεσμού ισχύει και για το P-MOS-FET ο τύπος (2.2) που ισχύει για το N-JFET

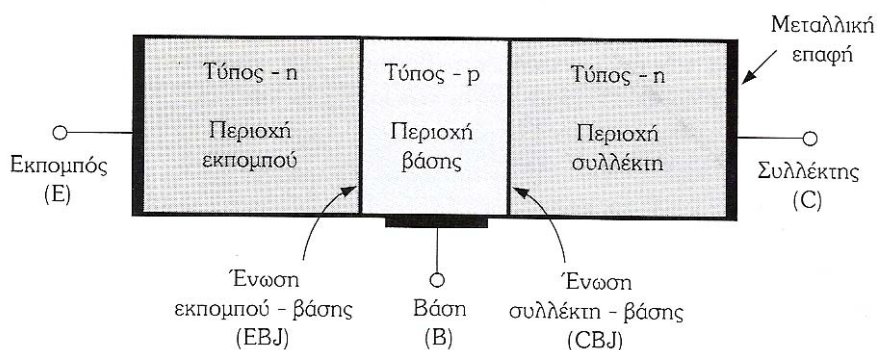
$$I_{DS} = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \cdot (1 + \lambda V_{DS}) \quad (2.20)$$

Από το Σχήμα 2.15 συμπεραίνουμε ότι η προέκταση της γραμμής της χαρακτηριστικής $I_D(V_{DS})$ στην περιοχή του κορεσμού τέμνει τον άξονα της τάσης στο σημείο $V_{DS}=V_A$, όπου το V_A είναι μια θετική τάση παρόμοια της τάσης Early στα διπολικά τρανζίστορ. Τυπικές τιμές για το λ είναι από $0,005 \text{ V}^{-1}$ έως $0,03 \text{ V}^{-1}$ και οι αντίστοιχες τιμές για τη V_A κυμαίνονται στην περιοχή από 200 έως 30V.

2.1.4 ΔΙΠΟΛΙΚΟ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΕΝΩΣΕΩΣ (BJT)

2.1.4.1 Θεωρία BJT

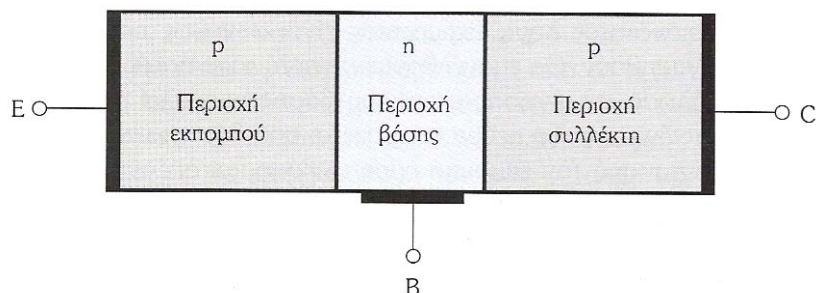
Μια απλοποιημένη μορφή του διπολικού τρανζίστορ φαίνεται στο Σχήμα 2.18.



Σχήμα 2.18

Διπολικό τρανζίστορ ενώσεως npn

Το διπολικό τρανζίστορ απαρτίζεται από τρεις περιοχές ημιαγωγικών υλικών: την περιοχή εκπομπού (emitter - E) τύπου n , την περιοχή βάσης (base - B) τύπου p και την περιοχή συλλέκτη (collector - C) τύπου n . Ένα τέτοιο τρανζίστορ, καλείται τύπου npr . Ένα άλλο τρανζίστορ δυαδικό του τρανζίστορ npr φαίνεται στο Σχήμα 2.19 και κατ' αναλογία καλείται τύπου pnp .



Σχήμα 2.19

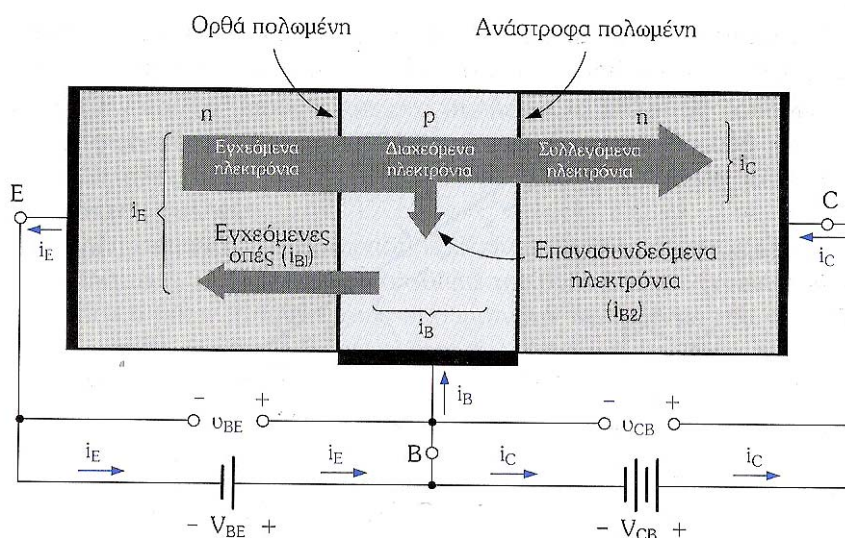
Διπολικό τρανζίστορ ενώσεως pnp

Το τρανζίστορ απαρτίζεται από δύο ενώσεις pn , την ένωση εκπομπού-βάσης (EB-Junction) και την ένωση συλλέκτη-βάσης (CB-Junction). Ανάλογα με την κατάσταση πόλωσης (ορθή ή ανάστροφη) της κάθε μιας από αυτές, έχουμε διαφορετικές περιοχές λειτουργίας του διπολικού τρανζίστορ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.11. Αν το τρανζίστορ λειτουργεί ως ενισχυτής βρίσκεται στην ενεργό περιοχή.

Πίνακας 2.11: Περιοχές λειτουργίας BJT

Περιοχή	EBJ	CBJ
Αποκοπής	Ανάστροφα	Ανάστροφα
Ενεργός	Ορθά	Ανάστροφα
Κορεσμού	Ορθά	Ορθά

Στο Σχήμα 2.20 βλέπουμε ένα τρανζίστορ nnp , το οποίο λειτουργεί στην ενεργό περιοχή. Η τάση V_{BE} φέρνει τη βάση τύπου p σε υψηλότερο δυναμικό από τον εκπομπού τύπου n , και έτσι πολώνει ορθά την ένωση εκπομπού – βάσης. Η τάση V_{CB} φέρνει το συλλέκτη τύπου n σε υψηλότερο δυναμικό από τη βάση τύπου p , και έτσι πολώνει ανάστροφα την ένωση συλλέκτη – βάσης.



Σχήμα 2.20

Τρανζίστορ nnp πολωμένο ώστε να λειτουργεί στην ενεργό περιοχή

Βασικά η τάση ορθής πόλωσης v_{BE} προκαλεί ροή ρεύματος προς τον ακροδέκτη του συλλέκτη, i_C . Το ρεύμα αυτό έχει εκθετική σχέση προς την τάση v_{BE} .

$$i_C = I_S \cdot \exp\left(\frac{v_{BE}}{V_T}\right) \quad (2.21)$$

όπου I_S είναι σταθερά, που ονομάζεται ρεύμα κορεσμού, και V_T είναι η θερμική τάση, η οποία είναι περίπου ίση με 25 mV σε θερμοκρασία δωματίου.

Επίσης το i_C είναι ανεξάρτητο από την τιμή της τάσης στο συλλέκτη, όσο η ένωση συλλέκτη – βάσης παραμένει ανάστροφα πολωμένη, δηλαδή $v_{CB} \geq 0$. Έτσι στην ενεργό περιοχή, ο ακροδέκτης του συλλέκτη συμπεριφέρεται ως ιδανική πηγή ρεύματος, όπου η τιμή του ρεύματος εξαρτάται από το v_{BE} .

Το ρεύμα βάσης είναι ανάλογο του $\exp\left(\frac{v_{BE}}{V_T}\right)$ και μπορούμε να γράψουμε

$$i_B = \frac{i_C}{\beta} \quad (2.22)$$

Έτσι

$$i_B = \frac{I_S}{\beta} \cdot \exp\left(\frac{v_{BE}}{V_T}\right) \quad (2.23),$$

όπου το β είναι σταθερά για κάθε συγκεκριμένο τρανζίστορ. Για σύγχρονα *npn* τρανζίστορ, το β κυμαίνεται μεταξύ 100 και 200, αλλά μπορεί να πάρει και την τιμή 1000 σε ειδικές περιπτώσεις.

Εφόσον το ρεύμα που εισέρχεται σε ένα τρανζίστορ θα πρέπει να το εγκαταλείψει, από το Σχήμα 2.19 βλέπουμε ότι ισχύει

$$i_E = i_C + i_B \quad (2.24)$$

Από τις 2.22 και 2.24 παίρνουμε ότι

$$i_E = \frac{\beta + 1}{\beta} \cdot i_C \quad (2.25)$$

το οποίο είναι

$$i_E = \frac{\beta + 1}{\beta} \cdot I_S \cdot \exp\left(\frac{v_{BE}}{V_T}\right) \quad (2.26)$$

Η εξίσωση 2.25 μπορεί να γραφεί και ως

$$i_C = \alpha \cdot i_E \quad (2.27)$$

όπου η σταθερά α σχετίζεται με τη β ως εξής

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} \quad (2.28)$$

Έτσι το ρεύμα εκπομπού της εξίσωσης 2.26 μπορεί να γραφεί ως

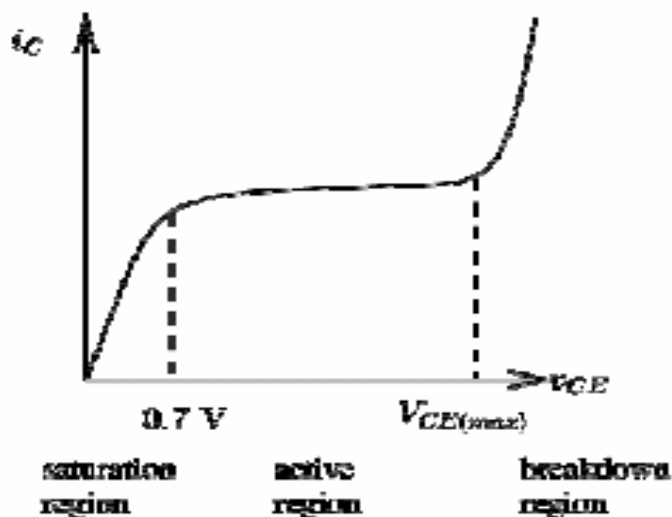
$$i_E = (I_S/\alpha) \cdot \exp\left(\frac{v_{BE}}{V_T}\right) \quad (2.29)$$

Τέλος η εξίσωση 2.28 γράφεται και ως

$$\beta = \frac{a}{1-a} \quad (2.30)$$

Από την εξίσωση (2.28) φαίνεται, ότι το a είναι σταθερά (για συγκεκριμένο τρανζίστορ), μικρότερη, αλλά πολύ κοντά στη μονάδα. Για παράδειγμα αν είναι $\beta = 100$, τότε $a \cong 0,99$. Από την εξίσωση 2.30 βλέπουμε ότι μικρές αλλαγές στο a αντιστοιχούν σε μεγάλες αλλαγές στο β .

Συμπερασματικά λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι ένα *npn* τρανζίστορ, του οποίου η EBJ είναι ορθά πολωμένη, για να λειτουργεί στην ενεργό περιοχή θα πρέπει η τάση συλλέκτη να είναι μεγαλύτερη από αυτή της βάσης. Εάν πέσει κάτω από αυτή, η ένωση συλλέκτη – βάσης θα πολωθεί ορθά και το τρανζίστορ θα περάσει στην περιοχή του κορεσμού.



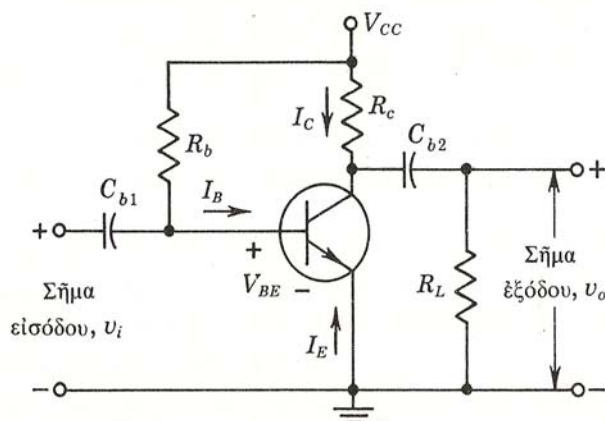
Σχήμα 2.21

Χαρακτηριστική καμπύλη $i_C - v_{CE}$ διπολικού τρανζίστορ πυριτίου

Στο Σχήμα 2.21 βλέπουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη $i_C(v_{CE})$ για ένα τρανζίστορ πυριτίου. Στην περιοχή κορεσμού και οι δύο ενώσεις είναι ορθά πολωμένες. Όταν η τιμή της v_{CE} ξεπεράσει τα $0,7\text{ V}$, η CBJ πολώνεται ανάστροφα, και το τρανζίστορ λειτουργεί στην ενεργό περιοχή. Αν η v_{CE} αυξηθεί πολύ το τρανζίστορ περνάει στην περιοχή αποκοπής και $i_B = 0$.

Είδαμε λοιπόν έως τώρα, ότι, όταν η λειτουργία του τρανζίστορ περιοριστεί στην ενεργό περιοχή, αυτό λειτουργεί ως επί το πλείστον γραμμικά. Μόλις εγκαθιδρυθεί σημείο λειτουργίας Q , οι μεταβολές του σήματος εισόδου συναρτήσει του χρόνου (π.χ. ρεύμα βάσης), θα προκαλέσουν πανομοιότυπο σήμα εξόδου (τάση ή ρεύμα συλλέκτη). Εάν το σήμα εξόδου δεν είναι πιστή αναπαραγωγή του σήματος εισόδου, π.χ. είναι ψαλιδισμένο κατά τη μια πλευρά τότε το σημείο λειτουργίας δεν είναι ικανοποιητικό, και πρέπει να επανατοποθετηθεί στις χαρακτηριστικές συλλέκτη.

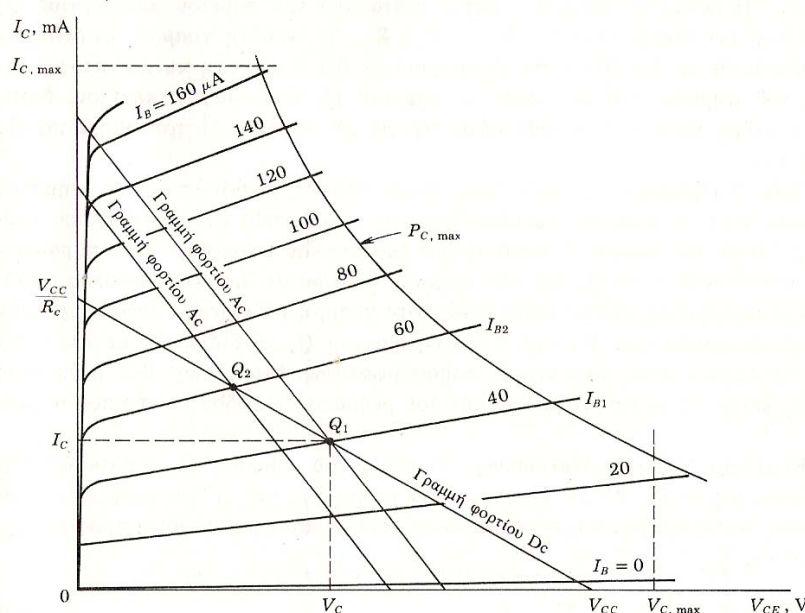
Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η επιλογή του σημείου λειτουργίας έχει πολύ μεγάλη σημασία.



Σχήμα 2.22

Τρανζίστορ BJT σε συνδεσμολογία κοινού εκπομπού

Στο Σχήμα 2.22 βλέπουμε ένα κύκλωμα κοινού εκπομπού, οι χαρακτηριστικές εξόδου του οποίου φαίνονται στο Σχήμα 2.22. Σημειώνουμε ότι δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το τρανζίστορ σε οποιοδήποτε σημείο της ενεργού περιοχής, καθώς περιοριζόμαστε από τις ονομαστικές τιμές των παραμέτρων του τρανζίστορ, που καθορίζει ο κατασκευαστής. Τρεις από αυτούς τους περιορισμούς και συγκεκριμένα η μέγιστη κατανάλωση συλλέκτη $P_{C,max}$, η μέγιστη τάση συλλέκτη $V_{C,max}$ και το μέγιστο ρεύμα συλλέκτη $I_{C,max}$ φαίνονται στο Σχήμα 2.23

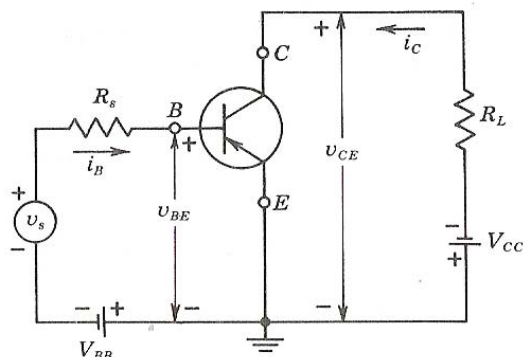


Σχήμα 2.23

Γραφικός υπολογισμός σημείου λειτουργίας

Στο σημείο αυτό, θα ήταν καλό να αναφερθούμε στα σύμβολα, τα οποία χρησιμοποιούνται για το τρανζίστορ. Συγκεκριμένα, στιγμιαίες τιμές μεγεθών, που μεταβάλλονται με το χρόνο, συμβολίζονται με μικρά γράμματα (i για το ρεύμα, v για την τάση). Τα μεγέθη μέσης τιμής και μέσου όρου (dc) συμβολίζονται με κεφαλαία γράμματα (I και V). Οι τιμές μέσου όρου (dc) και οι στιγμιαίες συνολικές τιμές

σημειώνονται με δείκτη, ο οποίος είναι το αρχικό κεφαλαίο γράμμα του αντίστοιχου ηλεκτροδίου (B για τη βάση, E για τον εκπομπού και C για το συλλέκτη). Μεταβαλλόμενες ποσότητες από μια τιμή ηρεμίας σημειώνονται με δείκτη, ο οποίος είναι το αρχικό μικρό γράμμα του αντίστοιχου ηλεκτροδίου.



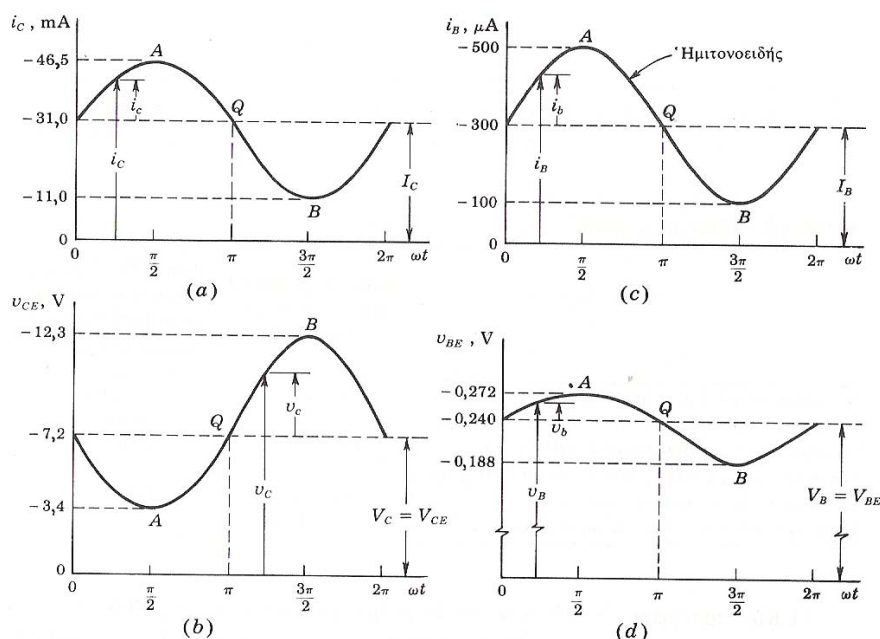
Σχήμα 2.24

Διπολικό Τρανζίστορ Ενώσεως σε συνδεσμολογία κοινού εκπομπού

Για παράδειγμα, στα σχήματα 2.24 και 2.25 φαίνονται τα ρεύματα και οι τάσεις συλλέκτη και βάσης σε συνδεσμολογία κοινού εκπομπού ενός τρανζίστορ *npn*, τα οποία χρησιμοποιούν το συμβολισμό, που μόλις περιγράψαμε. Η μεταβολή του ρεύματος και της τάσης του συλλέκτη και του εκπομπού από τις αντίστοιχες τιμές ηρεμίας ρεύματος και τάσης είναι

$$i_c = i_C - I_C = \Delta i_C \quad v_c = v_C - V_C = \Delta v_C \quad (2.31)$$

$$i_b = i_B - I_B = \Delta i_B \quad v_b = v_B - V_B = \Delta v_B \quad (2.32)$$



Σχήμα 2.25

Ανάλυση ac ρευμάτων και τάσεων τρανζίστορ BJT σε συνδεσμολογία κοινού εκπομπού

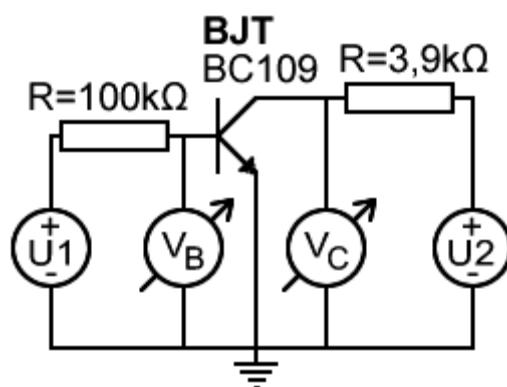
Επιστρέφοντας τώρα στη συνδεσμολογία του Σχήματος 2.22, εξετάζουμε τη συμπεριφορά των πυκνωτών C_{b1} και C_{b2} . Σε μηδενική συχνότητα (dc) η αντίδρασή τους είναι άπειρη και δρουν ως ανοικτό κύκλωμα. Επιπλέον οι τιμές τους επιλέγονται επαρκώς μεγάλες, ώστε οι αντιδράσεις τους για τη μικρότερη συχνότητα διέγερσης να είναι αρκετά μικρές, οπότε μπορούν να θεωρηθούν ως βραχυκυκλώματα. Οι πυκνωτές λοιπόν αυτοί απαγορεύουν τη διέλευση ρεύματος dc ενώ επιτρέπουν την ελεύθερη διέλευση ρευμάτων σήματος.

Θα υπολογίσουμε τώρα τα ρεύματα και τις τάσεις ηρεμίας του συλλέκτη, χαράζοντας όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.23, μια στατική γραμμή φορτίου (dc), η οποία τέμνει τον κάθετο άξονα στο σημείο $i_C = V_{CC} / R_C$ και τον οριζόντιο στο σημείο $v_C = V_{CC}$. Εάν είναι $R_L = \infty$ και το σήμα εισόδου είναι μεγάλο και συμμετρικό, τοποθετούμε το σημείο λειτουργίας Q_I στο μέσον της γραμμής φορτίου. Εάν όμως $R_L \neq \infty$, πρέπει να χαραχθεί η δυναμική γραμμή φορτίου (ac). Στην περίπτωση αυτή το φαινόμενο φορτίο του συλλέκτη R'_L αποτελείται από την R_C παράλληλα προς την R_L . Από το σημείο λειτουργίας Q_I φέρουμε τότε τη δυναμική γραμμή φορτίου με κλίση που να αντιστοιχεί σε $R'_L = R_C \parallel R_L$.

Από το σχήμα παρατηρούμε ότι επιτρέπεται μέγιστη κατά πλάτος μεταβολή του σήματος εισόδου περί το Q_I ίση με $40 \mu A$ περίπου, διότι αν το ρεύμα βάσης ελαττωθεί κάτω από τα $40 \mu A$, το τρανζίστορ οδηγείται σε αποκοπή. Για να επιτρέψουμε μεγαλύτερη κατά το πλάτος μεταβολή του σήματος εισόδου, το σημείο λειτουργίας πρέπει να τοποθετηθεί σε υψηλότερο ρεύμα βάσης. Ένα τέτοιο σημείο είναι το Q_2 το οποίο τοποθετούμε στη γραμμή φορτίου dc, έτσι ώστε οποιαδήποτε γραμμή φορτίου ac αγόμενη δι' αυτού, με κλίση που να αντιστοιχεί στην αντίσταση R'_L να επιτρέπει τη μεγαλύτερη δυνατή έξοδο. Στο Σχήμα 2.22, η επιλογή του Q_2 επιτρέπει μέγιστη μεταβολή του ρεύματος εισόδου της τάξης των $60 \mu A$.

2.1.4.2 Παραδείγματα Μετρήσεων στο BJT BC109

Το κύκλωμα προς μέτρηση του διπολικού τρανζίστορ (BJT-DUT) στην παρούσα εφαρμογή είναι η συνδεσμολογία ενισχυτή κοινού εκπομπού, η οποία φαίνεται στο Σχήμα 2.26. Το BJT είναι το τρανζίστορ BC109 της Philips.

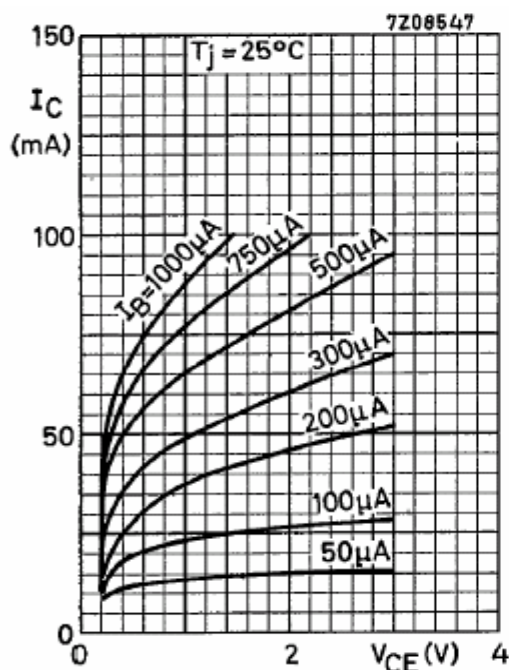


Σχήμα 2.26

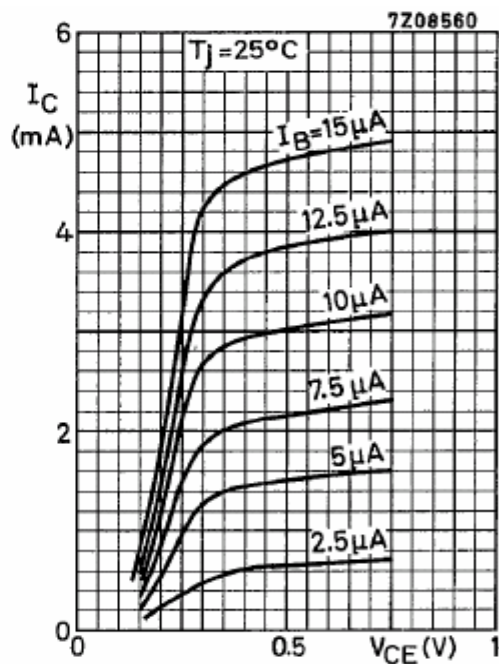
Το προς μέτρηση κύκλωμα (DUT) για το BJT

Όσον αφορά το συγκεκριμένο κύκλωμα, ο Δικτυακός Τόπος προσφέρει την ιστοσελίδα εισαγωγής δεδομένων **BJT » Base and Collector Voltages**. Ως αποτελέσματα λαμβάνονται οι τάσεις στη βάση και στο συλλέκτη του τρανζίστορ.

Στο Σχήμα 2.27 φαίνονται τα διαγράμματα εξόδου για το συγκεκριμένο στοιχείο όπως τα παίρνουμε από το αντίστοιχο φύλλο τεχνικών προδιαγραφών της Philips. Στο 2.26β δίνεται έμφαση στην ενεργό περιοχή λειτουργίας του τρανζίστορ.



(α)



(β)

Σχήμα 2.27

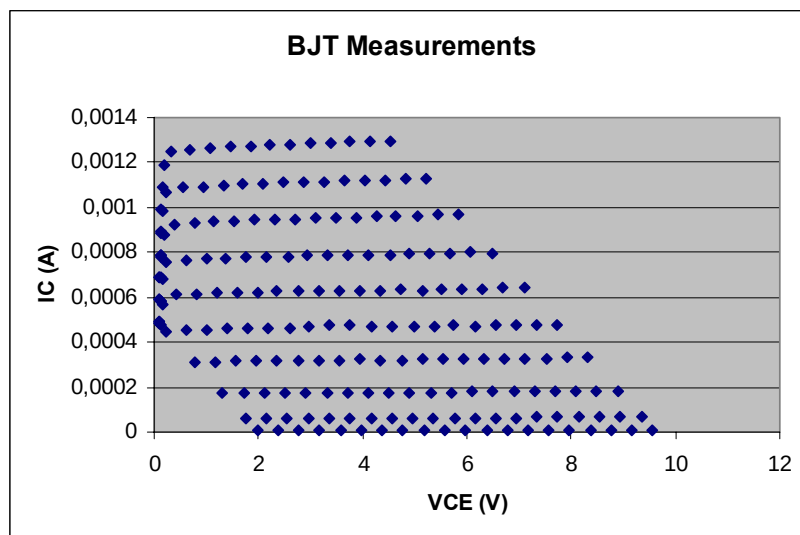
Διαγράμματα εξόδου για το BJT BC109

Οι τιμές των τάσεων τροφοδοσίας U1 και U2, που επελέγησαν με σκοπό την εξαγωγή του διαγράμματος εξόδου $I_C(V_{CE})$ φαίνονται στον Πίνακα 2.12

Πίνακας 2.12

U1Start = 0,50 V	U2Start = 2 V
U1Stop = 1,50 V	U2Stop = 10 V
U1Steps = 10	U2Steps = 20

Η γραφική παράσταση, που πήραμε από το αντίστοιχο Excel αρχείο των αποτελεσμάτων, το οποίο παρατίθεται στο Παράρτημα Α φαίνεται στο Σχήμα 2.28



Σχήμα 2.28

Χαρακτηριστικές καμπύλες $I_C - V_{CE}$ μετά από μετρήσεις στο BJT DUT

Όπως βλέπουμε, το διάγραμμα εξόδου είναι ακριβές. Κάθε χαρακτηριστική καμπύλη αντιστοιχεί σε μια από τις δέκα συνολικά τιμές της τάσης U_1 , και απαρτίζεται από είκοσι σημεία, τα οποία αντιστοιχούν στις αντίστοιχες τιμές της τάσης U_2 . Το ρεύμα βάσης κάθε φορά είναι για το dc μοντέλο

$$I_B = \frac{U_1 - V_B}{R_B}, \quad (2.33)$$

όπου U_1 η αντίστοιχη κάθε φορά τάση τροφοδοσίας, η οποία δίνει ως αποτέλεσμα τάση βάσης V_B και $R_B = 100 \text{ k}\Omega$. Όσον αφορά την τάση συλλέκτη από το Σχήμα 2.25 παίρνουμε

$$U_2 = I_C \cdot R_C + V_C, \quad (2.34)$$

οπότε για το ρεύμα συλλέκτη ισχύει

$$I_C = \frac{U_2 - V_C}{R_C} \quad (2.35)$$

Η τάση επί της ορθά πολωμένης ένωσης εκπομπού, είναι, στην ενεργό περιοχή, για το τρανζίστορ πυριτίου $V_B = 0,7 \text{ V}$, οπότε αντικαθιστώντας στην εξίσωση (2.33) υπολογίζουμε το ρεύμα I_B .

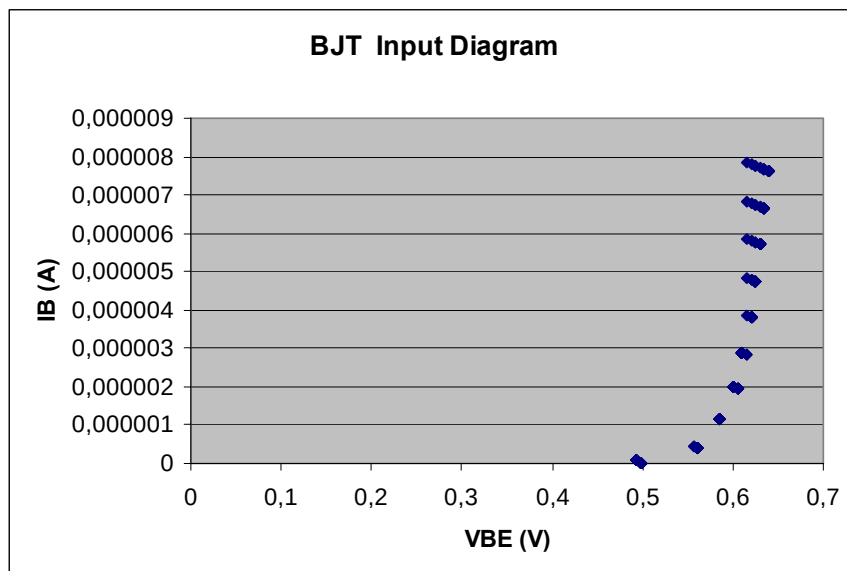
Ακόμη ισχύει

$$I_C = \beta \cdot I_B \quad (2.36)$$

Κατόπιν με αντικατάσταση στη (2.35) μπορούμε να υπολογίσουμε τελικά την τάση V_C .

Έτσι είναι δυνατόν να υπολογισθεί γραφικά το σημείο λειτουργίας του τρανζίστορ, όπως δείξαμε στη θεωρητική ανάλυση που προηγήθηκε.

Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η γραφική παράσταση εισόδου $I_B(V_{BE})$, την οποία βλέπουμε στο Σχήμα 2.29



Σχήμα 2.29

Χαρακτηριστική καμπύλη εισόδου $I_B - V_{BE}$ μετά από μετρήσεις στο BJT DUT

Παρόλο που το διάγραμμα αυτό ελήφθη από τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα παρατηρούμε ότι όλες οι χαρακτηριστικές τείνουν να ενωθούν σε μια, και η συμπεριφορά της ένωσης $p-n$ παραμένει πάντοτε η ίδια, δηλαδή καθαρή συμπεριφορά διόδου.

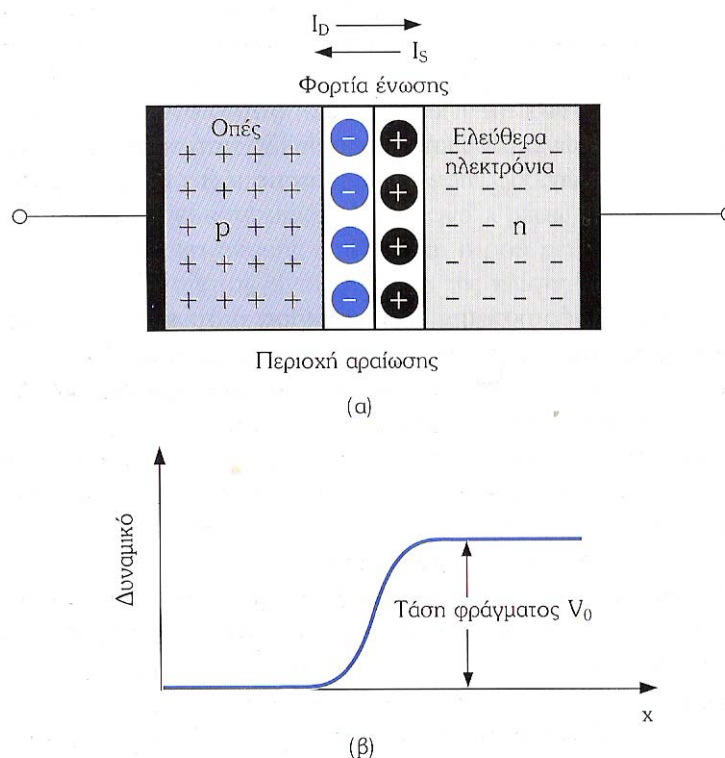
Στο παραπάνω σχήμα διακρίνεται επίσης καθαρά η ενεργός περιοχή, ενώ η περιοχή αποκοπής αρχίζει περίπου στα 0,67 V.

2.2 ΟΙ ΔΙΟΔΟΙ

2.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η δίοδος αποτελεί το απλούστερο και πιο βασικό μη γραμμικό κυκλωματικό στοιχείο. Είναι ένα στοιχείο δύο ακροδεκτών, το οποίο όμως, σε αντίθεση με την αντίσταση, έχει μη γραμμική χαρακτηριστική ρεύματος – τάσης ($i - v$).

Η δίοδος είναι μια ένωση $p-n$, η οποία σχηματίζεται με την εισαγωγή προσμίξεων δοτών στη μία πλευρά, και αποδοτών στην άλλη πλευρά ενός μονοκρυστάλλου ημιαγωγού. Μια τέτοια ένωση φαίνεται στο Σχήμα 2.30

**Σχήμα 2.30**

- (α) Η ένωση pn σε συνθήκες ανοικτού κυκλώματος.
 (β) Η κατανομή του δυναμικού κατά μήκος του άξονα των x .

Το πρόσημο “+” σε ένα υλικό τύπου p , υποδηλώνει τις οπές, που είναι φορείς πλειονότητας. Το φορτίο αυτών των οπών είναι εξουδετερωμένο από ένα ίσο πλήθος αρνητικών δεσμευμένων φορτίων που σχετίζεται με τα άτομα των αποδεκτών. Για να απλουστευθεί το σχήμα τα φορτία αυτά δεν παρουσιάζονται στο διάγραμμα.

Σε ένα υλικό τύπου n , η πλειονότητα των ηλεκτρονίων δηλώνεται με το “-”. Υπάρχουν επίσης τα αντίθετα θετικά δεσμευμένα φορτία, που εξουδετερώνουν το φορτίο των ηλεκτρονίων πλειονότητας, τα οποία επίσης δεν παρουσιάζονται στο σχήμα για να παραμείνει το διάγραμμα απλό.

Η συγκέντρωση των οπών είναι υψηλή στην περιοχή τύπου p , και χαμηλή στην περιοχή τύπου n , με συνέπεια να παρατηρείται διάχυση οπών μέσα από την επαφή, από την πλευρά τύπου p προς την πλευρά τύπου n . Με τον ίδιο τρόπο έχουμε διάχυση ηλεκτρονίων μέσα από την επαφή από την πλευρά τύπου n προς την πλευρά τύπου p . Το άθροισμα των δύο αυτών συνιστωσών μας δίνει το ρεύμα διάχυσης I_D , που έχει φορά από την πλευρά τύπου p προς την πλευρά τύπου n .

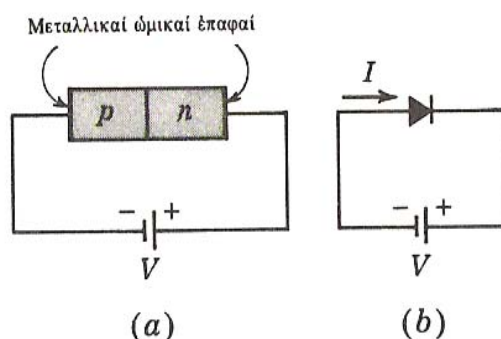
Οι οπές που διαχέονται μέσα από την επαφή στην περιοχή τύπου n , δεσμεύονται με κάποια από τα ηλεκτρόνια πλειονότητας, με αποτέλεσμα κάποια από τα θετικά δεσμευμένα φορτία να μην είναι πλέον εξουδετερωμένα από ελεύθερα ηλεκτρόνια. Συνέπεια των παραπάνω, είναι να δημιουργείται κοντά στην επαφή μια περιοχή ακάλυπτων θετικών δεσμευμένων φορτίων, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.30. Με τον ίδιο τρόπο, το υλικό τύπου p κοντά στην επαφή απογυμνώνεται από οπές και περιέχει ακάλυπτα αρνητικά δεσμευμένα φορτία.

Η ύπαρξη φορτίου στην παραπάνω περιοχή, που λέγεται περιοχή απογύμνωσης δημιουργεί ένα ηλεκτρικό πεδίο κατά πλάτος της επαφής, και συνεπώς μια διαφορά

δυναμικού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.30β. Όσο μεγαλύτερο είναι αυτό το φράγμα δυναμικού, τόσο μικρότερος είναι ο αριθμός των φορέων που είναι ικανός να το υπερπηδήσει, και κατά συνέπεια τόσο μικρότερο είναι και το ρεύμα διάχυσης I_D .

Εκτός από τη συνιστώσα ρεύματος I_D , που οφείλεται στη διάχυση των φορέων πλειονότητας μέσα από την επαφή, υπάρχει μία αντίστροφης φοράς συνιστώσα ρεύματος I_S , που οφείλεται στην ολίσθηση φορέων μειονότητας μέσα από την επαφή. Κάτω από συνθήκες ανοικτού κυκλώματος (Σχήμα 2.30), δεν υπάρχει εξωτερικό ρεύμα. Επομένως τα δύο αντίθετα ρεύματα της ένωσης pn πρέπει να είναι ίσου πλάτους: $I_D = I_S$

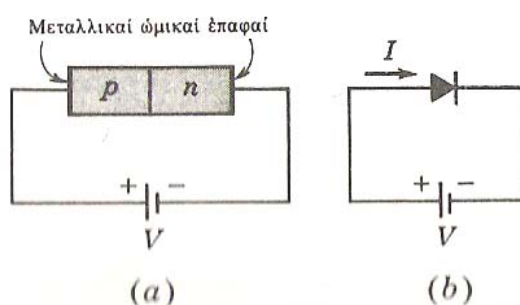
Το σημαντικό ηλεκτρικό χαρακτηριστικό της διόδου είναι ότι αποτελεί έναν ανορθωτή ο οποίος επιτρέπει την άνετη ροή φορτίων κατά τη μια διεύθυνση, αλλά εμποδίζει τη ροή κατά την αντίθετη διεύθυνση. Θα εξετάσουμε τώρα, πως συμβαίνει αυτό.



Σχήμα 2.31

- (α) Μια ένωση p-n πολωμένη κατά την ανάστροφη διεύθυνση
 (β) Το σύμβολο του ανορθωτή χρησιμοποιείται για τη δίοδο p-n

Ανάστροφη πόλωση. Στο σχήμα 2.31 φαίνεται μια εξωτερική τάση V , να εφαρμόζεται στους ακροδέκτες της διόδου. Ο αρνητικός πόλος συνδέεται στην πλευρά p της ένωσης, και ο θετικός πόλος στην πλευρά n . Όταν η εφαρμοζόμενη τάση έχει αυτή τη διεύθυνση, το φράγμα δυναμικού στην ένωση, το οποίο φαίνεται στο Σχήμα 2.30β, αυξάνεται κατά V και επομένως έχουμε μείωση της ροής των φορέων πλειονότητας (δηλαδή οπών στην περιοχή p και ηλεκτρονίων στην περιοχή n). Έτσι το αποτέλεσμα είναι θεωρητικά μηδέν ρεύμα. Στην πραγματικότητα υπάρχει ένα μικρό ρεύμα. Πρόκειται για το ρεύμα I_S , το οποίο είναι ανεξάρτητο από το φράγμα δυναμικού και παραμένει σταθερό. Αυτό το ρεύμα ονομάζεται ανάστροφο ρεύμα κόρου.



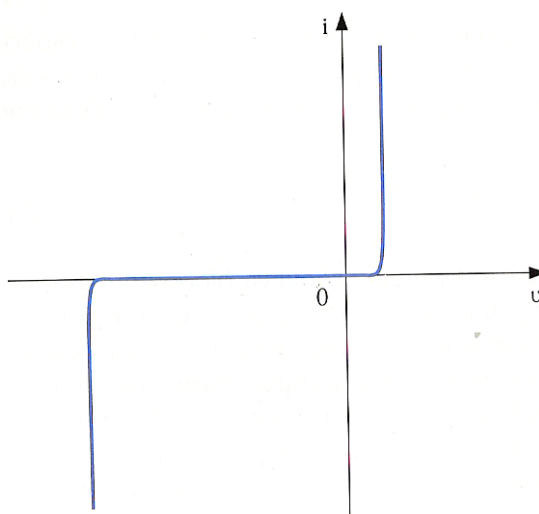
Σχήμα 2.32

- (α) Μια ένωση p-n πολωμένη κατά την ορθή διεύθυνση
 (β) Το σύμβολο του ανορθωτή χρησιμοποιείται για τη δίοδο p-n

Ορθή πόλωση. Στην περίπτωση αυτή η εξωτερική τάση εφαρμόζεται με την πολικότητα του Σχήματος 2.32. Μια ιδανική δίοδος p-n έχει μηδενική ωμική αντίσταση μέσα από το σώμα του κρυστάλλου. Για μια τέτοια δίοδο, το ύψος του δυναμικού φράγματος στην ένωση θα μειωθεί με την εφαρμογή της ορθής τάσης V . Οι οπές διασχίζουν την ένωση από την περιοχή τύπου p προς την περιοχή τύπου n, όπου συνιστούν ρεύμα εγχεομένων φορέων μειονότητας. Με τον ίδιο τρόπο τα ηλεκτρόνια διασχίζουν την ένωση κατά την αντίθετη διεύθυνση και γίνονται ρεύμα φορέων μειονότητας στην πλευρά p. Τα δύο αυτά ρεύματα είναι της ίδιας διεύθυνσης. Έτσι το συνιστάμενο ρεύμα είναι το άθροισμα των ρευμάτων μειονότητας οπών και ηλεκτρονίων.

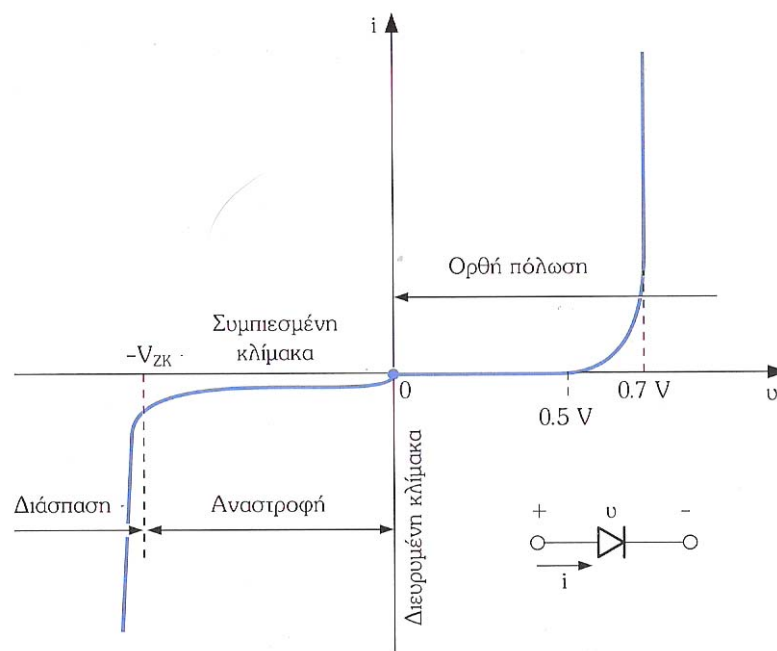
2.2.1.1 Δίοδοι Ενώσεως Πυριτίου (Si Diodes)

Στο Σχήμα 2.33 βλέπουμε την $i-v$ χαρακτηριστική μιας διόδου ένωσης πυριτίου. Η ίδια χαρακτηριστική φαίνεται και στο Σχήμα 2.34, με τον ένα από τους άξονες σε μεγαλύτερη κλίμακα και τον άλλο σε μικρότερη, ώστε να φανούν καλύτερα οι λεπτομέρειες.



Σχήμα 2.33

Η χαρακτηριστική $i-v$ για μια δίοδο ένωσης πυριτίου

**Σχήμα 2.34**

Περιοχές λειτουργίας διόδου ενώσεως πυριτίου

Όπως διακρίνουμε και στο σχήμα η χαρακτηριστική καμπύλη αποτελείται από τρεις διακεκριμένες περιοχές

1. Την περιοχή ορθής πόλωσης, που καθορίζεται από $v > 0$.
2. Την περιοχή ανάστροφης πόλωσης, που καθορίζεται από $0 > v > -V_{ZK}$.
3. Την περιοχή διάσπασης, που καθορίζεται από $v < -V_{ZK}$.

Περιοχή ορθής πόλωσης. Εδώ η τάση ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου είναι θετική και η σχέση $i - v$ περιγράφεται με αρκετή ακρίβεια από τη σχέση

$$i = I_S \cdot \left[\exp\left(\frac{v}{V_T}\right) - 1 \right] \quad (2.37),$$

όπου I_S είναι το ρεύμα κορεσμού και V_T μια σταθερά που καλείται θερμική τάση και δίνεται από την

$$V_T = \frac{kT}{q} \quad (2.38),$$

όπου k = η σταθερά Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ joules/kelvin
 T = η απόλυτη θερμοκρασία σε kelvin = $273 + \text{θερμοκρασία σε } ^\circ\text{C}$
 q = το φορτίο του ηλεκτρονίου = $1,062 \times 10^{-19}$ coulomb

Σε θερμοκρασία δωματίου (20°C) η τιμή της V_T είναι $25,2$ mV

Όσον αφορά το I_S , η τιμή του εξαρτάται από τις φυσικές παραμέτρους της διόδου και τη θερμοκρασία. Για διόδους χαμηλού σήματος το I_S είναι της τάξης των 10^{-15} A.

Από το Σχήμα 2.34 βλέπουμε, ότι το ρεύμα είναι ασήμαντα μικρό για v μικρότερο από $0,5\text{ V}$ περίπου. Αυτή η τιμή αναφέρεται συνήθως ως τάση αποκοπής. Για μια δίοδο που άγει πλήρως, η πτώση τάσης κατά μήκος της κυμαίνεται σε ένα στενό εύρος μεταξύ $0,6$ και $0,8\text{ V}$. Έτσι προκύπτει ένα απλό μοντέλο για τη δίοδο, σύμφωνα με το οποίο υποθέτουμε ότι μια δίοδος που άγει εμφανίζει μια πτώση τάσης κατά μήκος της περίπου ίση με $0,7\text{ V}$.

Περιοχή ανάστροφης πόλωσης. Η δίοδος εισέρχεται στην περιοχή λειτουργίας ανάστροφης πόλωσης, όταν η τάση στα άκρα της γίνεται αρνητική. Στην περιοχή αυτή ισχύει

$$i \cong -I_S \quad (2.39)$$

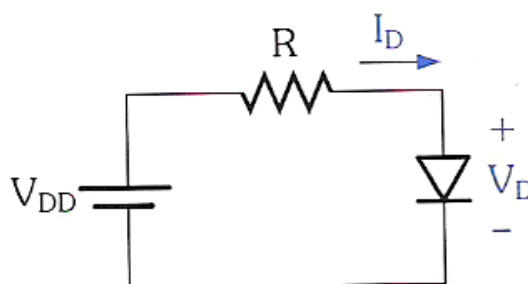
δηλαδή, το ρεύμα κατά την ανάστροφη πόλωση είναι αρνητικό και ίσο με I_S . Αυτό εξηγεί την προέλευση του όρου “ρεύμα κόρου”.

Περιοχή διάσπασης. Η δίοδος εισέρχεται στην περιοχή διάσπασης, όταν η απόλυτη τιμή της ανάστροφης τάσης ξεπερνάει το κατώφλι V_{ZK} , όπου το Z προέρχεται από το αρχικό της λέξης *Zener* και το K από το αρχικό της λέξης *knee*. Αυτό είναι ξεχωριστό για κάθε συγκεκριμένη δίοδο, και λέγεται τάση διάσπασης. Εδώ το ανάστροφο ρεύμα αυξάνει εξαιρετικά γρήγορα, ενώ η αντίστοιχη πτώση τάσης παραμένει πολύ μικρή. Πρέπει να φροντίζουμε να περιορίζουμε το ανάστροφο ρεύμα στην περιοχή διάσπασης, σε μια τιμή συνεπή με τα όρια ασφαλείας της κατανάλωσης ισχύος, όπως αυτά καθορίζονται στα φύλλα προδιαγραφών της διόδου.

2.2.1.1 Ανάλυση Κυκλωμάτων Διόδων

Μη Γραμμικό Μοντέλο

Ένα απλό κύκλωμα με δίοδο είναι αυτό του Σχήματος 2.35. Αποτελείται από μια πηγή dc V_{DD} , μια αντίσταση R και μια δίοδο.



Σχήμα 2.35

Απλό κύκλωμα διόδου ορθά πολωμένης

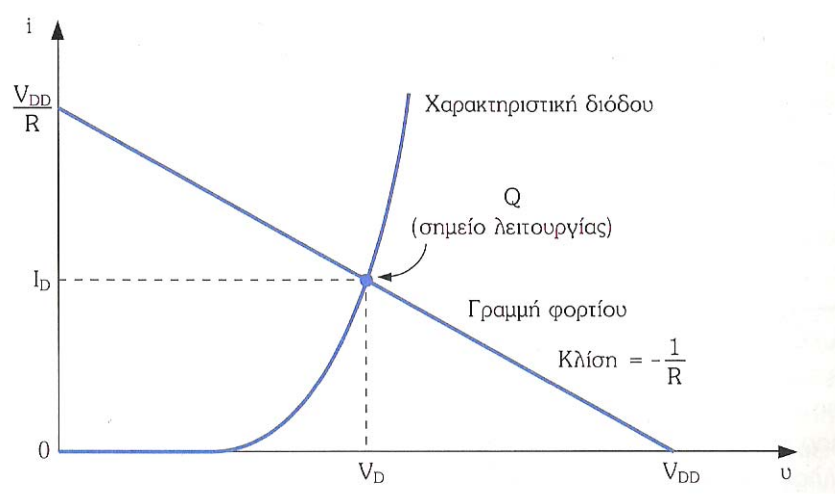
Είναι προφανές ότι η δίοδος είναι ορθά πολωμένη. Υποθέτοντας ότι η V_{DD} είναι μεγαλύτερη από $0,5\text{ V}$, το ρεύμα της διόδου θα είναι πολύ μεγαλύτερο από I_S . Επομένως είναι

$$I_D = I_S \cdot \exp\left(\frac{v}{V_T}\right) \quad (2.40)$$

Η άλλη εξίσωση που αφορά το κύκλωμα προκύπτει από το νόμο του Kirchhoff

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R} \quad (2.41)$$

Θεωρώντας γνωστές τις τιμές των I_S και V_T , οι δύο παραπάνω εξισώσεις (2.40) και (2.41) αποτελούν ένα σύστημα δύο εξισώσεων με δύο αγνώστους. Για τη λύση του θα χρησιμοποιήσουμε τη γραφική ανάλυση. Έτσι, σχεδιάζουμε τις σχέσεις των εξισώσεων (2.40) και (2.41) στο επίπεδο $i - v$ και βρίσκουμε το σημείο τομής των δύο γραφημάτων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.36



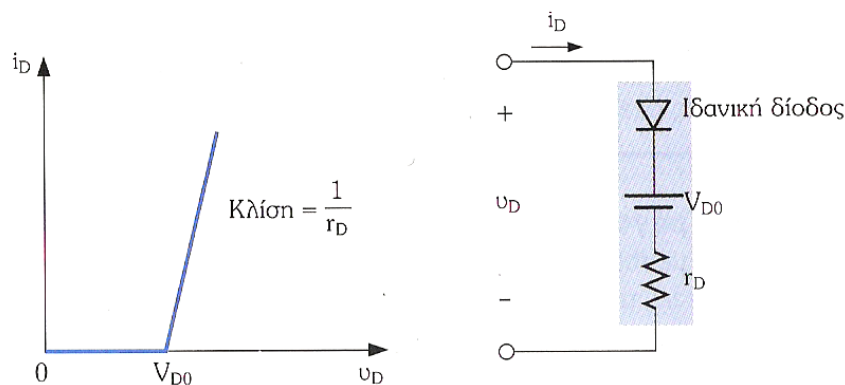
Σχήμα 2.36

Γραφικός υπολογισμός σημείου λειτουργίας διόδου

Η καμπύλη παριστά την εκθετική εξίσωση της διόδου (Εξ. 2.40), και η ευθεία, η οποία ονομάζεται γραμμή φορτίου, παριστά την εξίσωση (2.41). Η γραμμή φορτίου τέμνει την καμπύλη της διόδου στο σημείο Q, το οποίο είναι το σημείο λειτουργίας του κυκλώματος. Οι συντεταγμένες του δίνουν τις τιμές των I_D και V_D .

Απλουστευμένο Μοντέλο Διόδου

Η ανάλυση των κυκλωμάτων διόδων είναι δυνατόν να απλουστευθεί, αν βρούμε γραμμικές σχέσεις, που να περιγράφουν τη συμπεριφορά των διόδων. Μια τέτοια προσπάθεια φαίνεται στο Σχήμα 2.37, όπου η εκθετική χαρακτηριστική προσεγγίζεται με δύο ευθύγραμμα τμήματα, το πρώτο από τα οποία έχει μηδενική κλίση και το δεύτερο κλίση ίση με $1/r_D$.

**Σχήμα 2.37**

Το τμηματικά γραμμικό μοντέλο του τμήματος της χαρακτηριστικής της διόδου, που αντιστοιχεί στην ορθή πόλωση, και το ισοδύναμο κύκλωμά του.

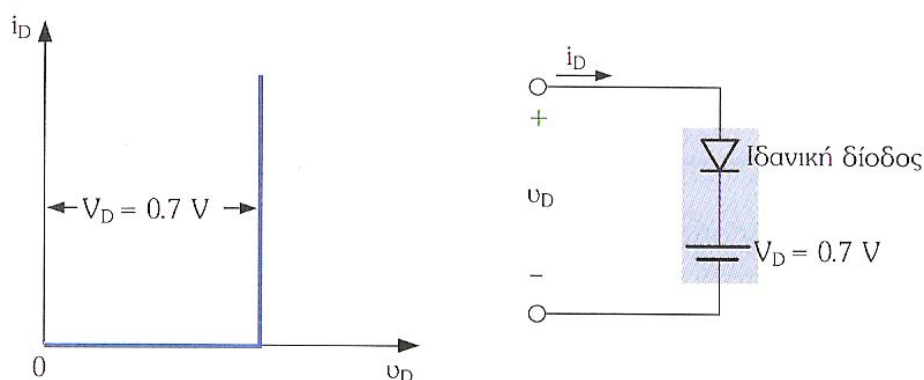
Το μοντέλο αυτό μπορεί να περιγραφεί από τις παρακάτω σχέσεις

$$i_D = 0, \quad v_D \leq V_{D0} \quad (2.42)$$

$$i_D = \frac{v_D - V_{D0}}{r_D}, \quad v_D \geq V_{D0}$$

Μοντέλο Σταθερής Πτώσης Τάσης

Ένα ακόμη απλούστερο μοντέλο της χαρακτηριστικής της διόδου κατά την ορθή φορά, προκύπτει, εάν χρησιμοποιήσουμε μια κατακόρυφη γραμμή για να προσεγγίσουμε το γρήγορα αυξανόμενο κομμάτι της εκθετικής καμπύλης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.38

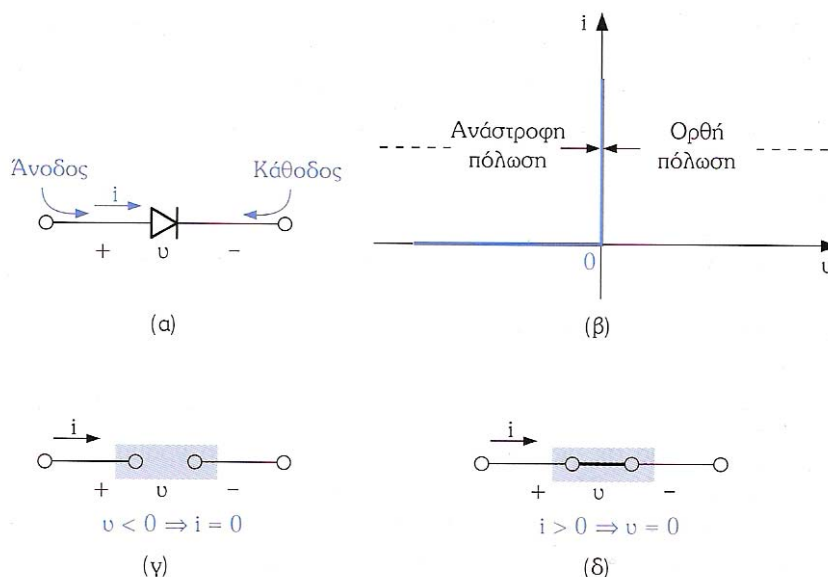
**Σχήμα 2.38**

Το μοντέλο σταθερής πτώσης τάσης για το τμήμα της χαρακτηριστικής της διόδου, που αντιστοιχεί στην ορθή πόλωση, και το ισοδύναμο κύκλωμά του

Στο μοντέλο αυτό θεωρούμε ότι μια ορθά πολωμένη διόδος εμφανίζει μια σταθερή πτώση τάσης V_D , η τιμή της οποίας λαμβάνεται συνήθως ίση με $0,7 \text{ V}$

Μοντέλο Ιδανικής Διόδου

Σε εφαρμογές όπου οι τάσεις ξεπερνούν σημαντικά την πτώση κατά μήκος της διόδου (0,6 έως 0,8 V, μπορούμε να αμελήσουμε τελείως την τάση κατά μήκος της διόδου, και να χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο της ιδανικής διόδου, το οποίο βλέπουμε στο Σχήμα 2.39



Σχήμα 2.39

Η ιδανική διόδος.

(α) το κυκλωματικό σύμβολο διόδου

(β) η $i - v$ χαρακτηριστική

(γ) το ισοδύναμο κύκλωμα κατά την ανάστροφη φορά

(δ) το ισοδύναμο κύκλωμα κατά την ορθή φορά

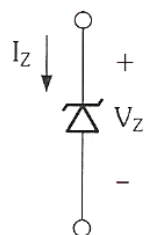
Στην περίπτωση αυτή, όταν η διόδος είναι πολωμένη κατά την ορθή φορά, κατά μήκος της εμφανίζεται μηδενική πτώση τάσης. Με άλλα λόγια, η διόδος συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα κατά την ορθή φορά.

2.2.1.2 Διόδος Zener (Zener Diode)

Η απότομη κλίση της καμπύλης $i - v$ στην περιοχή της διάσπασης (Σχήμα 2.33), και η σχεδόν σταθερή πτώση τάσης που αυτή η κλίση αντιπροσωπεύει, καθιστά τη διόδο στην περιοχή της διάσπασης κατάλληλη για χρήση στη σχεδίαση ρυθμιστών τάσης.

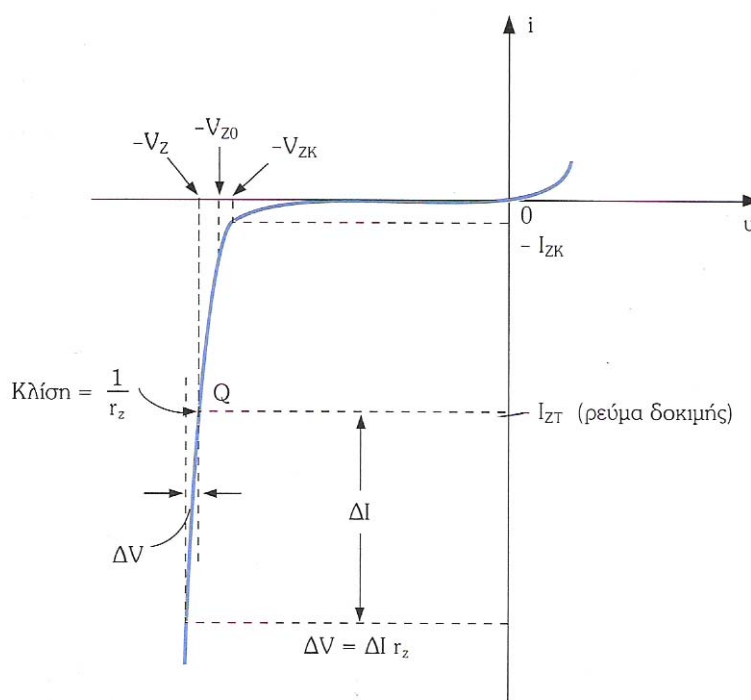
Οι διόδοι *zener* είναι ειδικές διόδοι, οι οποίες κατασκευάζονται για να λειτουργούν στην περιοχή της διάσπασης.

Στο Σχήμα 2.40 βλέπουμε το κυκλωματικό σύμβολο της διόδου zener. Στις συνηθισμένες εφαρμογές το ρεύμα ρέει προς την κάθοδο, η οποία έχει θετικό δυναμικό σε σχέση με την άνοδο.

**Σχήμα 2.40**

Κυκλωματικό σύμβολο διόδου zener

Στο Σχήμα 2.41 βλέπουμε λεπτομέρειες της χαρακτηριστικής της διόδου στην περιοχή της διάσπασης. Συνήθως, ο κατασκευαστής δίνει την πτώση τάσης κατά μήκος της zener, για μια καθορισμένη τιμή του ρεύματος I_{ZT} . Στο Σχήμα 2.40 αυτές οι παράμετροι είναι οι συντεταγμένες του σημείου Q .

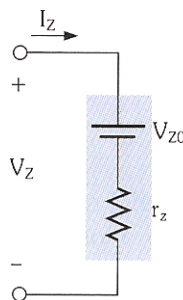
**Σχήμα 2.41**

Λεπτομέρεια χαρακτηριστικής διόδου zener στην περιοχή της διάσπασης

Από το παραπάνω σχήμα βλέπουμε ότι μια μεταβολή ΔI του ρεύματος, θα αντιστοιχεί σε μεταβολή τάσης ΔV ίση με

$$\Delta V = r_Z \cdot \Delta I \quad (2.43)$$

όπου r_Z είναι το αντίστροφο της κλίσης της χαρακτηριστικής στο σημείο Q . Η r_Z είναι γνωστή ως δυναμική αντίσταση της διόδου zener. Η τιμή της δίνεται στο φύλλο προδιαγραφών και κυμαίνεται από μερικά *ohms* μέχρι μερικές δεκάδες *ohms*.

**Σχήμα 2.42**

Γραμμικό μοντέλο διόδου zener

Ένα μοντέλο, που ταιριάζει στην σχεδόν γραμμική χαρακτηριστική της διόδου zener, παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.42. Εδώ με V_{Z0} , υποδηλώνουμε το σημείο, όπου η ευθεία με κλίση $1/r_z$ τέμνει τον άξονα των τάσεων. Οι τιμές των V_{Z0} και V_{ZK} δεν διαφέρουν σημαντικά.

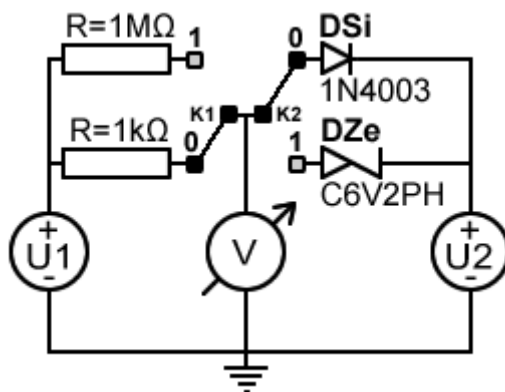
Το ισοδύναμο κύκλωμα του μοντέλου του σχήματος 2.41 μπορεί να περιγραφεί αναλυτικά από την εξίσωση

$$V_Z = V_{Z0} + r_Z \cdot I_Z \quad (2.44)$$

Και ισχύει για $I_Z > I_{ZK}$ και $V_Z > V_{Z0}$.

2.2.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΩΝ ΔΙΟΔΩΝ

Στο Device Under Test των διόδων, η διάδος πυριτίου και η διάδος zener αποτελούν στοιχεία κοινής συνδεσμολογίας. Ακόμη υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της αντίστασης, η οποία θα συνδεθεί σε σειρά με τη διάδο, ανάμεσα στις δύο διαθέσιμες. Έτσι, η διάδος που έχει ήδη επιλεγεί μπορεί να συνδεθεί, είτε με την αντίσταση του $1\text{ k}\Omega$, είτε με αυτή του $1\text{ M}\Omega$. Με τον τρόπο αυτό διαμορφώνεται ένα ελκυστικό για το χρήστη κύκλωμα.

**Σχήμα 2.43**

Το κύκλωμα προς μέτρηση για τις διόδους, με ενεργό τη διάδο πυριτίου (Diodes DUT – Si Diode)

Και οι δύο διόδους έχουν ως μέγιστη τιμή της επιτρεπόμενης ισχύος, αυτή του 1,5 W.

Για την επιλογή της ενεργού διόδου, και κατόπιν της ενεργού αντιστάσεως, χρησιμοποιούνται δύο από τους ηλεκτρονόμους (relays) και συγκεκριμένα οι K1 και K2 όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 2.43.

Εάν $K1 = 1$ ως ενεργός αντίσταση έχει επιλεγεί αυτή του $1M\Omega$, ενώ όταν $K1 = 0$ ενεργός αντίσταση είναι αυτή του $1k\Omega$

Τα αντίστοιχα ισχύουν για τις διόδους και τον ηλεκτρονόμο K2. Όταν $K2 = 1$ επιλέγεται ως ενεργός διάδος αυτή του πυριτίου, ενώ όταν $K2 = 0$ επιλέγεται η διάδος zener.

Οι δύο παραπάνω ηλεκτρονόμοι είναι οι τελευταίοι διαθέσιμοι από την πλακέτα ηλεκτρονόμενων, καθώς οι υπόλοιποι έξι έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί για την πολύπλεξη των δύο μόνο διαθέσιμων, από την πλακέτα 6024E, τάσεων τροφοδοσίας.

Όσον αφορά το κύκλωμα των διόδων, στο Δικτυακό Τόπο υπάρχει η ιστοσελίδα εισαγωγής δεδομένων **Diodes » Currents and Voltages**, η οποία προσφέρει τη δυνατότητα επιλογής της ενεργού διόδου και της ενεργού αντιστάσεως.

Με βάση τη μετρούμενη τάση εξόδου V, το VI υπολογίζει και δίνει ως αποτελέσματα:

- Την τιμή της τάσεως στα άκρα της εκάστοτε ενεργού διόδου

$$V_D = V - U_2 \quad (2.45)$$

- Την τιμή του ρεύματος, το οποίο διαρρέει τη διάοδο

$$I_D = \frac{U_1 - V}{R} \quad (2.46)$$

όπου R είναι η τιμή της εκάστοτε ενεργού διόδου.

2.2.2.1 Διάδος Πυριτίου (Si Diode) 1N4003

Από τη θέση των K1 και K2 στο Σχήμα 2.42, βλέπουμε, ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση έχει επιλεγεί ως ενεργός διάδος αυτή του πυριτίου, και ως ενεργός αντίσταση αυτή του $1k\Omega$

Στον Πίνακα 2.13 βλέπουμε τις προδιαγραφές, που αφορούν τη διάοδο πυριτίου 1N4003 της Philips, όπως δίνονται από το επίσημο φύλλο τεχνικών χαρακτηριστικών της κατασκευάστριας εταιρίας.

Πίνακας 2.13

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$; unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MAX.	UNIT
V_F	forward voltage	$I_F = 1\text{ A}$	1.1	V
$V_{F(AV)}$	full-cycle average forward voltage	$I_{F(AV)} = 1\text{ A}$	0.8	V
I_R	reverse current	$V_R = V_{Rmax}$	10	mA
		$V_R = V_{Rmax}$; $T_{amb} = 100^\circ\text{C}$	50	mA

$I_{R(AV)}$	full-cycle average reverse current	$V_R = V_{RRMmax}; T_{mab} = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$	30	mA
-------------	------------------------------------	--	----	----

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
Rth j-tp	thermal resistance from junction to tie-point	lead length = 10 mm	60	K/W
Rth j-a	thermal resistance from junction to ambient	note 1	120	K/W

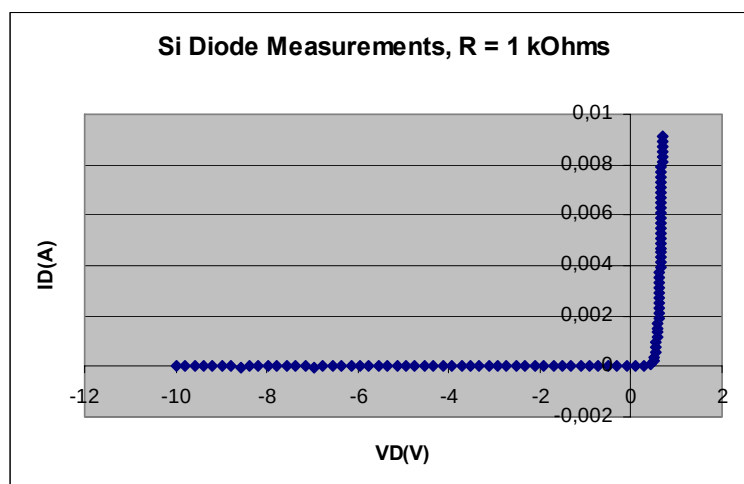
Οι τιμές των τάσεων $U1$ και $U2$, τις οποίες θα χρησιμοποιήσουμε για την εξαγωγή του διαγράμματος εξόδου της διόδου, φαίνονται στον Πίνακα 2.14

Πίνακας 2.14

$U1Start = -10\text{ V}$	$U2Start = 0\text{ V}$
$U1Stop = 10\text{ V}$	$U2Stop = 0\text{ V}$
$U1Steps = 100$	$U2Steps = 1$

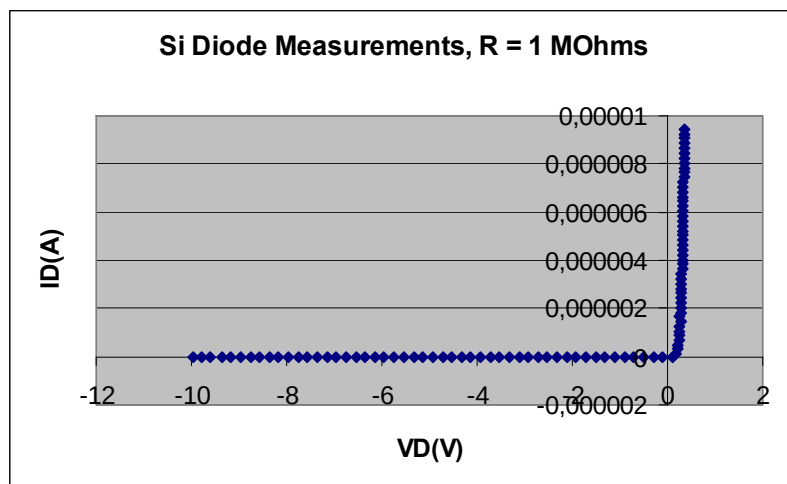
Το ενδιαφέρον των μετρήσεων έγκειται στη διαφορά μεταξύ των τάσεων $U1$ και $U2$, οπότε επιλέγουμε σταθερή τάση $U2 = 0$. Όσον αφορά την τάση $U1$, επιλέγουμε τη μέγιστη διακύμανση, που επιτρέπει η πλακέτα επίκτησης δεδομένων 6024E, η οποία παρέχει τις τάσεις τροφοδοσίας. Για καλύτερη απεικόνιση έχει επιλεγεί επίσης πολύ μεγάλος αριθμός βημάτων $U1Steps$.

Στο Σχήμα 2.44 βλέπουμε το διάγραμμα εξόδου της διόδου πυριτίου, με ενεργό αντίσταση αυτή του $1\text{ k}\Omega$

**Σχήμα 2.44**

*Χαρακτηριστική εξόδου μετά από μετρήσεις στο DUT των διόδων
Si Diode – $R = 1\text{ k}\Omega$*

Επιλέγοντας τώρα ως ενεργό αντίσταση αυτή του $1\text{ M}\Omega$, παίρνουμε το διάγραμμα του Σχήματος 2.45, όπου παρατηρούμε τη μεταβολή στην περιοχή ορθής πόλωσης της διόδου.

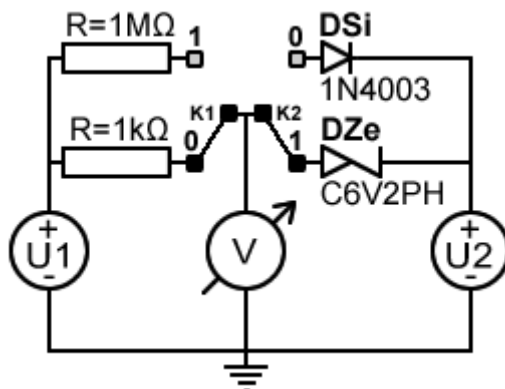


Σχήμα 2.45

Χαρακτηριστική εξόδου μετά από μετρήσεις στο DUT των διόδων
Si Diode – $R = 1\text{M}\Omega$

2.2.2.2 Δίοδος Zener (Zener Diode) C6V2PH

Προκειμένου να επιλεγεί η δίοδος zener, ο ηλεκτρονόμος K2 λαμβάνει την τιμή 1. Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχήματος 2.46, όπου ως ενεργός αντίσταση έχει επιλεγεί αυτή του $1\text{k}\Omega$.



Σχήμα 2.46

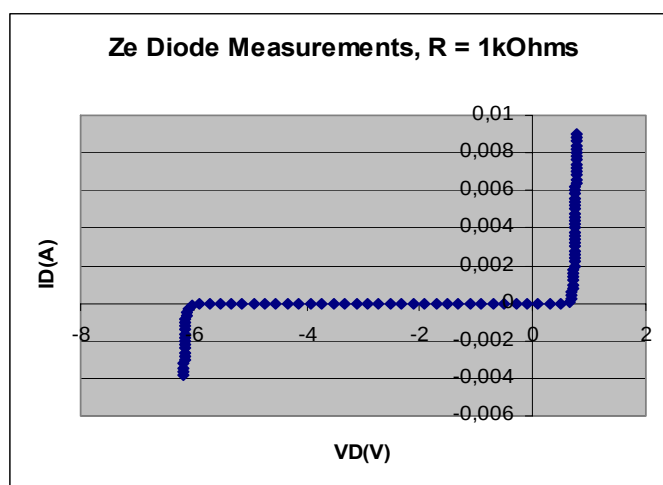
Το κύκλωμα προς μέτρηση για τις διόδους, με ενεργό τη δίοδο zener
(Diodes DUT – Ze Diode)

Οι τιμές των τάσεων U1 και U2, που επιλέγονται, είναι οι ίδιες με αυτές, που χρησιμοποιήθηκαν για τη δίοδο πυριτίου, και φαίνονται στον Πίνακα 2.15

Πίνακας 2.15

U1Start = -10 V	U2Start = 0 V
U1Stop = 10 V	U2Stop = 0V
U1Steps = 100	U2Steps = 1

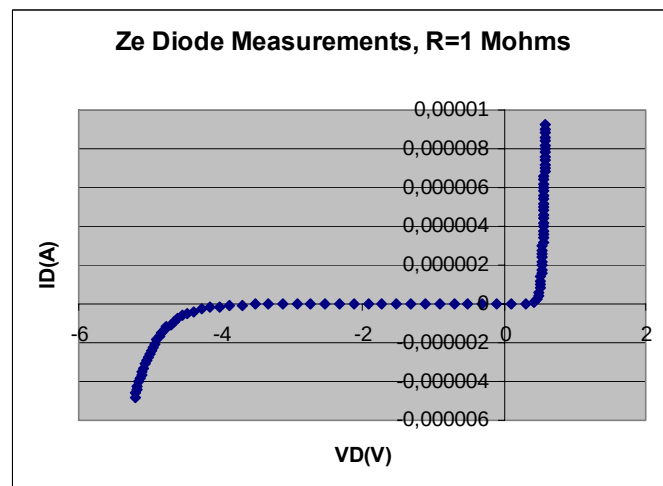
Στο Σχήμα 2.47 μπορούμε να δούμε το διάγραμμα το οποίο προκύπτει από τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων. Είναι φανερό ότι η τάση αποκοπής είναι $6,2\text{ V}$, τιμή η οποία συμπίπτει απόλυτα με την προβλεπόμενη για αυτόν τον τύπο διόδου.



Σχήμα 2.47

*Χαρακτηριστική εξόδου μετά από μετρήσεις στο DUT των διόδων
Ze Diode – $R = 1\text{ k}\Omega$*

Αυξάνοντας την τιμή της αντίστασης και επιλέγοντας ως ενεργό αυτή του $1\text{ M}\Omega$, παίρνουμε από τα αποτελέσματα το διάγραμμα του σχήματος 2.48.



Σχήμα 2.48

*Χαρακτηριστική εξόδου μετά από μετρήσεις στο DUT των διόδων
Ze Diode – $R = 1\text{ M}\Omega$*

Εδώ μπορούμε να δούμε καθαρά το παραβολικό σχήμα της καμπύλης στην περιοχή της αποκοπής. Η παραβολικότητα αυτή, όπως και η σχετικά υψηλή τιμή της τάσης αποκοπής (περίπου $-0,4\text{ V}$) οφείλονται στο ότι η υψηλή τιμή της αντίστασης μειώνει πολύ την τιμή του ρεύματος, το οποίο διαρρέει τη δίοδο, με αποτέλεσμα να παρατηρείται σημαντική παραμόρφωση.

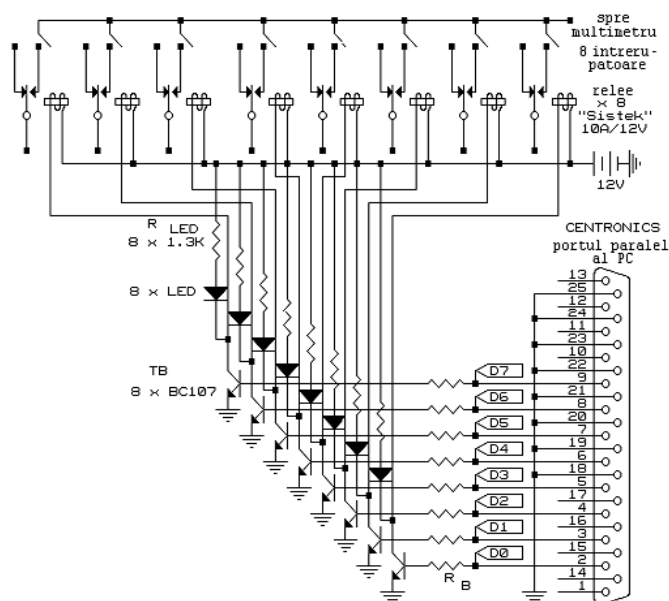
Παρατηρούμε επίσης συγκρίνοντας τα σχήματα 2.47 και 2.48, ότι η αλλαγή της αντίστασης δεν επηρεάζει τη συμπεριφορά της διόδου στην περιοχή ορθής πόλωσης.

Όλα τα παραπάνω διαγράμματα για τις διόδους, ελήφθησαν, όπως εξάλλου και στις προηγούμενες μετρήσεις, από τα διαθέσιμα Excel αρχεία αποτελεσμάτων τα οποία διατίθενται στο Excel παράρτημα.

2.3 Η ΠΛΑΚΕΤΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΩΝ (RELAY BENCH)

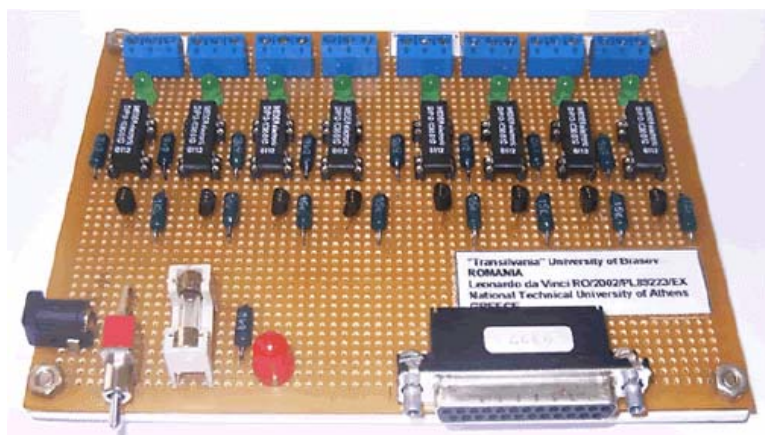
Η παρούσα υλοποίηση χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικούς ηλεκτρονόμους (relays) τριών ακροδεκτών.

Το σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος (Relay Bench) φαίνεται στο Σχήμα 2.49, ενώ στο Σχήμα 2.50 μπορούμε να δούμε τη φυσική μορφή της πλακέτας (εμπρός πλευρά).



Σχήμα 2.49

Το κύκλωμα των ηλεκτρονόμων



Σχήμα 2.50

Η πλακέτα των ηλεκτρονόμων (The Relay Bench)

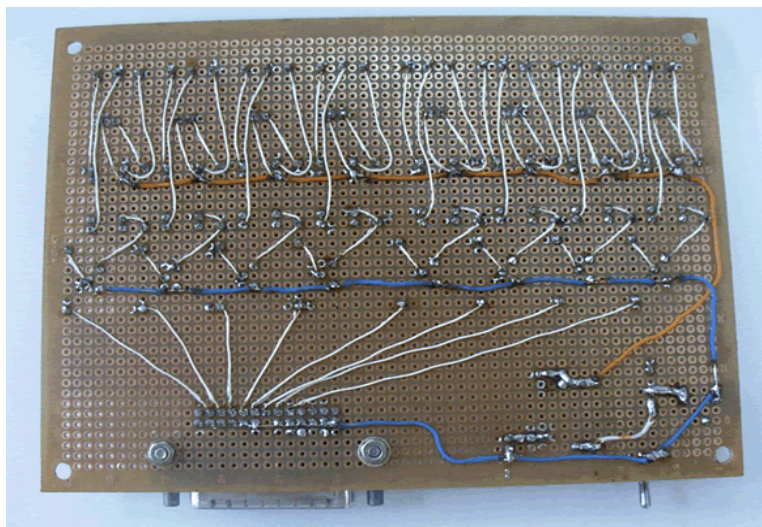
Το κύκλωμα υλοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο του Brasov της Ρουμανίας και κατόπιν εισήχθη στην Ελλάδα με σκοπό τη χρησιμοποίησή του στη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Όπως βλέπουμε, αποτελείται από οκτώ ηλεκτρονόμους. Οι τριάδες των ακροδεκτών (Normal Connected – Common - Normal Open) για κάθε ένα από αυτούς, είναι τα γαλάζια παραλληλεπίπεδα, που φαίνονται στο πίσω μέρος της πλακέτας. Εμπρός δεξιά, βλέπουμε την υποδοχή του LPT καλωδίου που συνδέεται στην παράλληλη θύρα του υπολογιστή. Στο αριστερό μέρος της πλακέτας, βλέπουμε την υποδοχή σύνδεσης του μετασχηματιστή-σταθεροποιητή, και δεξιά του κατά σειρά, τον διακόπτη δύο θέσεων (ON-OFF), την ασφάλεια και την κόκκινη ενδεικτική λυχνία λειτουργίας του κυκλώματος.

Οι οκτώ ηλεκτρονόμοι λειτουργούν ως ανεξάρτητοι διακόπτες. Οι έξι από αυτούς χρησιμοποιούνται για την πολύπλεξη των δύο τάσεων τροφοδοσίας, που παρέχονται από τα αντίστοιχα κανάλια του 6024E DAQ Board, προς τα τέσσερα κυκλώματα προς μέτρηση. Οι υπόλοιποι δύο θα χρησιμοποιηθούν από το κύκλωμα των διόδων για την επιλογή της ενεργού διόδου και της ενεργού αντίστασης.

Οι εντολές προς τους ηλεκτρονόμους, στέλνονται μέσω της παράλληλης θύρας (Centronics) για την οποία ορίζεται η διεύθυνση $378_{(16)} = 888_{(10)}$. Πρόκειται για *bytes* των οκτώ *bits*. Για το λόγο αυτό τα *relays* μπορούν να ονομασθούν MSB-D7,...D2, D1, LSB-D0.

Στο Σχήμα 2.51 βλέπουμε το πίσω μέρος (και τις συνδέσεις) της πλακέτας των ηλεκτρονόμων.



Σχήμα 2.51

Οι συνδέσεις στην πλακέτα των ηλεκτρονόμων

2.4 Η ΠΛΑΚΕΤΑ ΕΠΙΚΤΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 6024E DAQ BOARD

2.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

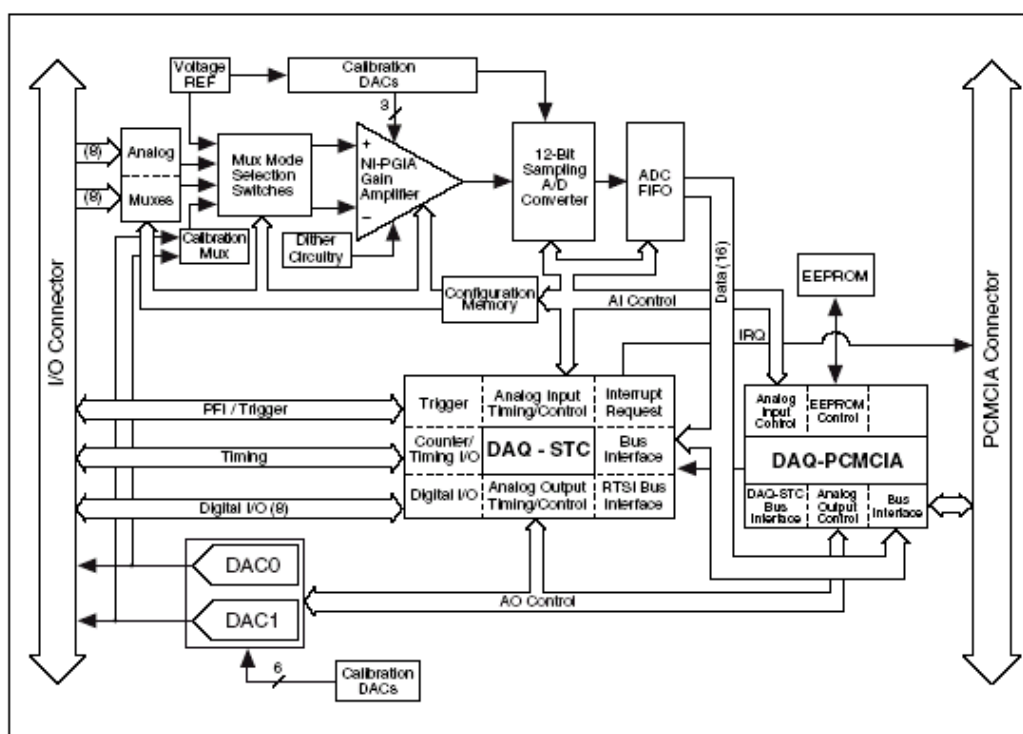
Η πλακέτα επίκτησης δεδομένων (Data acquisition PCI plug-in board) 6024E, μπορούμε να πούμε ότι αποτελεί το πιο σημαντικό κομμάτι του υλισμικού. Ελέγχεται από το LabVIEW, και παράγει τις απαραίτητες τάσεις τροφοδοσίας για τα κυκλώματα, σύμφωνα με τα δεδομένα που δίνει ο εκάστοτε χρήστης. Μέσω αυτής επίσης, λαμβάνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Η πλακέτα παρέχει δύο αναλογικά κανάλια τάσης εξόδου, η οποία κυμαίνεται από $+10\text{ V}$ έως -10 V . Στην κανονική λειτουργία, υπάρχει απότομη μεταβολή τάσης κάθε φορά που η τάση εξόδου λαμβάνει μια νέα τιμή. Αυτό έχει ως συνέπεια να παρουσιάζεται παραμόρφωση στο φάσμα συχνοτήτων.

Επίσης από την πλακέτα παρέχονται οκτώ ψηφιακές γραμμές εισόδου – εξόδου (Digital I/O lines DIO $<0..7>$) γενικής χρήσεως. Κάθε μία από αυτές είναι δυνατόν να προγραμματισθεί ανεξάρτητα, είτε ως γραμμή εισόδου, είτε ως γραμμή εξόδου.

Υπάρχουν ακόμη δύο γενικής χρήσεως μετρητές, οι οποίοι ελέγχονται μέσω των γραμμών DIO6 και DIO7. Τα αντίστοιχα σήματα ελέγχου είναι μόνον εισόδου και δεν επηρεάζουν τη λειτουργία των ψηφιακών γραμμών εισόδου – εξόδου.

Το σχηματικό διάγραμμα της πλακέτας 6024E φαίνεται στο Σχήμα 2.52



Σχήμα 2.52

Σχηματικό διάγραμμα της πλακέτας DAQ 6024E

Στο Σχήμα 2.53 μπορούμε να δούμε την πλακέτα του συνδέσμου εισόδου / εξόδου (I/O Connector) του 6024E, ενώ στο Σχήμα 2.54 φαίνεται ο καταμερισμός των ακίδων σύνδεσης στον παραπάνω σύνδεσμο (I/O Connector PIN Assignment).



Σχήμα 2.53

Ο σύνδεσμος εισόδου / εξόδου (I/O Connector)

ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7
DAC0OUT ¹	22	56	AIGND
DAC1OUT ¹	21	55	AOGND
RESERVED	20	54	AOGND
DIO4	19	53	DGND
DGND	18	52	DIO0
DIO1	17	51	DIO5
DIO6	16	50	DGND
DGND	15	49	DIO2
+5 V	14	48	DIO7
DGND	13	47	DIO3
DGND	12	46	SCANCLK
PFI0/TRIG1	11	45	EXTSTROBE*
PFI1/TRIG2	10	44	DGND
DGND	9	43	PFI2/CONVERT*
+5 V	8	42	PFI3/GPCTR1_SOURCE
DGND	7	41	PFI4/GPCTR1_GATE
PFI5/UPDATE*	6	40	GPCTR1_OUT
PFI6/WFTRIG	5	39	DGND
DGND	4	38	PFI7/STARTSCAN
PFI9/GPCTR0_GATE	3	37	PFI8/GPCTR0_SOURCE
GPCTR0_OUT	2	36	DGND
FREQ_OUT	1	35	DGND

¹ Not available on the 6023E

Σχήμα 2.54

*Ο καταμερισμός των ακίδων του συνδέσμου εισόδου / εξόδου
(I/O Connector Pin Assignment)*

2.4.2 ΕΠΙΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA ACQUISITION)

Τα αναλογικά σήματα εισόδου αντιστοιχούν στις ακίδες $ACH<0..15>$, $ASENSE$ και $AIGND$ του συνδέσμου εισόδου / εξόδου, όπως αυτές φαίνονται στο Σχήμα 2.52. Ο τρόπος σύνδεσης των ακίδων αυτών με τις εκάστοτε διατάξεις, που στην περίπτωση μας είναι τα κυκλώματα προς μέτρηση, μέσω πάντοτε της πλακέτας των ηλεκτρονόμενων, εξαρτάται από το είδος των πηγών αυτών των σημάτων, καθώς και τη διάρθρωση (configuration) των αναλογικών καναλιών εισόδου, τα οποία χρησιμοποιούνται.

2.4.2.1 Είδη των Πηγών Σήματος (Signal Sources Types)

Για να πραγματοποιηθεί η διάρθρωση των καναλιών εισόδου, θα πρέπει προηγουμένως να έχει καθορισθεί το είδος των πηγών σήματος. Διακρίνονται δύο είδη πηγών σήματος, ανάλογα με τον τρόπο γείωσής τους: οι πηγές σήματος μη σταθερής γείωσης (floating signal sources) και αυτές που έχουν ως σημείο γείωσης το κοινό σημείο γείωσης του όλου συστήματος (ground - referenced signal sources).

2.4.2.1.1 Πηγές Σήματος Χωρίς Κοινό Σημείο Γείωσης (Floating Signal Sources)

Οι Floating Signal Sources έχουν μεμονωμένο σημείο γείωσης, και δεν συνδέονται με κανένα τρόπο με το κοινό σύστημα γείωσης του όλου κτιρίου.

Παραδείγματα τέτοιων πηγών, αποτελούν οι έξοδοι των μετασχηματιστών, οι θερμογέφυρες, συσκευές τροφοδοτούμενες από συσσωρευτές κ.λ.π. Το σημείο γείωσης ενός σήματος μη σταθερής γείωσης (floating point signal), θα πρέπει να συνδεθεί στη γείωση της αναλογικής εισόδου της διατάξεώς μας, ώστε να καθοριστεί ένα σημείο αναφοράς γείωσης για το σήμα. Διαφορετικά η μετρούμενη τιμή του σήματος εισόδου δεν θα είναι σταθερή, καθώς δεν θα υπάρχει κοινή γείωση.

2.4.2.1.2 Πηγές Κοινού Σημείου Γείωσης (Ground – Referenced Signal Sources)

Μια πηγή σήματος κοινού σημείου γείωσης είναι με κάποιο τρόπο συνδεδεμένη με τη γείωση του όλου κτιρίου. Έτσι έχει οπωσδήποτε ένα κοινό σημείο γείωσης με τη διάταξή μας, υποθέτοντας βέβαια ότι ο υπολογιστής τροφοδοτείται από το κοινό δίκτυο παροχής. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των σημείων γείωσης δύο διατάξεων συνδεδεμένων σε κοινό δίκτυο τροφοδοσίας, κυμαίνεται συνήθως μεταξύ $1mV$ και $100 mV$, αλλά είναι δυνατόν να πάρει και πολύ μεγαλύτερη τιμή, εάν τα κυκλώματα διανομής ισχύος δεν έχουν συνδεθεί σωστά. Εάν μια γειωμένη πηγή σήματος δεν μετρηθεί σωστά μπορεί η διαφορά να εμφανισθεί ως σφάλμα της μέτρησης. Οι οδηγίες σύνδεσης που αφορούν πηγές σήματος με κοινή γείωση είναι τέτοιες, που να εξαλείφουν αυτή τη διαφορά δυναμικού.

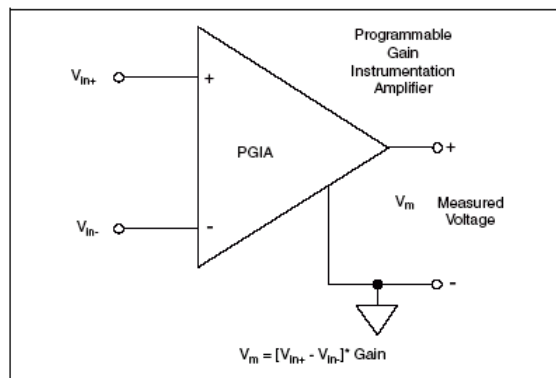
2.4.2.2 Διάρθρωση των Αναλογικών Καναλιών Εισόδου (Analogue Input Modes)

Υπάρχουν οι εξής τρεις τρόποι σύνδεσης για τα αναλογικά σήματα εισόδου (Analogue Signal Input Modes):

- Μονής απόληξης χωρίς σημείο αναφοράς (Nonreferenced single ended - NRSE)
- Μονής απόληξης με σημείο αναφοράς (Referenced single ended - RSE)

- Διαφορικός τρόπος σύνδεσης (Differential - DIF)

Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης, που θα επιλεγεί, έχουμε και διαφορετικό τρόπο χρήσης του ενισχυτή *PGIA* (Programmable Gain Instrumentation Amplifier) του 6024E.

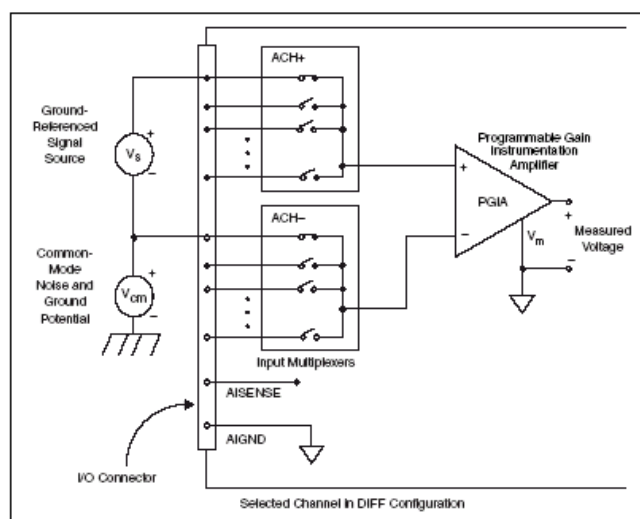


Σχήμα 2.55

Programmable Gain Instrumentation Amplifier (PGIA)

Κατά τους δύο πρώτους από τους παραπάνω τρόπους σύνδεσης (RSE και NRSE input modes), τα σήματα που συνδέονται στις ακίδες *ACH<0..15>* οδηγούνται στη θετική είσοδο του *PGIA*. Κατά το διαφορικό (DIFF) τρόπο σύνδεσης τα σήματα που συνδέονται στις ακίδες *ACH<0..7>* οδηγούνται στη θετική είσοδο του *PGIA*, ενώ όσα συνδέονται στις ακίδες *ACH<8..15>* οδηγούνται στην αρνητική είσοδο του *PGIA*.

Στη παρούσα εφαρμογή έχει επιλεγεί ο διαφορικός τρόπος σύνδεσης (Differential Input Mode) των σημάτων εισόδου, τα οποία μάλιστα έχουν κοινό σημείο γείωσης (Ground Referenced Signal Sources). Στο Σχήμα 2.56 μπορούμε να δούμε πως συνδέονται τα σήματα εισόδου κατά τον συγκεκριμένο τρόπο σύνδεσης



Σχήμα 2.56

Διαφορικός τρόπος σύνδεσης σημάτων εισόδου με κοινή γείωση

Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα, τίποτε δεν συνδέεται στην είσοδο AISENSE.

Στον Πίνακα 2.16 μπορούμε να δούμε τον τρόπο διάρθρωσης των σημάτων εισόδου των προς μέτρηση κυκλωμάτων σύμφωνα με τον διαφορικό τρόπο σύνδεσης (Σχήμα 2.56). Τα σήματα αυτά, είναι συγχρόνως σήματα εισόδου για την πλακέτα 6024E. Μέσα σε παρένθεση μπορούμε να δούμε τον αριθμό των αντίστοιχων ακίδων του συνδέσμου εισόδου – εξόδου (DAQ I/O Connector) της πλακέτας 6024E.

Πίνακας 2.16

Κύκλωμα προς μέτρηση	Κανάλι εισόδου	Κανάλι γείωσης
N-JFET	$V_D = \text{ACH } 0$ (I/O: 68)	ACH 8 (I/O: 34)
P-MOS-FET	$V_D = \text{ACH } 1$ (I/O: 33)	ACH 9 (I/O: 66)
BJT	$V_B = \text{ACH } 2$ (I/O: 65)	ACH 10 (I/O: 31)
	$V_C = \text{ACH } 3$ (I/O: 30)	ACH 11 (I/O: 63)
ΔΙΟΔΟΙ	$V_{\text{Diode}} = \text{ACH } 4$ (I/O: 28)	ACH 12 (I/O: 61)



Σχήμα 2.57

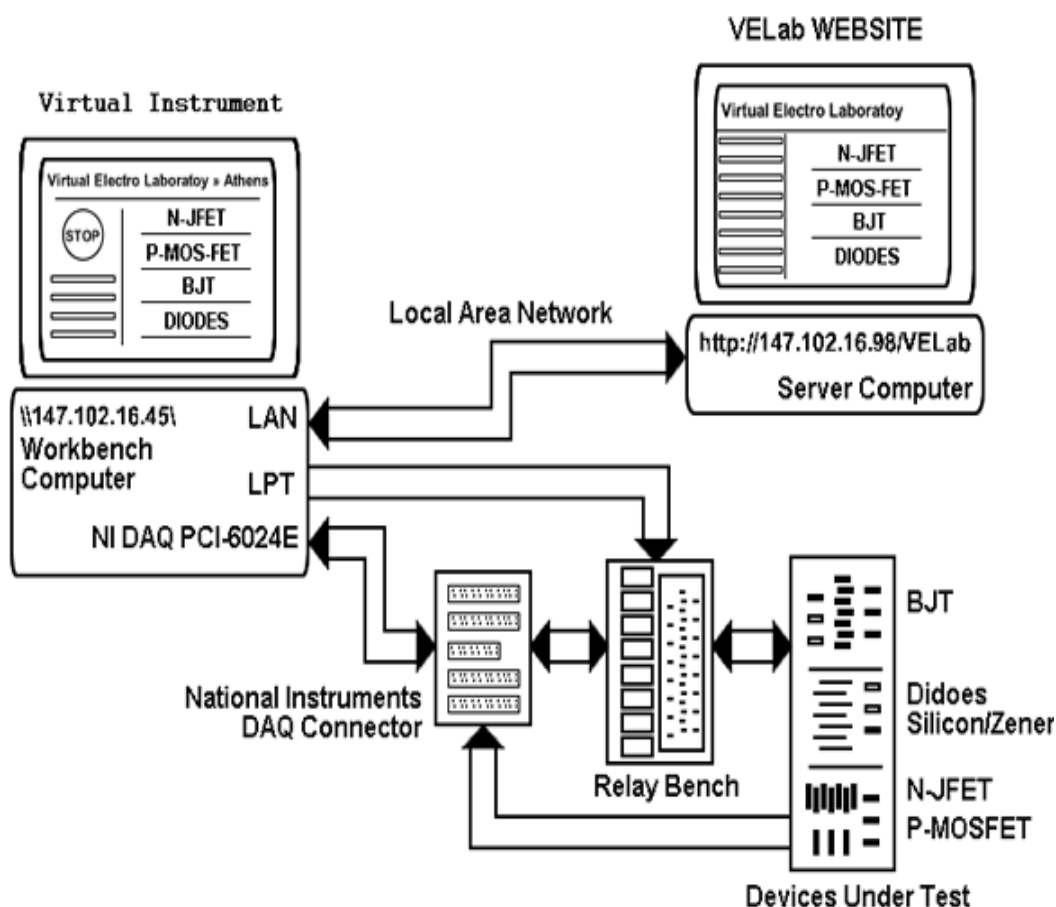
Συνδέσεις στο σύνδεσμο εισόδου / εξόδου

Στο Σχήμα 2.57 φαίνονται λεπτομερώς οι συνδέσεις στο DAQ Connector. Μπορούμε εκεί, να δούμε με πράσινο χρώμα τις συνδέσεις των καναλιών γείωσης (ACH8, ACH9, ACH10, ACH11, ACH12), όπως περιγράφονται στον Πίνακα 2.16. Επίσης με πράσινο χρώμα φαίνονται να καταλήγουν στην ακίδα Νο 55 (AOGND) της κοινής γείωσης, και οι εξής τρεις γειώσεις των τάσεων εισόδου (U1 και U2) των DUTs (κυκλωμάτων προς μέτρηση), οι οποίες είναι και τάσεις εξόδου για την πλακέτα 6024E:

- Από τα κυκλώματα N-JFET DUT και P-MOS-FET DUT. Αυτά τα δύο κυκλώματα, έχουν, όπως είπαμε και κατά την περιγραφή τους, κοινή γείωση.
- Από το κύκλωμα BJT DUT
- Από το κύκλωμα Diodes DUT

2.5 ΣΤΑΘΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (WORK BENCH)

Το Σχήμα 2.58 μας δείχνει μια σχηματική απεικόνιση του Εικονικού Εργαστηρίου Ηλεκτρονικής, του οποίου μια γενική περιγραφή έχει ήδη γίνει την παράγραφο 1.2. Αν εξαιρέσουμε τον Δικτυακό Τόπο, το σύνολο των υπόλοιπων στοιχείων του σχήματος αποτελεί τον Σταθμό Μετρήσεων. Ο Σταθμός βρίσκεται εγκατεστημένος στο Εργαστήριο Πολυμέσων (Medialab) του ΕΜΠ.



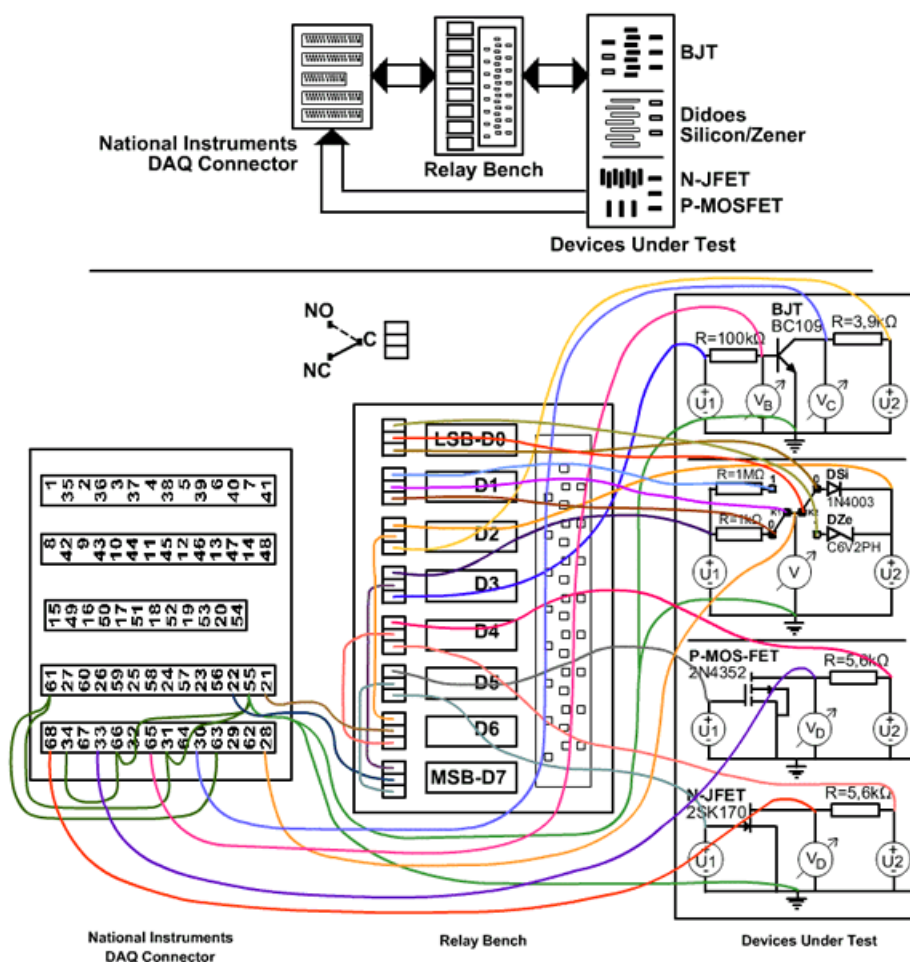
Σχήμα 2.58
Το Εικονικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής

Για να είναι ο Σταθμός Μετρήσεων *on line*, ώστε να καθίσταται δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων θα πρέπει να συντρέχουν οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

1. Ο κεντρικός υπολογιστής (Workbench Computer) να είναι ανοικτός (ON).
2. Το VI πρόγραμμα να τρέχει στον κεντρικό υπολογιστή.
3. Τα κυκλώματα προς μέτρηση (DUTs) και το κύκλωμα των ηλεκτρονόμων (Relay Bench) να είναι συνδεδεμένα στην πλακέτα επίκτησης δεδομένων DAQ PCI-6024E.
4. Το κύκλωμα των ηλεκτρονόμων να είναι ON.

Με τον τρόπο αυτό, είναι δυνατή η λήψη των αρχείων με τα δεδομένα, που υποβάλλονται από το χρήστη. Επίσης, έτσι, το VI – πρόγραμμα, που τρέχει στον *Workbench* υπολογιστή, μπορεί να έχει πρόσβαση στα κυκλώματα προς μέτρηση και να στέλνει, κατόπιν, τα αποτελέσματα των μετρήσεων στον εξυπηρετητή υπολογιστή (Server Computer - Deerhunter).

Στο Σχήμα 2.59 φαίνεται σχηματικά το σύνολο των συνδέσεων ανάμεσα στα κυκλώματα προς μέτρηση, το κύκλωμα των ηλεκτρονόμων και το σύνδεσμο εισόδου / εξόδου της πλακέτας επίκτησης δεδομένων, που είναι εγκατεστημένη (*plug – in*) στον κεντρικό υπολογιστή. Οι συνδέσεις αυτές είναι εκείνες, οι οποίες σε φυσική μορφή φαίνονται στο Σχήμα 2.1.



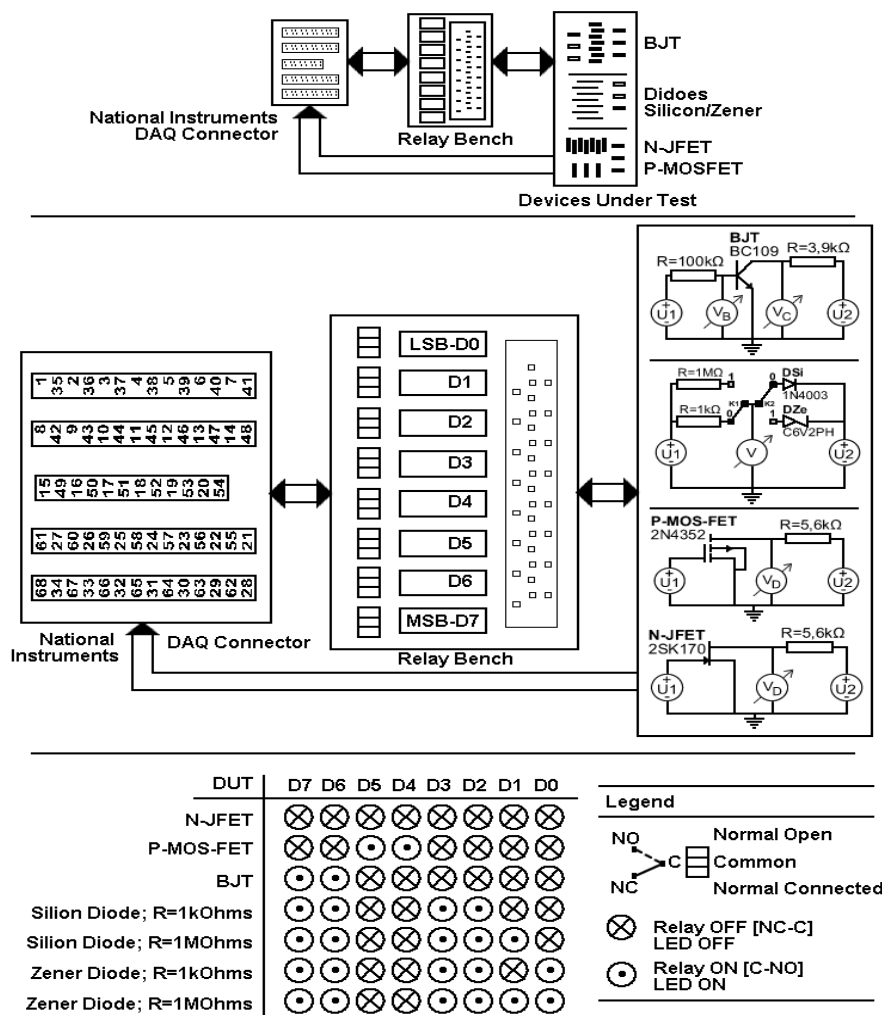
Σχήμα 2.59

Το σύνολο των συνδέσεων στο Σταθμό Μετρήσεων

Στο παραπάνω Σχήμα μπορούμε να δούμε τον ακριβή τρόπο λειτουργίας του κυκλώματος των ηλεκτρονόμενων. Οι έξι πρώτοι από αυτούς, και συγκεκριμένα οι *MSB-D7..D2*, χρησιμοποιούνται για την πολύπλεξη των δύο τάσεων τροφοδοσίας. Οι τάσεις αυτές παρέχονται από τα κανάλια *DAC0OUT* και *DAC1OUT* της πλακέτας 6024E, και λαμβάνονται από τις ακίδες No22 και No21 αντίστοιχα του συνδέσμου εισόδου / εξόδου. Οι υπόλοιποι δύο ηλεκτρονόμοι *D1* και *LSB-D0* χρησιμοποιούνται για την επιλογή της ενεργού αντίστασης και της ενεργού διόδου αντίστοιχα στο κύκλωμα των διόδων.

Στο Σχήμα 2.60 φαίνεται η πλήρης διάρθρωση (configuration) των ηλεκτρονόμενων για όλες τις διαθέσιμες μετρήσεις. Οι τιμές των οκτώ *bit*, τα οποία συνιστούν το *byte*, που στέλνει το VI στην πλακέτα των ηλεκτρονόμενων, καθορίζουν την κατάσταση (ON ή OFF) των αντίστοιχων *relays* για κάθε μέτρηση.

Διακρίνουμε, ότι οι δύο λιγότερο χρησιμοποιούμενοι ηλεκτρονόμοι είναι οι *D4* και *D5*. Αξιοσημείωτο είναι επίσης, ότι κατά την πρόσβαση στο N-JFET DUT κανείς από τους ηλεκτρονόμους δεν είναι ενεργός, οπότε το κύκλωμα αυτό είναι ουσιαστικά ανεξάρτητο από την κατάσταση του *Relay Bench*. Επομένως η πραγματοποίηση μετρήσεων στο N-JFET DUT είναι δυνατή ακόμη και όταν το κύκλωμα των ηλεκτρονόμενων είναι εκτός λειτουργίας..

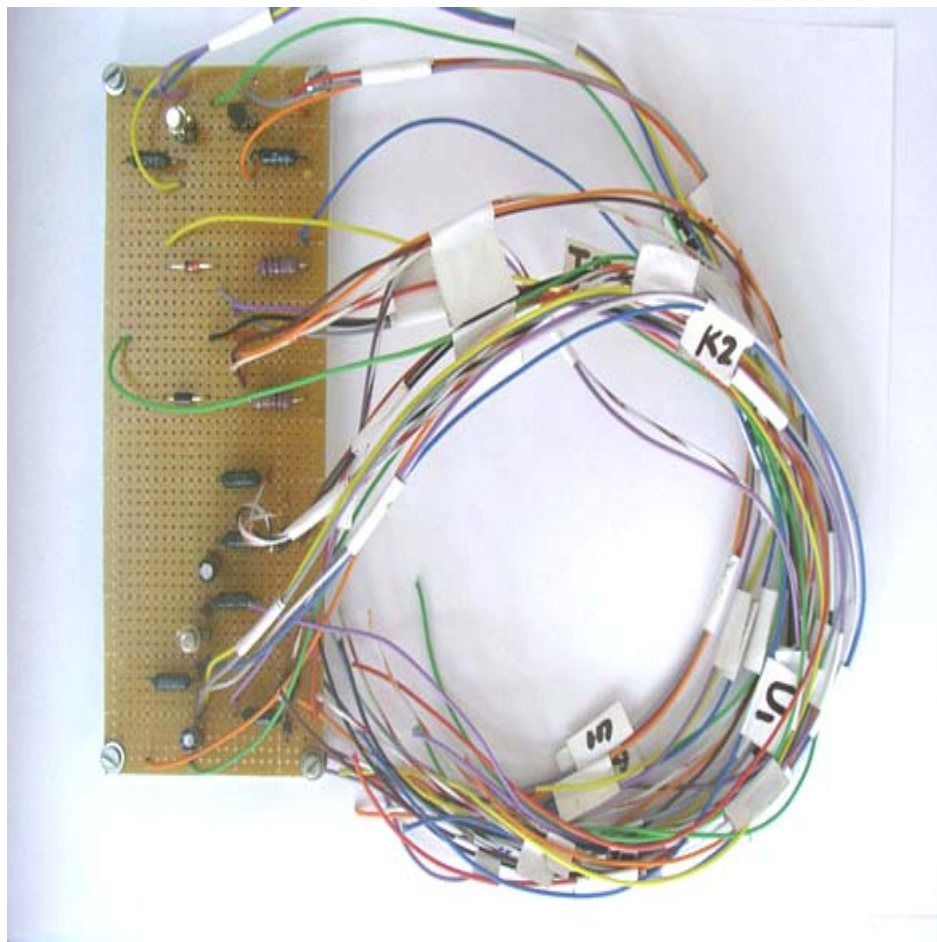


Σχήμα 2.60

Η διάρθρωση του κυκλώματος των ηλεκτρονόμενων (Relay Bench configuration)

2.5.1 ΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗ (DEVICES UNDER TEST)

Τα κυκλώματα προς μέτρηση, στην παρούσα εφαρμογή του *VELab*, είναι τα N-JFET DUT, P-MOS-FET DUT, BJT DUT και DIODES DUT. Τα κυκλώματα αυτά έχουν υλοποιηθεί σε κοινή πλακέτα, την οποία μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 2.61.



Σχήμα 2.61

Η πλακέτα των κυκλωμάτων προς μέτρηση.

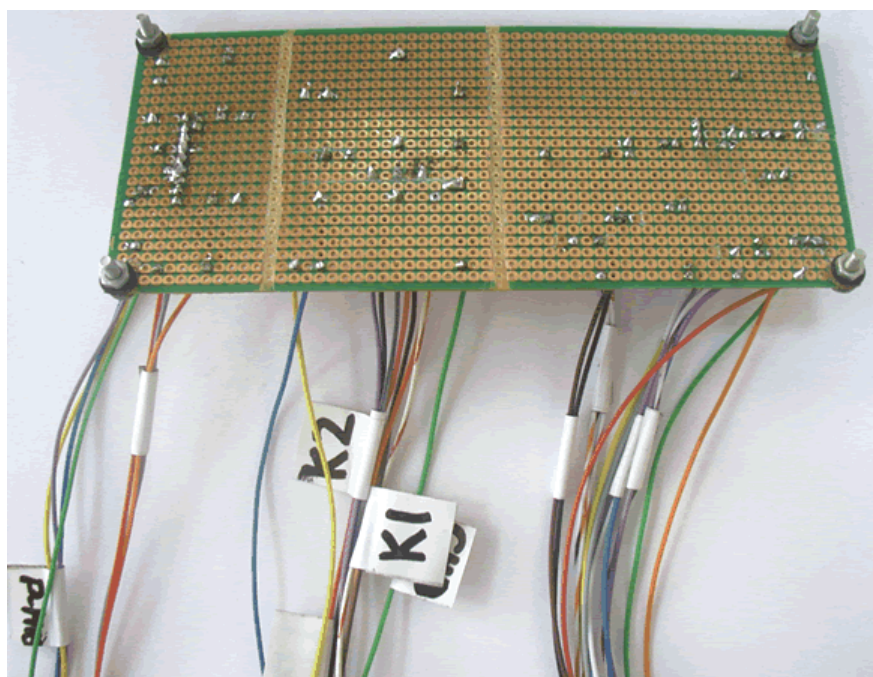
Επάνω αριστερά: Το κύκλωμα του P-MOS-FET 2N4352

Επάνω δεξιά: Το κύκλωμα του N-JFET 2SK170

Στο κέντρο: Το κύκλωμα των διόδων, με αυτό της διόδου zener BX62V0 από πάνω και αυτό της διόδου πυριτίου 1N4003 από κάτω.

Κάτω: Το πιο πολύπλοκο κύκλωμα, αυτό του BJT BC 109.

Τα κυκλώματα των N-JFET και P-MOS-FET είναι παρόμοια. Χρησιμοποιείται και στα δύο συνδεσμολογία κοινού εκπομπού, ενώ και τα δύο έχουν αντίσταση $5,6\text{ k}\Omega$ στην υποδοχή. Επιπλέον χρησιμοποιούν κοινή γείωση.

**Σχήμα 2.62**

Η πίσω πλευρά της πλακέτας των κυκλωμάτων προς μέτρηση:

Αριστερά: Τα κυκλώματα των P-MOS-FET και N-JFET

Κέντρο: Το κύκλωμα των διόδων

Δεξιά: Το κύκλωμα του BJT

Ο διαχωρισμός των σημάτων εισόδου κατά την πολύπλεξή τους από το κύκλωμα των ηλεκτρονόμενων είναι πολύ μεγάλης σημασίας. Ένα λάθος θα μπορούσε να καταστρέψει κάποιο από τα *FET*, καθώς το N-JFET δέχεται μόνο θετικά σήματα εισόδου, ενώ το P-MOS-FET μόνο αρνητικά.

Στο Σχήμα 2.62 βλέπουμε την πίσω πλευρά της πλακέτας των κυκλωμάτων προς μέτρηση. Οι περιοχές των τριών *DUT* διακρίνονται καθαρά. Χωρίζονται μεταξύ τους από μονωτικό υλικό, το οποίο χρησιμοποιήθηκε επειδή στην κοινή πλακέτα υλοποίησης των κυκλωμάτων υπήρχαν οριζόντιες συνδέσεις εκ κατασκευής.

Κεφάλαιο 3

ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

3.1 ΤΟ LabVIEW

Το *LabVIEW* είναι μια γλώσσα προγραμματισμού της *National Instruments*, η οποία χρησιμοποιεί γραφικά αντί για γραμμές κειμένου. Ο προγραμματισμός πραγματοποιείται με βάση τη ροή δεδομένων. Με τον τρόπο αυτό η ροή του προγράμματος καθορίζεται από τα δεδομένα και όχι από μια ακολουθία εντολών, όπως στις συνηθισμένες γλώσσες προγραμματισμού.

Το *LabVIEW* βρίσκει κυρίως εφαρμογή στην επίκτηση δεδομένων (Data Acquisition) και τον έλεγχο οργάνων (Instrumentation Control). Απλοποιεί σημαντικά τον προγραμματισμό και βελτιώνει κατά πολύ τους χρόνους ανάπτυξης και εκσφαλμάτωσης (debugging).

3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

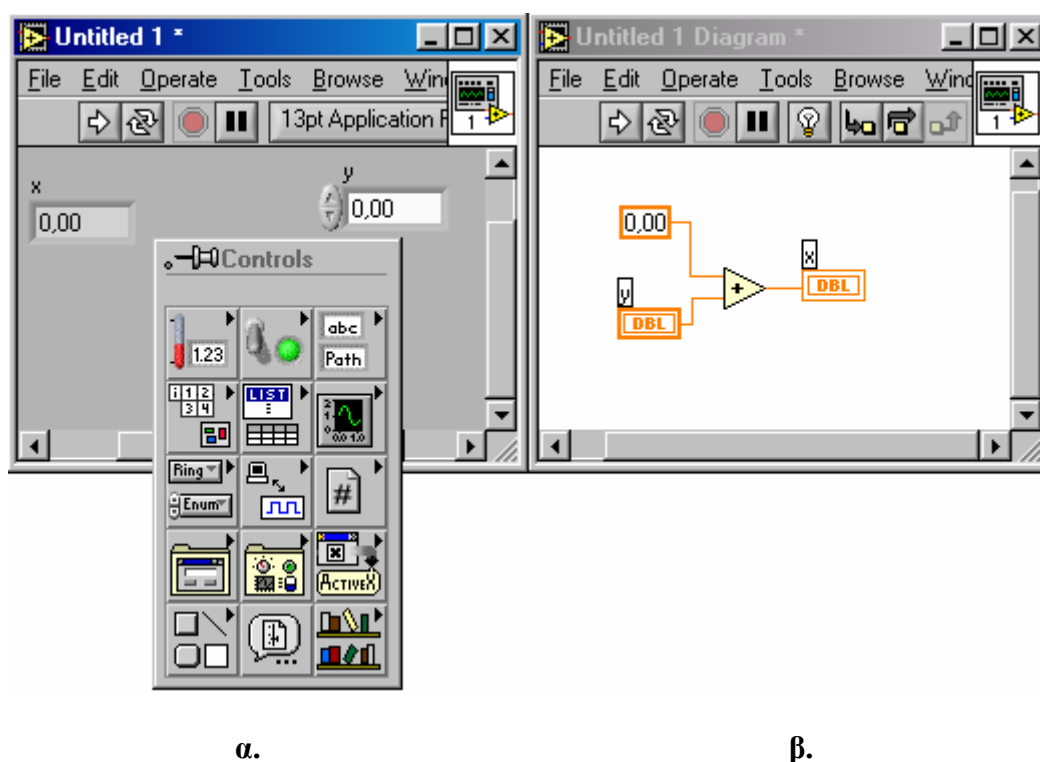
Τα προγράμματα σε *LabVIEW* ονομάζονται **Εικονικά Όργανα** (VIs), επειδή, τόσο στη μορφή τους όσο και στη λειτουργία τους, προσομοιάζουν πραγματικά όργανα, όπως για παράδειγμα παλμογράφους ή πολύμετρα. Τα VIs μπορούν να δέχονται δεδομένα από διάφορες πηγές, τα οποία επεξεργάζονται και κατόπιν, είτε απεικονίζουν τα αποτελέσματα, είτε τα αποθηκεύουν σε αρχεία ή άλλους υπολογιστές για μελλοντική χρήση.

Ένα Εικονικό Όργανο αποτελείται από τρία μέρη:

- Την Πρόσοψη (**Front panel**), που αποτελεί το *interface* μεταξύ του οργάνου και του χρήστη.
- Το Διάγραμμα Ροής (**Block diagram**), το οποίο συνίσταται από εικονίδια γραφικών συνδεδεμένα μεταξύ τους, καθορίζοντας έτσι τη ροή του προγράμματος.

- Ένα καθοριστικό για κάθε VI εικονίδιο (**Icon and connector pane**), στο οποίο φαίνονται όλες οι δυνατότητες συνδέσεων στο συγκεκριμένο VI. Με τη χρήση αυτού του εικονιδίου, το VI είναι δυνατόν να ενταχθεί σε ένα άλλο VI, οπότε ονομάζεται subVI. Είναι το αντίστοιχο της υπορουτίνας, που συναντάμε στις συνηθισμένες γλώσσες προγραμματισμού.

Τόσο το *Front panel*, όσο και το *Block diagram* χρησιμοποιούν ένα κοινό μενού εργαλείων (Tools palette). Για τη δημιουργία του *Front panel* υπάρχει διαθέσιμο ένα μενού (Controls palette), στοιχείων ελέγχου (controls) και απεικόνισης (indicators), ενώ αντίστοιχα στο *Block diagram* διατίθεται ένα μενού λειτουργιών και συναρτήσεων (Functions palette). Όσον αφορά το μενού *Controls palette*, τα *controls* αφορούν την είσοδο δεδομένων στο VI, ενώ τα *indicators* αφορούν την απεικόνιση των αποτελεσμάτων.



Σχήμα 3.1

Το περιβάλλον προγραμματισμού LabVIEW

*α. Το **Front panel** στο οποίο φαίνεται το **Controls palette**.*

*β. Το **Block diagram**, στο οποίο βλέπουμε ένα μικρό παράδειγμα, πρόσθεσης ενός αριθμού με μια σταθερά.*

Στη συγκεκριμένη υλοποίηση, το *LabVIEW* αποτελεί την καρδιά της όλης εφαρμογής, καθώς το πρόγραμμα VI (**workbench.vi**), το οποίο έχει δημιουργηθεί, έχει τον έλεγχο του υλισμικού (hardware), ώστε να καθίσταται δυνατή η πραγματοποίηση των μετρήσεων.

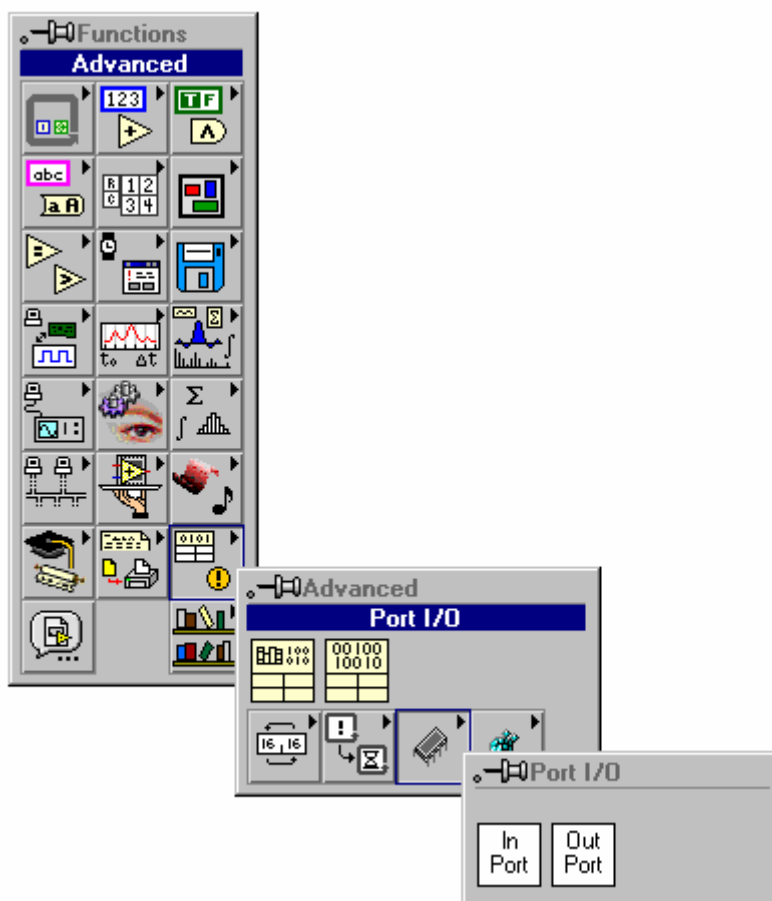
3.1.2 Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΩΝ.

3.1.2.1 Windows 2000 και πρόσβαση στην παράλληλη θύρα (Parallel Port) του υπολογιστή.

Ο έλεγχος του κυκλώματος των ηλεκτρονόμενων αποδείχθηκε δυσκολότερος από όσο είχε αρχικά υπολογιστεί.

Το λειτουργικό σύστημα του Workbench υπολογιστή είναι το *Microsoft Windows 2000 Professional*, το οποίο δεν επιτρέπει την πρόσβαση στις θύρες (ports) του υπολογιστή. Για το λόγο αυτό η *National Instruments* έχει αναπτύξει και δημοσιοποιήσει ένα αρχείο (archive), το οποίο περιέχει ένα σύνολο βιβλιοθηκών (Dynamic Link Libraries), που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να επιτευχθεί η πρόσβαση μέσω *LabVIEW* στην παράλληλη θύρα.

Στο *LabVIEW* πάντως, είναι διαθέσιμα δύο *sub-VIs*, τα *Port VIs* του σχήματος 3.2, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να διαβάσουν ή να γράψουν ένα *byte* ή ένα *double-byte* στην παράλληλη θύρα, εφόσον προηγουμένως έχει καθορισθεί μια διεύθυνση για τη θύρα αυτή.



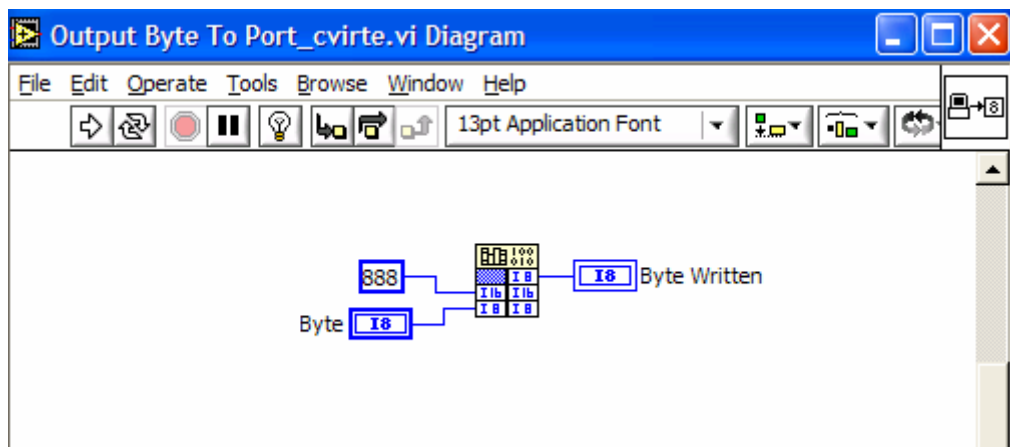
Σχήμα 3.2

Τα διαθέσιμα από το LabVIEW sub-VIs εισόδου / εξόδου

Στην περίπτωσή μας βέβαια, αυτά τα *sub - VIs* δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, καθώς τα *Windows 2000* δεν επιτρέπουν την πρόσβαση στα *ports*.

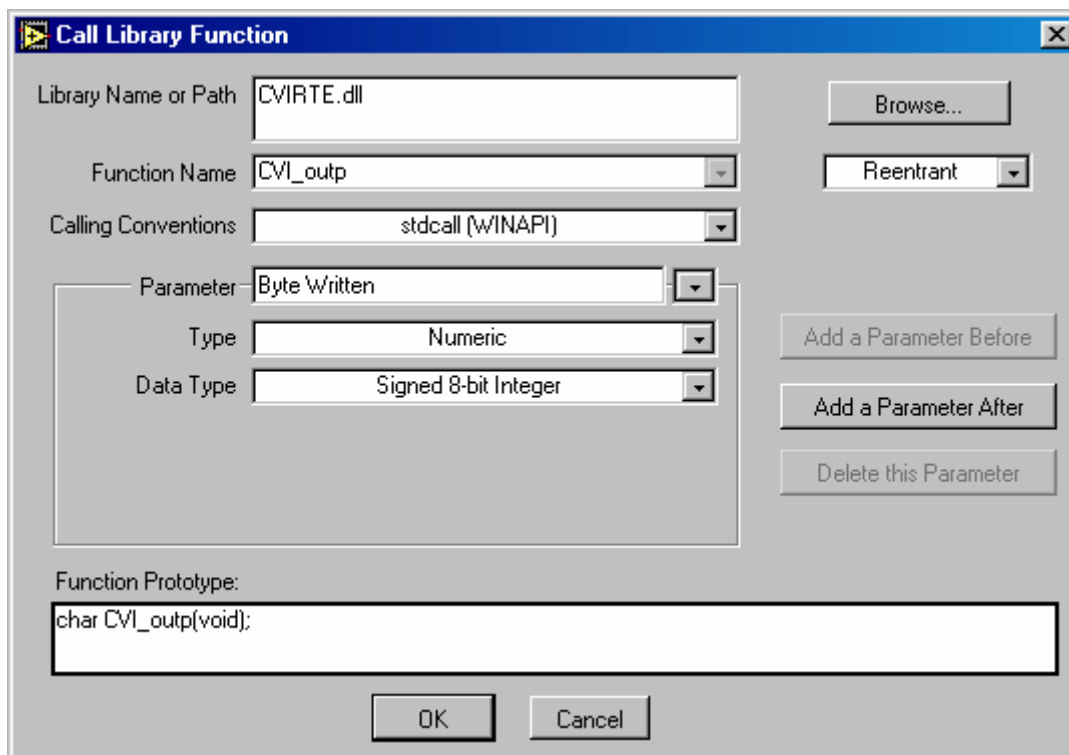
Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε το αρχείο *access_HW.zip*, το οποίο είναι διαθέσιμο στο Δικτυακό Τόπο της *National Instruments*.

Στη συνέχεια η βιβλιοθήκη *cvirte.dll* θα χρησιμοποιήσει ένα νέο VI για πρόσβαση στην παράλληλη θύρα. Αυτό είναι το ***Output Byte to Port_cvirte.vi***, το διάγραμμα ροής του οποίου φαίνεται στο Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3
To Output Byte to Port_cvirte.vi

Όπως βλέπουμε αυτό χρησιμοποιεί την *Call Library Function*, που καλεί μια συγκεκριμένη δυναμική βιβλιοθήκη (dynamic library) με καθορισμένο τρόπο (WINAPI), όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.4



Σχήμα 3.4
H Call Library Function

Το όνομα της βιβλιοθήκης είναι καθορισμένο (CVI_out), όπως και το είδος των δεδομένων (data type: Numeric, signed 8 bit Integer). Επίσης μια σταθερά καθορίζει τη διεύθυνση (σε δεκαδικό σύστημα) της παράλληλης θύρας, στην οποία έχει συνδεθεί το κύκλωμα των ηλεκτρονόμενων: $378_{(16)} = 888_{(10)}$.

Τελικά στην παράλληλη θύρα στέλνεται μια τιμή 8 – bit, αφού 8 είναι οι ηλεκτρονόμοι των οποίων η κατάσταση πρέπει να καθοριστεί.

Οι ηλεκτρονόμοι, όσο δεν υπάρχει μέτρηση σε εξέλιξη, θα πρέπει να διατηρούνται σε κατάσταση OFF. Για το λόγο αυτό το **wokbench.vi** στέλνει πάντοτε στην παράλληλη θύρα την τιμή $00_{(16)}$.

Στα Windows 2000 η εκ των προτέρων καθορισμένη κατάσταση (default) των ακίδων της παράλληλης θύρας (LPT pins) είναι η $0F_{(16)}$. Για το λόγο αυτό το **wokbench.vi** απενεργοποιεί τα relays με την έναρξη της λειτουργίας του.

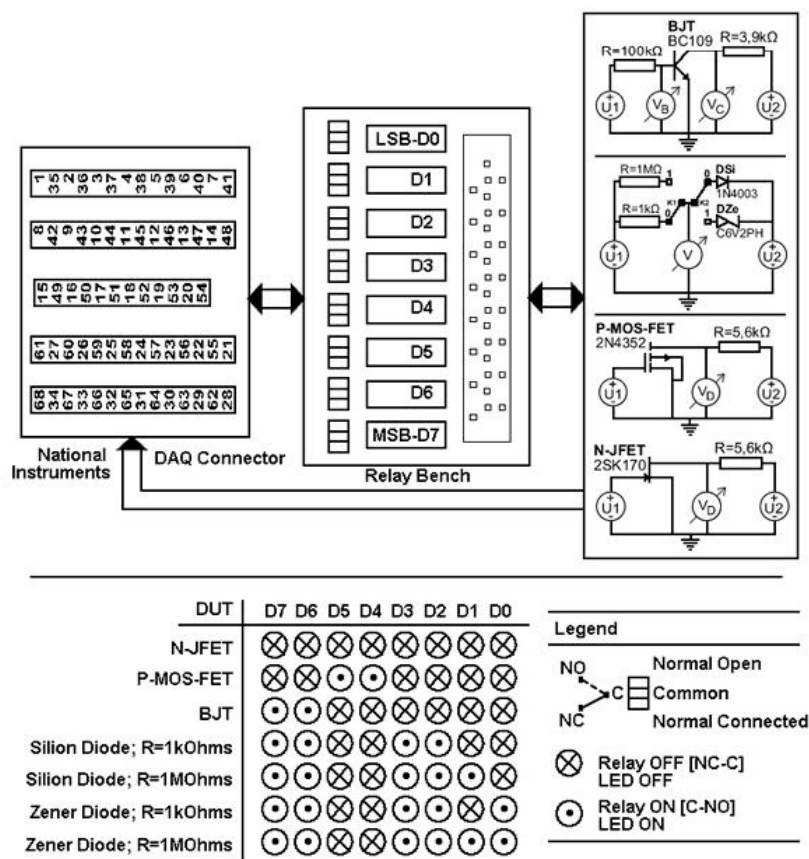
3.1.2.2 Διάρθρωση των ηλεκτρονόμενων (Relay Configuration).

Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, στην παράγραφο 2.5.1, η πλακέτα επίκτησης δεδομένων (DAQ Board) παρέχει δύο μόνο τάσεις τροφοδοσίας οι οποίες θα πρέπει να τροφοδοτήσουν πολλά ανεξάρτητα κυκλώματα προς μέτρηση.

Έτσι χρησιμοποιούνται τα relays, των οποίων το έργο είναι:

1. Να πραγματοποιήσουν την πολύπλεξη των δύο DAC (Digital to Analog Converters) καναλιών της πλακέτας 6024E και συγκεκριμένα των DAC0OUT και DAC1OUT, τα οποία αντιστοιχούν στις ακίδες 21 και 22 του συνδέσμου εισόδου – εξόδου (I/O Connector).
2. Να καταστήσουν δυνατή την επιλογή της ενεργού διόδου (Πυριτίου ή Zener) και της ενεργού αντιστάσεως ($1\text{ k}\Omega$ ή $1\text{ M}\Omega$) στο κύκλωμα των διόδων.

Στο Σχήμα 3.5 μπορούμε να δούμε τη διάρθρωση των ηλεκτρονόμενων, η κατάσταση των οποίων είναι κάθε φορά διαφορετική, προκειμένου να επιτευχθεί η πρόσβαση στα διάφορα κυκλώματα, για την πραγματοποίηση των μετρήσεων που έχει επιλέξει ο εκάστοτε χρήστης.



Σχήμα 3.5

Η διάρθρωση των ηλεκτρονόμενων (Relay Bench configuration)

Οι πρώτοι έξι ηλεκτρονόμοι (MSB-D7,...,D3, D2) χρησιμοποιούνται για την πολύπλεξη των δύο *DAC* καναλιών της 6024E, ενώ οι υπόλοιποι δύο χρησιμοποιούνται από το κύκλωμα των διόδων, όπως είπαμε προηγουμένως.

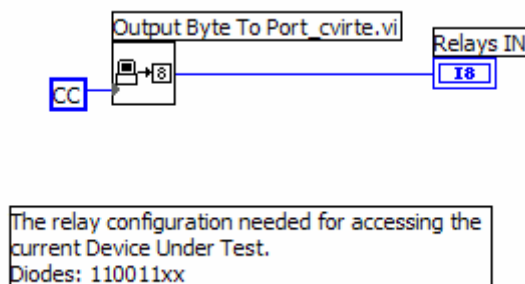
Είναι εύκολο να παρατηρήσουμε, ότι κατά την πρόσβαση στο κύκλωμα του N-JFET όλοι οι ηλεκτρονόμοι είναι σε κατάσταση *OFF*, επομένως στο κύκλωμα αυτό είναι δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων ακόμη και όταν το κύκλωμα των ηλεκτρονόμενων δεν τροφοδοτείται.

Στον Πίνακα 3.1 μπορούμε να δούμε συνοπτικά τη διάρθρωση των ηλεκτρονόμενων ανάλογα με το κύκλωμα στο οποίο πραγματοποιούνται μετρήσεις.

Πίνακας 3.1

ΚΥΚΛΩΜΑ	ΔΙΑΘΡΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΩΝ	
	Δεκαδικό	Δεκαεξαδικό
N-JFET	00000000	00
P-MOS-FET	00110000	30
BJT	11000000	C0
Δίοδοι (δίοδος Si, R = 1 kΩ)	11001100	CC
Δίοδοι (δίοδος Si, R = 1 MΩ)	11001110	CE
Δίοδοι (δίοδος Ze, R = 1 kΩ)	11001101	CD
Δίοδοι (δίοδος Ze, R = 1 MΩ)	11001111	CF

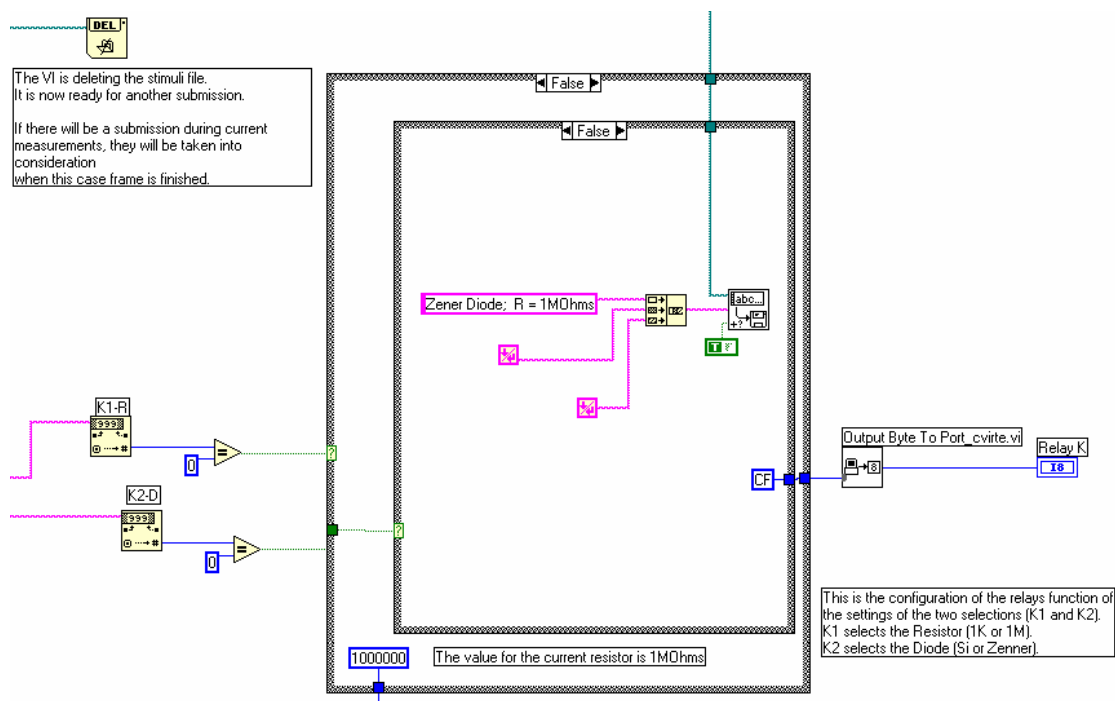
Είναι εύκολο να διαπιστώσουμε, ότι το πλέον πολύπλοκο κύκλωμα είναι αυτό των διόδων, το οποίο χρησιμοποιεί έως και έξι ηλεκτρονόμους. Στο Σχήμα 3.6 φαίνεται ο τρόπος που το *Output Byte to Port_cvirte.vi* καθορίζει τη διάρθρωση των ηλεκτρονόμων, ώστε να επιτευχθεί η πρόσβαση στο κύκλωμα των διόδων. Η τιμή που στέλνεται στην παράλληλη θύρα είναι η 1100011xx, όπου η τιμή που θα πάρουν τα δύο τελευταία bits εξαρτάται από το ποια δίοδος και ποια αντίσταση έχουν επιλεγεί ως ενεργές.



Σχήμα 3.6

Καθορισμός της κατάστασης των ηλεκτρονόμων για την πρόσβαση στο κύκλωμα των διόδων

Εάν για παράδειγμα επιλεγεί ως ενεργός η δίοδος Zener και ως ενεργός αντίσταση η $R = 1\text{ M}\Omega$, η κατάσταση που θα προκύψει είναι αυτή που βλέπουμε στο Σχήμα 3.7, οπότε η τιμή που στέλνεται στην παράλληλη θύρα του Workbench υπολογιστή είναι η $CF_{(16)} = 11001111$



Σχήμα 3.7

Διάρθρωση των ηλεκτρονόμων για την επιλογή της διόδου zener και της αντίστασης του $1\text{ M}\Omega$

3.1.3 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΤΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Κατά την υποβολή δεδομένων για την πραγματοποίηση πολλαπλών μετρήσεων, δίνονται από τον χρήστη αρχικές και τελικές τιμές για τις τάσεις τροφοδοσίας U1 και U2 (U1Start, U1Stop και U2Start, U2Stop αντίστοιχα). Επίσης δίνεται ο αριθμός των ενδιάμεσων βημάτων και για τις δύο τάσεις (U1Steps και U2Steps).

Με βάση τις παραπάνω τιμές οι τάσεις τροφοδοσίας U1 και U2 για κάθε μέτρηση υπολογίζονται από το VI ως εξής

For i = 0 to U1Steps do

$$U1_i = \frac{U1Stop - U1Start}{U1Steps} \cdot i + U1Start \quad (3.1)$$

Και αντίστοιχα

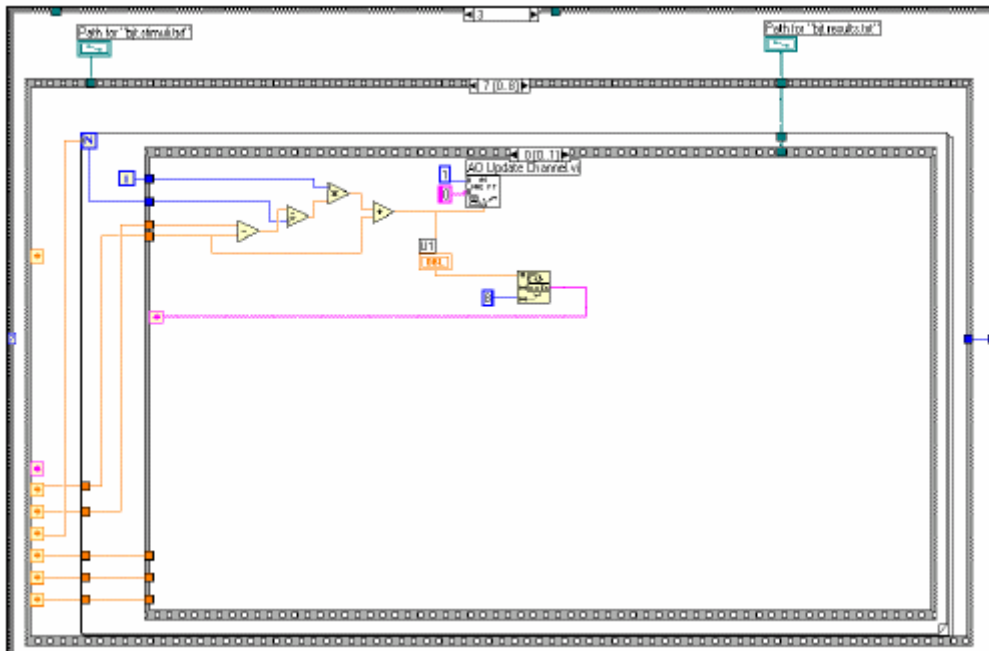
For j = 0 to U2Steps do

$$U2_j = \frac{U2Stop - U2Start}{U2Steps} \cdot j + U2Start \quad (3.2)$$

Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί, ότι οι δύο παραπάνω εξισώσεις (3.1) και (3.2) δεν εγγυώνται ότι θα επιτευχθούν τα ανώτερα όρια για τις τάσεις τροφοδοσίας, δηλαδή τα U1Stop και U2Stop.

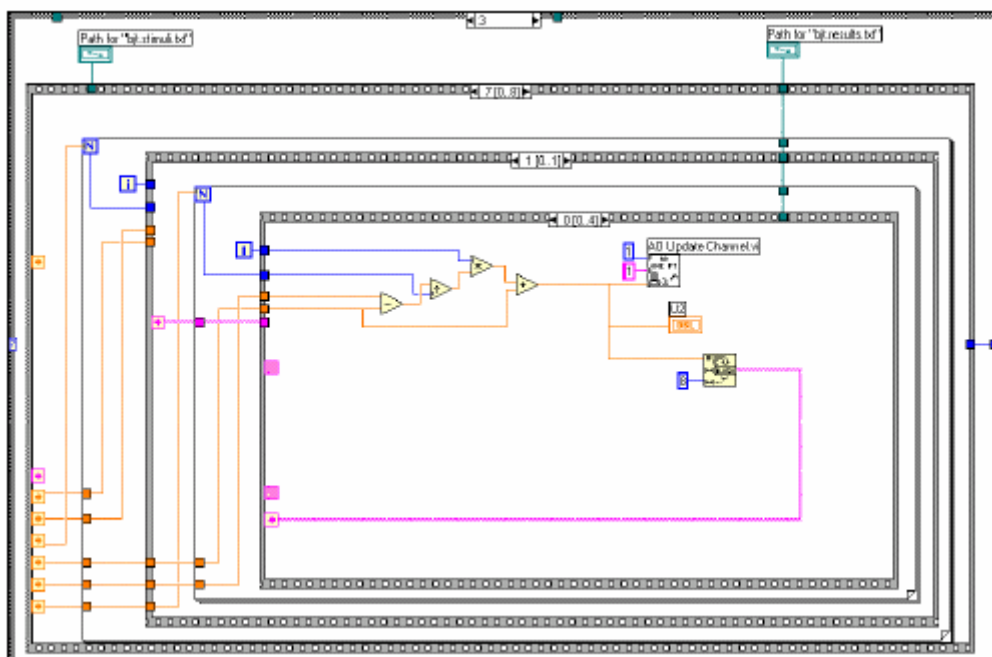
Οι δύο αυτές εξισώσεις υλοποιούνται σε οποιαδήποτε γλώσσα προγραμματισμού με τη χρήση βρόγχων “for loops”. Έτσι και στο LabVIEW οι τιμές των U1 και U2 υπολογίζονται με μια ακολουθία δύο βρόγχων “for loops”. Στο πρώτο loop υπολογίζονται οι τιμές των U1_i (i = 0 έως U1Steps) σύμφωνα με την εξίσωση (3.1). Στη συνέχεια για κάθε τιμή του U1_i, από το δεύτερο loop υπολογίζονται οι τιμές των U2_j (j = 0 έως U2Steps) σύμφωνα με την εξίσωση (3.2). Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε εξάλλου ότι ο συνολικός αριθμός των μετρήσεων θα είναι ίσος με U1Steps • U2Steps.

Στα σχήματα 3.8 και 3.9 μπορούμε να δούμε την υλοποίηση των παραπάνω κατά την πραγματοποίηση μετρήσεων στο BJT.



Σχήμα 3.8

Υπολογισμός από το VI των τιμών της τάσης εισόδου U1 στο BJT DUT



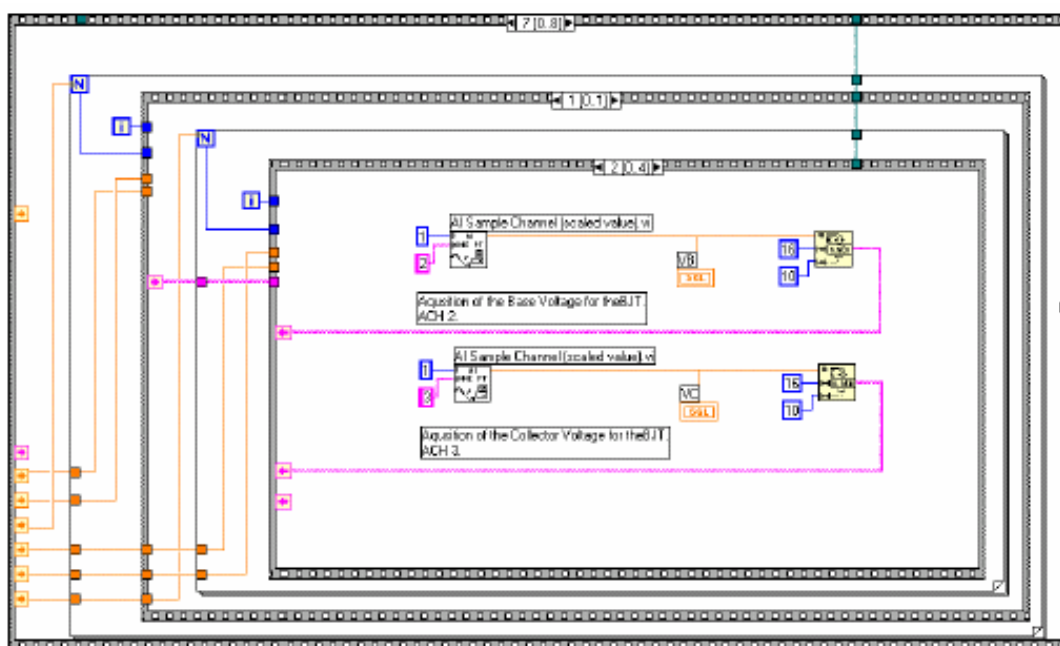
Σχήμα 3.9

Υπολογισμός από το VI των τιμών της τάσης τροφοδοσίας U2 στο BJT DUT

Καταρχήν στο Σχήμα 3.8 βλέπουμε τον υπολογισμό των τιμών U_{1i} ($i = 0$ έως $U2Steps$), για την τάση εισόδου U_1 , μέσα από το πρώτο “for loop” για το οποίο είναι $N = U1Steps$. Με τη χρήση του sub-VI “**AO Update Channel.vi**”, η τιμές αυτές ορίζονται διαδοχικά ως τάσεις εξόδου για το κανάλι $DAC0OUT$ της πλακέτας 6024E. Στη συνέχεια εμφανίζονται στο *Front panel*, και τέλος μέσω του sub-VI “**Number to Exponent String.vi**” μετατρέπονται σε “string arrays” για να χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια.

Στο Σχήμα 3.9 φαίνεται το δεύτερο “for loop”. Για την εκάστοτε δεδομένη τιμή U_{1i} υπολογίζονται όλες οι τιμές των U_{2j} ($j = 0$ έως $U2Steps$), για την τάση τροφοδοσίας U_2 , εφόσον στο loop αυτό ισχύει $N = U2Steps$. Οι τιμές αυτές μέσω του sub-VI “**AO Update Channel.vi**” ορίζονται ως διαδοχικές τάσεις εξόδου για το κανάλι $DAC1OUT$ της πλακέτας 6024E. Κατόπιν εμφανίζονται στο *Front panel* και τέλος μέσω του sub-VI “**Number to Exponent String.vi**” μετατρέπονται σε πίνακες στοιχειοσειρών (string arrays), για να χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια.

Η επίκτηση (Acquisition) τώρα των αποτελεσμάτων, πραγματοποιείται με τη χρήση του sub-VI “**AI Simple Channel (scaled value).vi**” όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.10. Αυτό παίρνει τις τιμές των τάσεων, που μετρώνται από τα αντίστοιχα κανάλια εισόδου της 6024E DAQ board. Στη συγκεκριμένη περίπτωση του BJT τα κανάλια αυτά είναι τα $ACH2$ για την τάση V_B και $ACH3$ για την τάση V_C , όπως είδαμε στον Πίνακα 2.16.



Σχήμα 3.10

Η επίκτηση από το VI των μετρούμενων τιμών των τάσεων V_B και V_C στο BJT DUT

Μετά την επίκτηση των αποτελεσμάτων, αυτά μετατρέπονται σε στοιχειοσειρές (strings) για να είναι δυνατή η αποθήκευσή τους στα αντίστοιχα “.text” και “.xls” αρχεία αποτελεσμάτων για το συγκεκριμένο κύκλωμα.

3.1.4 ΤΟ LabVIEW ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ “WORKBENCH.VI”

3.1.4.1 ΤΟ FRONT PANEL

Στο Σχήμα 3.11 φαίνεται το *Front panel* του *workbench.vi*. Όπως μπορούμε να δούμε αυτό χωρίζεται σε δύο κύριους τομείς.

Στον αριστερό τομέα, επάνω αριστερά φαίνεται η τιμή του *byte*, που καθορίζει την διάρθρωση των ηλεκτρονόμενων, η οποία εξαρτάται από το εκάστοτε κύκλωμα προς μέτρηση, που έχει επιλεγεί, όπως έχουμε περιγράψει αναλυτικά στην παράγραφο 3.1.2. Το VI κατά την έναρξή του θέτει όλους τους ηλεκτρονόμους σε κατάσταση OFF, ενέργεια την οποία επαναλαμβάνει και μετά το τέλος κάθε μέτρησης.

Ακριβώς δίπλα, υπάρχει μία ενδεικτική λυχνία η οποία είναι αναμμένη, όσο το VI περιμένει την εισαγωγή δεδομένων, δηλαδή την επιλογή κυκλώματος προς μέτρηση και τον καθορισμό των τάσεων U1 και U2. Κάτω από τη λυχνία αυτή υπάρχει το παράθυρο ενός μετρητή, ο οποίος μετράει συνεχώς τον χρόνο από την έναρξη έως την παύση λειτουργίας του VI.



Σχήμα 3.11
Workbench.vi : To Front panel

Το μεγαλύτερο μέρος του αριστερού τομέα του *Front panel* καταλαμβάνεται από παράθυρα διαλόγου (dialog boxes) που καθορίζουν συγκεκριμένες διαδρομές (paths). Κάθε μια από τις διαδρομές αυτές οδηγεί στο αντίστοιχο αρχείο, που

δημιουργείται από το VI. Αναλυτική αναφορά στα αρχεία αυτά θα γίνει στην επόμενη παράγραφο, όπου θα περιγραφεί το διάγραμμα ροής (Block diagram).

Το πρώτο από αυτά τα αρχεία είναι το *workbench_status.txt*, το οποίο πληροφορεί τον Δικτυακό Τόπο εάν ο Σταθμός Μετρήσεων είναι *on-line* ή όχι.

Το δεύτερο αρχείο, που είναι το *workbench_dut.txt*, πληροφορεί το VI (έχοντας πάρει την πληροφορία από το *website*) σε ποιο κύκλωμα θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις.

Τα υπόλοιπα δώδεκα αρχεία αναφέρονται, ανά τρία, σε κάθε ένα από τα τέσσερα κυκλώματα προς μέτρηση:

- Το πρώτο από κάθε τριάδα είναι του τύπου *dut.stimuli.txt*, και είναι ένα *text* αρχείο, το οποίο περιέχει τις τιμές, που αφορούν τις τάσεις U1 και U2 για κάθε DUT, όπως αυτές δόθηκαν από τον χρήστη για την ακολουθία μετρήσεων που έχει κάθε φορά επιλεγεί..
- Το δεύτερο αρχείο είναι του τύπου *dut.results.txt* και είναι ένα *text* αρχείο στο οποίο αποθηκεύονται τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων μετρήσεων για κάθε DUT.
- Το τρίτο τέλος αρχείο είναι του τύπου *xls.dut.results.xls* και είναι ένα *Excel* αρχείο στο οποίο επίσης αποθηκεύονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο συγκεκριμένο DUT. Με τον τρόπο αυτό, καθίσταται κατόπιν δυνατή η πραγματοποίηση μαθηματικών υπολογισμών και η εξαγωγή γραφικών παραστάσεων με τις χαρακτηριστικές καμπύλες του κάθε κυκλώματος.

Όλα τα παραπάνω αρχεία δημιουργούνται στον εξυπηρετητή υπολογιστή (server computer: Deerhunter). Η αμφίδρομη επικοινωνία ανάμεσα στον **Workbench** και τον **Deerhunter**, πραγματοποιείται μέσω του τοπικού Δικτύου LAN.

Στον δεξιό τώρα τομέα του *Front panel*, υπάρχει στο επάνω μέρος ένα στρογγυλό κουμπί STOP, με το οποίο παύει η λειτουργία του VI.

Κάτω από αυτό υπάρχουν τέσσερις τομείς, ένας για κάθε dut, στους οποίους περιέχονται:

- Μια ενδεικτική για κάθε DUT λυχνία, η οποία παραμένει σε θέση “ON” καθ’ όλη την διάρκεια των μετρήσεων στο συγκεκριμένο κύκλωμα.
- Τα *Relays* που είναι ON και αυτά που είναι OFF (Relays IN και Relays OUT αντίστοιχα).
- Οι τιμές των τάσεων τροφοδοσίας U1 και U2 (U1Start, U1Stop, U1Steps και U2Start, U2Stop, U2Steps αντίστοιχα), που καθορίζει στο website ο χρήστης για κάθε ακολουθία μετρήσεων.
- Οι τιμές των τάσεων U1 και U2, οι οποίες υπολογίζονται για κάθε συγκεκριμένη μέτρηση από το VI με βάση τις εξισώσεις 3.1 και 3.2.
- Τα αποτελέσματα των μετρήσεων, δηλαδή οι τιμές των τάσεων V_D για το N-JFET, V_D για το P-MOS-FET, V_B και V_C για το BJT και V για το κύκλωμα των διόδων.

Όσον αφορά το κύκλωμα των διόδων, υπάρχει και η πληροφορία για τη θέση των *Relays*, που καθορίζουν την ενεργό δίοδο και την ενεργό αντίσταση.

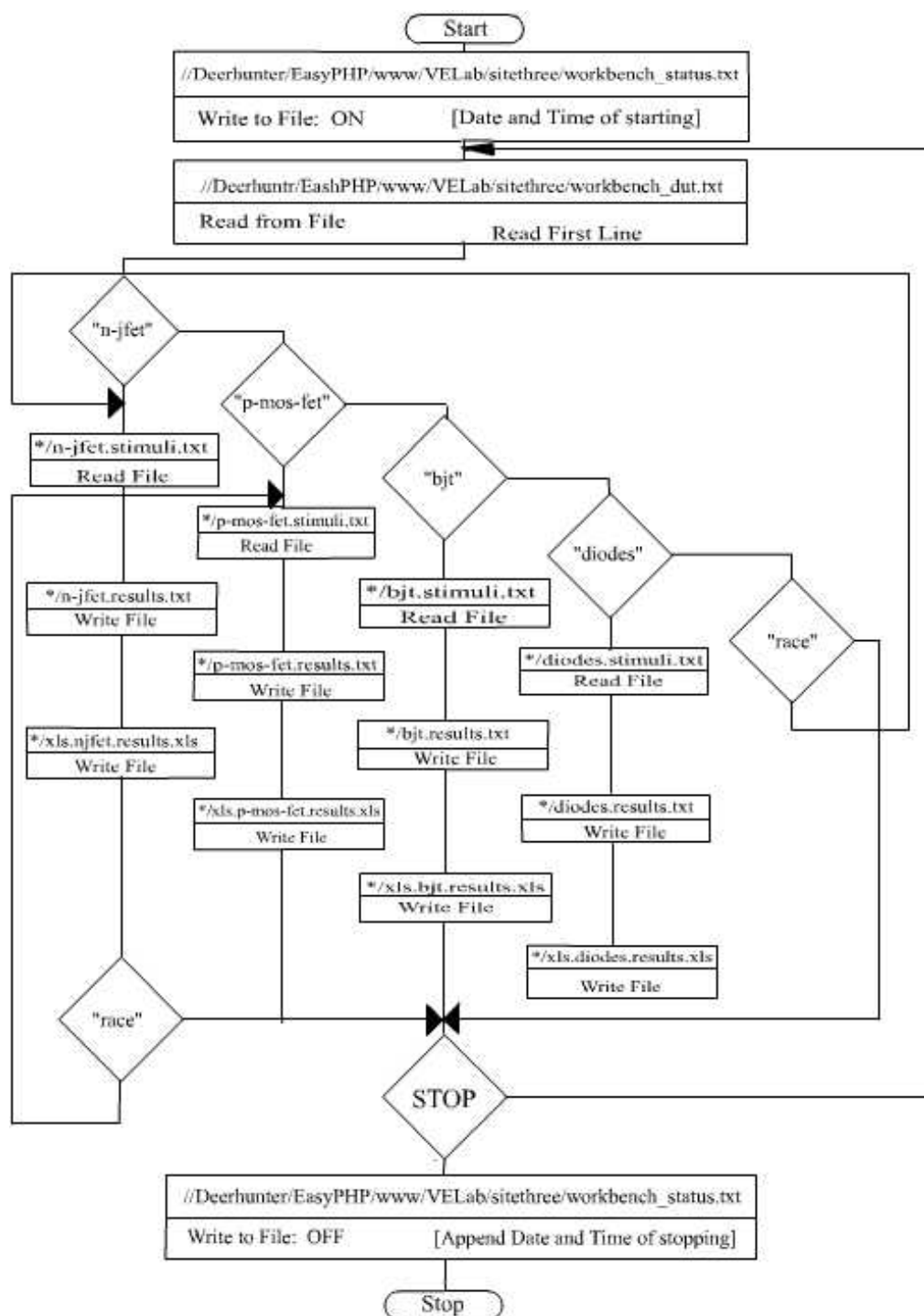
3.1.4.2 TO BLOCK DIAGRAM

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της παρούσας υλοποίησης, είναι η δυνατότητα, που έχει ο Δικτυακός Τόπος, να ανιχνεύει το εάν ο Σταθμός Μετρήσεων (workbench) είναι *on line*, δηλαδή εάν συντρέχουν οι προϋποθέσεις, που αναφέρονται στην παράγραφο 2.6.1, οπότε είναι δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων.

Η δυνατότητα αυτή παρέχεται από το VI, το διάγραμμα ροής (*Block diagram*) του οποίου μπορεί να χωριστεί, σε τρία κύρια στάδια:

1. Το στάδιο της Έναρξης.
2. Το στάδιο των *Loop*
3. Το Τελικό στάδιο

Τα τρία στάδια, στα οποία μπορεί να χωριστεί η λειτουργία του VI διακρίνονται καθαρά και στο διάγραμμα του σχήματος 3.12.



Σχήμα 3.12

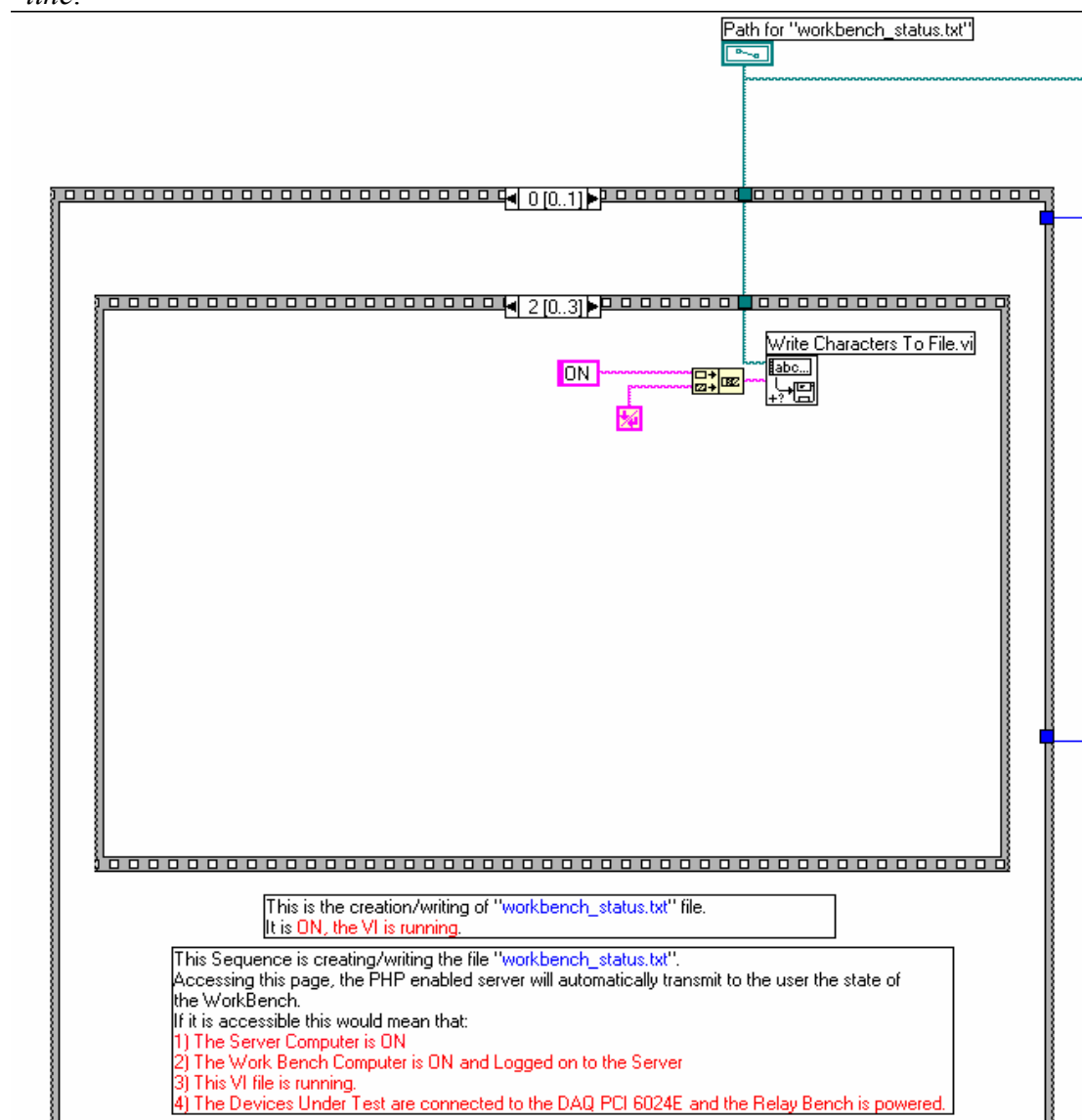
Ο χειρισμός των αρχείων δεδομένων και αποτελεσμάτων από το VI

Όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 3.12, η υποβολή των δεδομένων είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με πέντε τρόπους, καθώς εκτός από την υποβολή για κάθε ένα από τα τέσσερα *DUTs*, υπάρχει και η δυνατότητα της επιλογής “*race*”. Κατ’ αυτήν επιλέγεται η πραγματοποίηση μετρήσεων και στα δύο FETs. Πρώτα πραγματοποιούνται μετρήσεις στο κύκλωμα του N-JFET και αμέσως μετά σε αυτό του P-MOS-FET.

3.1.4.2.1 Το Στάδιο Έναρξης

Κατά το στάδιο της έναρξης, το VI καταρχήν θέτει την ενδεικτική λυχνία αναμονής δεδομένων σε θέση *ON*.

Κατόπιν θέτει τους ηλεκτρονόμους σε θέση *OFF* (για λόγους προστασίας του κυκλώματος) και στη συνέχεια, όπως βλέπουμε στο Σχήμα 3.13, δημιουργεί το αρχείο *workbench_status.txt*, στο οποίο γράφει τη λέξη “*ON*”, για να πάρει έτσι ο Δικτυακός Τόπος (website) την πληροφορία, ότι ο Σταθμός Μετρήσεων είναι *on line*.

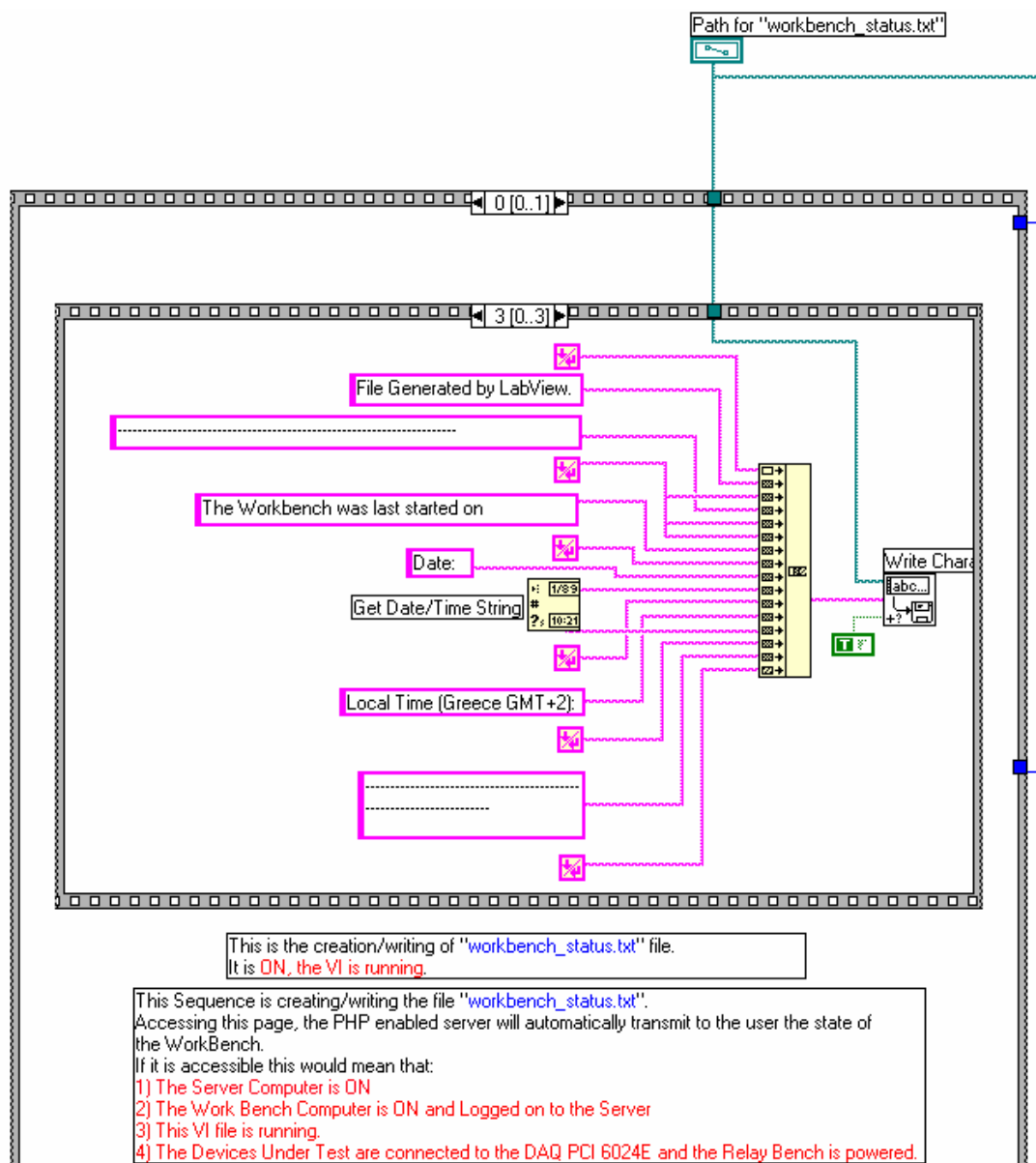


Σχήμα 3.13

Το πρώτο στάδιο κατά τη λειτουργία του workbench.vi

Το *sub-VI Write Characters to File.vi* χρησιμοποιείται πολύ συχνά στο συγκεκριμένο πρόγραμμα. Το “path” το οποίο οδηγεί στο αρχείο *workbench_status.txt* καθορίζεται από ένα παράθυρο διαλόγου (dialog box), που υπάρχει στο *Front panel* του VI. Αντίστοιχα παράθυρα διαλόγου υπάρχουν, όπως είδαμε και για όλα τα υπόλοιπα αρχεία (τύπου *.txt* ή τύπου *.xls*), τα οποία δημιουργούνται από το VI.

Στη συνέχεια, όπως βλέπουμε στο Σχήμα 3.14, το αρχείο *workbench_status.txt* συμπληρώνεται με την ημερομηνία και την ώρα έναρξης λειτουργίας του Σταθμού Μετρήσεων.



Σχήμα 3.14

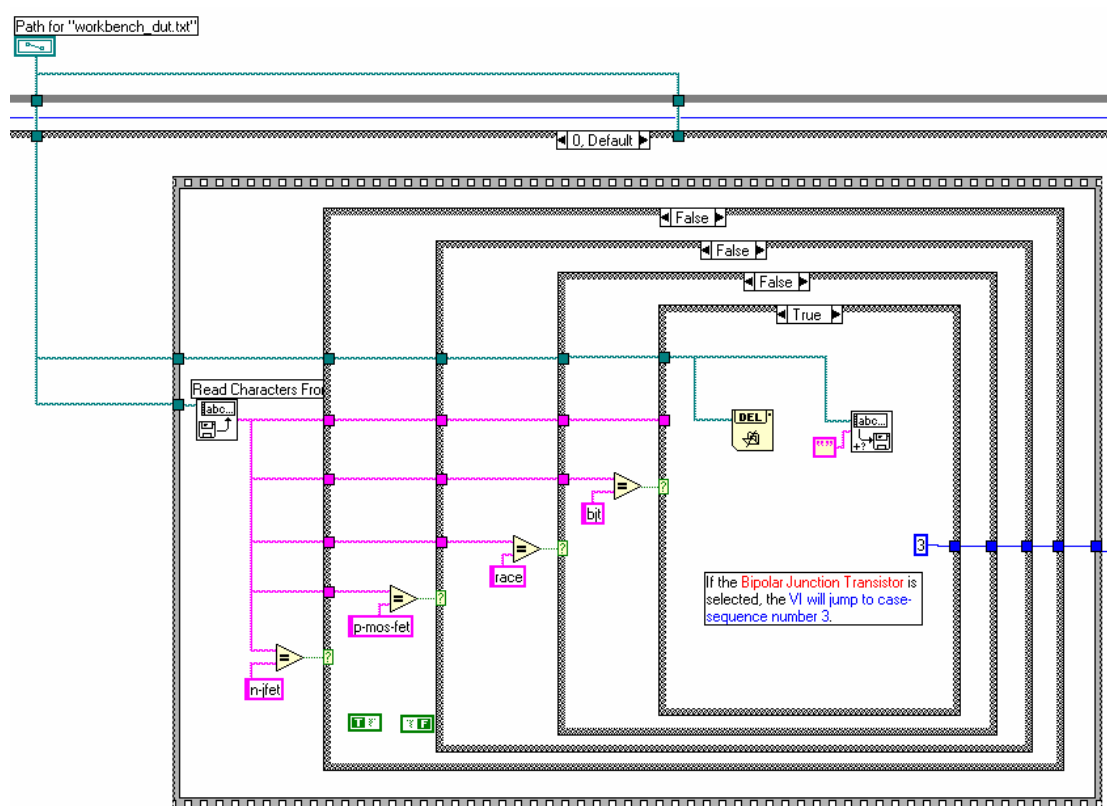
Συμπλήρωση του `workbench_status.txt` με την ημερομηνία και την ώρα έναρξης λειτουργίας του VI

Το αρχείο αυτό είναι διαθέσιμο και στο *website*. Υπάρχει ένας σύνδεσμος (link) προς ένα *php* αρχείο, το οποίο διαβάζει το περιεχόμενο του αρχείου *workbench_status.txt* σε ένα μικρό αναδυόμενο (pop-up) παράθυρο.

Επίσης σε κάθε ιστοσελίδα στον Δικτυακό Τόπο, υπάρχει στην επικεφαλίδα ένα *PHP script* με την ένδειξη “ ON ” ή “ OFF ”. Με τον τρόπο αυτό γνωστοποιείται στον χρήστη το εάν ο Σταθμός Μετρήσεων είναι *on-line* ή όχι. Στην περίπτωση, που είναι *on-line*, η πραγματοποίηση μετρήσεων είναι δυνατή. Στην αντίθετη περίπτωση, ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στα αποτελέσματα των τελευταίων μετρήσεων.

3.1.4.2.2 Το Στάδιο των *Loops*

Το πλέον πολύπλοκο στάδιο είναι αυτό των *loops*. Την αρχική φάση αυτού του σταδίου (αναμονή υποβολής δεδομένων) βλέπουμε στο Σχήμα 3.15.



Σχήμα 3.15

Το VI περιμένει την υποβολή δεδομένων

Το εξωτερικό ορθογώνιο στο παραπάνω σχήμα είναι ένα *While Loop* ενώ όλα τα εσωτερικά είναι *if – then* περιπτώσεις.

Σε όλη τη διάρκεια αυτού του σταδίου, το VI επικοινωνεί συνεχώς με τον *server*, μέσα από το τοπικό δίκτυο (LAN), προκειμένου να εντοπίσει το τρέχον *DUT*, στο οποίο θα πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις. Αμέσως μόλις επιλεγεί ένα συγκεκριμένο κύκλωμα, και υποβληθούν δεδομένα, το *PHP script*, που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο κύκλωμα, θα δημιουργήσει το αντίστοιχο *stimuli.txt* αρχείο, και θα γράψει στο *workbench_dut.txt* αρχείο το όνομα του κυκλώματος που έχει επιλεγεί. Συγχρόνως στέλνεται στο κύκλωμα των ηλεκτρονόμενων, μέσω της

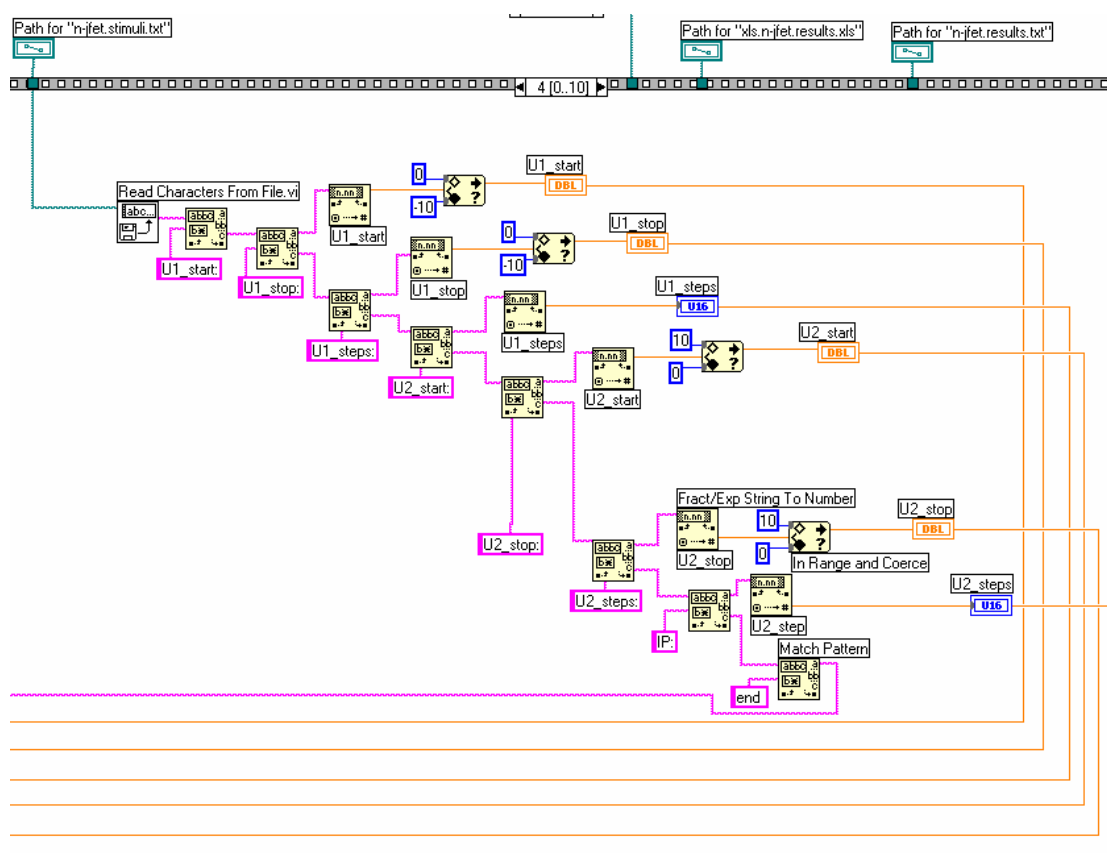
παράλληλης θύρας, η αντίστοιχη εντολή (συγκεκριμένο *byte* σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1), ώστε να διοχετευθούν σωστά οι τάσεις τροφοδοσίας. Επίσης σβήνει η ενδεικτική λυχνία αναμονής στον αριστερό τομέα του *Front panel* και ανάβει εκείνη, που αντιστοιχεί στο κύκλωμα που θα μετρηθεί.

Τα *.txt* αρχεία μορφοποιούνται με τη χρήση *PHP script*, αμέσως μετά από μια επιτυχή υποβολή δεδομένων, ενώ στον Δικτυακό Τόπο εμφανίζεται η ιστοσελίδα επιβεβαίωσης των δεδομένων της συγκεκριμένης επιλογής.

Υπάρχει και η δυνατότητα υποβολής δεδομένων μέσω κινητών συσκευών, με τη χρήση *WML* σελίδων. Ο τρόπος με τον οποίο το *PHP script* στις *WML* σελίδες θα μορφοποιήσει τα αρχεία, που αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο κύκλωμα, είναι ο ίδιος. Δεν χρειάζεται, έτσι, καμία αλλαγή προκειμένου το VI να δεχτεί αυτά τα δεδομένα.

Όπως είδαμε και στις παραγράφους 2.2.2.2 και 2.2.3.2 αντίστοιχα, κατά τις μετρήσεις, που αφορούν τα κυκλώματα των N-JFET και P-MOS-FET, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να υποβάλει τα δεδομένα σε απλή μορφή. Μπορεί δηλαδή να επιλέξει μια μόνο τιμή για την τάση U1 και μια για την τάση U2. Στην περίπτωση αυτή οι σελίδες επιβεβαίωσης μορφοποιούν τα δεδομένα προσθέτοντας τις αντίστοιχες τιμές. Ορίζουν, δηλαδή, $U1_{start} = U1_{stop} = U1$, $U2_{start} = U2_{stop} = U2$ και $U1_{steps} = U2_{steps} = 1$, έτσι ώστε το VI να δεχτεί τα δεδομένα με το σωστό τρόπο.

Στο Σχήμα 3.16 βλέπουμε το στάδιο κατά το οποίο το VI λαμβάνει τις τιμές των $U1_{start}$, $U1_{stop}$, $U1_{steps}$ και $U2_{start}$, $U2_{stop}$, $U2_{steps}$ από το αντίστοιχο *stimuli.txt* αρχείο.



Σχήμα 3.16

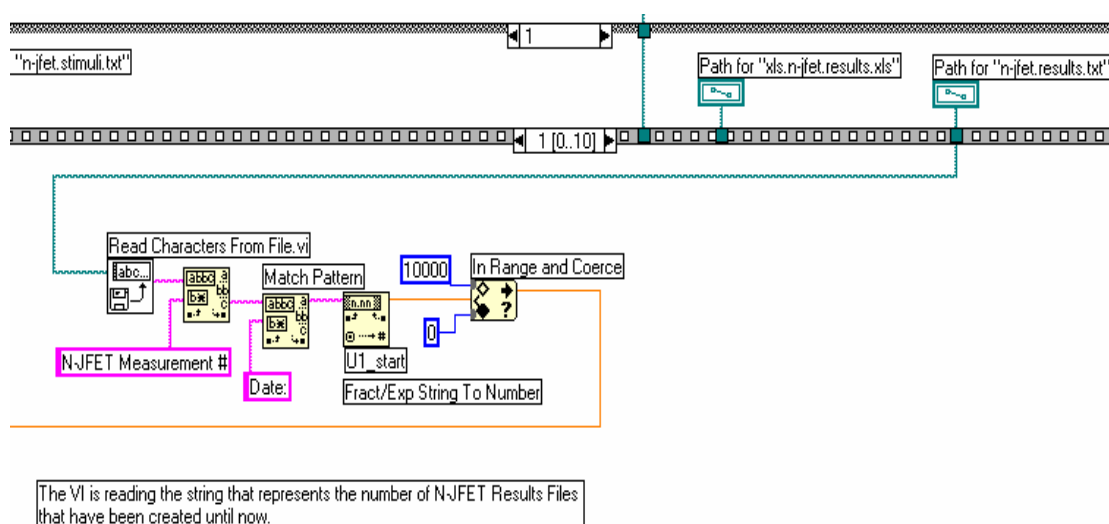
Λήψη από το VI των τιμών των τάσεων εισόδου και τροφοδοσίας στο N-JFET DUT

Η συγκεκριμένη περίπτωση αφορά το N-JFET, αλλά τα αντίστοιχα ισχύουν και για τα υπόλοιπα κυκλώματα.

Από τη στοιχειοσειρά (string) του *n-jfet.stimuli.txt* αρχείου λαμβάνονται τα ζητούμενα επιμέρους *strings*, τα οποία μετατρέπονται σε αριθμούς.

Στη συνέχεια οι τιμές των τάσεων τροφοδοσίας, που έχουν υποβληθεί, τίθενται εντός συγκεκριμένων ορίων, τα οποία επιβάλλουν τα κυκλώματα προς μέτρηση. Αυτό είναι ένα μέτρο προστασίας μέσω του λογισμικού, καθώς κάποια ανεπιθύμητη διακύμανση των τάσεων αυτών θα ήταν δυνατό να προκαλέσει ανεπανόρθωτη βλάβη στις ηλεκτρονικές διατάξεις της συγκεκριμένης υλοποίησης.

Μετά από μια επιτυχημένη υποβολή δεδομένων, το VI διαγράφει το προηγούμενο αρχείο αποτελεσμάτων (results.txt), που αφορά το συγκεκριμένο κύκλωμα. Προηγουμένως, όπως μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 3.17, το έχει διαβάσει, με σκοπό να καθορίσει τον αύξοντα αριθμό της τρέχουσας ακολουθίας μετρήσεων (που είναι ίσος με τον προηγούμενο αύξοντα αριθμό αυξημένο κατά μια μονάδα).

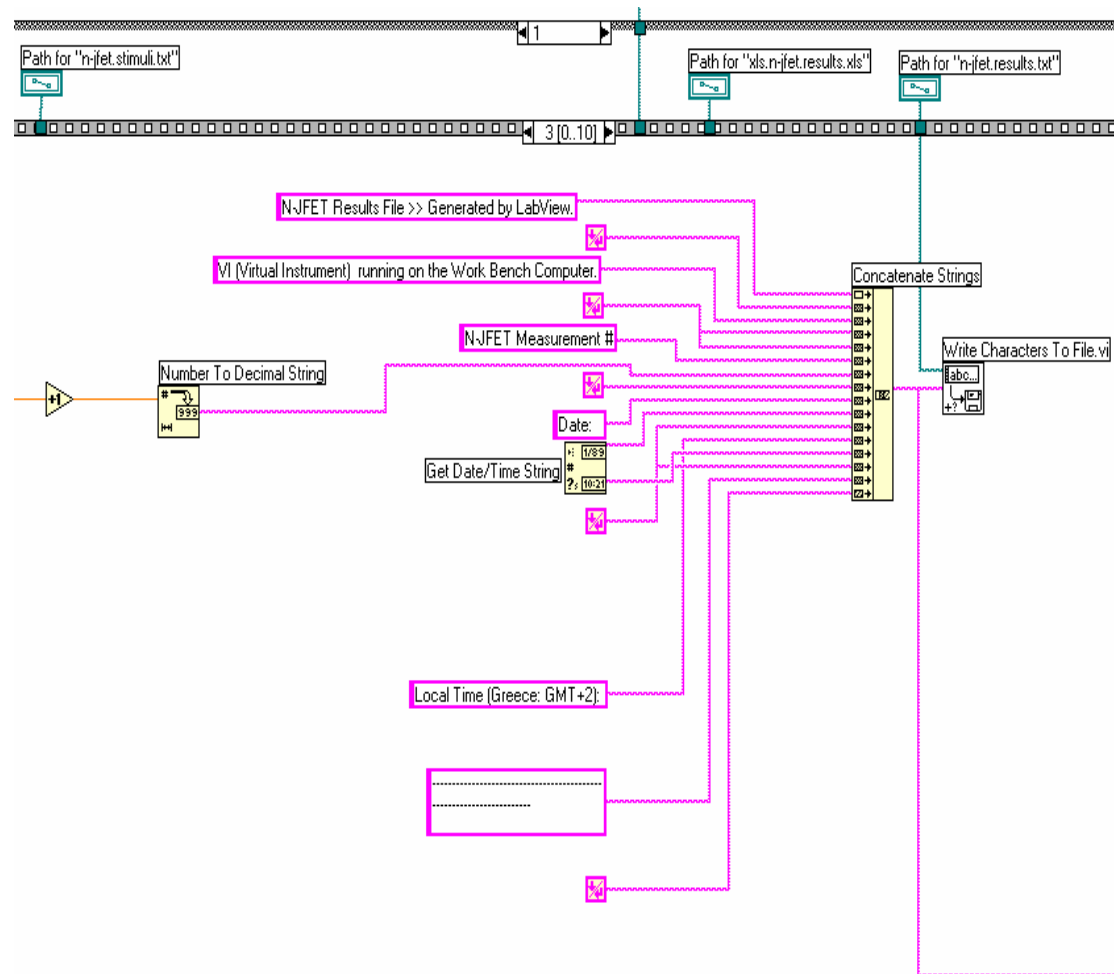


Σχήμα 3.17

Το VI διαβάζει τον αύξοντα αριθμό της προηγούμενης μέτρησης

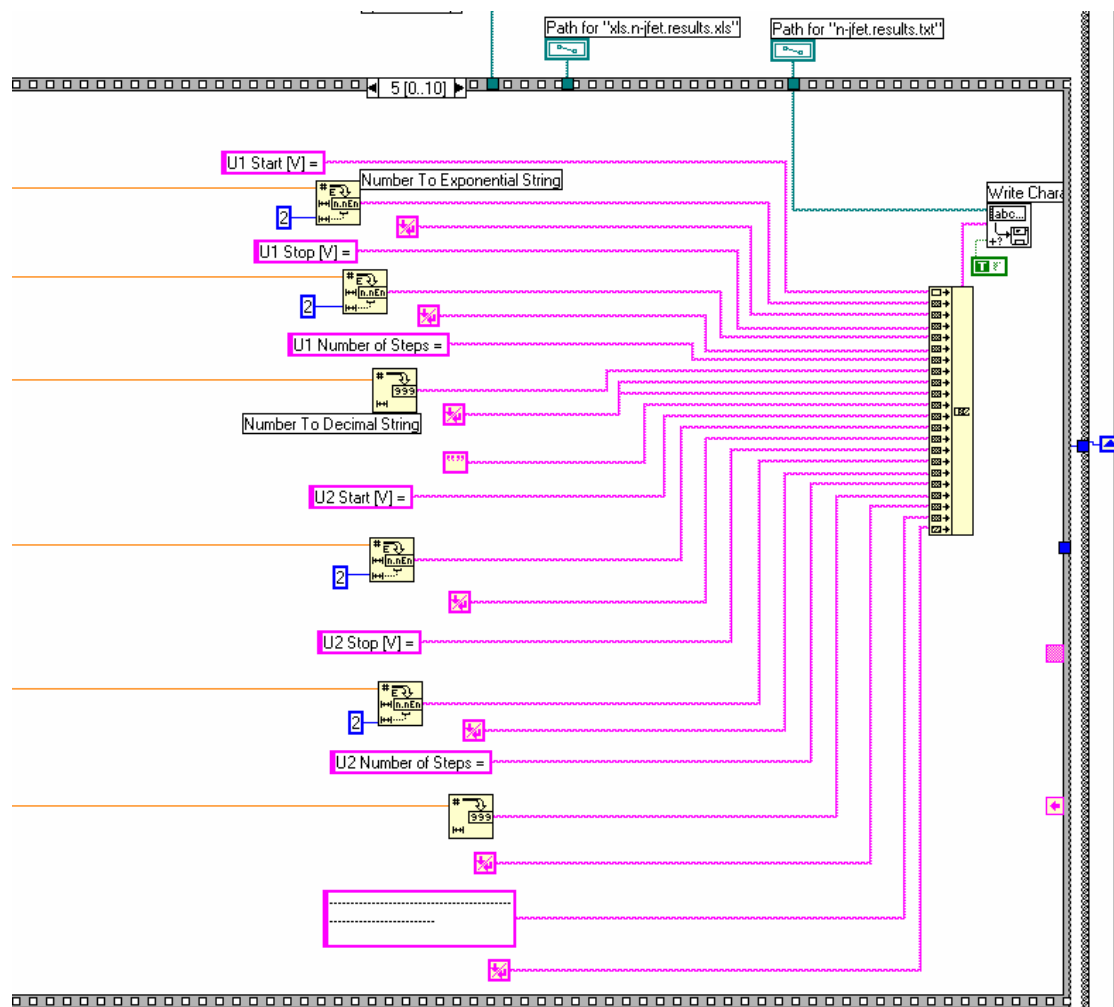
Όπως και κατά την αναγνώριση των τάσεων U1 και U2, που έχει υποβάλει ο χρήστης (Σχήμα 3.16), το ζητούμενο τμήμα (string) του αρχείου των αποτελεσμάτων αναγνωρίζεται ως ευρισκόμενο μεταξύ δύο γνωστών τμημάτων. Στη συγκεκριμένη περίπτωση του N-JFET (Σχήμα 3.17), ο αύξων αριθμός της μέτρησης ακολουθεί το string “N-JFET Measurement #” και προηγείται του string “Date:”. Κατόπιν το λαμβανόμενο *string* μετατρέπεται σε αριθμό και έτσι είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί από το VI.

Στη συνέχεια το αρχείο αποτελεσμάτων διαγράφεται και δημιουργείται ένα νέο. Καταρχήν δημιουργείται η επικεφαλίδα (Σχήμα 3.18), και μετά συμπληρώνονται τα στοιχεία των δεδομένων, που έχουν υποβληθεί (Σχήμα 3.19).



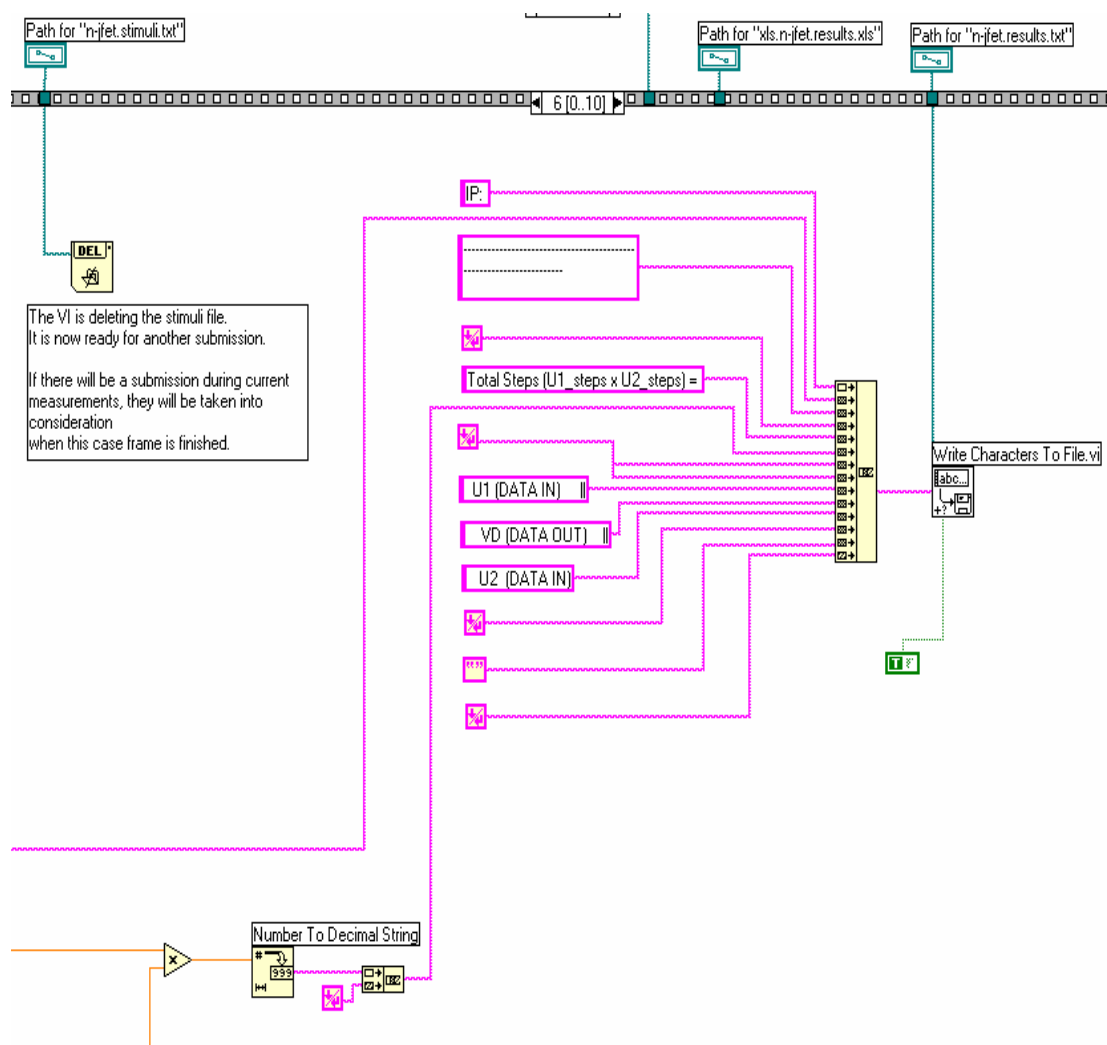
Σχήμα 3.18

Δημιουργία της επικεφαλίδας του αρχείου των αποτελεσμάτων

**Σχήμα 3.19**

Συμπλήρωση της επικεφαλίδας του αρχείου των αποτελεσμάτων με τα στοιχεία των δεδομένων

Αμέσως μετά αρχίζουν να συμπληρώνεται ο πίνακας των αποτελεσμάτων με τη δημιουργία καταρχήν της επικεφαλίδας, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.20.

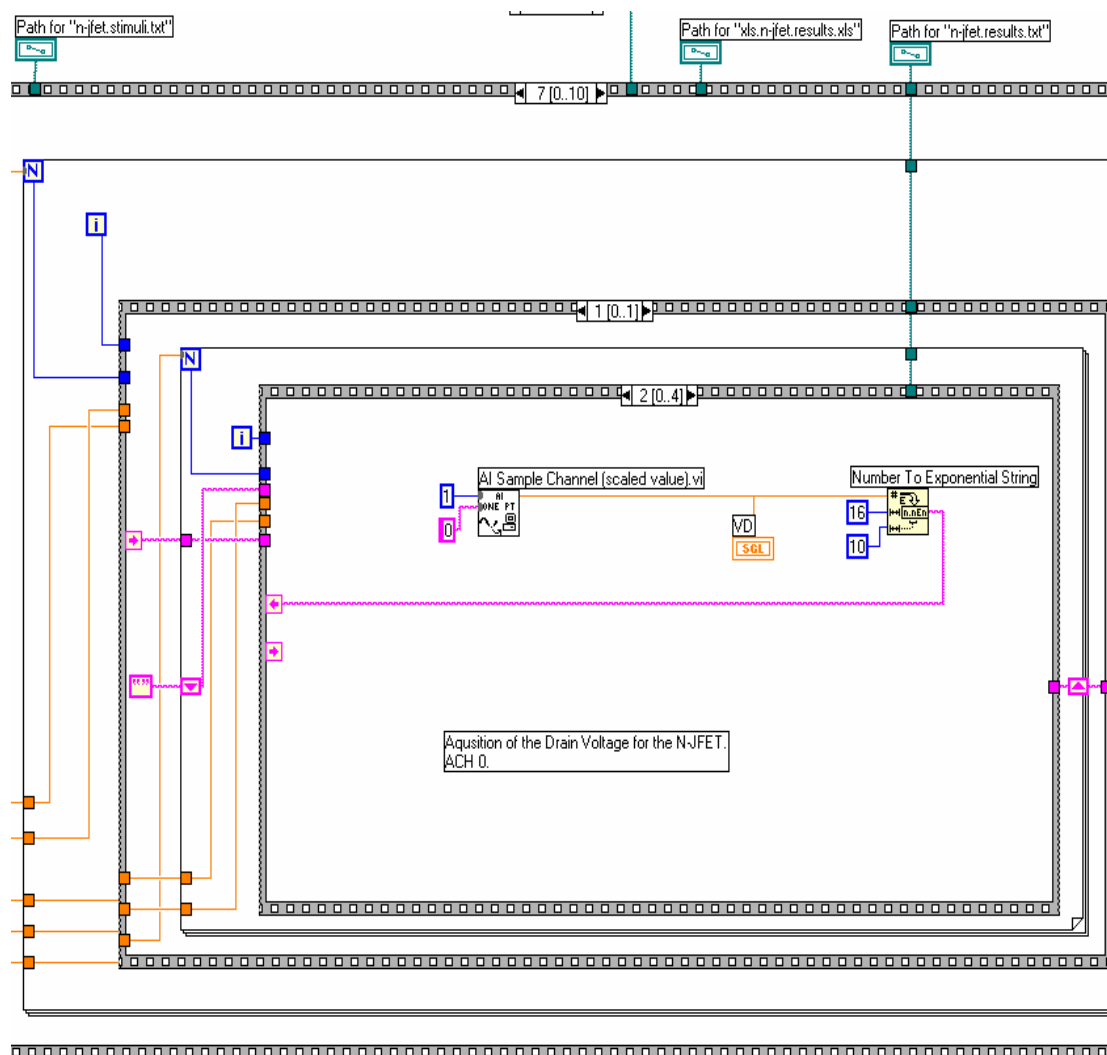


Σχήμα 3.20

Δημιουργία της επικεφαλίδας του πίνακα των αποτελεσμάτων

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ενδιάμεσες τιμές των $U1$, $U2$ και οι τάσεις αυτές παρέχονται από τα αντίστοιχα κανάλια εξόδου της πλακέτας 6024E, όπως είδαμε προηγουμένως στην παράγραφο 3.1.3. Οι τιμές αυτές απεικονίζονται και στο *Front panel*.

Τέλος λαμβάνονται οι μετρούμενες τάσεις, από τα αντίστοιχα πάλι κανάλια του 6024E (Πίνακας 2.16), όπως μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 3.21 (περίπτωση N-JFET). Και η μετρούμενη, κάθε φορά, τιμή της τάσης απεικονίζεται στο *Front panel*.



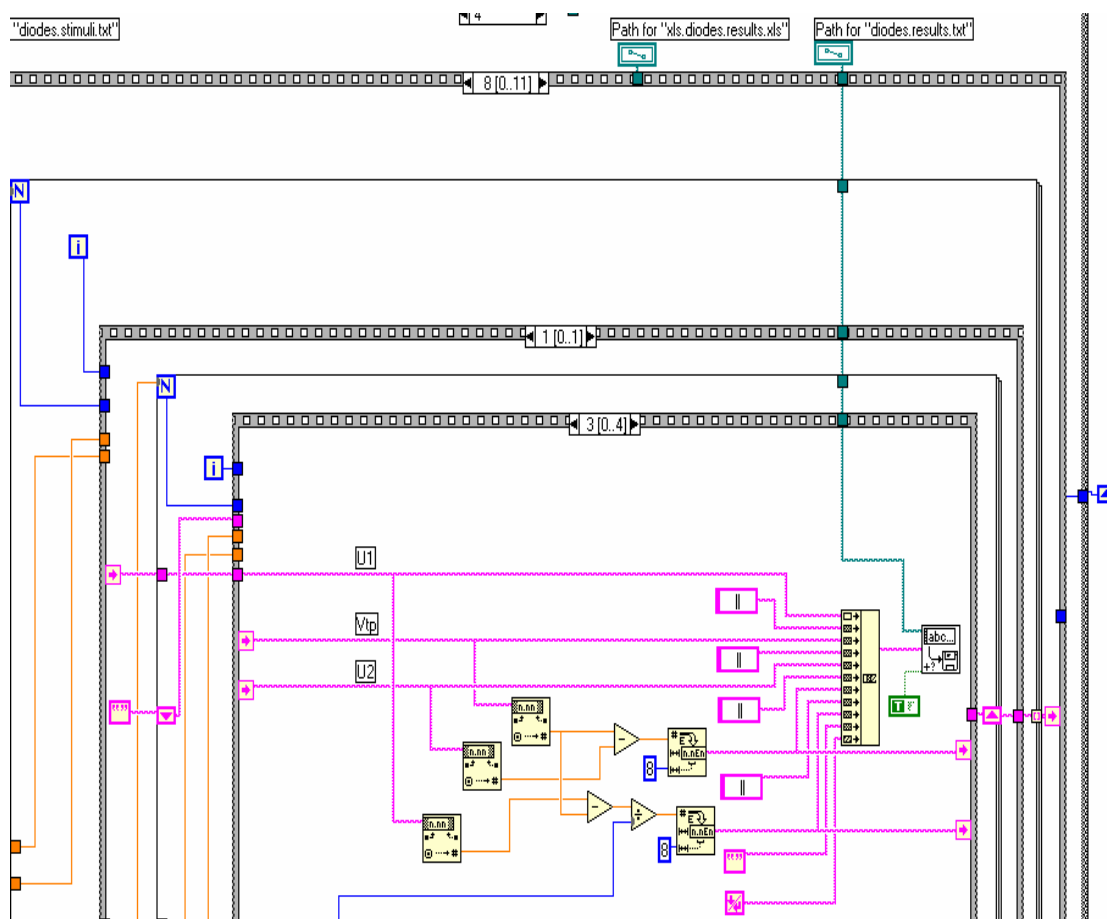
Σχήμα 3.21

Επίκτηση της μετρούμενης τάσης V_D στο N-JFET DUT

Στη συνέχεια οι τιμές αυτές μετατρέπονται σε *strings*, τα οποία συνενώνονται για να αποτελέσουν τις γραμμές του πίνακα των αποτελεσμάτων.

Στο Σχήμα 3.22 φαίνεται ο τρόπος σχηματισμού του πίνακα αυτού για το κύκλωμα των διόδων.

Εδώ, στον πίνακα των αποτελεσμάτων εμφανίζεται η τιμή V_D της τάσης στα άκρα της διόδου, καθώς και η τιμή I_D του ρεύματος, το οποίο διαρρέει τη διόδο. Οι υπολογισμοί αυτοί γίνονται από το VI, με βάση τις εξισώσεις (2.45) και (2.46) της παραγράφου 2.3.2.



Σχήμα 3.22

Συμπλήρωση του πίνακα των αποτελεσμάτων γραμμή προς γραμμή

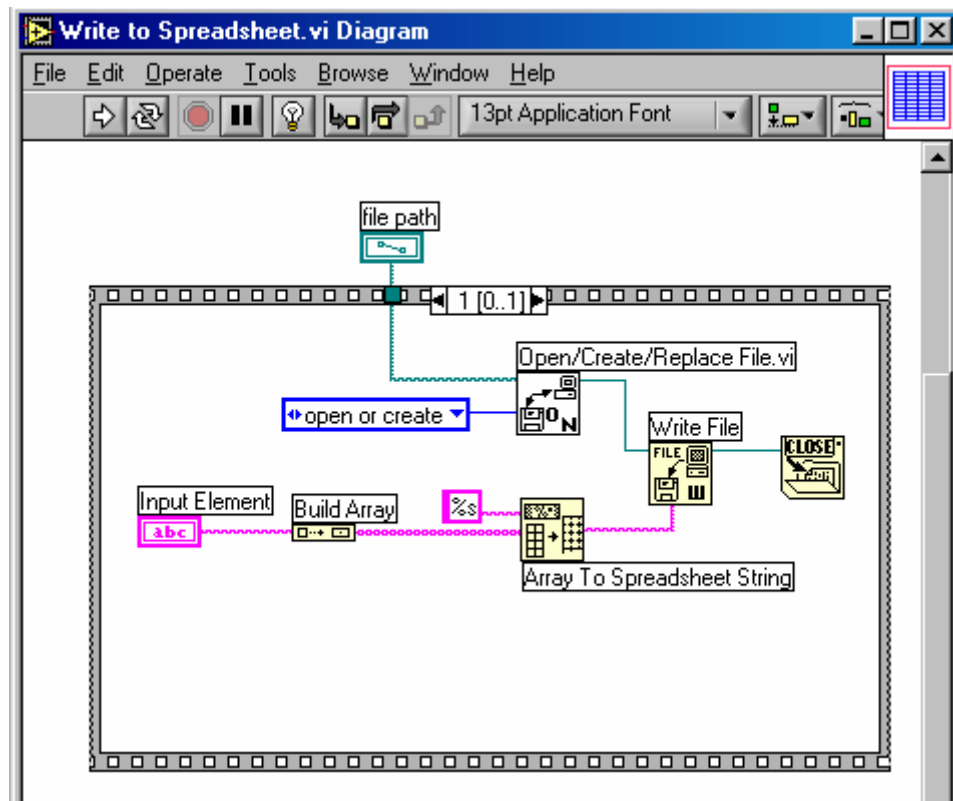
Τη δημιουργία των *text* αρχείων αποτελεσμάτων ακολουθεί η δημιουργία των αντίστοιχων *Excel* αρχείων.

Στην πραγματικότητα πρόκειται για αρχεία κειμένου (text files), τα οποία περιέχουν λογιστικά φύλλα (spreadsheets). Στα φύλλα αυτά χρησιμοποιούνται στηλοθέτες (tabs) για την οριοθέτηση μεταξύ των στηλών και στοιχειοσειρές τέλους γραμμής (EOL – End Of Line) για την οριοθέτηση μεταξύ των γραμμών.

Τα αρχεία αυτά, τα οποία μπορούν να αποθηκευτούν ως *Excel* αρχεία, παρέχουν τη δυνατότητα πραγματοποίησης μαθηματικών υπολογισμών για την επίλυση των κυκλωμάτων και τη δυνατότητα εξαγωγής στη συνέχεια γραφικών παραστάσεων.

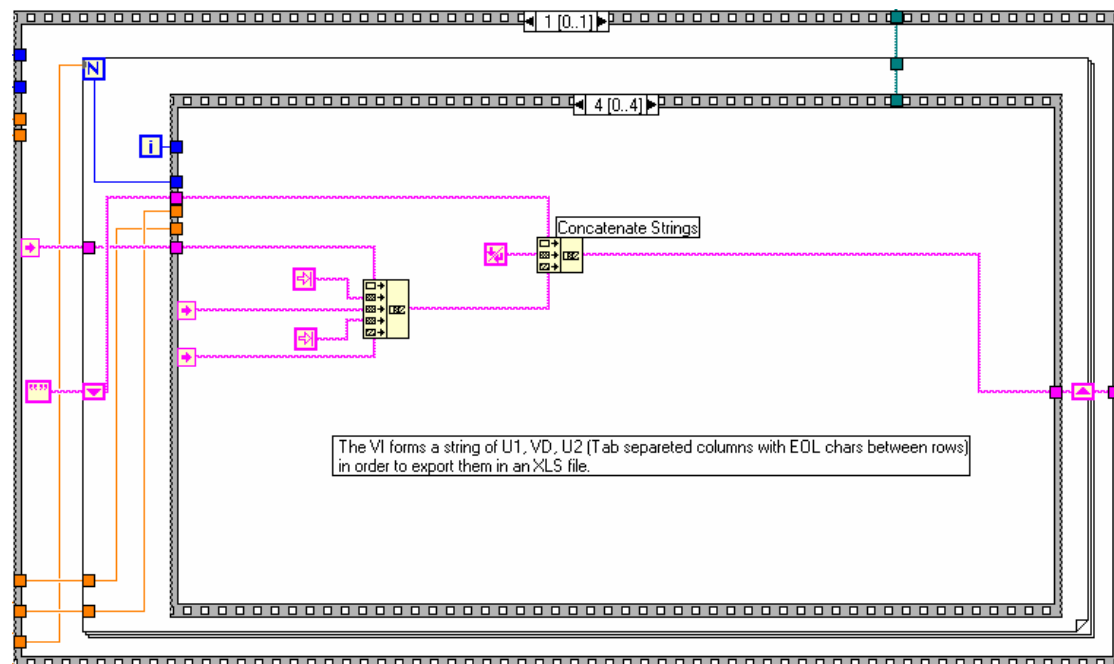
Στο Σχήμα 3.23 βλέπουμε το διάγραμμα ροής του **Write to Spreadsheet.vi**, το οποίο δημιουργεί τα *.xls* αρχεία, γράφοντας έναν πίνακα στοιχειοσειρών (string array) σε ένα λογιστικό φύλλο (spreadsheet).

Κάθε φορά πριν να δημιουργηθεί ένα τέτοιο αρχείο, εξαλείφεται (deleted) το αντίστοιχο προηγούμενο.



Σχήμα 3.23
Write to Spreadsheet.vi

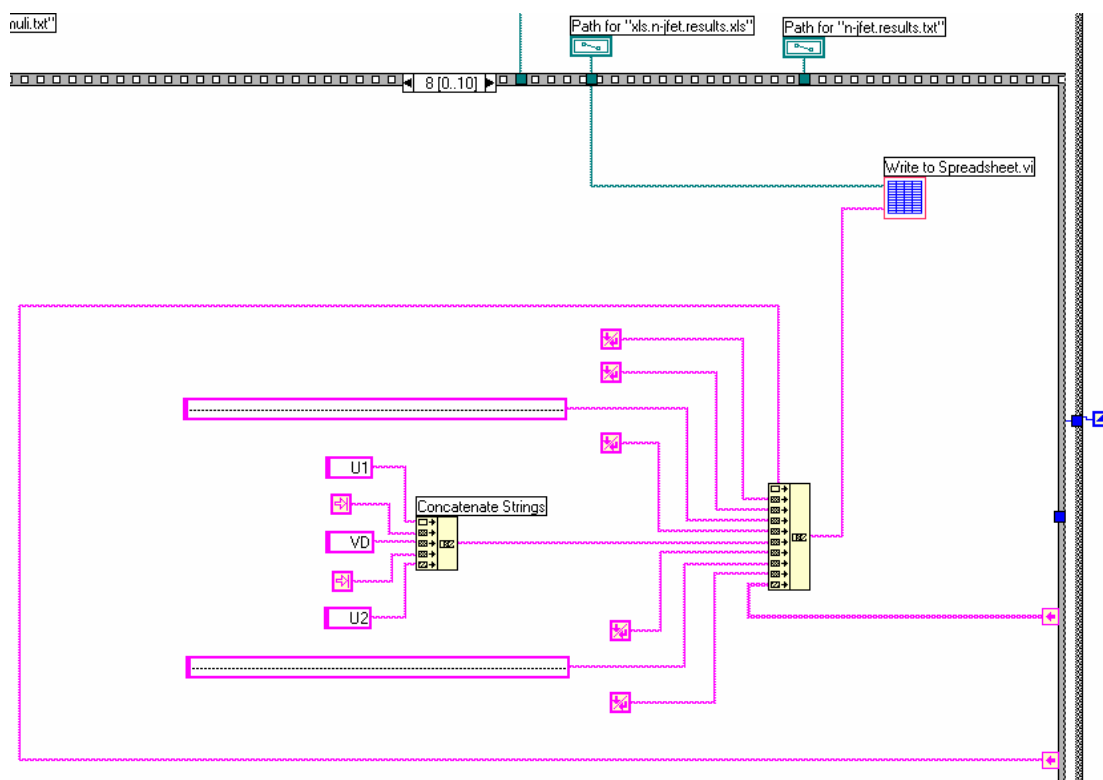
Στο Σχήμα 3.24 φαίνεται, στην περίπτωση του N-JFET, ο τρόπος σχηματισμού του *string*, το οποίο παίρνει ως είσοδο το *Write to Spreadsheet.vi*.



Σχήμα 3.24
Σχηματισμός των γραμμών του Excel αρχείου αποτελεσμάτων

Μετά από κάθε μέτρηση, τα *strings* των τάσεων U1, U2 και V_D, τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους από *tabs* (ώστε να οριοθετηθούν οι στήλες) συνενώνονται σε ένα *string*, το οποίο αντιστοιχεί σε μια γραμμή του λογιστικού φύλλου. Στη συνέχεια τα *strings* αυτά των γραμμών, που αντιστοιχούν στα αποτελέσματα της εκάστοτε ακολουθίας μετρήσεων συνενώνονται και πάλι σε ένα. Αυτή τη φορά για το διαχωρισμό τους χρησιμοποιούνται στοιχειοσειρές τέλους γραμμής (EOL strings).

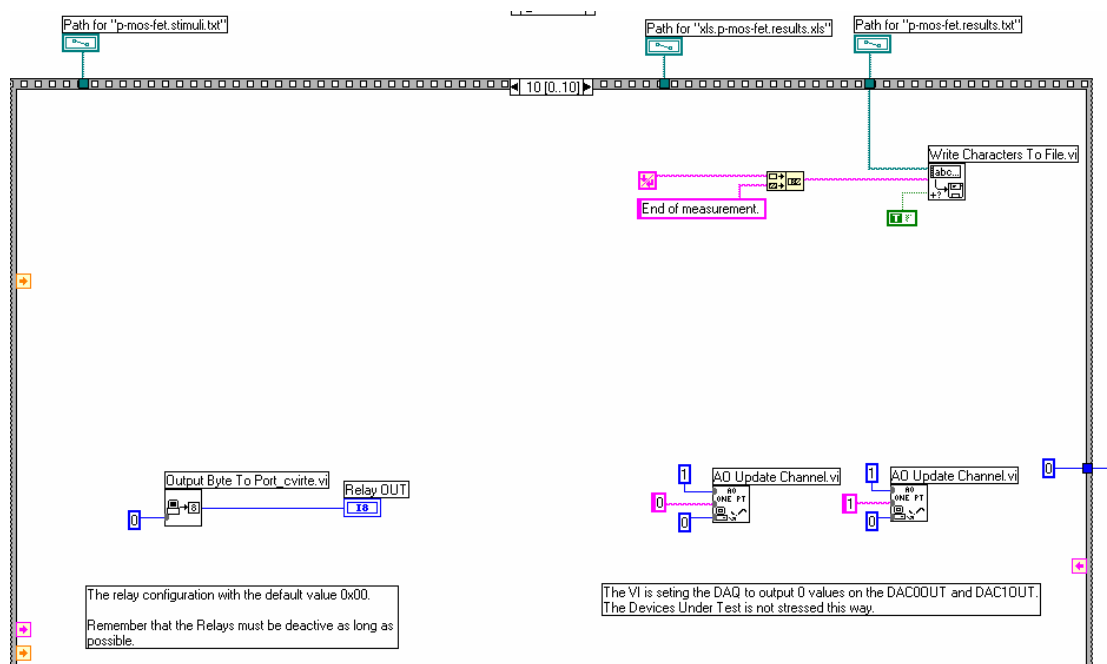
Με τον τρόπο αυτό μορφοποιείται η τελική στοιχειοσειρά, την οποία, αφού προστεθεί η επικεφαλίδα (Σχήμα 3.25), λαμβάνει ως είσοδο το **Write to Spreadsheet.vi**.



Σχήμα 3.25

Δημιουργία της επικεφαλίδας του πίνακα των αποτελεσμάτων στα XLS αρχεία

Ο χρόνος των μετρήσεων, όπως είναι φυσικό, εξαρτάται από τον αριθμό των ενδιάμεσων τιμών, που θα ζητήσει ο χρήστης. Έτσι, μέχρι να συμπληρωθεί πλήρως η ιστοσελίδα των αποτελεσμάτων, το *PHP script* ζητά από το χρήστη να την ανανεώσει. Το τέλος των μετρήσεων ανιχνεύεται από την παρουσία στο *dut.results.txt* της στοιχειοσειράς “*End of measurement*”, η οποία γράφεται από το VI αμέσως μετά τη συμπλήρωση της ακολουθίας των μετρήσεων, όπως μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 3.26 στο κύκλωμα του P-MOS-FET. Επίσης απενεργοποιούνται οι ηλεκτρονόμοι και μηδενίζονται οι έξοδοι των καναλιών εξόδου της πλακέτας 6024E.

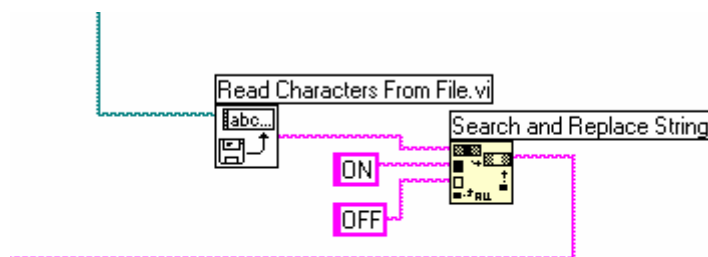


Σχήμα 3.26
Τέλος των μετρήσεων

3.1.4.2.3 Το Τελικό Στάδιο

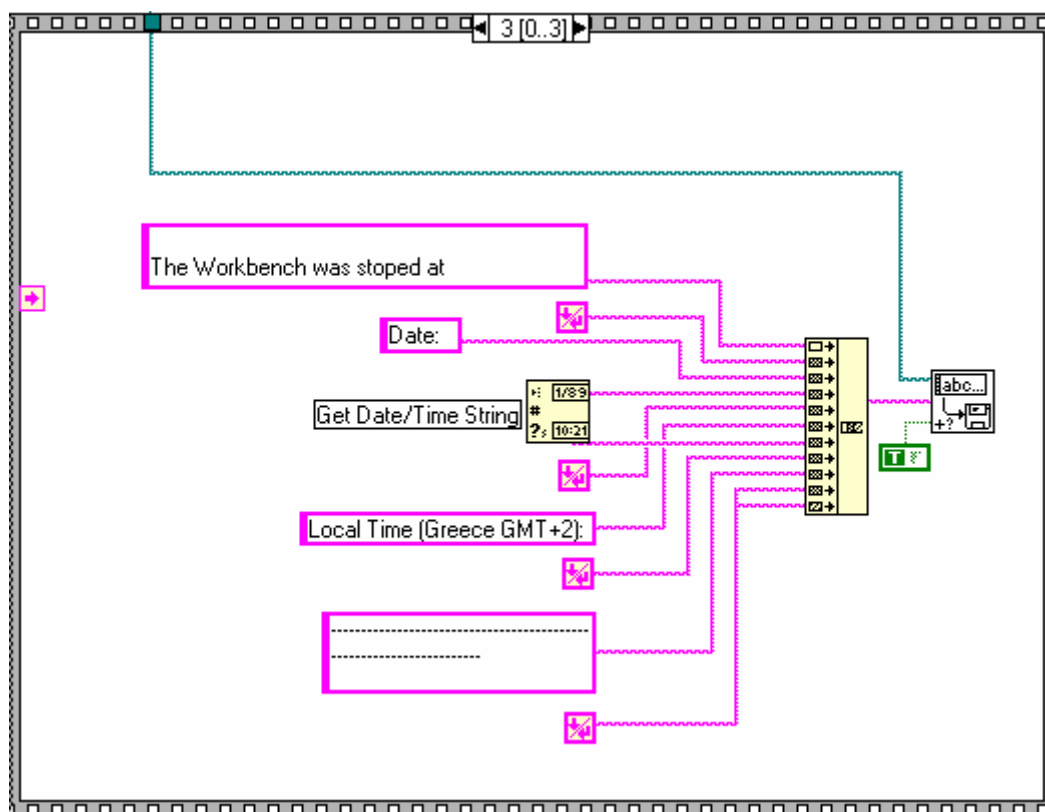
Αντίστοιχα με το στάδιο της έναρξης, κατά το τελικό στάδιο, ακριβώς πριν σταματήσει η λειτουργία του, το VI θέτει την ενδεικτική λυχνία αναμονής δεδομένων σε θέση *OFF*.

Στη συνέχεια αλλάζει το περιεχόμενο του αρχείου *workbench_status.txt* από ON σε OFF, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.27.



Σχήμα 3.27
Έγγραφο του “OFF” στο *workbench status.txt*

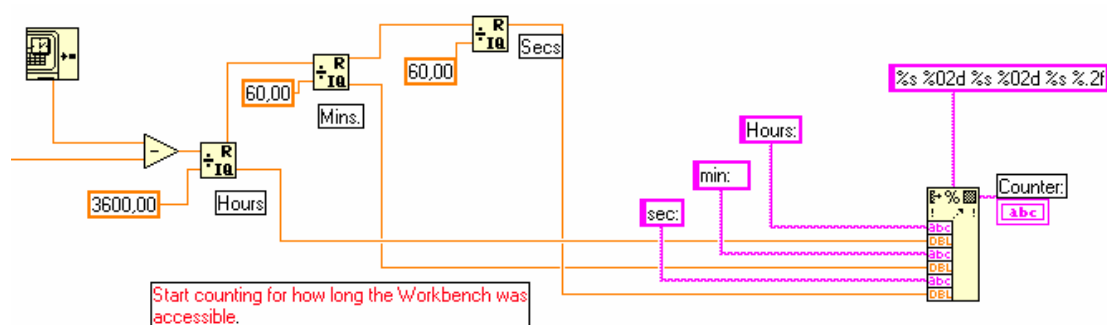
Τέλος αποθηκεύει την ημερομηνία και την ώρα παύσης της λειτουργίας του, όπως μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 3.28



Σχήμα 3.28

Αποθήκευση της ημερομηνίας και της ώρας παύσης λειτουργίας του VI στο *workbench_status.txt*

Θα πρέπει εδώ να αναφέρουμε, ότι σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας του VI, η τιμή του χρόνου που έχει παρέλθει από την έναρξη λειτουργίας του υπολογίζεται από ένα μετρητή (Σχήμα 3.29) και απεικονίζεται συνεχώς στο αντίστοιχο παράθυρο του *Front panel*.



Σχήμα 3.29

Μετρητής χρόνου λειτουργίας του VI

Κεφάλαιο 4

Ο ΔΙΚΤΥΑΚΟΣ ΤΟΠΟΣ (WEBSITE)

Ο Δικτυακός Τόπος (website) αποτελεί τη διεπαφή (interface) ανάμεσα στο χρήστη και την όλη υλοποίηση. Μέσα από το περιβάλλον του *website* αποκτά ο χρήστης πρόσβαση στο Εικονικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής και γνωρίζει τις δυνατότητες και τα κυκλώματα, που έχει στη διάθεσή του.

Επίσης με παραδείγματα υποβολής δεδομένων και αποτελέσματα προηγούμενων μετρήσεων παρέχεται στο χρήστη πολύτιμη βοήθεια στην επιλογή των μετρήσεων, που επιθυμεί να πραγματοποιήσει.

Εάν ο Σταθμός Μετρήσεων είναι *on line*, υπάρχει η δυνατότητα πραγματοποίησης μετρήσεων, τα αποτελέσματα των οποίων είναι διαθέσιμα σε *txt* και *xls* αρχεία. Στην περίπτωση που ο σταθμός Μετρήσεων είναι *off line* ο χρήστης έχει πρόσβαση στα αρχεία αποτελεσμάτων των πλέον πρόσφατων μετρήσεων σε κάθε ένα από τα κυκλώματα προς μέτρηση.

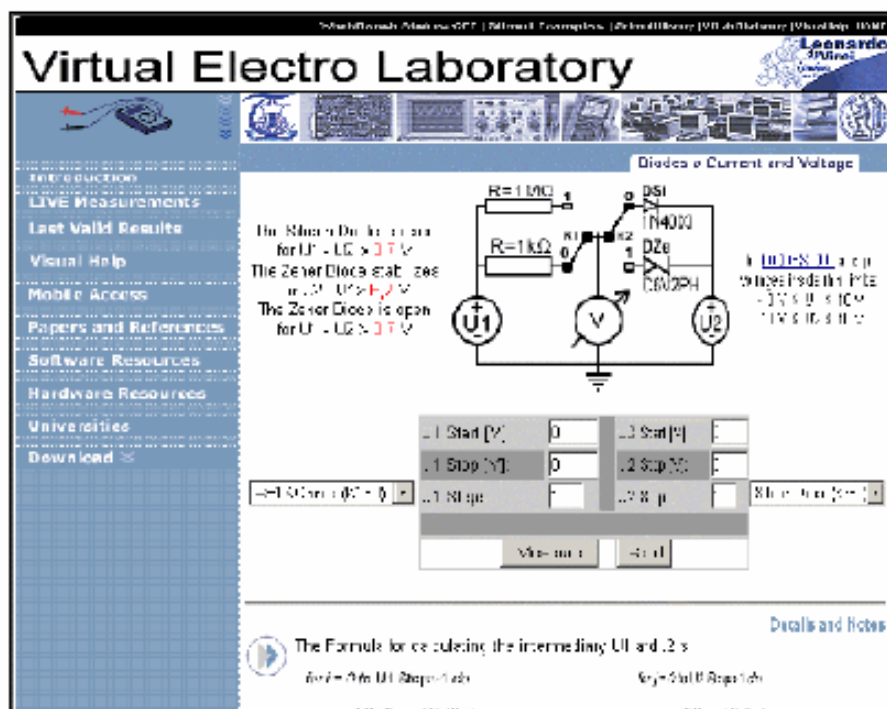
Από όλα τα παραπάνω γίνεται αντιληπτή η πολύ μεγάλη σημασία, που έχει ο Δικτυακός Τόπος για την όλη εφαρμογή. Γιαυτό η περιγραφή του θα πραγματοποιηθεί σε ιδιαίτερο κεφάλαιο, παρόλο που αυτός αποτελεί ουσιαστικά μέρος του λογισμικού.

4.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ

Για τη δημιουργία του *website* και τη δημοσίευση του στο Διαδίκτυο χρησιμοποιήθηκαν τα εργαλεία της *Macromedia®*. Τα ίδια εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν και στη σειρά πολυμέσων της Οπτικής βοήθειας (Visual Help).

Στο Σχήμα 4.1 μπορούμε να δούμε την ιστοσελίδα εισαγωγής δεδομένων για το κύκλωμα των διόδων, η οποία βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση

<http://147.102.16.98/VELab/sitethree/diodes/diodes.stimuli.php>.



Σχήμα 4.1

Ιστοσελίδα εισαγωγής δεδομένων για το κύκλωμα των διόδων

Στο αριστερό μέρος της ιστοσελίδας, βλέπουμε το δυναμικό κατακόρυφο μενού, το οποίο, από κοινού με τα *shortcuts* (οριζόντιο μενού) στο επάνω μέρος της σελίδας, και το μενού εικόνων κάτω από το λογότυπο του *Virtual Electro Laboratory*, καθορίζουν τη δομή του Δικτυακού Τόπου.

Στον Πίνακα 4.1 φαίνονται όλες οι επιλογές των μενού. Χρησιμοποιείται η Αγγλική γλώσσα, η οποία είναι και η γλώσσα του Δικτυακού Τόπου.

Πίνακας 4.1

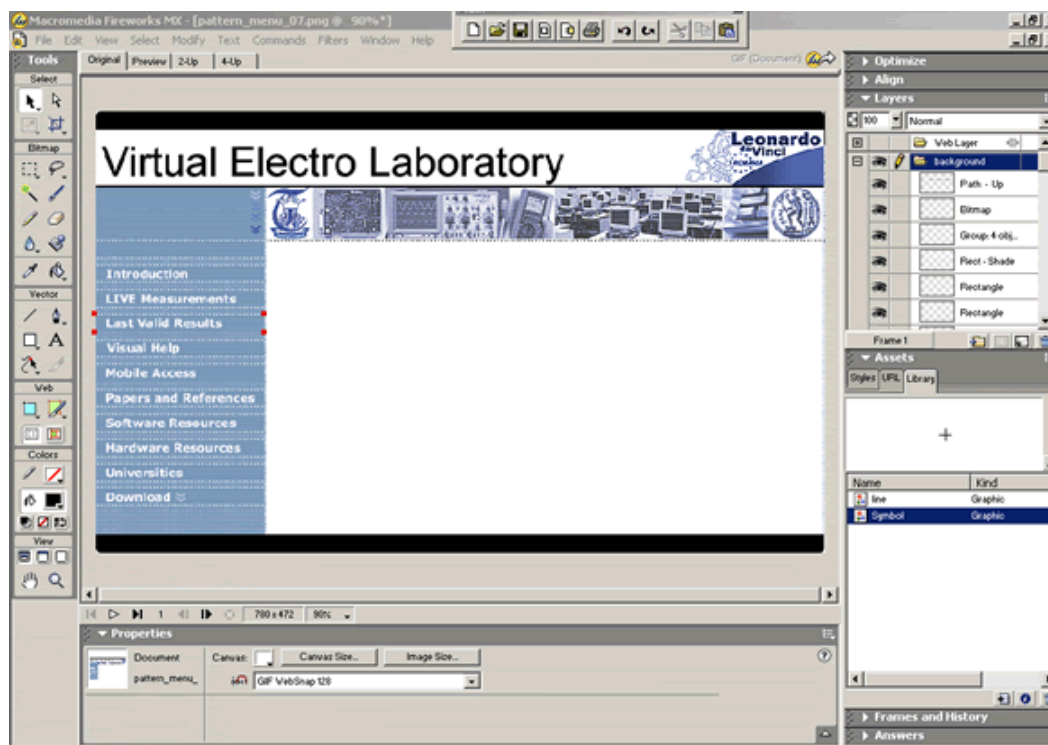
ΚΥΡΙΟ ΜΕΝΟΥ	
Introduction	Short about
	How is it Done?
	Mission Statement
Live Measurements	N-JFET » Drain Voltage
	N-JFET » Multiple Drain Voltages
	P-MOS-FET » Drain Voltage
	P-MOS-FET » Multiple Drain Voltages
	FET Race » Drain Voltages
	BJT » Base and Collector Voltage
Last Valid Results	Diodes » Currents and Voltages
	N-JFET » Drain Voltage
	P-MOS-FET » Drain Voltages

	FET Race » Drain Voltages
	BJT » Base and Collector Voltages
	Diodes » Currents and Voltages
Visual Help	VELab v4
	Briefing for VELab v4
	VELab v3
Mobile Access	N-JFET Drain Voltage (WML)
	N-JFET Last Result Drain Voltage (WML)
	Mobile Devices / Browsers
	Compatibility
Papers and References	Resent
	XLS Files
	Data Sheets
	Project Versions
	VELab Dictionary
	Stimuli Examples
	Stimuli History
Software Resources	VI File
	HTML Files
	PHP Files
	LabVIEW 6i
	WEBSITE
Hardware Resources	Electronic Components
	Devices Under Test
	PCI – 6024E
	Relay Bench
	DAQ Connector
	GRIB
	Workbench Computer
	LAN
Universities	UNITBV – Romania
	NTUA – Greece
	Other Universities
	Leonardo da Vinci
	People
Download	

MΕΝΟΥ ΕΠΙΚΕΦΑΛΙΔΑΣ
Workbench Status
Stimuli Examples
Stimuli History
VELab Dictionary
Visual Help
Home

Για τη δημιουργία του δυναμικού μενού χρησιμοποιήθηκε το *Macromedia Fireworks MX*.

Στο Σχήμα 4.2 φαίνεται το περιβάλλον του *Fireworks* και το αρχείο της βασικής όψης του *VELab*.



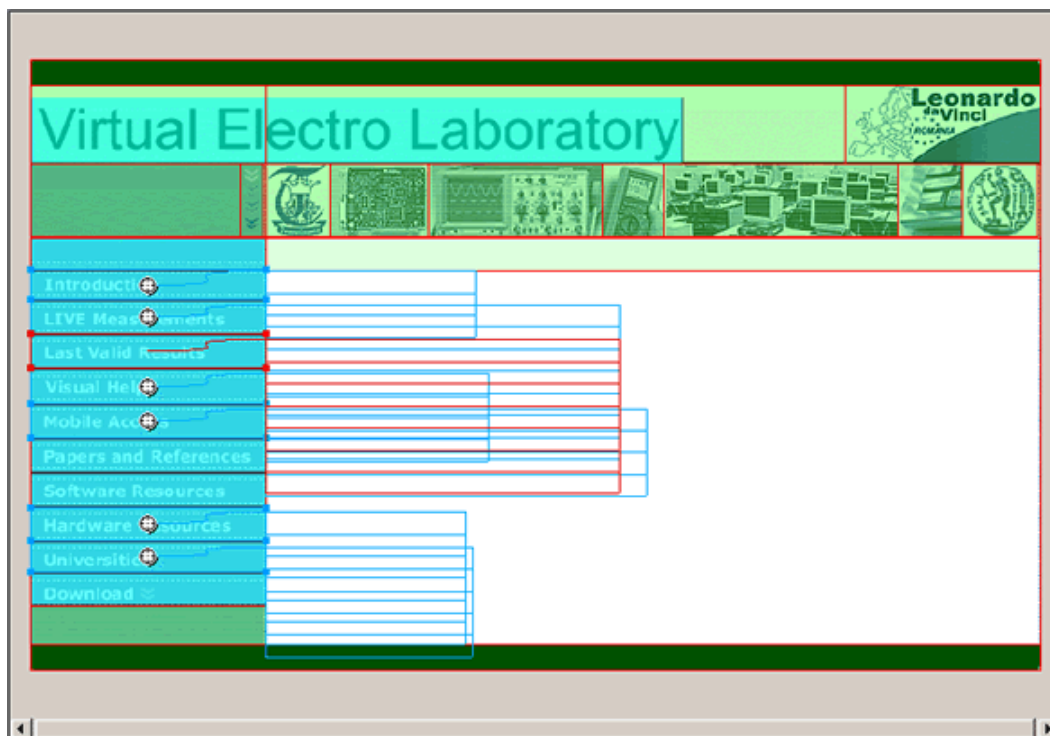
Σχήμα 4.2
Macromedia Fireworks MX

Το κύριο χαρακτηριστικό του *Macromedia Fireworks*, που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη υλοποίηση είναι η δυνατότητα δημιουργίας μενού, που παρέχει. Πολύ εύκολα, βήμα προς βήμα, δημιουργείται έτσι ένα ελκυστικό οριζόντιο ή κατακόρυφο μενού.

Στη συνέχεια το *PNG* αρχείο που λαμβάνεται από το *Fireworks* θα πρέπει να μετατραπεί σε *HTML* σελίδα. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με τη χρήση κώδικα *JavaScript*. Το μενού λοιπόν θα χρησιμοποιήσει ένα *JavaScript* αρχείο. Ο πυρήνας αυτού του αρχείου προέρχεται από το *Netscape* και είναι ελεύθερης χρήσης.

Στο Σχήμα 4.3 βλέπουμε να δημιουργείται στο *Fireworks* η περιοχή των υπερσυνδέσμων (*hyperlinks*) και οι αναπτυσσόμενες περιοχές (*slices*), οι οποίες διευκολύνουν τις επιλογές, βελτιώνοντας κατά πολύ τη συνολική εικόνα τη όλης υλοποίησης. Η περιοχή των *hyperlinks* απεικονίζεται με γαλάζιο χρώμα, ενώ πράσινα είναι τα *slices*.

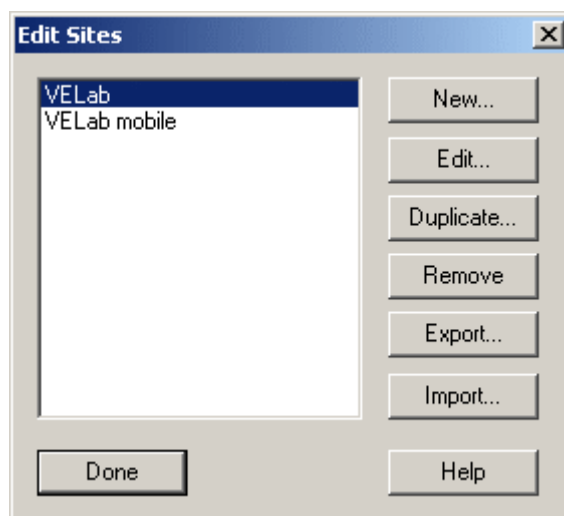
Υπάρχουν πολλοί τρόποι μετατροπής ενός *PNG* αρχείου σε *HTML*. Στη συγκεκριμένη υλοποίηση χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος *Tables using spacers and images in subfolder*, κατά τη οποία η σελίδα μορφοποιείται ως πίνακας (*table*), με τη χρήση εικόνων (*images*) ως διαχωριστών (*spacers*). Οι εικόνες αποθηκεύονται σε ένα ειδικό κατάλογο (*folder*), με την ονομασία *images*, κάτι που θα αποδειχτεί πολύ χρήσιμο στη συνέχεια κατά την εργασία σε περιβάλλον *Macromedia Dreamweaver MX*.

**Σχήμα 4.3**

Δημιουργία του μενού στο Macromedia Fireworks MX

Μετά τη μετατροπή του αρχείου που δημιουργήσαμε στο *Fireworks*, σε αντίστοιχο *HTML*, το αρχείο αυτό έπρεπε να τροποποιηθεί, ώστε να είναι δυνατή η χρήση του ως *pattern* και η προσθήκη σε αυτό κάποιων επιπλέον στοιχείων, όπως το μικρό οριζόντιο μενού στο επάνω μέρος της σελίδας.

Στο Σχήμα 4.4 βλέπουμε το παράθυρο επεξεργασίας Δικτυακών Τόπων (edit sites window) στο *Dreamweaver*.

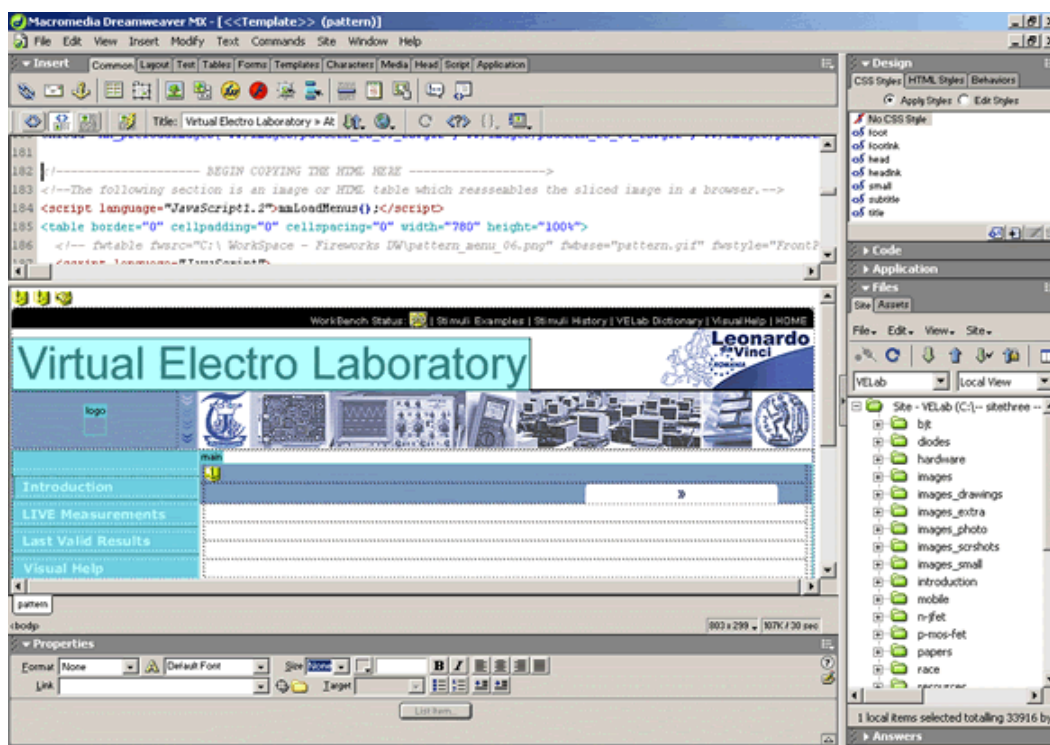
**Σχήμα 4.4**

Edit Sites window στο Macromedia Dreamweaver

Κατά την ανάπτυξη του Δικτυακού Τύπου δημιουργήθηκε καταρχήν ένα *template*, που αποτελεί τη βάση της εμφάνισης του website.

Η δημιουργία του βασίστηκε στη δημιουργία ζωνών, για τις οποίες υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας, και την προσθήκη κατόπιν του *PHP script*, το οποίο ανιχνεύει εάν ο Σταθμός Μετρήσεων είναι *on line*.

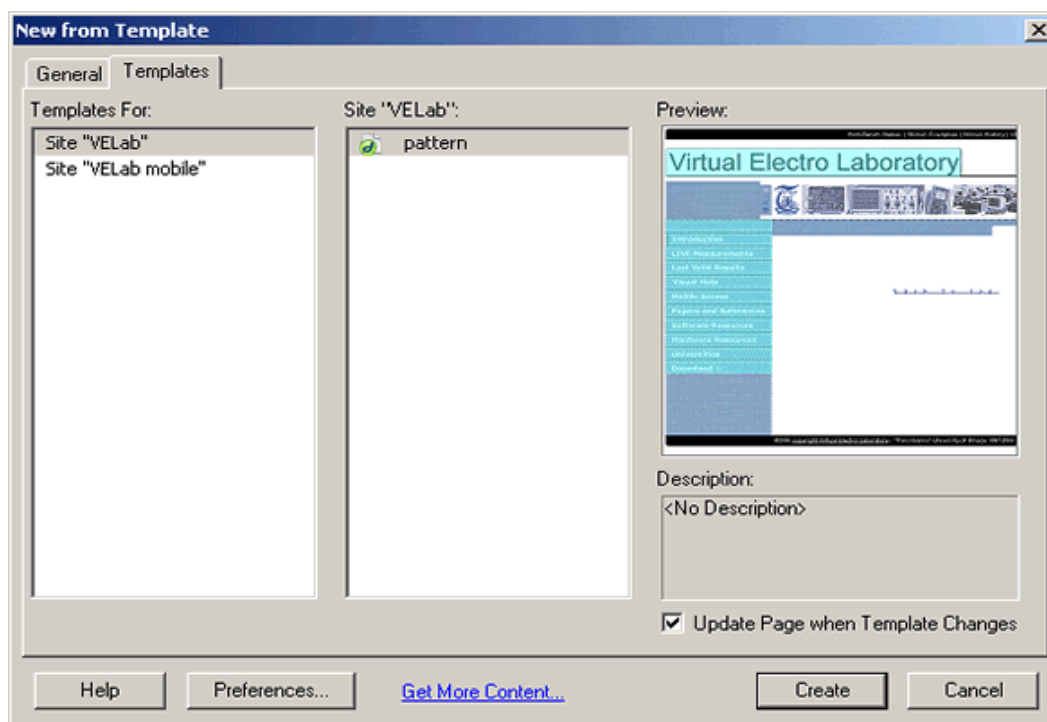
Στο Σχήμα 4.5 μπορούμε να δούμε ένα στιγμιότυπο από τη δημιουργία, σε περιβάλλον *Macromedia Dreamweaver*, του παραπάνω *template*.



Σχήμα 4.5

Δημιουργία του *template* στο *Macromedia Dreamweaver*

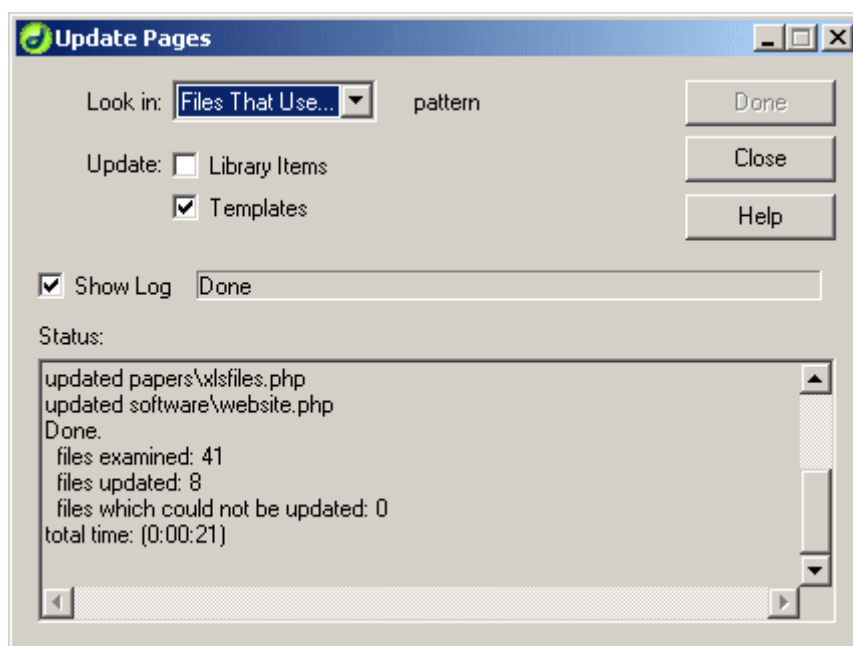
Το *New from Template* παράθυρο, μέσα από το οποίο δημιουργήθηκαν στη συνέχεια όλες οι ιστοσελίδες του *Velab website*, με βάση το *template* αυτό, φαίνεται στο Σχήμα 4.6



Σχήμα 4.6
To new from template window

Στο παραπάνω σχήμα μπορούμε να παρατηρήσουμε, ότι έχει ενεργοποιηθεί η επιλογή ανανέωσης της ιστοσελίδας μετά από κάθε τροποποίηση του *template*.

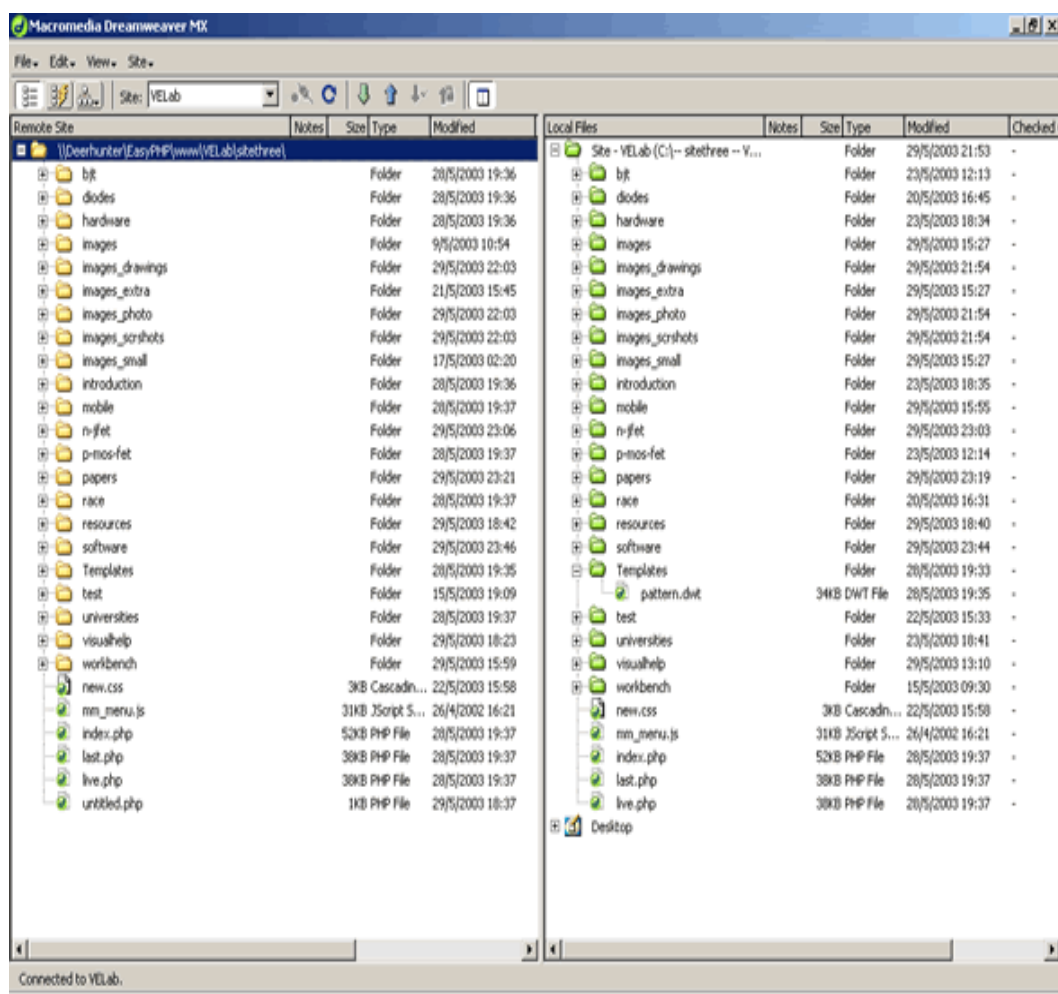
Αυτό σημαίνει, ότι μόλις το *template* τροποποιηθεί, το *Dreamweaver* ψάχνει σε όλο το Δικτυακό Τόπο για τυχόν αρχεία, που προέρχονται από αυτό, και στη συνέχεια προχωρεί στην ανανέωσή τους. Η διαδικασία αυτή απεικονίζεται στο Σχήμα 4.7.



Σχήμα 4.7
Αυτόματη ανανέωση ιστοσελίδων μετά από μεταβολή του template

Τα αρχεία, που απαρτίζουν το *website* περιλαμβάνονται σε δύο ακριβώς ίδιους καταλόγους (folders). Ο πρώτος από αυτούς βρίσκεται στον κεντρικό υπολογιστή (Workbench Computer) του Σταθμού Μετρήσεων, ενώ ο δεύτερος είναι εγκατεστημένος στον *server* υπολογιστή (Deerhunter computer).

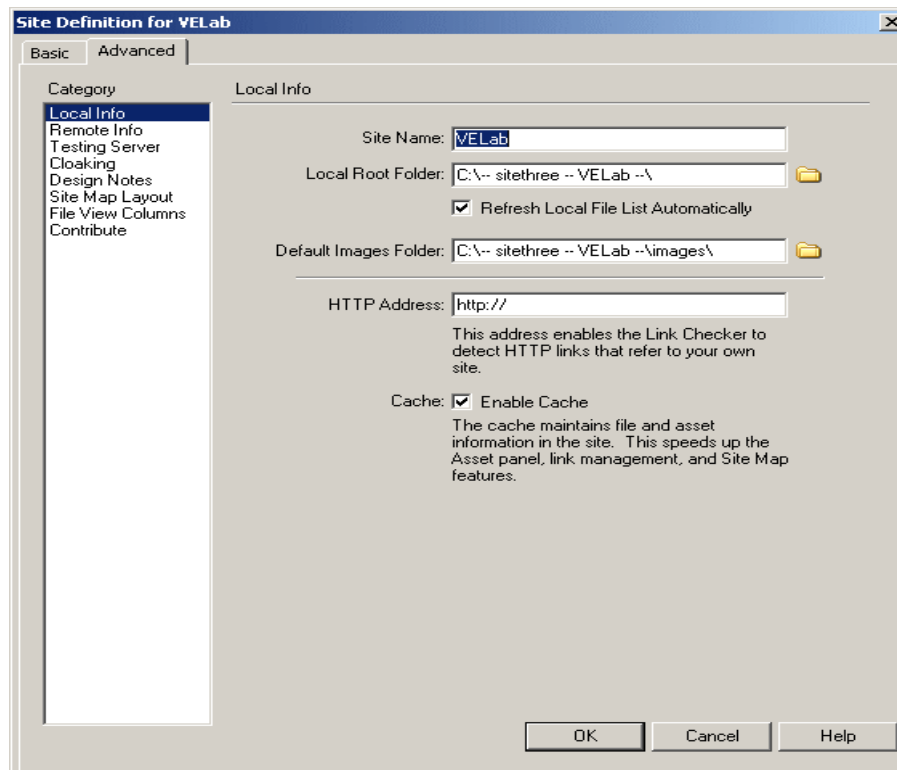
Στο Σχήμα 4.8 μπορούμε να δούμε τα δύο αυτά *folders*. Το αριστερό είναι εκείνο, που βρίσκεται στον κεντρικό υπολογιστή (C:\--sitethree--velab) και το δεξιό εκείνο που έχει εγκατασταθεί στον *server* (C:\Easy PHP\www\VELab\sitethree)



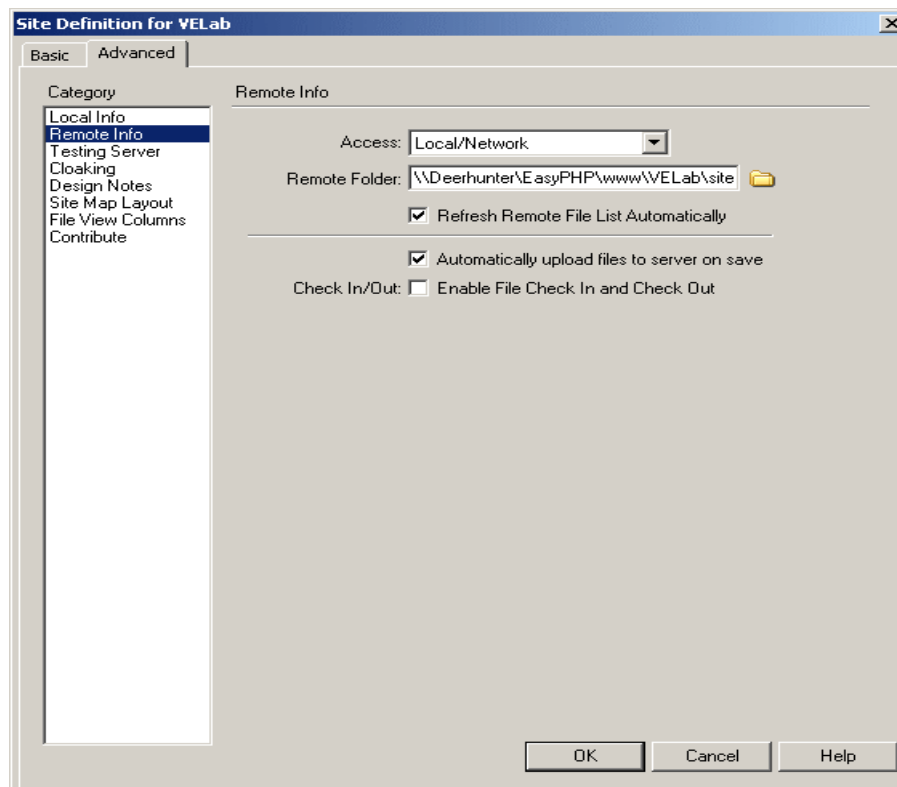
Σχήμα 4.8

Τα *local folder* και *remote folder* στο Macromedia Dreamweaver

Τα χαρακτηριστικά του *folder*, που βρίσκεται στον *Workbench* (Local site definitions), φαίνονται στο Σχήμα 4.9, ενώ εκείνα του *folder*, που βρίσκεται στον *Deerhunter* (Remote site definitions), φαίνονται αντίστοιχα στο Σχήμα 4.10.



Σχήμα 4.9
Local folder definitions



Σχήμα 4.10
Remote folder definitions

Τα αρχεία, που περιλαμβάνονται στο *folder* “C:\--sitethree--velab” του *Workbench*, μεταφέρονται στο αντίστοιχο *folder* “C:\EasyPHP\www\VELab\sitethree” του *server* μέσω του τοπικού δικτύου LAN.

Η δομή των αρχείων στο *server* είναι και θα πρέπει να παραμείνει ακριβώς όμοια με αυτή εκείνων, που βρίσκονται στον κεντρικό υπολογιστή. Τα αρχεία ανανεώνονται στον *server* κάθε φορά που μεταβάλλονται.

Στον *server* τρέχει το πρόγραμμα *EasyPHP*. Το *EasyPHP* είναι ένα γαλλικό πακέτο λογισμικού, το οποίο προσομοιώνει τον *Apache server* στον υπολογιστή στον οποίο είναι εγκατεστημένο. Φυσικά είναι εγκατεστημένο και το πακέτο του *PHP* για τα *Windows*, και έτσι καθίσταται δυνατή η μετάφραση (interpreting) του *PHP scripting*.

Ο Δικτυακός Τόπος <http://147.102.16.98> κατευθύνεται στο *folder* C:\EasyPHP\www\ του *server*. Έτσι για την ανάπτυξη του Εικονικού ηλεκτρονικού Εργαστηρίου (Virtual Electro Laboratory), αρκούσε η δημιουργία του *folder* “VELab” μέσα στο παραπάνω *folder*.

Στον κατάλογο C:\EasyPHP\www\VELab του *Deerhunter* (server computer) περιλαμβάνονται τα:

- **mobile** (folder)
- **siteone** (folder)
- **sitetwo** (folder)
- **sitethree** (folder)
- **index.php** (file)

Το αρχείο *index.php* έχει σαν σκοπό την επανακατεύθυνση του χρήστη στην τελευταία έκδοση του Δικτυακού Τύπου *VELab*, η οποία διατίθεται στο *folder sitethree*. Οι εκδόσεις των *siteone* και *sitetwo* δεν χρησιμοποιούν *PHP*, αλλά βασίζονται στα πακέτα λογισμικού *Microsoft Information Interhange Server* και *Front Page Server Extensions*. Η αναφορά σε αυτές τις εκδόσεις του *VELab* γίνεται απλά για να δειχθεί το ιστορικό της παρούσας υλοποίησης.

Στο Σχήμα 4.5, όπου φαίνεται το περιβάλλον εργασίας στον *Macromedia Dreamweaver*, μπορούμε να δούμε, στο δεξιό μέρος της οθόνης, ανοικτές τις επιλογές των μενού **Design** και **Files**.

Το **Design** μενού περιλαμβάνει τα διαθέσιμα *cascade style sheets* αρχεία στο συγκεκριμένο *site*. Για το *VELab* έχει δημιουργηθεί το *Cascade Style Sheets* αρχείο *new.css*, του οποίου το περιεχόμενο είναι το παρακάτω:

```
/* *****  
***** */  
/* GENERAL LOOK of the Page */  
/* ***** */  
body {  
background-color: #ffffff;  
font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;  
font-size: 10pt;  
margin-top: 0;  
margin-bottom: 1;  
margin-left: 1;  
color: #000000; }
```

```
/*
*****
*****
/* Paragraphs' Styles Here: */
*****
p {
    font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;
    font-size: 10pt;
    margin-top: 0;
    margin-bottom: 0;
    margin-left: 0;
    color: #000000; }

.title {
    background-color: #ffffff;
    font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;
    color: #333366;
    text-align: center;
    font-weight: bold;
    font-size: 13pt;
    /*text-indent: 3;*/}

.subtitle {
    /*background-color: #7999ba;*/
    background-color: #ffffff;
    font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;
    color: #7999ba;
    text-align: right;
    font-size: 11pt;
    font-weight: bold; }

.head { /* for the header items */
    font-size: 8pt;
    font-weight: bold;
    color: #cccccc; }

.foot { /* for the footer items */
    font-size: 7pt;
    font-weight: bold;
    color: #cccccc;
    letter-spacing: 0; }

.small {
    font-size: 7pt;
    letter-spacing: 1; }

/*
*****
*****
/* The Hyperlink Status for all pages and in different
parts of the page */
/* START HERE: */
*****
a:link {color: #000080}
a:visited {color: #333366}
a:hover {color: #0000ff}
```



```
a.headlnk:link {
    /* color: #e5e3fa;*/
    color: #cccccc;
    text-decoration: none; }
a.headlnk:hover {
    /* color: #e5e3ee;*/
    color: #cccccc;
    text-decoration: underline; }
a.headlnk:visited {
    color: #cccccc;
    text-decoration: none; }

a.footlnk:link {
    color: #cccccc;
    text-decoration: underline; }
a.footlnk:hover {
    color: #cccccc;
    text-decoration: none; }
a.footlnk:visited {
    color: #cccccc;
    text-decoration: underline; }
```

Το **Files** μενού περιλαμβάνει τα αρχεία του *site*, που βρίσκονται, είτε στο *folder* του κεντρικού υπολογιστή (local folder), είτε σε εκείνο του *server* (remote folder). Έχει ακόμη τη δυνατότητα να απεικονίσει συγχρόνως και τα δύο παραπάνω *folders*, όπως είδαμε στο Σχήμα 4.8.

Μέσα από τις επιλογές του μενού αυτού μπορούμε να καθοδηγήσουμε το “*Edit Site*” μενού του σχήματος 4.4. Επίσης μέσα από αυτό το μενού πραγματοποιείται η μεταφορά αρχείων από το *local folder* στο *remote folder*. Παρέχεται ακόμη η δυνατότητα μεταφοράς αρχείων προς την αντίθετη κατεύθυνση.

4.2 ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ – PHP ΚΑΙ JAVASCRIPT

Στο Σχήμα 4.5, είδαμε την επεξεργασία του αρχείου *template.php*. Η οθόνη χωρίζεται σε δύο μέρη. Επάνω απεικονίζεται ο κώδικας, ενώ στο κάτω μέρος της οθόνης φαίνεται η όψη της ιστοσελίδας. Μπορούμε λοιπόν εκεί, να παρατηρήσουμε ένα κίτρινο τετράγωνο μέσα στη μαύρη επικεφαλίδα (header), αμέσως μετά τον υπερσύνδεσμο (hyperlink) “*Workbench Status*”. Το τετράγωνο αυτό αποτελεί την απεικόνιση ενός *PHP script* μέσα σε μια *HTML* σελίδα. Για να είναι δυνατή η μετάφραση οποιουδήποτε *PHP* αρχείου από τον *server*, θα πρέπει το αρχείο αυτό να αντιγραφεί στο αντίστοιχο *folder* του *server* και να διαθέτει οπωσδήποτε *.php* προέκταση (extension).

4.2.1 Διερεύνηση της *on line* κατάστασης του Σταθμού Μετρήσεων.

Το *PHP script*, το οποίο ανιχνεύει, εάν ο Σταθμός Μετρήσεων είναι *on line* ή όχι, είναι το ακόλουθο:

```
<?php
$filename =
```

```

    "//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/workbench/workbench_status.txt";
    $var_page = 0;
    $fp_stat=fopen($filename,"r");
    $stat = fgets($fp_stat,4);
    fclose($fp_stat);
    if($stat == "OFF") { echo "OFF"; }
    else { echo "ON"; $var_page=1; }
?>

```

Τα *tags* `<?php` και `?>` στην αρχή και το τέλος αντίστοιχα, πληροφορούν τον *server*, για την αρχή και το τέλος του συγκεκριμένου *PHP script*.

Αυτό το *PHP script*, διαβάζει καταρχήν τους τέσσερις πρώτους χαρακτήρες του αρχείου *workbench_status.txt* και ελέγχει εάν αυτοί αποτελούν τη λέξη *OFF*. Στην περίπτωση αυτή, ο Σταθμός Μετρήσεων δεν είναι *on line*, και επομένως δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν μετρήσεις.

Στη συνέχεια, το *hyperlink Workbench Status*, στο κάτω μέρος της σελίδας (footer), ανοίγει ένα μικρό παράθυρο, μέσα στο οποίο εγγράφεται, με τη χρήση *PHP*, η λέξη *ON* ή *OFF*, που αποτελεί το περιεχόμενο του αρχείου *workbench_status.txt*. Το *PHP* αυτό τοποθετείται μέσα στο *template* αρχείο, το οποίο στη συνέχεια το περνάει σε όλα τα αρχεία, που προέρχονται από αυτό. Με τον τρόπο αυτό κάθε *PHP* σελίδα του Δικτυακού Τόπου είναι σε θέση να πληροφορήσει τον χρήστη, για το εάν το *workbench* είναι *on line* ή όχι.

4.2.2 Δημιουργία των αρχείων δεδομένων (Stimuli TXT Files)

Αμέσως μετά από μία πετυχημένη υποβολή δεδομένων, δημιουργείται το αντίστοιχο *stimuli.txt* αρχείο δεδομένων, όπως μπορούμε να δούμε και στο διάγραμμα του σχήματος 3.12. Στη συνέχεια το VI πραγματοποιεί τις μετρήσεις, και δημιουργεί τα αρχεία *results.txt* και *xls.results.xls* των αποτελεσμάτων.

Ας υποθέσουμε για παράδειγμα, ότι έχει επιλεγεί το κύκλωμα του P-MOS-FET (P-MOS-FET DUT). Την υποβολή των δεδομένων ακολουθεί η δημιουργία του αρχείου *p-mos-fet.stimuli.txt*. Στη συνέχεια το αρχείο *workbench_archive.txt* επαυξάνεται κατά τη νέα σειρά δεδομένων και το αρχείο *workbench.dut.txt* ανανεώνεται με το όνομα του *DUT*, που έχει επιλεγεί από το χρήστη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση αυτό είναι το *P-MOS-FET DUT*.

Η δημιουργία του αρχείου *p-mos-fet.stimuli.txt* μετά από μια πετυχημένη υποβολή δεδομένων, για πολλαπλές μετρήσεις, πραγματοποιείται ως εξής:

```

<?php
    define ('LF', "\n");
    // getting the variables from POST
    $U1_start = $_POST["U1_start"];
    $U1_stop = $_POST["U1_stop"];
    $U1_steps = $_POST["U1_steps"];
    $U2_start = $_POST["U2_start"];
    $U2_stop = $_POST["U2_stop"];
    $U2_steps = $_POST["U2_steps"];
    // getting the IP of the sender
    $hostip = $_SERVER['REMOTE_ADDR'];

```

```
// simple display for first verification
echo "IP: $hostip"; echo '<br>';
echo '<br>';
echo "U1 Start = $U1_start"; echo " V<br>";
echo "U1 Stop = $U1_stop"; echo " V<br>";
echo "U1 Steps = $U1_steps"; echo '<br>';
echo "U2 Start = $U2_start"; echo " V<br>";
echo "U2 Stop = $U2_stop"; echo " V<br>";
echo "U2 Steps = $U2_steps"; echo '<br>';
//creation of the stimuli file
$filename = "../workbench/dut_p-mos-fet/p-mos-
fet.stimuli.txt";
if (!file_exists($filename)) {
touch($filename); // Create blank file
chmod($filename,0666);
}
$fp=fopen("../workbench/dut_p-mos-fet/p-mos-
fet.stimuli.txt","w");
$strU1_start="U1_start: ";
$strU1_stop="U1_stop: ";
$strU1_steps="U1_steps: ";
$strU2_start="U2_start: ";
$strU2_stop="U2_stop: ";
$strU2_steps="U2_steps: ";
$strIP="IP: ";
// printing to "p-mos-fet.stimuli.txt" file
$tmp = fputs($fp, $strU1_start); $tmp = fputs($fp,
$U1_start."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU1_stop); $tmp = fputs($fp,
$U1_stop."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU1_steps); $tmp = fputs($fp,
$U1_steps."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU2_start); $tmp = fputs($fp,
$U2_start."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU2_stop); $tmp = fputs($fp,
$U2_stop."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU2_steps); $tmp = fputs($fp,
$U2_steps."\n");
$tmp = fputs($fp, $strIP); $tmp = fputs($fp,
$hostip."\n");
$tmp = fputs($fp, "end");
fclose($fp);
```

Ο παραπάνω κώδικας υλοποιείται, όσο εμφανίζεται η ιστοσελίδα επιβεβαίωσης, που ακολουθεί την υποβολή των δεδομένων.

Για την υποβολή των δεδομένων χρησιμοποιείται κάθε φορά μια συγκεκριμένη φόρμα. Το *PHP* χρησιμοποιεί απλές μεταβλητές, με σκοπό να αναγνωρίσει τα πεδία της φόρμας αυτής από το όνομά τους, και να τα επεξεργαστεί στη συνέχεια.

Έτσι, όταν έχουμε την υποβολή δεδομένων για πολλαπλές μετρήσεις, η εντολή

```
$U1_steps = $_POST [ "U1_steps"]
```

μας επιτρέπει να αποθηκεύσουμε την τιμή του U1Steps, που έχει υποβάλει ο χρήστης, σε μια *PHP local variable*.

Κατά την υποβολή δεδομένων για μια μόνο μέτρηση, η τιμή του U1Steps ορίζεται ίση με τη μονάδα, ώστε να είναι στη συνέχεια δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων από το VI.

Η φόρμα, η οποία χρησιμοποιείται κατά την υποβολή δεδομένων για πολλαπλές μετρήσεις στο κύκλωμα του P-MOS-FET (**P-MOS-FET » Multiple Drain Voltages**) φαίνεται στον Πίνακα 4.2

Πίνακας 4.2

U1_start	U2start
U1_stop	U2stop
U1_steps	U2steps
Measure	Reset

Η φόρμα αυτή, που χρησιμοποιείται και κατά την υποβολή πολλαπλών δεδομένων και στο κύκλωμα του N-JFET (**N-JFET » Multiple Drain Voltages**), υλοποιείται από τον παρακάτω κώδικα:

```
<td align="center" valign="middle"><form name="form"
method="post"
onSubmit="return form_Validator(this)" action="p-mos-
fet.conf.dvs.php"
    <table width="300" border="1" cellpadding="0"
cellspacing="0"
bordercolor="#CCCCCC">
    <tr bgcolor="#CCCCCC">
    <td width="114" bgcolor="#CCCCCC"><p>U1 Start
[V]:</p></td>
    <td width="29"><input name="U1_start" type="text"
value="0"
size="3" maxlength="5">
    </td>
    <td width="12" rowspan="3" bgcolor="#999999"><font
color="#CCCCCC">&nbsp;</font><font
color="#CCCCCC">&nbsp;</font></td>
    <td width="103"><p>U2 Start [V]:</p></td>
    <td width="30"><input name="U2_start" type="text"
value="0"
size="3" maxlength="5">
    </td>
    </tr>
    <tr bgcolor="#999999">
    <td><p>U1 Stop [V]:</p></td>
    <td><input name="U1_stop" type="text" value="0"
size="3"
maxlength="5">
    </td>
    </tr>
    </table>
```

```

        </td>
        <td><p>U2 Stop [V]:</p></td>
        <td><input name="U2_stop" type="text" value="0"
        size="3"
maxlength="5">
        </td>
    </tr>
    <tr bgcolor="#CCCCCC">
        <td><p>U1 Steps:</p></td>
        <td><input name="U1_steps" type="text" value="1"
        size="1"
maxlength="2">
        </td>
        <td><p>U2 Steps:</p></td>
        <td><input name="U2_steps" type="text" value="1"
        size="1"
maxlength="3">
        </td>
    </tr>
    <tr bgcolor="#999999">
        <td colspan="5">&nbsp;</td>
    </tr>
    <tr>
        <td colspan="2"> <div align="right">
        <input name="Submit" type="submit" value="Measure">
        </div>
        </td>
        <td width="12" bgcolor="#FFFFFF">&nbsp;</td>
        <td colspan="2"><input name="Reset" type="reset"
value="Reset">
        </td>
    </tr>
</table>
</form>
</td>

```

Μόλις υποβληθούν τα δεδομένα, ο χρήστης οδηγείται στην ιστοσελίδα επιβεβαίωσης. Στην σελίδα αυτή δημιουργείται το *stimuli.txt* αρχείο, και μετά από μια καθυστέρηση (όσο διαρκούν οι μετρήσεις), ο χρήστης οδηγείται στην σελίδα των αποτελεσμάτων.

4.2.3 Λήψη των αποτελεσμάτων από τα αντίστοιχα αρχεία (Results TXT Files)

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στην ιστοσελίδα των αποτελεσμάτων, αφού προηγουμένως διαβαστούν γραμμή προς γραμμή, με τη χρήση *PHP script*, από τα *results.txt* αρχεία αποτελεσμάτων, που έχουν δημιουργηθεί από το VI (LabVIEW πρόγραμμα). Στην σελίδα αυτή οδηγείται ο χρήστης μετά την σελίδα επιβεβαίωσης, που ακολουθεί κάθε πετυχημένη υποβολή δεδομένων.

Κώδικας *PHP script* χρησιμοποιείται με τον ίδιο τρόπο και κατά την ανάγνωση γραμμή προς γραμμή του αρχείου *workbench_status.txt*, για να εξακριβωθεί, εάν ο Σταθμός Μετρήσεων είναι *on line*.

```

<?php
    $filename =
    "//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/workbench/dut_p
-mosfet/
    p-mos-fet.results.txt";
    if (!file_exists($filename))
    { // if the file doesn't exist
        print("<a
href=\"http://147.102.16.98/VELab/sitethree/p-mos-fet/p-
mosfet.
        results.php\">
        Refresh this page</a>. The table is not yet complete,
        the measurement
        is under progress...<br>");
    } else
    $readfile = file("$filename");
    // Create a loop that will read all elements of the
    array and print out
    // each field of the linefeed text file
    for ($k=0; $k<=count($readfile)-1; $k++)
    { $fields = split("\n",$readfile[$k]);
    print("$fields[0]<br>");
    }
    if ($fields[0] != "End of measurement.")
    { print("<a
href=\"http://147.102.16.98/VELab/sitethree/p-mos-
fet/p-mosfet.
results.php\">
    Refresh this page</a>, the table is not yet complete!
    The measurement
    is under progress...<br>");
    }
?>

```

Ο χρόνος, ο οποίος απαιτείται για τη διεξαγωγή των μετρήσεων εξαρτάται από τον συνολικό αριθμό των βημάτων ($U1steps \times U2steps$), που έχουν επιλεγεί. Έτσι κατά την ανάγνωση, γραμμή προς γραμμή, του αρχείου των αποτελεσμάτων *p-mos-fet.results.txt*, ο κώδικας *PHP* χρησιμοποιεί την στοιχειοσειρά (string) “ **End of measurement** ”, η οποία, όπως είδαμε, γράφεται στο τέλος όλων των αρχείων αποτελεσμάτων. Εάν δεν τη βρει, σημαίνει, ότι οι μετρήσεις συνεχίζονται, οπότε ο χρήστης καλείται να ανανεώσει την ιστοσελίδα (refresh the page – measurements are under progress).

Ο κώδικας, που χρησιμοποιείται για την απεικόνιση του περιεχομένου των αρχείων *workbench_status.txt* και *workbench_archive.txt* είναι ο παρακάτω:

```

<?php
    $filename =
    "//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/workbench/w
orkbench_archive.txt";
    $readfile = file("$filename");

```

```
// Create a loop that will read all elements of the
array and print out
// each field of the linefeed text file
for ($k=0; $k<=count($readfile)-1; $k++)
{ $fields = split("\n",$readfile[$k]);
print("$fields[0]<br>");
}
?>
```

Ο κώδικας αυτός, είναι δυνατόν, με την αλλαγή του ονόματος των αρχείων, να χρησιμοποιηθεί για την ανάγνωση οποιουδήποτε *TEXT* αρχείου.

4.2.4 Χρήση JavaScript για την επιβεβαίωση της σωστής υποβολής δεδομένων

Οι τιμές των τάσεων εισόδου και τροφοδοσίας, που επιλέγονται από τον χρήστη, θα πρέπει να κυμαίνονται εντός συγκεκριμένων ορίων. Τα όρια αυτά επιβάλλονται καταρχήν από την πλακέτα PCI-6024E, η οποία παρέχει τάσεις από +10 V έως -10 V.

Όπως είδαμε στην παράγραφο 3.1.4.2.2 (Σχήμα 3.16), το VI μόλις διαβάσει τις τιμές των παραπάνω τάσεων, τις θέτει μεταξύ των επιβαλλομένων, για κάθε κύκλωμα ορίων, και κατόπιν δίνει την εντολή στην πλακέτα PCI-6024E.

Ως επιπλέον προστασία χρησιμοποιείται κώδικας *JavaScript*, για την επιβεβαίωση της φόρμας υποβολής δεδομένων, που είδαμε στην παράγραφο 3.2.2.2.

Στο **Παράρτημα Β** μπορούμε να δούμε την *JavaScript Function Form Validator* που χρησιμοποιείται για αυτή την επαλήθευση.

Επιπλέον το *Form Validator* χρησιμοποιεί και κώδικα *PHP* για να ενημερώσει τον χρήστη στην περίπτωση, που αυτός θα επιχειρούσε να υποβάλει δεδομένα, ακόμη και χωρίς να είναι ο Σταθμός Μετρήσεων *on line*.

Στην περίπτωση αυτή, όπως βλέπουμε από τον κώδικα, που ακολουθεί, δίνεται στον χρήστη η εναλλακτική δυνατότητα επικοινωνίας με τον *Administrator* μέσα από το μήνυμα:

The Workbench is not on line ! See the last generated results or send an email to the administrator. Mail to: jtsiantis@medialab.ntua.gr

```
<?php
    if ($var_page == 0)
    { echo "alert(\"The Workbench is not online
!\\n\\nSee the last generated
results or send an email to the
administrator.\\n\\nmailto:
alex@medialab.ntua.gr\");";
    echo "\\n\\t" ;
    echo "theForm.U1.focus();";
    echo "\\n\\t" ;
    echo "return (false);";
    echo "\\n\\t";
    }
?>
```

Εκτός από το συγκεκριμένο *PHP script* το υπόλοιπο του κώδικα *JavaScript* έχει ως στόχο να πληροφορήσει τον χρήστη, για οποιοδήποτε λάθος κατά την υποβολή των δεδομένων.

Οι προϋποθέσεις για σωστή υποβολή δεδομένων είναι οι ακόλουθες:

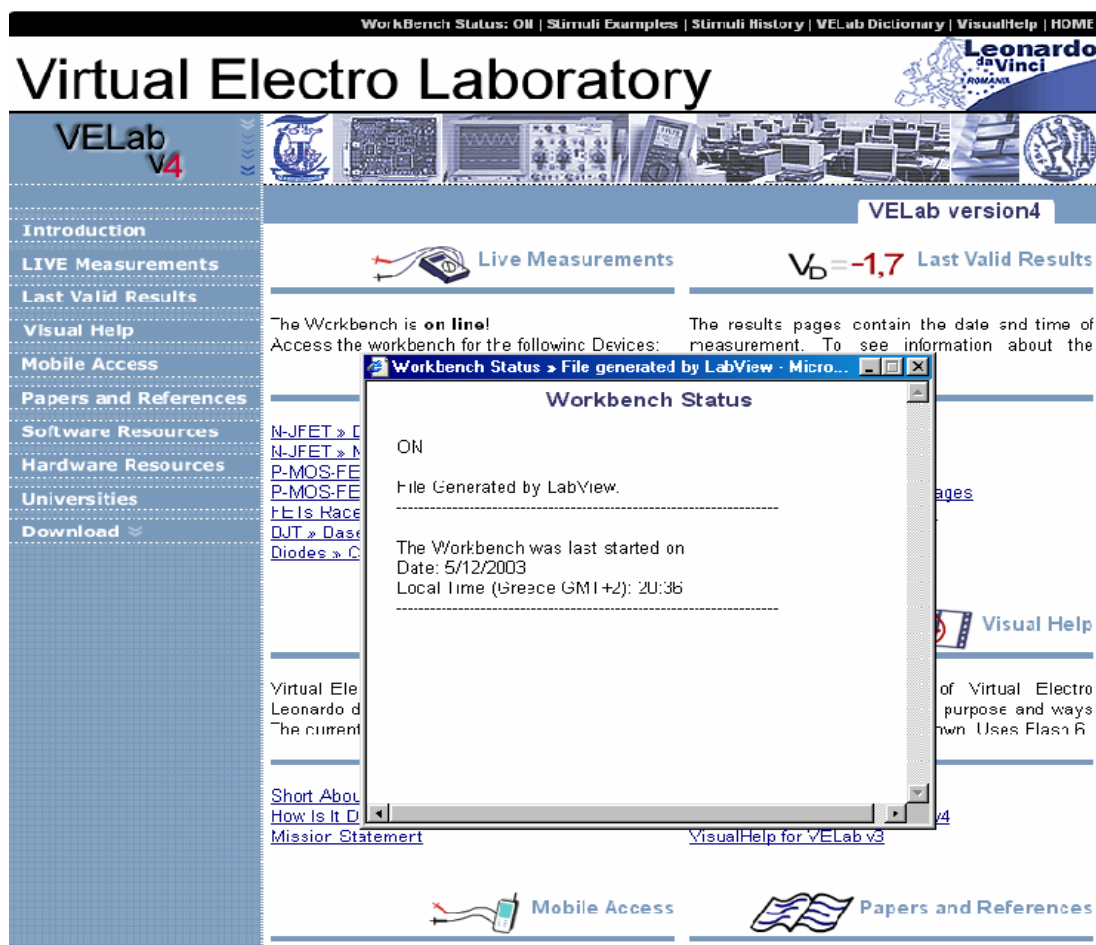
- Δεν επιτρέπεται η χρήση γραμμάτων
- Σαν υποδιαστολή χρησιμοποιείται το κόμμα (,)
- Επιτρέπεται μόνο ένα αρνητικό ή θετικό πρόσημο
- Δεν επιτρέπεται η χρήση τελείας (.)

Όσον αφορά τον καθορισμό των βημάτων:

- Επιτρέπονται μόνον αριθμητικά ψηφία και όχι γράμματα
- Δεν επιτρέπεται η χρήση κόμματος, ούτε τελείας.

4.2.5 Χρήση JavaScript στα δυναμικά μενού και στο άνοιγμα νέων παραθύρων.

Υπάρχουν πολλοί σύνδεσμοι (links) στον Δικτυακό Τόπο, που ανοίγουν νέο παράθυρο στον *browser*. Για το άνοιγμα των παραθύρων αυτών, για τα οποία δεν χρειάζεται κάποια επιπλέον πλοήγηση, έχει δημιουργηθεί η *JavaScript function* “**window.open**”. Τα παράθυρα αυτά, όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 4.11 (ανοικτό το παράθυρο *Workbench Status*), περιλαμβάνουν απλά τον τίτλο της ιστοσελίδας και τα απαραίτητα κουμπιά των παραθύρων.



Σχήμα 4.11
Παράθυρο *Workbench Status*

Το δυναμικό κατακόρυφο μενού, δημιουργήθηκε, όπως είδαμε στην παράγραφο 3.2.1, με τη χρήση του *Macromedia Fireworks*. Το αποτέλεσμα της μετατροπής του *PNG Fireworks* αρχείου σε *HTML* αρχείο είναι το *JavaScript* αρχείο *mm_menu.js*.

Το πλήρες αρχείο *mm_menu.js* παρατίθεται στο **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: mm_menu.js (Created by Fireworks)**.

Τα *links*, που ανοίγουν νέα παράθυρα (αναφέρονται στα αγγλικά, όπως και στο *website*) είναι τα εξής:

- *Work Bench Status*
- *Stimuli History*
- *Stimuli Examples*
- *Visual Help for VELab v4*
- *Visual Help for Briefing of VELab v4*
- *Visual Help for VELab v3*

Η *window.open function* χρησιμοποιείται επίσης από το *Fireworks* για την υλοποίηση του δυναμικού κατακόρυφου μενού. Το παρακάτω είναι ένα παράδειγμα, που δείχνει το άνοιγμα παραθύρου από τον σύνδεσμο *Workbench Computer* της επιλογής *Hardware Resources*.

```
mm_menu_0418230937_1.addMenuItem("WorkBench&nbsp;Computer", "window.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree/hardware/wbcomputer.php', '_parent');");
```

Η *window.open function* βρίσκει επίσης εφαρμογή στο άνοιγμα παραθύρων από τα *links* της επικεφαλίδας:

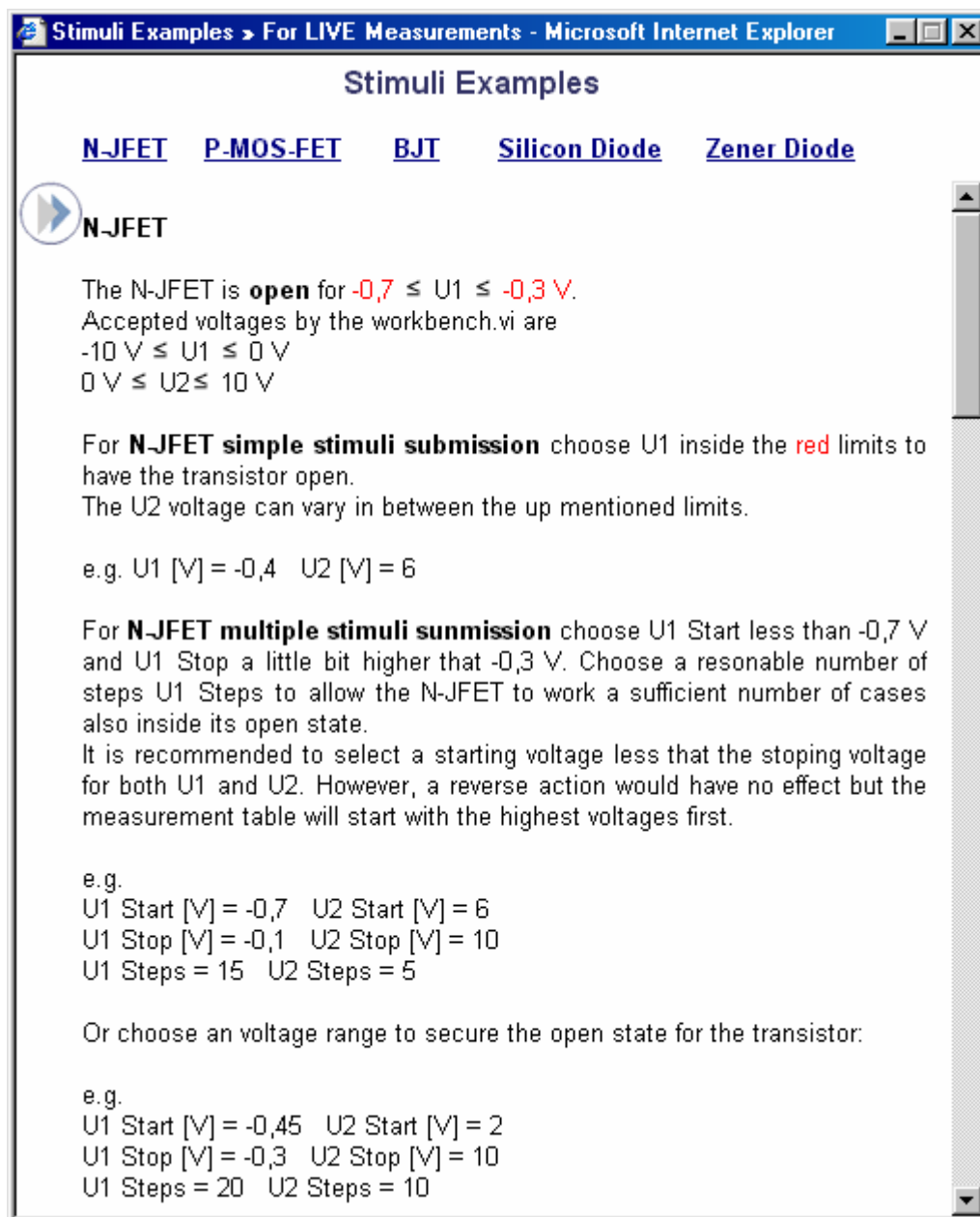
```
| <a href="stimulihist.php" class="headlnk"
onClick="MyWindow3=window.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree/resource
s/stimulihist.php', 'MyWindow3', 'toolbar=no,location=no,directories=no,status=
no,menubar=no,scrollbars=yes,resizable=no,width=450,height=500'); return
false;">Stimuli History</a>
| <a href="dictionary.php"
onClick="MyWindow4=window.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree/resource
s/dictionary.php', 'MyWindow4', 'toolbar=no,location=no,directories=no,status=n
o,menubar=no,scrollbars=yes,resizable=no,width=520,height=550'); return
false;" class="headlnk">VELab Dictionary</a>
```

Ο παραπάνω κώδικας ανοίγει τα *stimulihist.php* και *dictionary.php* αρχεία σε μικρά ανεξάρτητα νέα παράθυρα.

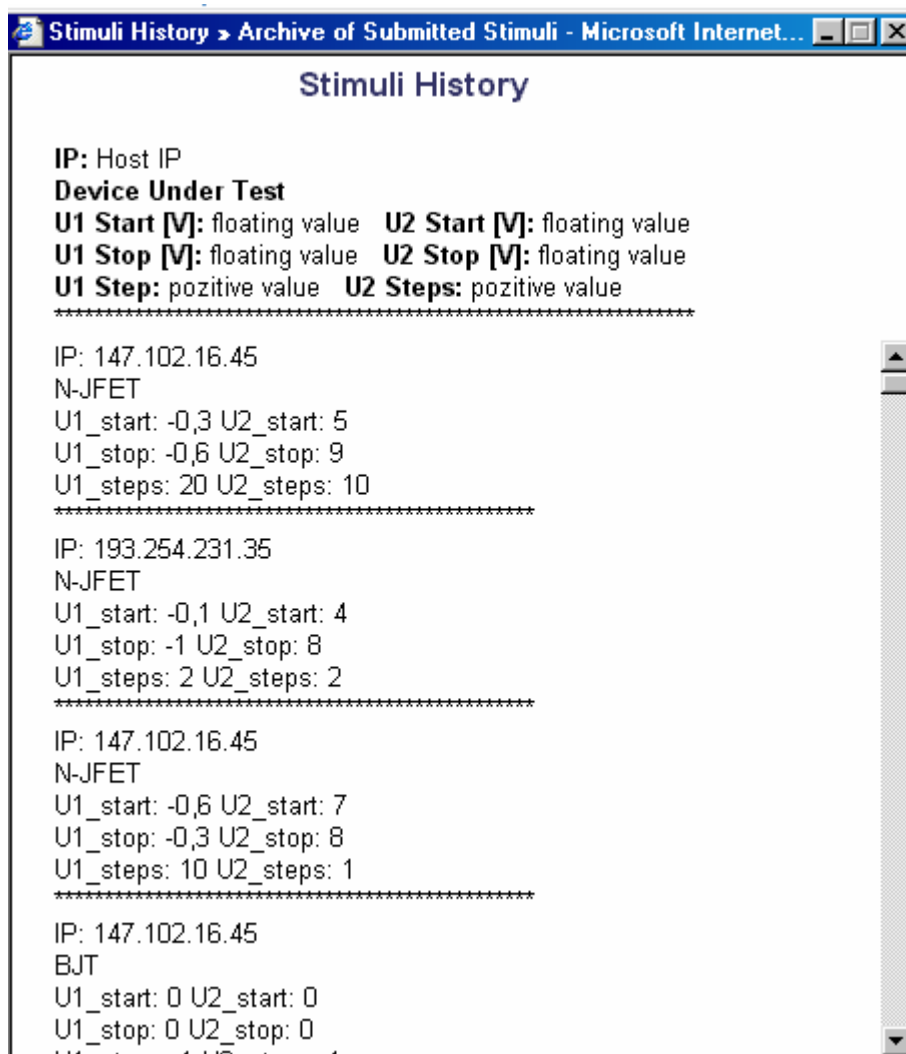
Στα σχήματα 4.12 και 4.13 μπορούμε να δούμε ανοικτά τα παράθυρα, που αντιστοιχούν στις επιλογές *Stimuli Examples* και *Stimuli History*. Τα παράθυρα αυτά

έχουν ως στόχο τη διευκόλυνση του χρήστη κατά την επιλογή των τιμών των δεδομένων, που θα υποβάλει.

Στην περίπτωση του *Stimuli History*, χρησιμοποιείται *PHP script*, για την πρόσβαση στο *workbench_archive.txt* αρχείο, το περιεχόμενο του οποίου απεικονίζεται στο συγκεκριμένο παράθυρο.



Σχήμα 4.12
Παράθυρο Stimuli Examples



Σχήμα 4.13
Παράθυρο *Stimuli History*

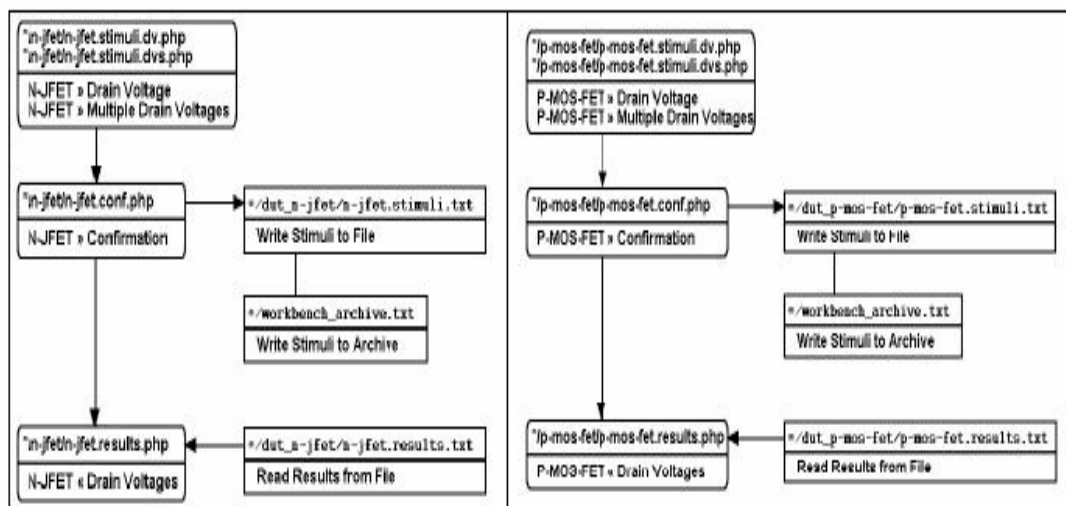
Βασικός στόχος της παρούσας υλοποίησης, παραμένει πάντοτε η δημιουργία ενός ελκυστικού και φιλικού περιβάλλοντος, για το χρήστη του Εικονικού Εργαστηρίου.

Στην κατεύθυνση αυτή, η δημιουργία νέων παραθύρων αποτελεί σημαντική παράμετρο της εφαρμογής πολυμέσων *Visual Help*. Η σειρά αυτή αναπτύχθηκε σε *Macromedia Flash*, και παρουσιάζεται στο **Παράρτημα Ε: *Visual Help***.

4.2.6 Διεπικοινωνία μεταξύ Εικονικού Οργάνου (Visual Instrument) και Δικτυακού Τόπου (website)

Η αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του VI και του *website* πραγματοποιείται μέσω του τοπικού δικτύου LAN.

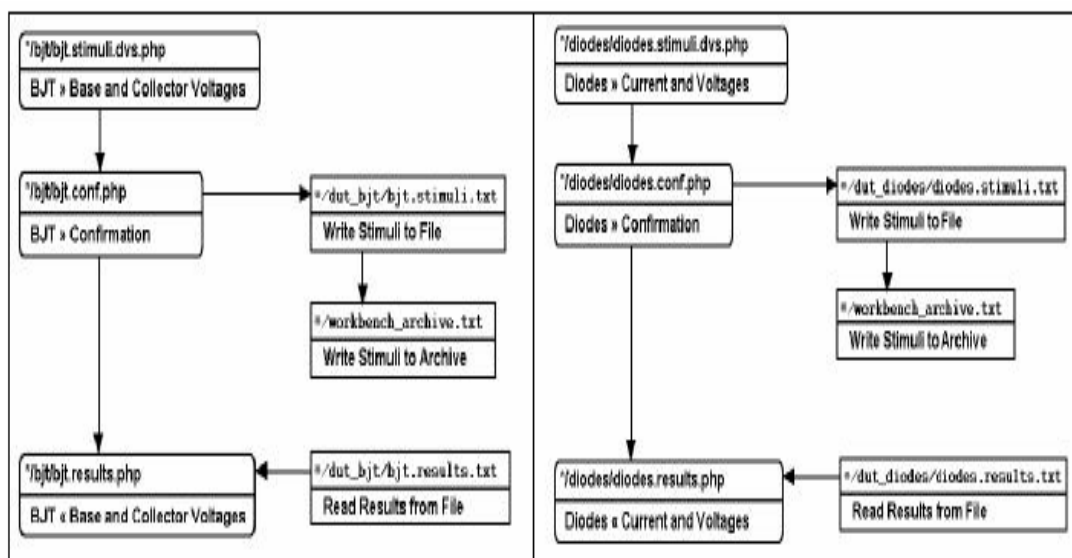
Στα παρακάτω σχήματα 4.14 (α και β) και 4.15 (α και β), βλέπουμε διαγραμματικά, τον χειρισμό των αρχείων, που αφορούν τα κυκλώματα των N-JFET, P-MOS-FET, BJT και Διόδων (Diodes).



(α)

(β)

Σχήμα 4.14

*α : Χειρισμός αρχείων N-JFET DUT**β : Χειρισμός αρχείων P-MOS-FET DUT*

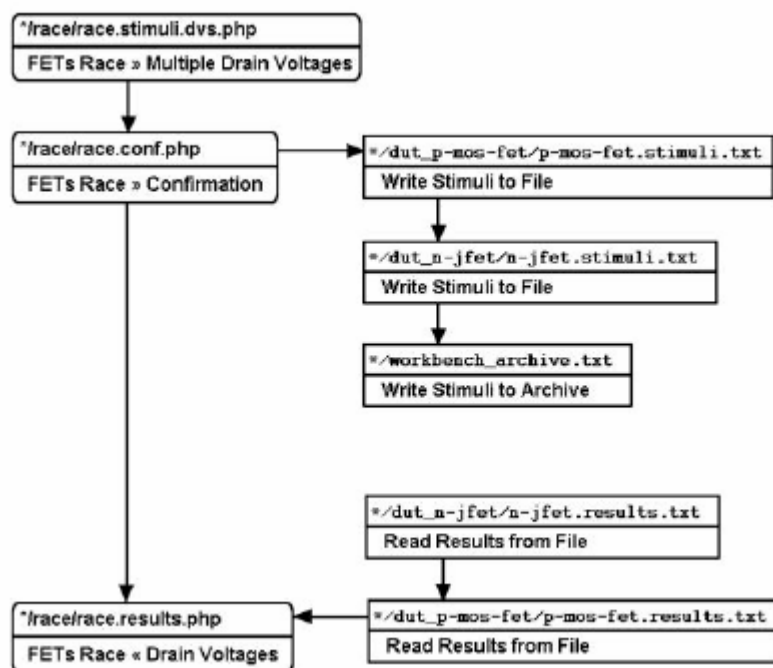
(α)

(β)

Σχήμα 4.15

*α : Χειρισμός αρχείων BJT DUT**β : Χειρισμός αρχείων Diodes DUT*

Κατά την επιλογή **Race**, πραγματοποιούνται διαδοχικά μετρήσεις, πρώτα στο κύκλωμα του N-JFET, και μετά στο κύκλωμα του P-MOS-FET.



Σχήμα 4.16

Χειρισμός αρχείων κατά την επιλογή Race

Στο Σχήμα 4.16 βλέπουμε τον χειρισμό των αρχείων των N-JFET και P-MOS-FET, στην περίπτωση *Race*. Ουσιαστικά πρόκειται για την συνένωση των διαγραμμάτων του σχήματος 4.14.

Βλέπουμε, δηλαδή, ότι το VI χειρίζεται την επιλογή *Race*, σαν να πρόκειται για ένα ακόμη κύκλωμα προς μέτρηση (DUT – Device Under Test).

Μια καινοτόμο λύση στην παρούσα υλοποίηση, συνιστά ο καθορισμός ενός μόνο αρχείου, το οποίο διερευνάται από το VI, σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του,

Το αρχείο αυτό είναι το *workbench_dut.txt*, το οποίο δημιουργείται στον *server*. Το VI διερευνά συνέχεια το συγκεκριμένο αρχείο, για τον εντοπισμό του κυκλώματος, που έχει επιλεγεί για μετρήσεις.

Έτσι, μόλις επιλεγεί ένα κύκλωμα από τον χρήστη, ξεκινά η διαδικασία των μετρήσεων. Δημιουργείται, δηλαδή, στον *server* το αντίστοιχο αρχείο δεδομένων *stimuli.txt*, το οποίο στέλνεται, μέσω του LAN, στο VI (Workbench Computer). Το VI πραγματοποιεί στη συνέχεια τις μετρήσεις, που έχουν επιλεγεί, και στέλνει τα αντίστοιχα αρχεία αποτελεσμάτων *results.txt* και *xls.results.txt* στον *server*, για τη δημοσίευσή τους στο Διαδίκτυο.

Συμπερασματικά, για το διάστημα, που δεν υπάρχει διαδικασία μετρήσεων σε εξέλιξη, η επικοινωνία μεταξύ Σταθμού Μετρήσεων (Workbench computer) και *server* (Deerhunter computer), περιορίζεται στη συνεχή διερεύνηση από το VI του αρχείου *workbench.dut.txt*.

4.3 ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΚΙΝΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (WML ΣΕΛΙΔΕΣ)

Η πρόσβαση στα κυκλώματα του *VELab* μπορεί να επιτευχθεί και μέσα από κινητές συσκευές, όπως τα κινητά τηλέφωνα ή τα *PDA*.

Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν *XML – WML* (Wireless Markup Language) σελίδες, οι οποίες δέχονται το πρωτόκολλο επικοινωνίας *WAP* (Wireless Access Protocol), που χρησιμοποιούν οι κινητές συσκευές. Ως δυναμική γλώσσα χρησιμοποιείται και πάλι το *PHP*.

Έτσι δημιουργήθηκε ένα δεύτερο *website*, το *VELab mobile*, που είναι πολύ πιο απλό από το αρχικό *VELab*, καθώς περιέχει πολύ μικρότερο αριθμό αρχείων, ενώ και οι *WML* σελίδες είναι από τη φύση τους απλούστερες από τις αντίστοιχες *HTML*.

Ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει μετρήσεις, μέσα από κινητές διατάξεις, σε δύο από τα κυκλώματα του Εικονικού Ηλεκτρονικού Εργαστηρίου, και συγκεκριμένα αυτά των N-JFET και P-MOS-FET.

Για την πραγματοποίηση αυτών των μετρήσεων, δύο *WML* σελίδες είναι διαθέσιμες:

- *N-JFET Simple Stimuli Submission* (**N-JFET » Drain Voltage**)
- *P-MOS-FET Simple Stimuli Submission* (**P-MOS-FET » Drain Voltage**)

Ο *server* πρέπει να υποστηρίζει τα ακόλουθα *MIME types*:

Πίνακας 4.3

DOCUMENT TYPE	MIME TYPE	EXTENSION
WML Document	text/vnd.wap.wml	.wml
Compiled WML Document	application/vnd.wap.wmls	.wmls
WML Script	text/vnd.wap.wmlscript.wmls	.wmls
Compiled WML Script	application/vnd.wap.wmlscriptc	.wmlsc
WBMP Image	image/vnd.wap.wbmp	.wbmp

Κατά τη δημιουργία *WML* σελίδων θα πρέπει να καθοριστεί το **Document Data Type**. Το **DDT**, που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη εφαρμογή, είναι το

```
<!DOCTYPE wml PUBLIC "-//WAPFORUM//DTD WML 1.1//EN"
```

Οι απεικονίσεις των δύο παραπάνω *DUTs*, έχουν μετατραπεί σε *WBMP*, το οποίο χρησιμοποιείται από το πρωτόκολλο *WAP*.

Ο χρήστης θα μπορεί να δει τις εικόνες αυτές στην οθόνη του κινητού του, και έτσι θα έχει την καλύτερη εικόνα των κυκλωμάτων, ώστε να επιλέξει τα δεδομένα για τις μετρήσεις, που θα πραγματοποιήσει.

Η *WML* σελίδα για το κύκλωμα του P-MOS-FET είναι η ακόλουθη:

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE wml PUBLIC "-//WAPFORUM//DTD WML 1.3//EN"
"http://www.wapforum.org/DTD/wml13.dtd">
<wml>
<card id="tilte" title="P-MOSFET > Stimuli Input"
newcontext="true">
<p align="center">
<small>
<br/>
```

```

U1: <input title="U1" name="U1" value="0.00"/><br/>
U2: <input title="U2" name="U2" value="0.00"/><br/>
</small>
</p>

<p align="center">
<do type="accept" label="Submit">
<go method="post" href="p-mos-fetconf.php">
<postfield name="U1" value="$ (U1) "/>
<postfield name="U2" value="$ (U2) "/>
</go>
</do>

<do type="reset" label="Reset">
<refresh>
<setvar name="U1" value="0.00"/>
<setvar name="U2" value="0.00"/>
</refresh>
</do>
</p>
</card>
</wml>

```

Στον παραπάνω κώδικα μπορούμε να δούμε, ότι σε μια *WML* σελίδα, η οποία ονομάζεται *deck*, μπορούν να περιλαμβάνονται πολλά υποσέλιδα, τα οποία ονομάζονται *cards*. Κάθε μια από τις κάρτες αυτές λειτουργεί ως υποσέλιδο, το περιεχόμενο του οποίου, μπορεί να δει ο χρήστης.

Η μέσω *PHP* δημιουργούμενη σελίδα επιβεβαίωσης, που ακολουθεί μια επιτυχή υποβολή δεδομένων είναι η παρακάτω:

```

<?php
    header("Content-type: text/vnd.wap.wml");
    ?>
    <!DOCTYPE wml PUBLIC "-//WAPFORUM//DTD WML 1.1//EN"
    "http://www.wapforum.org/DTD/wml_1.1.xml">
    <wml>
    <card id="confirm" title="Processing Data...">
    <onevent type="ontimer">
    <go href="p-mos-fetres.php"/>
    </onevent>
    <timer value="25"/>
    <p align="center">
    <b>Wait, processing...</b>
    </p>
    <p>
</small>
<?php
    // getting the variables from POST
    $U1_start = $U1;
    $U1_stop = $U1_start;
    $U1_steps = 1;

```

```

$U2_start = $U2;
$U2_stop = $U2_start;
$U2_steps = 1;
// getting the IP of the sender
$hostip = $_SERVER['REMOTE_ADDR'];
// simple display for first verification
echo "IP: $hostip"; echo '<br/>';
echo '<br/>';
echo "U1 Start = $U1_start"; echo " V<br/>";
echo "U1 Stop = $U1_stop"; echo " V<br/>";
echo "U1 Steps = $U1_steps"; echo '<br/>';
echo "U2 Start = $U2_start"; echo " V<br/>";
echo "U2 Stop = $U2_stop"; echo " V<br/>";
echo "U2 Steps = $U2_steps"; echo '<br/>';
//creation of the stimuli file
$filename =
"//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/workbench/dut_p
-mosfet/
p-mos-fet.stimuli.txt";
if (!file_exists($filename)) {
touch($filename); // Create blank file
chmod($filename,0666);
}
$fp=fopen($filename,"w");
$strU1_start="U1_start: ";
$strU1_stop="U1_stop: ";
$strU1_steps="U1_steps: ";
$strU2_start="U2_start: ";
$strU2_stop="U2_stop: ";
$strU2_steps="U2_steps: ";
$strIP="IP: ";
// printing to "n-jfet.stimuli.txt" file
$tmp = fputs($fp, $strU1_start); $tmp = fputs($fp,
$U1_start."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU1_stop); $tmp = fputs($fp,
$U1_stop."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU1_steps); $tmp = fputs($fp,
$U1_steps."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU2_start); $tmp = fputs($fp,
$U2_start."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU2_stop); $tmp = fputs($fp,
$U2_stop."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU2_steps); $tmp = fputs($fp,
$U2_steps."\n");
$tmp = fputs($fp, $strIP); $tmp = fputs($fp,
$hostip."\n");
$tmp = fputs($fp, "end");
fclose($fp);
// printing to "workbench_dut.txt" file
// the name of the wanted Device wanted for tests.
$filename2 =

```



```

    "//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/workbench/w
orkbench_dut.txt";
    if (!file_exists($filename2)) {
        touch($filename2); // Create blank file
        chmod($filename2,0666);
    }
    $fp2=fopen("//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/
workbench/workbench_d
ut.txt","w");
    $strDUT="p-mos-fet"; // this is the DUT the VI needs
to access.
    $tmp = fputs($fp2, $strDUT);
    fclose($fp2);
    //archive of correct stimuli
    $filename3 =
    "//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/workbench/w
orkbench_archive.txt";
    if (!file_exists($filename3)) {
        echo "New archive is being created...".
        touch($filename3); // Create blank file
        chmod($filename3,0666);
    }
    $fp3=fopen("//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/
workbench/workbench_a
rchive.txt","a");
    $tmp = fputs($fp3, $strIP); $tmp = fputs($fp3,
$hostip."\n");
    $tmp = fputs($fp3, "N-JFET\n");
    $tmp = fputs($fp3, $strU1_start); $tmp = fputs($fp3,
$U1_start."\t");
    $tmp = fputs($fp3, $strU2_start); $tmp = fputs($fp3,
$U2_start."\n");
    $tmp = fputs($fp3, $strU1_stop); $tmp = fputs($fp3,
$U1_stop."\t");
    $tmp = fputs($fp3, $strU2_stop); $tmp = fputs($fp3,
$U2_stop."\n");
    $tmp = fputs($fp3, $strU1_steps); $tmp = fputs($fp3,
$U1_steps."\t");
    $tmp = fputs($fp3, $strU2_steps); $tmp = fputs($fp3,
$U2_steps."\n");
    $tmp = fputs($fp3,
"*****\n");
    fclose($fp3);
?>
</small>
</p>
</card>
</wml>

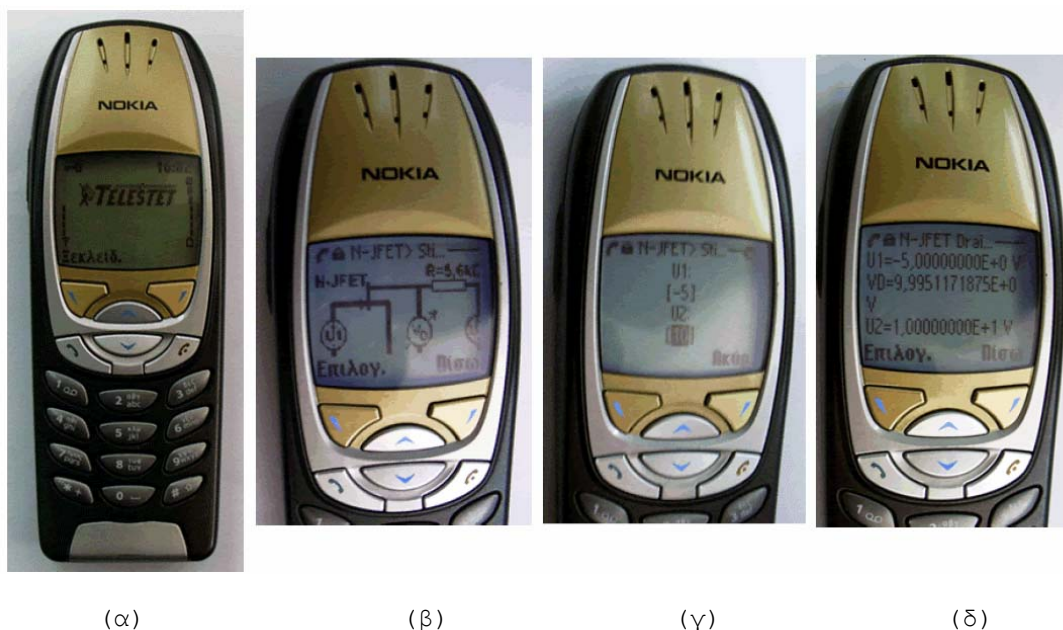
```

Τα αρχεία αποτελεσμάτων δημιουργούνται, όπως είδαμε από μια *PHP* σελίδα, που μορφοποιείται κατόπιν σε *WML* (WML format). Για την απεικόνιση τους χρησιμοποιείται ο κώδικας, που ακολουθεί:

```
<?php
    header("Content-type: text/vnd.wap.wml");
?>
<!DOCTYPE wml PUBLIC "-//WAPFORUM//DTD WML 1.1//EN"
"http://www.wapforum.org/DTD/wml_1.1.xml">
<wml>
<card id="result" title="P-MOS-FET Drain Voltage">
<p>
<small>
<?php
$filename_stat =
"//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/workbench/workb
ench_status.txt";
$var_page = 0;
$fp_stat=fopen($filename_stat,"r");
$stat = fgets($fp_stat,4);
fclose($fp_stat);
if($stat == "OFF") { echo 'The workbench is not on line.
These are the
last results...<br/>'; }
else { echo ' '; $var_page=1; }
$filename =
"//Deerhunter/EasyPHP/www/VELab/sitethree/workbench/dut_p
-mosfet/
p-mos-fet.results.txt";
if (!file_exists($filename))
{ // if the file doesn't exist
echo ' Refresh this page. Still processing...';
} else
$readfile = file("$filename");
// Create a loop that will read all elements of the array
and print out
// each field of the linefeed text file
$fields = split(" ", $readfile[22]);
print("U1=$fields[0] V<br/>VD=$fields[3]
V<br/>U2=$fields[6] V<br/>");
?>
</small>
</p>
</card>
</wml>
```

Το *WML* αρχείο αποτελεσμάτων διερευνά το εάν ο Σταθμός Μετρήσεων είναι *on line* ή όχι. Στην περίπτωση, που είναι *off line*, στην οθόνη εμφανίζεται ένα αντίστοιχο μήνυμα, και ο χρήστης βλέπει το αποτέλεσμα της προηγούμενης μέτρησης.

Για τον έλεγχο των WML σελίδων, χρησιμοποιήθηκαν οι φυλλομετρητές (browsers) *Opera browsers v7* και το κινητό τηλέφωνο *NOKIA 7210*.



Σχήμα 4.17

Πρόσβαση μέσα από το κινητό τηλέφωνο NOKIA 7210

(α): Το τηλέφωνο NOKIA 7210

(β): Επιλογή του κυκλώματος του N-JFET

(γ): Υποβολή δεδομένων: $U1 = -5\text{ V}$ και $U2 = 10\text{ V}$

(δ): Λήψη αποτελέσματος: $VD = 9,951171\text{ V}$

Η ηλεκτρονική διεύθυνση για την πρόσβαση στο Εικονικό Ηλεκτρονικό Εργαστήριο, μέσα από κινητές διατάξεις είναι η “<http://147.102.16.98/VELab/mobile>”. Οι διαθέσιμες WML σελίδες είναι οι *n-jfet.wml* και *p-mos-fet.wml*.

4.4 Η ΟΠΤΙΚΗ ΒΟΗΘΕΙΑ (VisualHelp)

Η εφαρμογή πολυμέσων **VisualHelp**, αναπτύχθηκε στο **Macromedia Flash** και έχει ως βασικό στόχο την εξοικείωση του χρήστη με το περιβάλλον του Εικονικού Ηλεκτρονικού Εργαστηρίου (VELab).

Η εφαρμογή αυτή διευκολύνει την κατανόηση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων του Εργαστηρίου και των δυνατοτήτων, που προσφέρει ο Δικτυακός Τόπος. Έτσι, από κοινού με τα διαθέσιμα παράθυρα *Stimuli Examples*, *Stimuli History*, *VELab Dictionary*, τη διερεύνηση του εάν ο Σταθμός Μετρήσεων είναι *on line* και του κατακόρυφου δυναμικού μενού, καθιστά τελικά δυνατή την πραγματοποίηση μετρήσεων από απόσταση, ακόμη και από έναν άπειρο χρήστη.

Ο σύνδεσμος *Visual Help* της κεντρικής σελίδας του *VELab*, ανοίγει το παράθυρο, που βλέπουμε στο Σχήμα 4.18.



Σχήμα 4.18
Σειρά πολυμέσων “Οπτική Βοήθεια”

Με τον τρόπο αυτό (**Παράρτημα Ε: *VisualHelp***, προσεγγίζεται μια προηγούμενη υλοποίηση του ΕΗΛΕ.

Στην υλοποίηση αυτή το μόνο διαθέσιμο κύκλωμα ήταν αυτό του N-JFET με μια αντίσταση των 9,8 kΩ. Η υποβολή δεδομένων γινόταν χρήση του *Front Page Server Extensions* και το VI δημιουργούσε μια *HTML* σελίδα αποτελεσμάτων

Κεφάλαιο 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Εικονικό

Χρησιμοποιώντας το Διαδίκτυο έχουμε υλοποιήσει την πρόσβαση από απόσταση.

Εργαστήριο

Η όλη εφαρμογή έχει σχεδιαστεί με κύριο στόχο την υποστήριξη εργαστηριακών μαθημάτων, τα οποία θα είναι προσιτά μέσα από το Διαδίκτυο.

Ηλεκτρονικής

Με την ανάπτυξη Εικονικών Οργάνων, έχουμε τον έλεγχο του ηλεκτρονικού υλισμικού, δηλαδή της πλακέτας DAQ PCI, του κυκλώματος των ηλεκτρονόμενων και των διαφόρων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων προς μέτρηση).

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση απαιτήσεων, τα αναμενόμενα αποτελέσματα του προγράμματος “**Εικονικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής**”, θα έπρεπε να είναι τα ακόλουθα:

- Η ανάπτυξη ενός Δικτυακού Τόπου, ώστε το εργαστήριο να είναι προσιτό, σε οποιονδήποτε διαθέτει πρόσβαση στο Διαδίκτυο.
- Η σχεδίαση και ανάπτυξη εφαρμογών, που είναι δυνατόν να προκαλέσουν το ενδιαφέρον ως αντικείμενα μελέτης.
- Η δυνατότητα επέκτασης των Εικονικών, εξ αποστάσεως, Εργαστηρίων σε τομείς, όπως Φυσικής, εφαρμοσμένης Ηλεκτρονικής, Τηλεμετρήσεων, Συστημάτων Αυτομάτου Ελέγχου, Βιομηχανικής Πληροφορικής κ.α.
- Η δυνατότητα μετάδοσης και ανταλλαγής επιστημονικών γνώσεων και εμπειριών

Με την ολοκλήρωση της παρούσας υλοποίησης, και την ανάπτυξη του υλισμικού, στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, μπορούμε να πούμε πλέον, ότι το Εικονικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής αποτελεί μια συμπαγή ολοκληρωμένη λύση.

Ο Δικτυακός Τόπος αποτελεί ένα περιβάλλον πολυμέσων, μέσα από το οποίο η όλη εφαρμογή καθίσταται ελκυστική και φιλική προς το χρήστη, ανεξάρτητα από το επίπεδο των γνώσεών του. Έτσι μπορεί να προκαλέσει το ενδιαφέρον μαθητών Λυκείου, σπουδαστών Ανωτέρων Σχολών, προπτυχιακών φοιτητών, αλλά και γενικά οποιουδήποτε ανθρώπου ελκύεται από το γνωστικό αντικείμενο της Ηλεκτρονικής.

Οι δυνατότητες επιλογής κυκλωμάτων και μετρήσεων, που προσφέρει το *VELab*, καθώς και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων, επιτρέπουν την ολοκληρωμένη μελέτη των χαρακτηριστικών λειτουργίας των συγκεκριμένων ηλεκτρονικών στοιχείων και συνδεσμολογιών. Συγχρόνως υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης στον τομέα των ψηφιακών κυκλωμάτων, αφού τα FET είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ως διακόπτες, και τα διαγράμματα της διόδου *Schottky* μπορούν να συγκριθούν άμεσα με τα διαγράμματα λειτουργίας των διόδων πυριτίου και *zener*, που έχουμε ήδη μελετήσει.

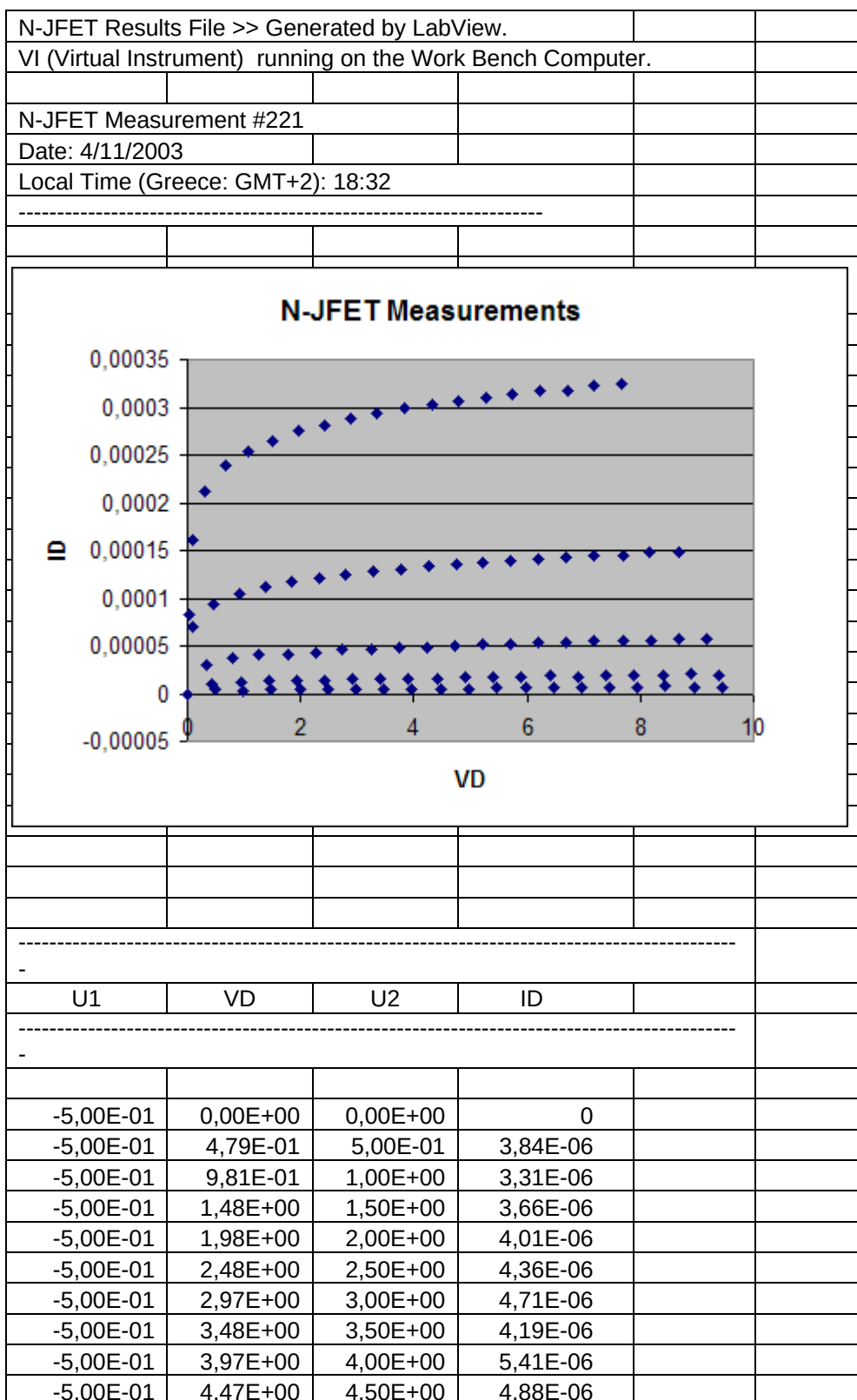
Το εξ αποστάσεως Εργαστήριο Ηλεκτρονικής αποτελείται από τα ηλεκτρονικά κυκλώματα προς μέτρηση, και την πλακέτα των ηλεκτρονόμενων. Τα παραπάνω, υπάρχουν εγκατεστημένα στο εργαστήριο πολυμέσων του ΕΜΠ μαζί με την πλακέτα επίκτησης δεδομένων, μέσα από την οποία το LabVIEW ελέγχει το όλο υλισμικό. Έτσι μπορούν να αποτελέσουν μια σταθερή βάση για μελλοντικές τροποποιήσεις, επεκτάσεις και βελτιώσεις του *VELab*.

Η ανταλλαγή επιστημονικών γνώσεων και εμπειριών είναι άμεσο αποτέλεσμα της δυνατότητας πρόσβασης στο Εργαστήριο μέσα από το Ίντερνετ, και βρίσκει ήδη εφαρμογή στη συνεργασία, πάνω στη συγκεκριμένη εφαρμογή, του ΕΜΠ, με το πανεπιστήμιο “Transylvania” του Brasov Ρουμανίας.

Το Εικονικό Εργαστήριο Ηλεκτρονικής, διευκολύνοντας την πρόσβαση σε υψηλού επιπέδου πηγές επιστημονικής γνώσης, συμβάλλει επίσης στον εκδημοκρατισμό της μετάδοσης της γνώσης αυτής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη διασπορά της γνώσης, όχι μόνο οριζόντια, δηλαδή σε μέλη της ακαδημαϊκής κοινότητας, όπως μαθητές, σπουδαστές, φοιτητές, καθηγητές και ερευνητές, αλλά και κατακόρυφα. Έτσι, υψηλού επιπέδου πηγές επιστημονικής γνώσης μπορούν να γίνουν προσιτές, σε ανθρώπους ή ομάδες ανθρώπων, που, είτε λόγω ηλικίας, είτε λόγω περιορισμένων οικονομικών δυνατοτήτων, δεν θα είχαν διαφορετικά πρόσβαση σε αυτές.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: XLS Αρχεία Αποτελεσμάτων

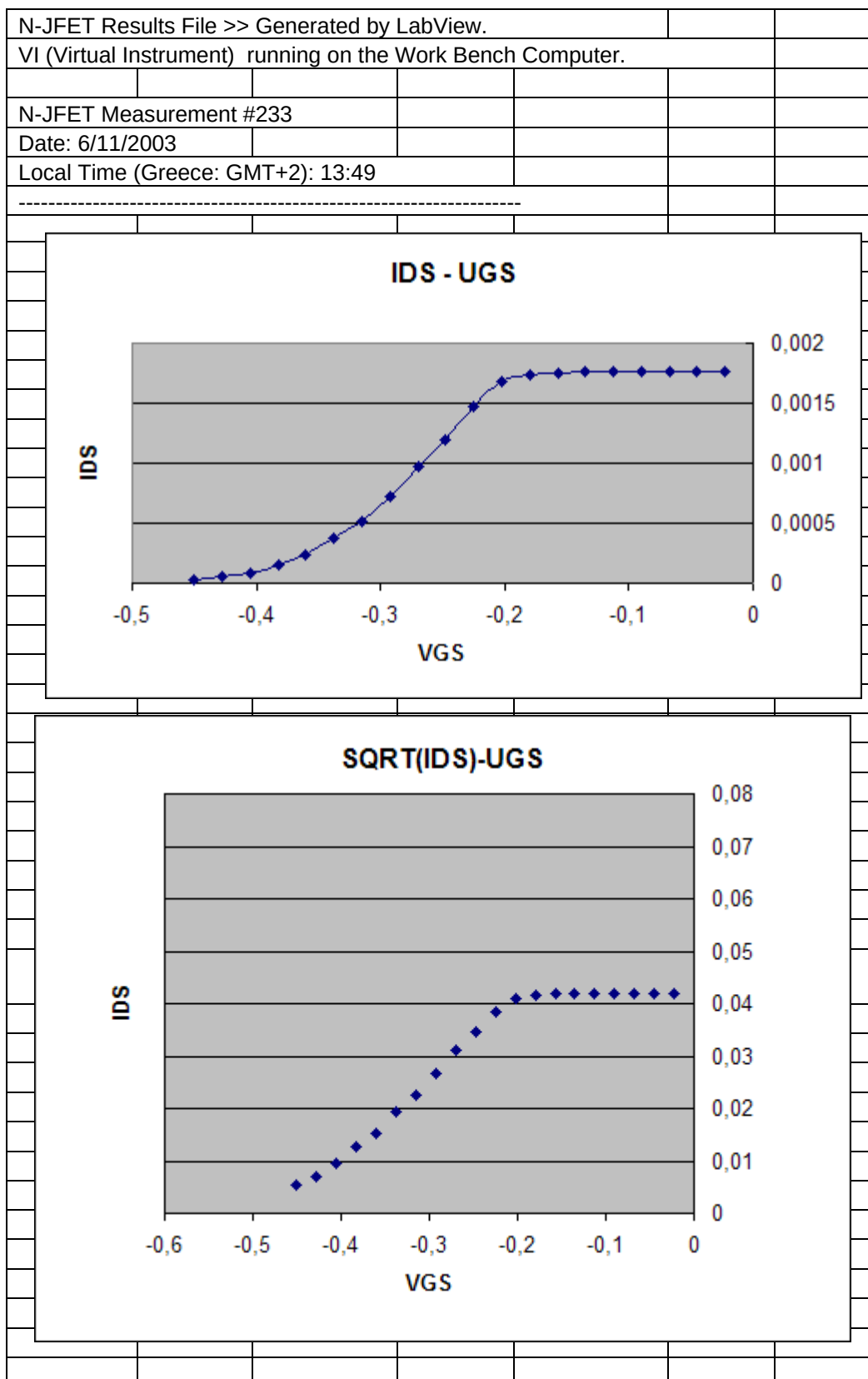
N-JFET DUT**ID – VD**

-5,00E-01	4,98E+00	5,00E+00	4,36E-06		
-5,00E-01	5,46E+00	5,50E+00	6,45E-06		
-5,00E-01	5,97E+00	6,00E+00	5,93E-06		
-5,00E-01	6,46E+00	6,50E+00	6,28E-06		
-5,00E-01	6,97E+00	7,00E+00	5,75E-06		
-5,00E-01	7,46E+00	7,50E+00	6,98E-06		
-5,00E-01	7,96E+00	8,00E+00	6,45E-06		
-5,00E-01	8,45E+00	8,50E+00	8,54E-06		
-5,00E-01	8,96E+00	9,00E+00	7,15E-06		
-5,00E-01	9,46E+00	9,50E+00	6,63E-06		
-4,60E-01	0,00E+00	0,00E+00	0		
-4,60E-01	4,39E-01	5,00E-01	1,08E-05		
-4,60E-01	9,38E-01	1,00E+00	1,12E-05		
-4,60E-01	1,43E+00	1,50E+00	1,33E-05		
-4,60E-01	1,92E+00	2,00E+00	1,45E-05		
-4,60E-01	2,42E+00	2,50E+00	1,40E-05		
-4,60E-01	2,92E+00	3,00E+00	1,52E-05		
-4,60E-01	3,41E+00	3,50E+00	1,55E-05		
-4,60E-01	3,91E+00	4,00E+00	1,59E-05		
-4,60E-01	4,41E+00	4,50E+00	1,62E-05		
-4,60E-01	4,91E+00	5,00E+00	1,66E-05		
-4,60E-01	5,40E+00	5,50E+00	1,78E-05		
-4,60E-01	5,90E+00	6,00E+00	1,73E-05		
-4,60E-01	6,40E+00	6,50E+00	1,85E-05		
-4,60E-01	6,90E+00	7,00E+00	1,80E-05		
-4,60E-01	7,39E+00	7,50E+00	1,92E-05		
-4,60E-01	7,89E+00	8,00E+00	1,95E-05		
-4,60E-01	8,39E+00	8,50E+00	1,90E-05		
-4,60E-01	8,89E+00	9,00E+00	2,02E-05		
-4,60E-01	9,39E+00	9,50E+00	1,97E-05		
-4,20E-01	4,88E-03	0,00E+00	-8,72E-07		
-4,20E-01	3,27E-01	5,00E-01	3,09E-05		
-4,20E-01	7,96E-01	1,00E+00	3,64E-05		
-4,20E-01	1,27E+00	1,50E+00	4,03E-05		
-4,20E-01	1,77E+00	2,00E+00	4,15E-05		
-4,20E-01	2,26E+00	2,50E+00	4,36E-05		
-4,20E-01	2,74E+00	3,00E+00	4,66E-05		
-4,20E-01	3,24E+00	3,50E+00	4,69E-05		
-4,20E-01	3,73E+00	4,00E+00	4,81E-05		
-4,20E-01	4,23E+00	4,50E+00	4,85E-05		
-4,20E-01	4,72E+00	5,00E+00	5,06E-05		
-4,20E-01	5,21E+00	5,50E+00	5,18E-05		
-4,20E-01	5,71E+00	6,00E+00	5,21E-05		
-4,20E-01	6,20E+00	6,50E+00	5,34E-05		
-4,20E-01	6,70E+00	7,00E+00	5,28E-05		
-4,20E-01	7,19E+00	7,50E+00	5,49E-05		
-4,20E-01	7,69E+00	8,00E+00	5,62E-05		
-4,20E-01	8,19E+00	8,50E+00	5,56E-05		
-4,20E-01	8,68E+00	9,00E+00	5,68E-05		
-4,20E-01	9,18E+00	9,50E+00	5,72E-05		
-3,80E-01	0,00E+00	0,00E+00	0		
-3,80E-01	1,07E-01	5,00E-01	7,01E-05		

-3,80E-01	4,74E-01	1,00E+00	9,40E-05		
-3,80E-01	9,13E-01	1,50E+00	0,000105		
-3,80E-01	1,37E+00	2,00E+00	0,000112		
-3,80E-01	1,85E+00	2,50E+00	0,000117		
-3,80E-01	2,32E+00	3,00E+00	0,000122		
-3,80E-01	2,80E+00	3,50E+00	0,000125		
-3,80E-01	3,28E+00	4,00E+00	0,000128		
-3,80E-01	3,77E+00	4,50E+00	0,00013		
-3,80E-01	4,25E+00	5,00E+00	0,000134		
-3,80E-01	4,74E+00	5,50E+00	0,000135		
-3,80E-01	5,23E+00	6,00E+00	0,000137		
-3,80E-01	5,72E+00	6,50E+00	0,00014		
-3,80E-01	6,21E+00	7,00E+00	0,000141		
-3,80E-01	6,70E+00	7,50E+00	0,000143		
-3,80E-01	7,19E+00	8,00E+00	0,000144		
-3,80E-01	7,69E+00	8,50E+00	0,000145		
-3,80E-01	8,17E+00	9,00E+00	0,000148		
-3,80E-01	8,67E+00	9,50E+00	0,000148		
-3,40E-01	0,00E+00	0,00E+00	0		
-3,40E-01	3,42E-02	5,00E-01	8,32E-05		
-3,40E-01	1,03E-01	1,00E+00	0,00016		
-3,40E-01	3,17E-01	1,50E+00	0,000211		
-3,40E-01	6,64E-01	2,00E+00	0,000239		
-3,40E-01	1,08E+00	2,50E+00	0,000254		
-3,40E-01	1,51E+00	3,00E+00	0,000265		
-3,40E-01	1,96E+00	3,50E+00	0,000275		
-3,40E-01	2,42E+00	4,00E+00	0,000282		
-3,40E-01	2,89E+00	4,50E+00	0,000287		
-3,40E-01	3,35E+00	5,00E+00	0,000294		
-3,40E-01	3,83E+00	5,50E+00	0,000299		
-3,40E-01	4,31E+00	6,00E+00	0,000302		
-3,40E-01	4,78E+00	6,50E+00	0,000307		
-3,40E-01	5,27E+00	7,00E+00	0,000309		
-3,40E-01	5,74E+00	7,50E+00	0,000314		
-3,40E-01	6,23E+00	8,00E+00	0,000317		
-3,40E-01	6,72E+00	8,50E+00	0,000318		
-3,40E-01	7,19E+00	9,00E+00	0,000323		
-3,40E-01	7,68E+00	9,50E+00	0,000325		

N-JFET DUT

IDS – UGS
SQRT(IDS – UGS)



U1	VD	U2	ID	SQRT (ID)		

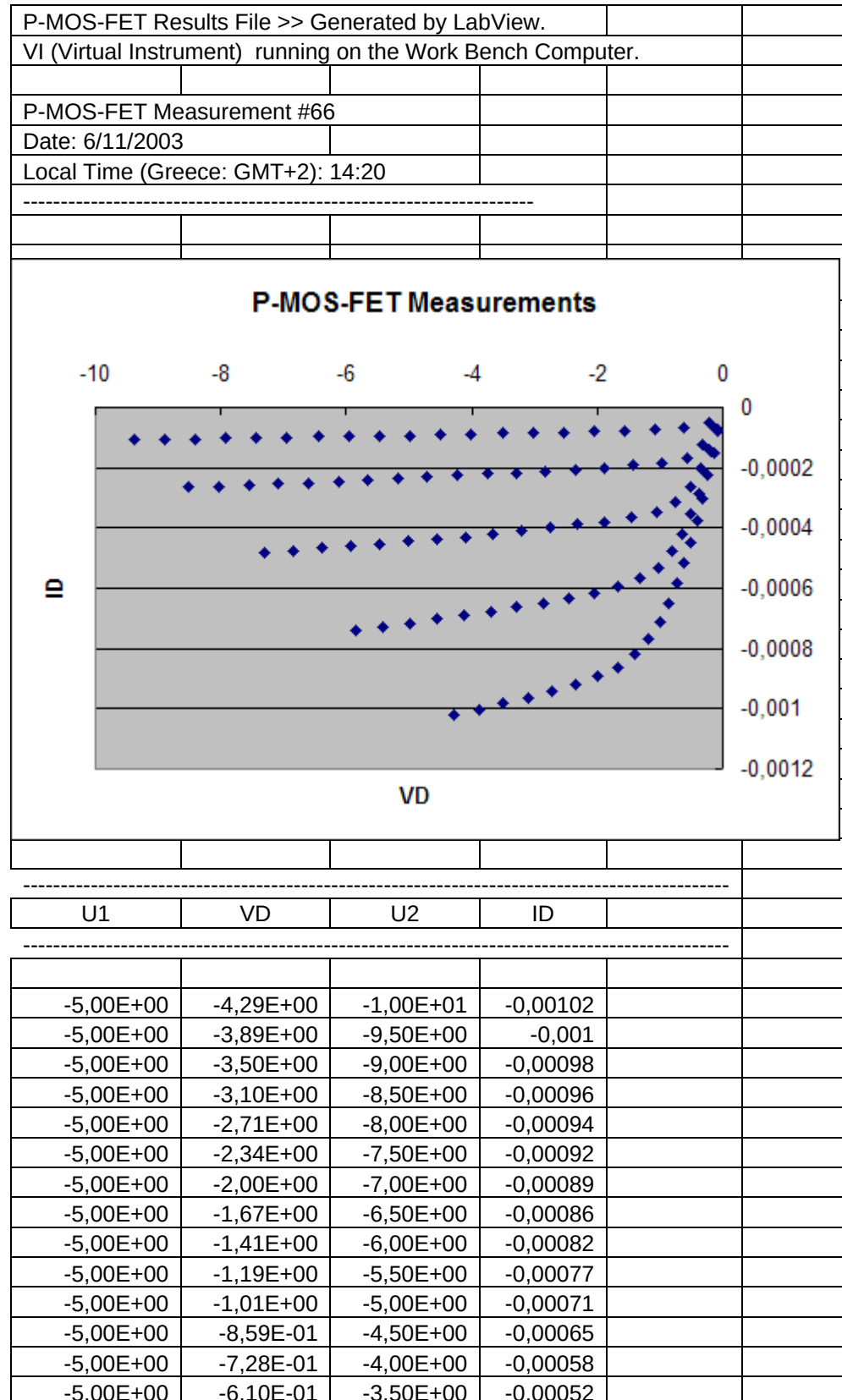
-4,50E-01	9,83E+00	1,00E+01	2,96E-05	0,005444782		
-4,28E-01	9,73E+00	1,00E+01	4,88E-05	0,006987712		
-4,05E-01	9,50E+00	1,00E+01	8,98E-05	0,009476754		
-3,83E-01	9,12E+00	1,00E+01	0,000158	0,012562622		
-3,60E-01	8,68E+00	1,00E+01	0,000236	0,015371833		
-3,38E-01	7,93E+00	1,00E+01	0,00037	0,01922755		
-3,15E-01	7,16E+00	1,00E+01	0,000507	0,022526956		
-2,93E-01	5,97E+00	1,00E+01	0,000719	0,026820569		
-2,70E-01	4,58E+00	1,00E+01	0,000969	0,031124189		
-2,48E-01	3,34E+00	1,00E+01	0,001188	0,034473783		
-2,25E-01	1,76E+00	1,00E+01	0,001471	0,03835293		
-2,03E-01	5,81E-01	1,00E+01	0,001682	0,041011639		
-1,80E-01	2,69E-01	1,00E+01	0,001738	0,041686426		
-1,58E-01	1,76E-01	1,00E+01	0,001754	0,04188466		
-1,35E-01	1,46E-01	1,00E+01	0,00176	0,041947066		
-1,13E-01	1,27E-01	1,00E+01	0,001763	0,041988619		
-9,00E-02	1,12E-01	1,00E+01	0,001766	0,042019756		
-6,75E-02	1,03E-01	1,00E+01	0,001767	0,042040501		
-4,50E-02	9,77E-02	1,00E+01	0,001768	0,04205087		
-2,25E-02	9,28E-02	1,00E+01	0,001769	0,042061236		

N-JFET DUT**Πρότυπο ασθενούς σήματος**

N-JFET Results File >> Generated by LabView.			
VI (Virtual Instrument) running on the Work Bench Computer.			
N-JFET Measurement #250			
Date: 24/11/2003			
Local Time (Greece: GMT+2): 14:47			

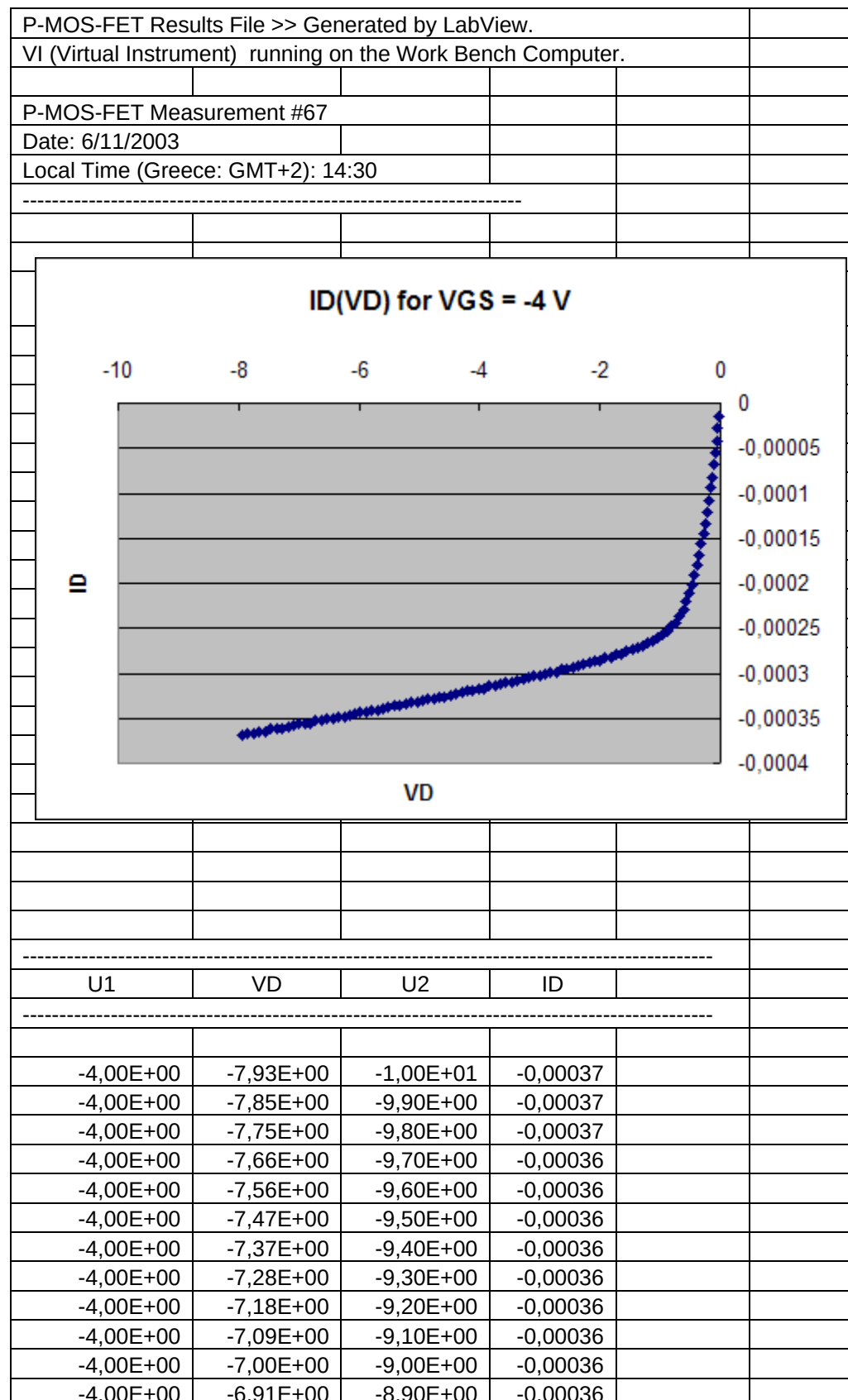
U1	VD	U2	

-3,00E-01	4,72E+00	8,50E+00	
-2,99E-01	4,71E+00	8,50E+00	
-2,98E-01	4,72E+00	8,50E+00	
-2,97E-01	4,71E+00	8,50E+00	
-2,96E-01	4,71E+00	8,50E+00	
-2,95E-01	4,46E+00	8,50E+00	
-2,94E-01	4,46E+00	8,50E+00	
-2,93E-01	4,47E+00	8,50E+00	
-2,92E-01	4,46E+00	8,50E+00	
-2,91E-01	4,46E+00	8,50E+00	
-2,90E-01	4,20E+00	8,50E+00	
-2,89E-01	4,20E+00	8,50E+00	
-2,88E-01	4,19E+00	8,50E+00	
-2,87E-01	4,20E+00	8,50E+00	
-2,86E-01	4,20E+00	8,50E+00	
-2,85E-01	3,94E+00	8,50E+00	
-2,84E-01	3,94E+00	8,50E+00	
-2,83E-01	3,94E+00	8,50E+00	
-2,82E-01	3,94E+00	8,50E+00	
-2,81E-01	3,94E+00	8,50E+00	

P-MOS-FET DUT**ID – VD**

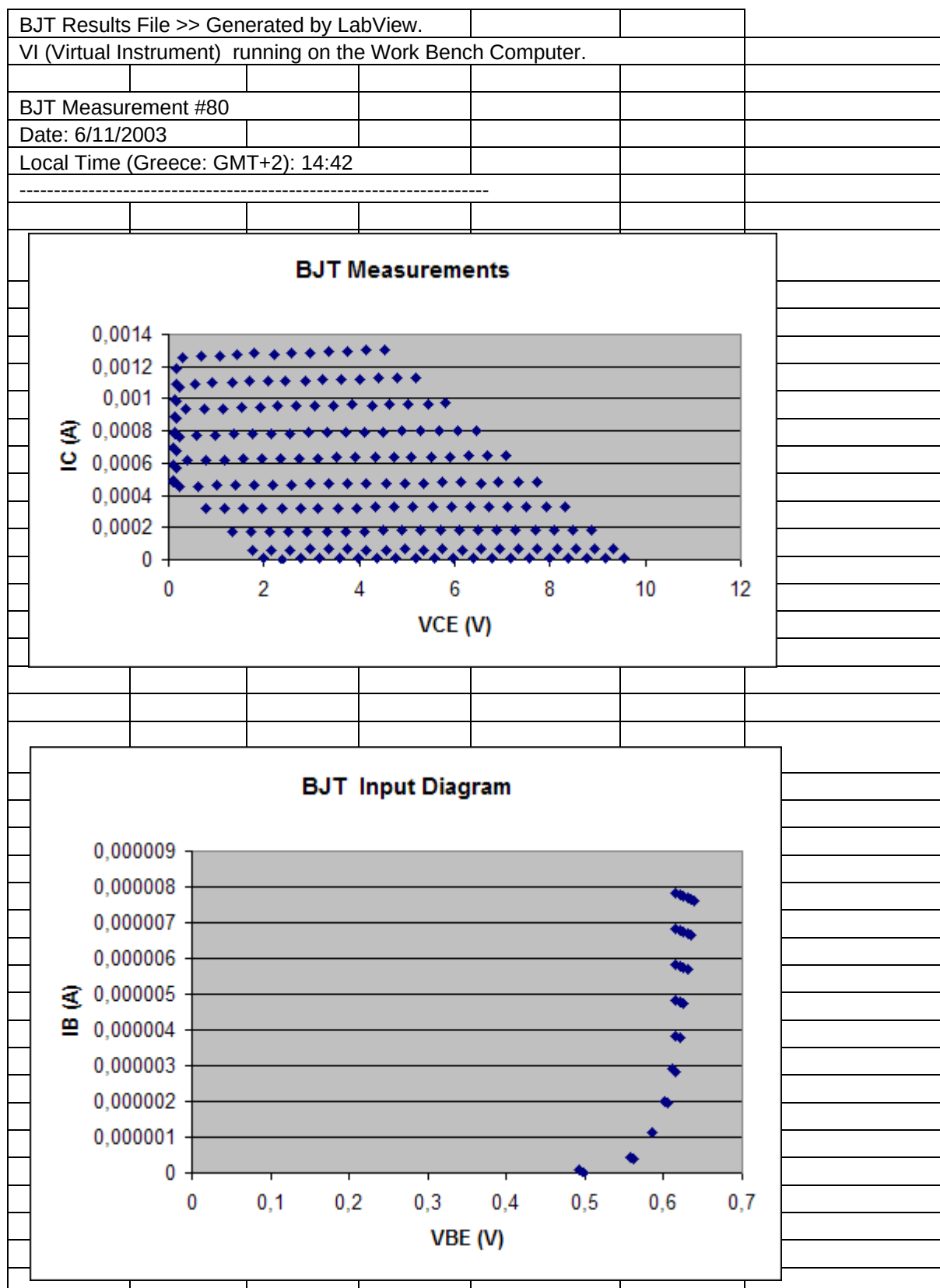
-5,00E+00	-5,03E-01	-3,00E+00	-0,00045		
-5,00E+00	-4,05E-01	-2,50E+00	-0,00037		
-5,00E+00	-3,13E-01	-2,00E+00	-0,0003		
-5,00E+00	-2,29E-01	-1,50E+00	-0,00023		
-5,00E+00	-1,46E-01	-1,00E+00	-0,00015		
-5,00E+00	-7,32E-02	-5,00E-01	-7,6E-05		
-4,60E+00	-5,85E+00	-1,00E+01	-0,00074		
-4,60E+00	-5,42E+00	-9,50E+00	-0,00073		
-4,60E+00	-4,99E+00	-9,00E+00	-0,00072		
-4,60E+00	-4,56E+00	-8,50E+00	-0,0007		
-4,60E+00	-4,13E+00	-8,00E+00	-0,00069		
-4,60E+00	-3,70E+00	-7,50E+00	-0,00068		
-4,60E+00	-3,28E+00	-7,00E+00	-0,00066		
-4,60E+00	-2,86E+00	-6,50E+00	-0,00065		
-4,60E+00	-2,45E+00	-6,00E+00	-0,00063		
-4,60E+00	-2,04E+00	-5,50E+00	-0,00062		
-4,60E+00	-1,66E+00	-5,00E+00	-0,0006		
-4,60E+00	-1,31E+00	-4,50E+00	-0,00057		
-4,60E+00	-1,03E+00	-4,00E+00	-0,00053		
-4,60E+00	-8,20E-01	-3,50E+00	-0,00048		
-4,60E+00	-6,49E-01	-3,00E+00	-0,00042		
-4,60E+00	-5,08E-01	-2,50E+00	-0,00036		
-4,60E+00	-3,86E-01	-2,00E+00	-0,00029		
-4,60E+00	-2,73E-01	-1,50E+00	-0,00022		
-4,60E+00	-1,76E-01	-1,00E+00	-0,00015		
-4,60E+00	-8,30E-02	-5,00E-01	-7,4E-05		
-4,20E+00	-7,30E+00	-1,00E+01	-0,00048		
-4,20E+00	-6,85E+00	-9,50E+00	-0,00047		
-4,20E+00	-6,38E+00	-9,00E+00	-0,00047		
-4,20E+00	-5,93E+00	-8,50E+00	-0,00046		
-4,20E+00	-5,47E+00	-8,00E+00	-0,00045		
-4,20E+00	-5,01E+00	-7,50E+00	-0,00044		
-4,20E+00	-4,57E+00	-7,00E+00	-0,00043		
-4,20E+00	-4,10E+00	-6,50E+00	-0,00043		
-4,20E+00	-3,66E+00	-6,00E+00	-0,00042		
-4,20E+00	-3,20E+00	-5,50E+00	-0,00041		
-4,20E+00	-2,76E+00	-5,00E+00	-0,0004		
-4,20E+00	-2,32E+00	-4,50E+00	-0,00039		
-4,20E+00	-1,88E+00	-4,00E+00	-0,00038		
-4,20E+00	-1,46E+00	-3,50E+00	-0,00037		
-4,20E+00	-1,05E+00	-3,00E+00	-0,00035		
-4,20E+00	-7,47E-01	-2,50E+00	-0,00031		
-4,20E+00	-5,22E-01	-2,00E+00	-0,00026		
-4,20E+00	-3,56E-01	-1,50E+00	-0,0002		
-4,20E+00	-2,20E-01	-1,00E+00	-0,00014		
-4,20E+00	-1,03E-01	-5,00E-01	-7,1E-05		
-3,80E+00	-8,51E+00	-1,00E+01	-0,00027		
-3,80E+00	-8,04E+00	-9,50E+00	-0,00026		
-3,80E+00	-7,55E+00	-9,00E+00	-0,00026		
-3,80E+00	-7,08E+00	-8,50E+00	-0,00025		
-3,80E+00	-6,60E+00	-8,00E+00	-0,00025		
-3,80E+00	-6,13E+00	-7,50E+00	-0,00025		

-3,80E+00	-5,65E+00	-7,00E+00	-0,00024		
-3,80E+00	-5,18E+00	-6,50E+00	-0,00024		
-3,80E+00	-4,71E+00	-6,00E+00	-0,00023		
-3,80E+00	-4,23E+00	-5,50E+00	-0,00023		
-3,80E+00	-3,76E+00	-5,00E+00	-0,00022		
-3,80E+00	-3,29E+00	-4,50E+00	-0,00022		
-3,80E+00	-2,82E+00	-4,00E+00	-0,00021		
-3,80E+00	-2,35E+00	-3,50E+00	-0,00021		
-3,80E+00	-1,88E+00	-3,00E+00	-0,0002		
-3,80E+00	-1,42E+00	-2,50E+00	-0,00019		
-3,80E+00	-9,67E-01	-2,00E+00	-0,00018		
-3,80E+00	-5,71E-01	-1,50E+00	-0,00017		
-3,80E+00	-3,13E-01	-1,00E+00	-0,00012		
-3,80E+00	-1,37E-01	-5,00E-01	-6,5E-05		
-3,40E+00	-9,39E+00	-1,00E+01	-0,00011		
-3,40E+00	-8,90E+00	-9,50E+00	-0,00011		
-3,40E+00	-8,41E+00	-9,00E+00	-0,00011		
-3,40E+00	-7,92E+00	-8,50E+00	-0,0001		
-3,40E+00	-7,43E+00	-8,00E+00	-0,0001		
-3,40E+00	-6,94E+00	-7,50E+00	-9,9E-05		
-3,40E+00	-6,46E+00	-7,00E+00	-9,7E-05		
-3,40E+00	-5,96E+00	-6,50E+00	-9,6E-05		
-3,40E+00	-5,47E+00	-6,00E+00	-9,4E-05		
-3,40E+00	-4,98E+00	-5,50E+00	-9,3E-05		
-3,40E+00	-4,50E+00	-5,00E+00	-9E-05		
-3,40E+00	-4,01E+00	-4,50E+00	-8,8E-05		
-3,40E+00	-3,52E+00	-4,00E+00	-8,6E-05		
-3,40E+00	-3,03E+00	-3,50E+00	-8,4E-05		
-3,40E+00	-2,54E+00	-3,00E+00	-8,1E-05		
-3,40E+00	-2,06E+00	-2,50E+00	-7,9E-05		
-3,40E+00	-1,57E+00	-2,00E+00	-7,6E-05		
-3,40E+00	-1,09E+00	-1,50E+00	-7,3E-05		
-3,40E+00	-6,10E-01	-1,00E+00	-7E-05		
-3,40E+00	-2,15E-01	-5,00E-01	-5,1E-05		

P-MOS-FET DUT**ID – VD for VGS = - 4 V**

-4,00E+00	-6,81E+00	-8,80E+00	-0,00036		
-4,00E+00	-6,72E+00	-8,70E+00	-0,00035		
-4,00E+00	-6,63E+00	-8,60E+00	-0,00035		
-4,00E+00	-6,53E+00	-8,50E+00	-0,00035		
-4,00E+00	-6,44E+00	-8,40E+00	-0,00035		
-4,00E+00	-6,35E+00	-8,30E+00	-0,00035		
-4,00E+00	-6,25E+00	-8,20E+00	-0,00035		
-4,00E+00	-6,16E+00	-8,10E+00	-0,00035		
-4,00E+00	-6,06E+00	-8,00E+00	-0,00035		
-4,00E+00	-5,98E+00	-7,90E+00	-0,00034		
-4,00E+00	-5,88E+00	-7,80E+00	-0,00034		
-4,00E+00	-5,79E+00	-7,70E+00	-0,00034		
-4,00E+00	-5,69E+00	-7,60E+00	-0,00034		
-4,00E+00	-5,60E+00	-7,50E+00	-0,00034		
-4,00E+00	-5,51E+00	-7,40E+00	-0,00034		
-4,00E+00	-5,42E+00	-7,30E+00	-0,00034		
-4,00E+00	-5,32E+00	-7,20E+00	-0,00034		
-4,00E+00	-5,23E+00	-7,10E+00	-0,00033		
-4,00E+00	-5,14E+00	-7,00E+00	-0,00033		
-4,00E+00	-5,04E+00	-6,90E+00	-0,00033		
-4,00E+00	-4,95E+00	-6,80E+00	-0,00033		
-4,00E+00	-4,86E+00	-6,70E+00	-0,00033		
-4,00E+00	-4,77E+00	-6,60E+00	-0,00033		
-4,00E+00	-4,67E+00	-6,50E+00	-0,00033		
-4,00E+00	-4,58E+00	-6,40E+00	-0,00033		
-4,00E+00	-4,48E+00	-6,30E+00	-0,00032		
-4,00E+00	-4,39E+00	-6,20E+00	-0,00032		
-4,00E+00	-4,30E+00	-6,10E+00	-0,00032		
-4,00E+00	-4,21E+00	-6,00E+00	-0,00032		
-4,00E+00	-4,11E+00	-5,90E+00	-0,00032		
-4,00E+00	-4,02E+00	-5,80E+00	-0,00032		
-4,00E+00	-3,93E+00	-5,70E+00	-0,00032		
-4,00E+00	-3,84E+00	-5,60E+00	-0,00031		
-4,00E+00	-3,74E+00	-5,50E+00	-0,00031		
-4,00E+00	-3,65E+00	-5,40E+00	-0,00031		
-4,00E+00	-3,56E+00	-5,30E+00	-0,00031		
-4,00E+00	-3,47E+00	-5,20E+00	-0,00031		
-4,00E+00	-3,37E+00	-5,10E+00	-0,00031		
-4,00E+00	-3,28E+00	-5,00E+00	-0,00031		
-4,00E+00	-3,19E+00	-4,90E+00	-0,0003		
-4,00E+00	-3,10E+00	-4,80E+00	-0,0003		
-4,00E+00	-3,01E+00	-4,70E+00	-0,0003		
-4,00E+00	-2,92E+00	-4,60E+00	-0,0003		
-4,00E+00	-2,83E+00	-4,50E+00	-0,0003		
-4,00E+00	-2,73E+00	-4,40E+00	-0,0003		
-4,00E+00	-2,64E+00	-4,30E+00	-0,0003		
-4,00E+00	-2,55E+00	-4,20E+00	-0,00029		
-4,00E+00	-2,46E+00	-4,10E+00	-0,00029		
-4,00E+00	-2,36E+00	-4,00E+00	-0,00029		
-4,00E+00	-2,28E+00	-3,90E+00	-0,00029		
-4,00E+00	-2,18E+00	-3,80E+00	-0,00029		
-4,00E+00	-2,09E+00	-3,70E+00	-0,00029		

-4,00E+00	-2,00E+00	-3,60E+00	-0,00029		
-4,00E+00	-1,91E+00	-3,50E+00	-0,00028		
-4,00E+00	-1,82E+00	-3,40E+00	-0,00028		
-4,00E+00	-1,73E+00	-3,30E+00	-0,00028		
-4,00E+00	-1,64E+00	-3,20E+00	-0,00028		
-4,00E+00	-1,56E+00	-3,10E+00	-0,00028		
-4,00E+00	-1,46E+00	-3,00E+00	-0,00027		
-4,00E+00	-1,38E+00	-2,90E+00	-0,00027		
-4,00E+00	-1,29E+00	-2,80E+00	-0,00027		
-4,00E+00	-1,21E+00	-2,70E+00	-0,00027		
-4,00E+00	-1,12E+00	-2,60E+00	-0,00026		
-4,00E+00	-1,04E+00	-2,50E+00	-0,00026		
-4,00E+00	-9,62E-01	-2,40E+00	-0,00026		
-4,00E+00	-8,79E-01	-2,30E+00	-0,00025		
-4,00E+00	-8,11E-01	-2,20E+00	-0,00025		
-4,00E+00	-7,37E-01	-2,10E+00	-0,00024		
-4,00E+00	-6,74E-01	-2,00E+00	-0,00024		
-4,00E+00	-6,15E-01	-1,90E+00	-0,00023		
-4,00E+00	-5,66E-01	-1,80E+00	-0,00022		
-4,00E+00	-5,18E-01	-1,70E+00	-0,00021		
-4,00E+00	-4,74E-01	-1,60E+00	-0,0002		
-4,00E+00	-4,30E-01	-1,50E+00	-0,00019		
-4,00E+00	-3,91E-01	-1,40E+00	-0,00018		
-4,00E+00	-3,52E-01	-1,30E+00	-0,00017		
-4,00E+00	-3,22E-01	-1,20E+00	-0,00016		
-4,00E+00	-2,88E-01	-1,10E+00	-0,00014		
-4,00E+00	-2,54E-01	-1,00E+00	-0,00013		
-4,00E+00	-2,25E-01	-9,00E-01	-0,00012		
-4,00E+00	-1,95E-01	-8,00E-01	-0,00011		
-4,00E+00	-1,71E-01	-7,00E-01	-9,4E-05		
-4,00E+00	-1,42E-01	-6,00E-01	-8,2E-05		
-4,00E+00	-1,17E-01	-5,00E-01	-6,8E-05		
-4,00E+00	-9,28E-02	-4,00E-01	-5,5E-05		
-4,00E+00	-6,84E-02	-3,00E-01	-4,1E-05		
-4,00E+00	-4,39E-02	-2,00E-01	-2,8E-05		
-4,00E+00	-1,95E-02	-1,00E-01	-1,4E-05		

BJT DUT**IC – VCE / IB – VBE**

U1	VB	VC	U2	IB	IC	

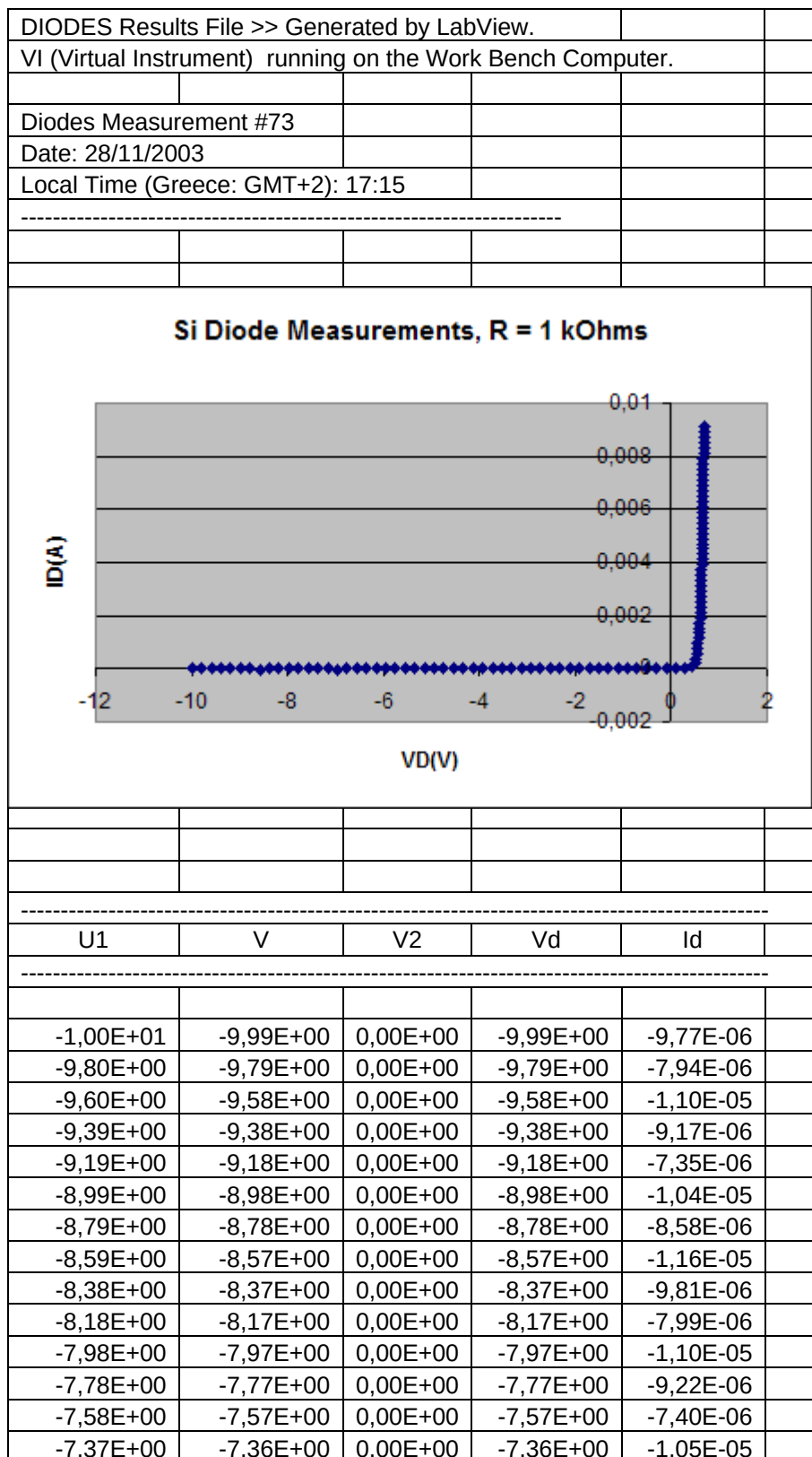
5,00E-01	4,93E-01	1,98E+00	2,00E+00	5,75921E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,93E-01	2,38E+00	2,40E+00	4,40705E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,93E-01	2,78E+00	2,80E+00	5,55889E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,98E-01	3,18E+00	3,20E+00	5,45873E-06	1,95E-08	
5,00E-01	4,98E-01	3,58E+00	3,60E+00	5,35857E-06	1,95E-08	
5,00E-01	4,93E-01	3,97E+00	4,00E+00	6,51042E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,98E-01	4,38E+00	4,40E+00	6,41026E-06	1,95E-08	
5,00E-01	4,98E-01	4,78E+00	4,80E+00	6,3101E-06	1,95E-08	
5,00E-01	4,93E-01	5,18E+00	5,20E+00	6,20994E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,93E-01	5,58E+00	5,60E+00	6,10978E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,93E-01	5,98E+00	6,00E+00	6,00962E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,98E-01	6,38E+00	6,40E+00	5,90946E-06	1,95E-08	
5,00E-01	4,98E-01	6,78E+00	6,80E+00	5,80929E-06	1,95E-08	
5,00E-01	4,98E-01	7,18E+00	7,20E+00	5,70913E-06	1,95E-08	
5,00E-01	4,98E-01	7,57E+00	7,60E+00	8,11298E-06	1,95E-08	
5,00E-01	4,93E-01	7,97E+00	8,00E+00	6,76082E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,93E-01	8,37E+00	8,40E+00	7,91266E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,98E-01	8,77E+00	8,80E+00	7,8125E-06	1,95E-08	
5,00E-01	4,93E-01	9,17E+00	9,20E+00	7,71234E-06	6,84E-08	
5,00E-01	4,93E-01	9,57E+00	9,60E+00	7,61218E-06	6,84E-08	
6,00E-01	5,62E-01	1,76E+00	2,00E+00	6,08474E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	2,16E+00	2,40E+00	6,07472E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	2,56E+00	2,80E+00	6,1899E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	2,95E+00	3,20E+00	6,30509E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	3,35E+00	3,60E+00	6,29507E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,57E-01	3,75E+00	4,00E+00	6,41026E-05	4,34E-07	
6,00E-01	5,62E-01	4,16E+00	4,40E+00	6,27504E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,57E-01	4,56E+00	4,80E+00	6,26502E-05	4,34E-07	
6,00E-01	5,62E-01	4,95E+00	5,20E+00	6,38021E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	5,36E+00	5,60E+00	6,24499E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	5,75E+00	6,00E+00	6,36018E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	6,17E+00	6,40E+00	5,97456E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	6,55E+00	6,80E+00	6,34014E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	6,94E+00	7,20E+00	6,58053E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	7,34E+00	7,60E+00	6,57051E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	7,74E+00	8,00E+00	6,5605E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	8,14E+00	8,40E+00	6,55048E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	8,54E+00	8,80E+00	6,54046E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	8,95E+00	9,20E+00	6,53045E-05	3,85E-07	
6,00E-01	5,62E-01	9,34E+00	9,60E+00	6,64563E-05	3,85E-07	
7,00E-01	5,86E-01	1,32E+00	2,00E+00	0,000173528	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	1,72E+00	2,40E+00	0,000173427	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	2,10E+00	2,80E+00	0,000178335	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	2,51E+00	3,20E+00	0,000175731	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	2,91E+00	3,60E+00	0,000176883	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	3,31E+00	4,00E+00	0,000176783	1,14E-06	

7,00E-01	5,86E-01	3,71E+00	4,40E+00	0,000177935	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	4,11E+00	4,80E+00	0,000177835	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	4,50E+00	5,20E+00	0,000178986	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	4,90E+00	5,60E+00	0,000178886	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	5,30E+00	6,00E+00	0,000180038	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	5,70E+00	6,40E+00	0,000179938	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	6,10E+00	6,80E+00	0,000179838	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	6,49E+00	7,20E+00	0,00018099	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	6,89E+00	7,60E+00	0,000182141	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	7,28E+00	8,00E+00	0,000184545	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	7,69E+00	8,40E+00	0,000181941	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	8,09E+00	8,80E+00	0,000181841	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	8,48E+00	9,20E+00	0,000184245	1,14E-06	
7,00E-01	5,86E-01	8,88E+00	9,60E+00	0,000185397	1,14E-06	
8,00E-01	6,01E-01	7,71E-01	2,00E+00	0,000315004	1,99E-06	
8,00E-01	6,01E-01	1,17E+00	2,40E+00	0,000314904	1,99E-06	
8,00E-01	6,05E-01	1,56E+00	2,80E+00	0,000317308	1,95E-06	
8,00E-01	6,01E-01	1,95E+00	3,20E+00	0,000319712	1,99E-06	
8,00E-01	6,01E-01	2,37E+00	3,60E+00	0,000315855	1,99E-06	
8,00E-01	6,05E-01	2,77E+00	4,00E+00	0,000315755	1,95E-06	
8,00E-01	6,05E-01	3,14E+00	4,40E+00	0,000323167	1,95E-06	
8,00E-01	6,05E-01	3,54E+00	4,80E+00	0,000323067	1,95E-06	
8,00E-01	6,01E-01	3,94E+00	5,20E+00	0,000322967	1,99E-06	
8,00E-01	6,01E-01	4,33E+00	5,60E+00	0,000325371	1,99E-06	
8,00E-01	6,01E-01	4,73E+00	6,00E+00	0,00032527	1,99E-06	
8,00E-01	6,01E-01	5,13E+00	6,40E+00	0,00032517	1,99E-06	
8,00E-01	6,01E-01	5,53E+00	6,80E+00	0,000326322	1,99E-06	
8,00E-01	6,05E-01	5,93E+00	7,20E+00	0,000326222	1,95E-06	
8,00E-01	6,05E-01	6,32E+00	7,60E+00	0,000328626	1,95E-06	
8,00E-01	6,01E-01	6,71E+00	8,00E+00	0,000329778	1,99E-06	
8,00E-01	6,01E-01	7,11E+00	8,40E+00	0,000329677	1,99E-06	
8,00E-01	6,05E-01	7,51E+00	8,80E+00	0,000330829	1,95E-06	
8,00E-01	6,01E-01	7,91E+00	9,20E+00	0,000330729	1,99E-06	
8,00E-01	6,01E-01	8,31E+00	9,60E+00	0,000331881	1,99E-06	
9,00E-01	6,10E-01	2,34E-01	2,00E+00	0,000452724	2,90E-06	
9,00E-01	6,15E-01	6,15E-01	2,40E+00	0,000457632	2,85E-06	
9,00E-01	6,10E-01	1,00E+00	2,80E+00	0,000461288	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	1,40E+00	3,20E+00	0,00046244	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	1,79E+00	3,60E+00	0,000464844	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	2,18E+00	4,00E+00	0,000465996	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	2,58E+00	4,40E+00	0,000467147	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	2,97E+00	4,80E+00	0,000468299	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	3,37E+00	5,20E+00	0,000469451	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	3,76E+00	5,60E+00	0,000470603	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	4,16E+00	6,00E+00	0,000473007	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	4,56E+00	6,40E+00	0,000471655	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	4,95E+00	6,80E+00	0,000474058	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	5,35E+00	7,20E+00	0,00047521	2,90E-06	
9,00E-01	6,15E-01	5,73E+00	7,60E+00	0,000478866	2,85E-06	
9,00E-01	6,10E-01	6,13E+00	8,00E+00	0,000478766	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	6,54E+00	8,40E+00	0,000477414	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	6,92E+00	8,80E+00	0,00048107	2,90E-06	

9,00E-01	6,10E-01	7,32E+00	9,20E+00	0,00048097	2,90E-06	
9,00E-01	6,10E-01	7,72E+00	9,60E+00	0,000482121	2,90E-06	
1,00E+00	6,15E-01	1,32E-01	2,00E+00	0,000479016	3,85E-06	
1,00E+00	6,20E-01	1,71E-01	2,40E+00	0,000571565	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	3,96E-01	2,80E+00	0,000616536	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	7,86E-01	3,20E+00	0,00061894	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	1,19E+00	3,60E+00	0,00061884	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	1,57E+00	4,00E+00	0,000623748	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	1,96E+00	4,40E+00	0,000626152	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	2,35E+00	4,80E+00	0,000627304	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	2,75E+00	5,20E+00	0,000628456	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	3,14E+00	5,60E+00	0,000629607	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	3,53E+00	6,00E+00	0,000633263	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	3,93E+00	6,40E+00	0,000634415	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	4,33E+00	6,80E+00	0,000634315	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	4,73E+00	7,20E+00	0,000634215	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	5,10E+00	7,60E+00	0,000640375	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	5,50E+00	8,00E+00	0,000640274	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	5,90E+00	8,40E+00	0,000641426	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	6,29E+00	8,80E+00	0,000642578	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	6,68E+00	9,20E+00	0,000644982	3,80E-06	
1,00E+00	6,20E-01	7,08E+00	9,60E+00	0,000647386	3,80E-06	
1,10E+00	6,15E-01	1,17E-01	2,00E+00	0,000482772	4,85E-06	
1,10E+00	6,20E-01	1,32E-01	2,40E+00	0,000581581	4,80E-06	
1,10E+00	6,20E-01	1,56E-01	2,80E+00	0,000677885	4,80E-06	
1,10E+00	6,25E-01	2,39E-01	3,20E+00	0,000759165	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	5,96E-01	3,60E+00	0,000770333	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	9,81E-01	4,00E+00	0,000773988	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	1,37E+00	4,40E+00	0,000777644	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	1,75E+00	4,80E+00	0,000782552	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	2,15E+00	5,20E+00	0,000782452	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	2,54E+00	5,60E+00	0,000783604	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	2,93E+00	6,00E+00	0,00078726	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	3,32E+00	6,40E+00	0,000790915	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	3,72E+00	6,80E+00	0,000789563	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	4,11E+00	7,20E+00	0,000791967	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	4,50E+00	7,60E+00	0,000795623	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	4,89E+00	8,00E+00	0,000798027	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	5,29E+00	8,40E+00	0,000797927	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	5,68E+00	8,80E+00	0,000800331	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	6,07E+00	9,20E+00	0,000802734	4,75E-06	
1,10E+00	6,25E-01	6,46E+00	9,60E+00	0,000803886	4,75E-06	
1,20E+00	6,15E-01	1,03E-01	2,00E+00	0,000486528	5,85E-06	
1,20E+00	6,20E-01	1,12E-01	2,40E+00	0,000586589	5,80E-06	
1,20E+00	6,25E-01	1,27E-01	2,80E+00	0,000685397	5,75E-06	
1,20E+00	6,25E-01	1,46E-01	3,20E+00	0,000782953	5,75E-06	
1,20E+00	6,30E-01	1,76E-01	3,60E+00	0,000878005	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	3,66E-01	4,00E+00	0,000931741	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	7,57E-01	4,40E+00	0,000934145	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	1,13E+00	4,80E+00	0,000940304	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	1,52E+00	5,20E+00	0,00094396	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	1,91E+00	5,60E+00	0,000946364	5,70E-06	

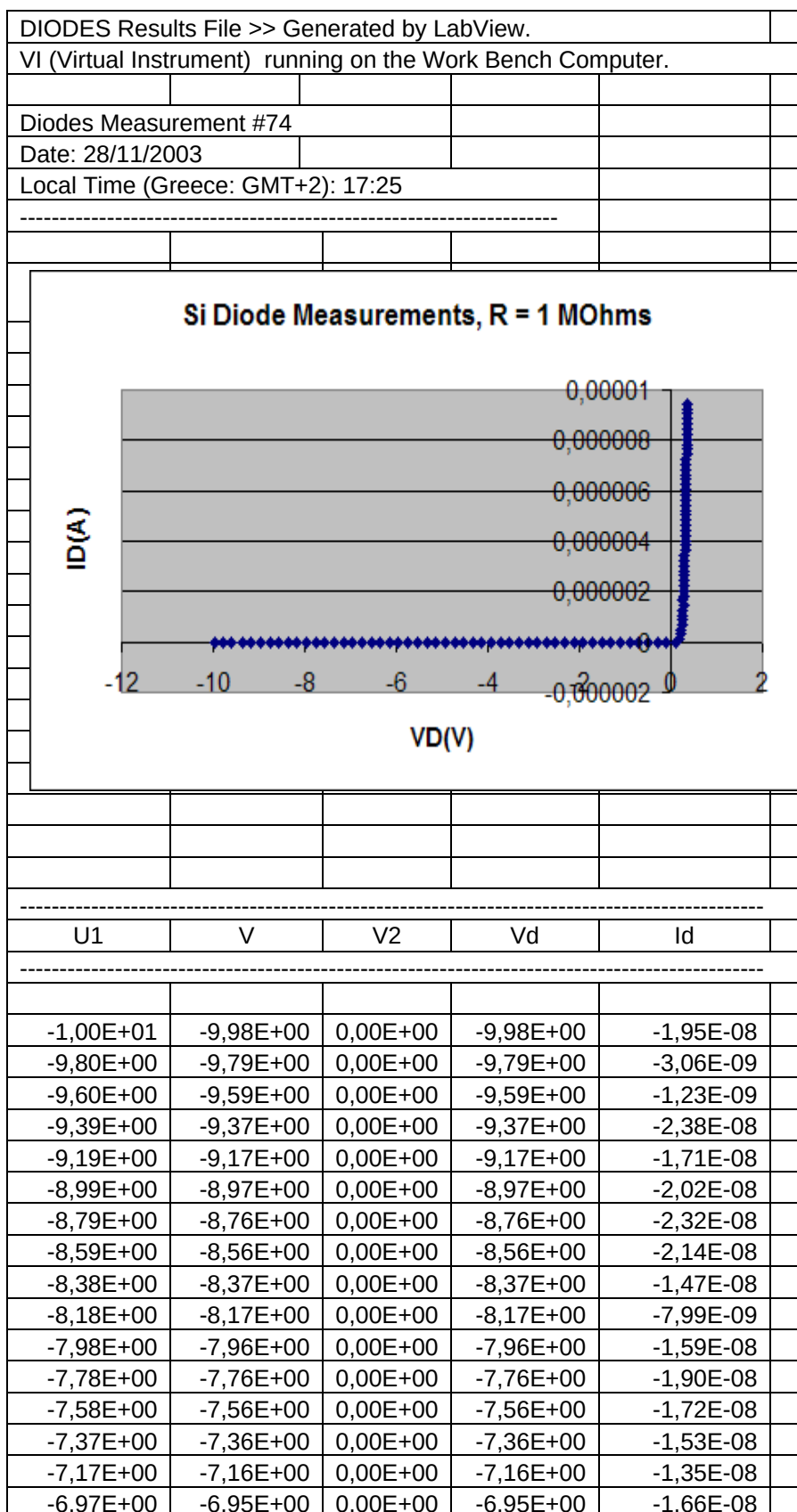
1,20E+00	6,30E-01	2,29E+00	6,00E+00	0,000951272	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	2,69E+00	6,40E+00	0,000952424	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	3,07E+00	6,80E+00	0,00095608	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	3,46E+00	7,20E+00	0,000958484	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	3,85E+00	7,60E+00	0,000960887	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	4,26E+00	8,00E+00	0,000959535	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	4,64E+00	8,40E+00	0,000964443	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	5,02E+00	8,80E+00	0,000968099	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	5,43E+00	9,20E+00	0,000966747	5,70E-06	
1,20E+00	6,30E-01	5,81E+00	9,60E+00	0,000971655	5,70E-06	
1,30E+00	6,15E-01	9,28E-02	2,00E+00	0,000489032	6,85E-06	
1,30E+00	6,20E-01	1,07E-01	2,40E+00	0,000587841	6,80E-06	
1,30E+00	6,25E-01	1,17E-01	2,80E+00	0,000687901	6,75E-06	
1,30E+00	6,25E-01	1,27E-01	3,20E+00	0,000787961	6,75E-06	
1,30E+00	6,30E-01	1,42E-01	3,60E+00	0,000886769	6,70E-06	
1,30E+00	6,30E-01	1,61E-01	4,00E+00	0,000984325	6,70E-06	
1,30E+00	6,35E-01	2,20E-01	4,40E+00	0,001071865	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	5,52E-01	4,80E+00	0,001089293	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	9,23E-01	5,20E+00	0,001096705	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	1,32E+00	5,60E+00	0,001096605	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	1,68E+00	6,00E+00	0,00110652	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	2,08E+00	6,40E+00	0,001108924	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	2,46E+00	6,80E+00	0,00111258	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	2,86E+00	7,20E+00	0,001113732	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	3,24E+00	7,60E+00	0,00111864	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	3,63E+00	8,00E+00	0,001121044	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	4,02E+00	8,40E+00	0,001123448	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	4,40E+00	8,80E+00	0,001127103	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	4,79E+00	9,20E+00	0,001130759	6,65E-06	
1,30E+00	6,35E-01	5,19E+00	9,60E+00	0,001130659	6,65E-06	
1,40E+00	6,15E-01	8,79E-02	2,00E+00	0,000490284	7,85E-06	
1,40E+00	6,20E-01	9,77E-02	2,40E+00	0,000590345	7,80E-06	
1,40E+00	6,25E-01	1,07E-01	2,80E+00	0,000690405	7,75E-06	
1,40E+00	6,25E-01	1,17E-01	3,20E+00	0,000790465	7,75E-06	
1,40E+00	6,30E-01	1,27E-01	3,60E+00	0,000890525	7,70E-06	
1,40E+00	6,35E-01	1,37E-01	4,00E+00	0,000990585	7,65E-06	
1,40E+00	6,35E-01	1,51E-01	4,40E+00	0,001089393	7,65E-06	
1,40E+00	6,35E-01	1,76E-01	4,80E+00	0,001185697	7,65E-06	
1,40E+00	6,40E-01	3,08E-01	5,20E+00	0,001254457	7,60E-06	
1,40E+00	6,40E-01	6,79E-01	5,60E+00	0,001261869	7,60E-06	
1,40E+00	6,40E-01	1,06E+00	6,00E+00	0,001265525	7,60E-06	
1,40E+00	6,35E-01	1,44E+00	6,40E+00	0,001271685	7,65E-06	
1,40E+00	6,40E-01	1,80E+00	6,80E+00	0,001281601	7,60E-06	
1,40E+00	6,40E-01	2,22E+00	7,20E+00	0,001277744	7,60E-06	
1,40E+00	6,40E-01	2,57E+00	7,60E+00	0,001288912	7,60E-06	
1,40E+00	6,40E-01	2,97E+00	8,00E+00	0,001288812	7,60E-06	
1,40E+00	6,40E-01	3,35E+00	8,40E+00	0,00129372	7,60E-06	
1,40E+00	6,40E-01	3,75E+00	8,80E+00	0,00129362	7,60E-06	
1,40E+00	6,40E-01	4,13E+00	9,20E+00	0,00129978	7,60E-06	
1,40E+00	6,35E-01	4,53E+00	9,60E+00	0,001299679	7,65E-06	

Diodes DUT

Si Diode – $R = 1\text{k}\Omega$ 

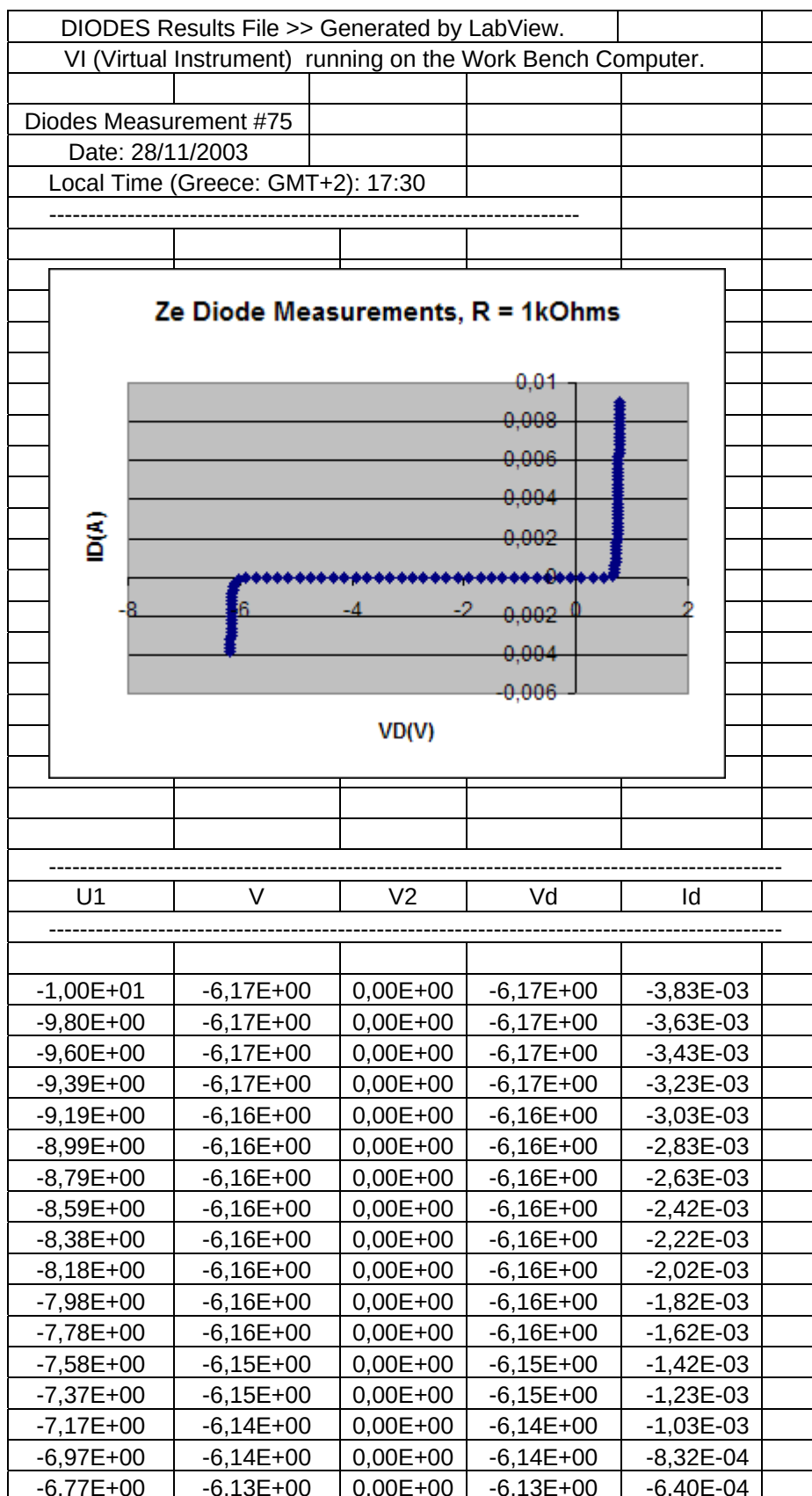
-7,17E+00	-7,16E+00	0,00E+00	-7,16E+00	-8,63E-06	
-6,97E+00	-6,96E+00	0,00E+00	-6,96E+00	-1,17E-05	
-6,77E+00	-6,76E+00	0,00E+00	-6,76E+00	-9,86E-06	
-6,57E+00	-6,56E+00	0,00E+00	-6,56E+00	-8,04E-06	
-6,36E+00	-6,36E+00	0,00E+00	-6,36E+00	-6,21E-06	
-6,16E+00	-6,16E+00	0,00E+00	-6,16E+00	-4,39E-06	
-5,96E+00	-5,95E+00	0,00E+00	-5,95E+00	-7,45E-06	
-5,76E+00	-5,75E+00	0,00E+00	-5,75E+00	-1,05E-05	
-5,56E+00	-5,55E+00	0,00E+00	-5,55E+00	-3,80E-06	
-5,35E+00	-5,35E+00	0,00E+00	-5,35E+00	-6,86E-06	
-5,15E+00	-5,15E+00	0,00E+00	-5,15E+00	-5,03E-06	
-4,95E+00	-4,95E+00	0,00E+00	-4,95E+00	-3,21E-06	
-4,75E+00	-4,74E+00	0,00E+00	-4,74E+00	-6,26E-06	
-4,55E+00	-4,54E+00	0,00E+00	-4,54E+00	-4,44E-06	
-4,34E+00	-4,34E+00	0,00E+00	-4,34E+00	-2,61E-06	
-4,14E+00	-4,13E+00	0,00E+00	-4,13E+00	-1,06E-05	
-3,94E+00	-3,94E+00	0,00E+00	-3,94E+00	-3,85E-06	
-3,74E+00	-3,73E+00	0,00E+00	-3,73E+00	-6,90E-06	
-3,54E+00	-3,53E+00	0,00E+00	-3,53E+00	-5,08E-06	
-3,33E+00	-3,33E+00	0,00E+00	-3,33E+00	-3,26E-06	
-3,13E+00	-3,13E+00	0,00E+00	-3,13E+00	-6,31E-06	
-2,93E+00	-2,92E+00	0,00E+00	-2,92E+00	-4,49E-06	
-2,73E+00	-2,72E+00	0,00E+00	-2,72E+00	-2,66E-06	
-2,53E+00	-2,52E+00	0,00E+00	-2,52E+00	-5,72E-06	
-2,32E+00	-2,32E+00	0,00E+00	-2,32E+00	9,86E-07	
-2,12E+00	-2,11E+00	0,00E+00	-2,11E+00	-6,95E-06	
-1,92E+00	-1,91E+00	0,00E+00	-1,91E+00	-5,13E-06	
-1,72E+00	-1,71E+00	0,00E+00	-1,71E+00	-3,30E-06	
-1,52E+00	-1,51E+00	0,00E+00	-1,51E+00	-6,36E-06	
-1,31E+00	-1,31E+00	0,00E+00	-1,31E+00	-4,54E-06	
-1,11E+00	-1,11E+00	0,00E+00	-1,11E+00	-2,71E-06	
-9,09E-01	-9,03E-01	0,00E+00	-9,03E-01	-5,77E-06	
-7,07E-01	-7,08E-01	0,00E+00	-7,08E-01	9,37E-07	
-5,05E-01	-5,03E-01	0,00E+00	-5,03E-01	-2,12E-06	
-3,03E-01	-2,98E-01	0,00E+00	-2,98E-01	-5,18E-06	
-1,01E-01	-1,03E-01	0,00E+00	-1,03E-01	1,53E-06	
1,01E-01	1,07E-01	0,00E+00	1,07E-01	-6,41E-06	
3,03E-01	2,98E-01	0,00E+00	2,98E-01	5,18E-06	
5,05E-01	4,35E-01	0,00E+00	4,35E-01	7,05E-05	
7,07E-01	4,88E-01	0,00E+00	4,88E-01	2,19E-04	
9,09E-01	5,18E-01	0,00E+00	5,18E-01	3,92E-04	
1,11E+00	5,37E-01	0,00E+00	5,37E-01	5,74E-04	
1,31E+00	5,52E-01	0,00E+00	5,52E-01	7,61E-04	
1,52E+00	5,62E-01	0,00E+00	5,62E-01	9,54E-04	
1,72E+00	5,76E-01	0,00E+00	5,76E-01	1,14E-03	
1,92E+00	5,81E-01	0,00E+00	5,81E-01	1,34E-03	
2,12E+00	5,91E-01	0,00E+00	5,91E-01	1,53E-03	
2,32E+00	5,96E-01	0,00E+00	5,96E-01	1,73E-03	
2,53E+00	6,01E-01	0,00E+00	6,01E-01	1,92E-03	
2,73E+00	6,05E-01	0,00E+00	6,05E-01	2,12E-03	
2,93E+00	6,10E-01	0,00E+00	6,10E-01	2,32E-03	
3,13E+00	6,15E-01	0,00E+00	6,15E-01	2,52E-03	

3,33E+00	6,20E-01	0,00E+00	6,20E-01	2,71E-03	
3,54E+00	6,20E-01	0,00E+00	6,20E-01	2,92E-03	
3,74E+00	6,25E-01	0,00E+00	6,25E-01	3,11E-03	
3,94E+00	6,30E-01	0,00E+00	6,30E-01	3,31E-03	
4,14E+00	6,30E-01	0,00E+00	6,30E-01	3,51E-03	
4,34E+00	6,35E-01	0,00E+00	6,35E-01	3,71E-03	
4,55E+00	6,40E-01	0,00E+00	6,40E-01	3,91E-03	
4,75E+00	6,40E-01	0,00E+00	6,40E-01	4,11E-03	
4,95E+00	6,45E-01	0,00E+00	6,45E-01	4,30E-03	
5,15E+00	6,45E-01	0,00E+00	6,45E-01	4,51E-03	
5,35E+00	6,49E-01	0,00E+00	6,49E-01	4,70E-03	
5,56E+00	6,49E-01	0,00E+00	6,49E-01	4,91E-03	
5,76E+00	6,49E-01	0,00E+00	6,49E-01	5,11E-03	
5,96E+00	6,54E-01	0,00E+00	6,54E-01	5,31E-03	
6,16E+00	6,54E-01	0,00E+00	6,54E-01	5,51E-03	
6,36E+00	6,59E-01	0,00E+00	6,59E-01	5,70E-03	
6,57E+00	6,59E-01	0,00E+00	6,59E-01	5,91E-03	
6,77E+00	6,64E-01	0,00E+00	6,64E-01	6,10E-03	
6,97E+00	6,64E-01	0,00E+00	6,64E-01	6,31E-03	
7,17E+00	6,64E-01	0,00E+00	6,64E-01	6,51E-03	
7,37E+00	6,64E-01	0,00E+00	6,64E-01	6,71E-03	
7,58E+00	6,69E-01	0,00E+00	6,69E-01	6,91E-03	
7,78E+00	6,69E-01	0,00E+00	6,69E-01	7,11E-03	
7,98E+00	6,69E-01	0,00E+00	6,69E-01	7,31E-03	
8,18E+00	6,74E-01	0,00E+00	6,74E-01	7,51E-03	
8,38E+00	6,74E-01	0,00E+00	6,74E-01	7,71E-03	
8,59E+00	6,74E-01	0,00E+00	6,74E-01	7,91E-03	
8,79E+00	6,79E-01	0,00E+00	6,79E-01	8,11E-03	
8,99E+00	6,79E-01	0,00E+00	6,79E-01	8,31E-03	
9,19E+00	6,79E-01	0,00E+00	6,79E-01	8,51E-03	
9,39E+00	6,79E-01	0,00E+00	6,79E-01	8,72E-03	
9,60E+00	6,84E-01	0,00E+00	6,84E-01	8,91E-03	
9,80E+00	6,84E-01	0,00E+00	6,84E-01	9,11E-03	

Diodes DUT**Si Diode – R = 1MΩ**

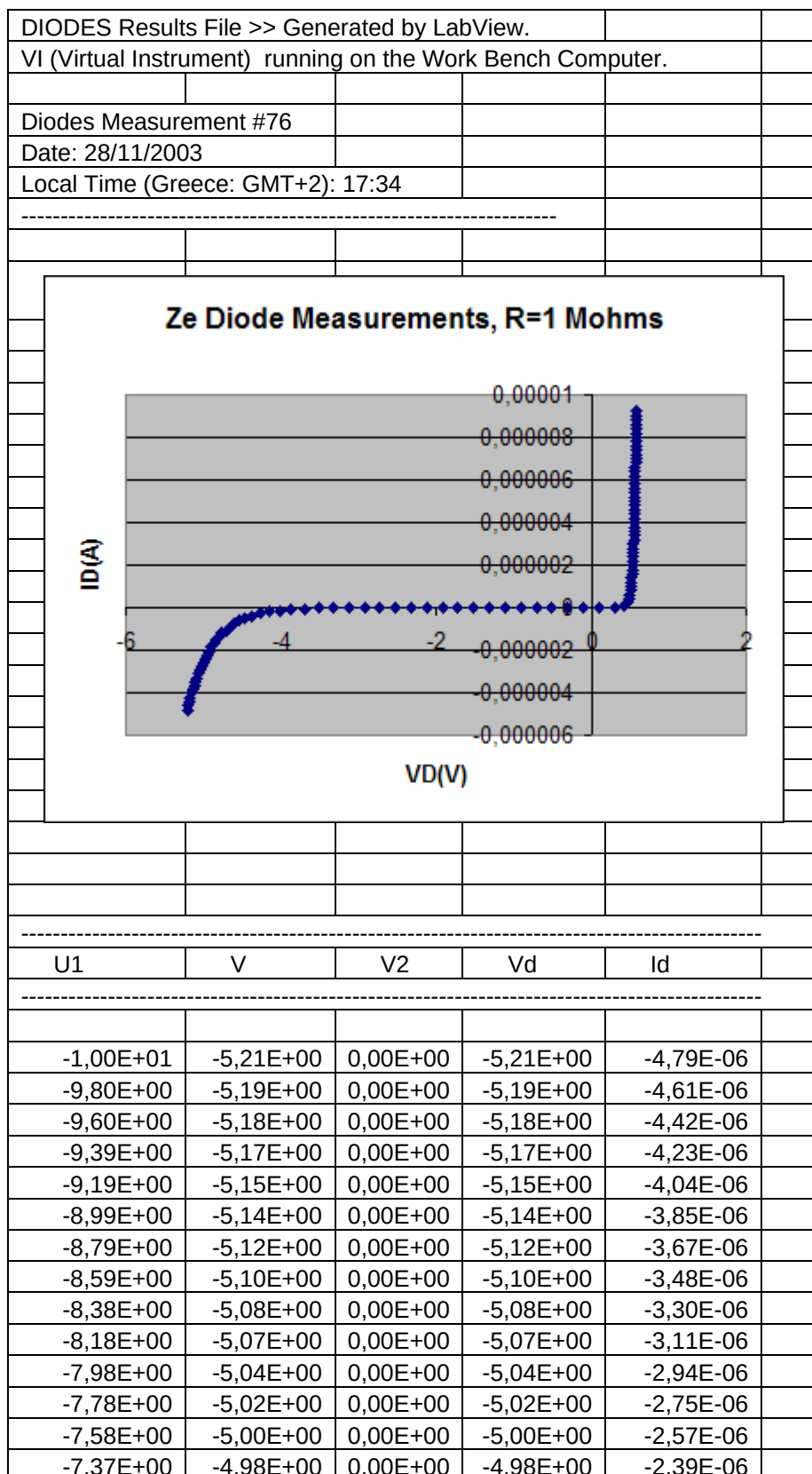
-6,77E+00	-6,77E+00	0,00E+00	-6,77E+00	-9,86E-11	
-6,57E+00	-6,55E+00	0,00E+00	-6,55E+00	-1,29E-08	
-6,36E+00	-6,34E+00	0,00E+00	-6,34E+00	-2,09E-08	
-6,16E+00	-6,16E+00	0,00E+00	-6,16E+00	-4,39E-09	
-5,96E+00	-5,95E+00	0,00E+00	-5,95E+00	-7,45E-09	
-5,76E+00	-5,74E+00	0,00E+00	-5,74E+00	-1,54E-08	
-5,56E+00	-5,54E+00	0,00E+00	-5,54E+00	-1,36E-08	
-5,35E+00	-5,34E+00	0,00E+00	-5,34E+00	-1,66E-08	
-5,15E+00	-5,14E+00	0,00E+00	-5,14E+00	-1,48E-08	
-4,95E+00	-4,94E+00	0,00E+00	-4,94E+00	-1,30E-08	
-4,75E+00	-4,73E+00	0,00E+00	-4,73E+00	-1,60E-08	
-4,55E+00	-4,53E+00	0,00E+00	-4,53E+00	-1,42E-08	
-4,34E+00	-4,33E+00	0,00E+00	-4,33E+00	-1,24E-08	
-4,14E+00	-4,13E+00	0,00E+00	-4,13E+00	-1,06E-08	
-3,94E+00	-3,94E+00	0,00E+00	-3,94E+00	-3,85E-09	
-3,74E+00	-3,72E+00	0,00E+00	-3,72E+00	-1,67E-08	
-3,54E+00	-3,53E+00	0,00E+00	-3,53E+00	-9,96E-09	
-3,33E+00	-3,33E+00	0,00E+00	-3,33E+00	-8,14E-09	
-3,13E+00	-3,12E+00	0,00E+00	-3,12E+00	-1,61E-08	
-2,93E+00	-2,92E+00	0,00E+00	-2,92E+00	-4,49E-09	
-2,73E+00	-2,73E+00	0,00E+00	-2,73E+00	2,22E-09	
-2,53E+00	-2,52E+00	0,00E+00	-2,52E+00	-5,72E-09	
-2,32E+00	-2,31E+00	0,00E+00	-2,31E+00	-1,37E-08	
-2,12E+00	-2,11E+00	0,00E+00	-2,11E+00	-1,18E-08	
-1,92E+00	-1,91E+00	0,00E+00	-1,91E+00	-5,13E-09	
-1,72E+00	-1,71E+00	0,00E+00	-1,71E+00	-8,19E-09	
-1,52E+00	-1,51E+00	0,00E+00	-1,51E+00	-6,36E-09	
-1,31E+00	-1,30E+00	0,00E+00	-1,30E+00	-9,42E-09	
-1,11E+00	-1,11E+00	0,00E+00	-1,11E+00	-2,71E-09	
-9,09E-01	-9,08E-01	0,00E+00	-9,08E-01	-8,88E-10	
-7,07E-01	-7,18E-01	0,00E+00	-7,18E-01	1,07E-08	
-5,05E-01	-5,03E-01	0,00E+00	-5,03E-01	-2,12E-09	
-3,03E-01	-2,98E-01	0,00E+00	-2,98E-01	-5,18E-09	
-1,01E-01	-9,28E-02	0,00E+00	-9,28E-02	-8,24E-09	
1,01E-01	9,28E-02	0,00E+00	9,28E-02	8,24E-09	
3,03E-01	1,66E-01	0,00E+00	1,66E-01	1,37E-07	
5,05E-01	2,00E-01	0,00E+00	2,00E-01	3,05E-07	
7,07E-01	2,20E-01	0,00E+00	2,20E-01	4,87E-07	
9,09E-01	2,34E-01	0,00E+00	2,34E-01	6,75E-07	
1,11E+00	2,49E-01	0,00E+00	2,49E-01	8,62E-07	
1,31E+00	2,54E-01	0,00E+00	2,54E-01	1,06E-06	
1,52E+00	2,64E-01	0,00E+00	2,64E-01	1,25E-06	
1,72E+00	2,69E-01	0,00E+00	2,69E-01	1,45E-06	
1,92E+00	2,64E-01	0,00E+00	2,64E-01	1,66E-06	
2,12E+00	2,78E-01	0,00E+00	2,78E-01	1,84E-06	
2,32E+00	2,83E-01	0,00E+00	2,83E-01	2,04E-06	
2,53E+00	2,88E-01	0,00E+00	2,88E-01	2,24E-06	
2,73E+00	2,83E-01	0,00E+00	2,83E-01	2,44E-06	
2,93E+00	2,93E-01	0,00E+00	2,93E-01	2,64E-06	
3,13E+00	2,98E-01	0,00E+00	2,98E-01	2,83E-06	
3,33E+00	2,98E-01	0,00E+00	2,98E-01	3,04E-06	
3,54E+00	3,03E-01	0,00E+00	3,03E-01	3,23E-06	

3,74E+00	3,03E-01	0,00E+00	3,03E-01	3,43E-06	
3,94E+00	3,08E-01	0,00E+00	3,08E-01	3,63E-06	
4,14E+00	3,08E-01	0,00E+00	3,08E-01	3,83E-06	
4,34E+00	3,13E-01	0,00E+00	3,13E-01	4,03E-06	
4,55E+00	3,17E-01	0,00E+00	3,17E-01	4,23E-06	
4,75E+00	3,17E-01	0,00E+00	3,17E-01	4,43E-06	
4,95E+00	3,17E-01	0,00E+00	3,17E-01	4,63E-06	
5,15E+00	3,22E-01	0,00E+00	3,22E-01	4,83E-06	
5,35E+00	3,17E-01	0,00E+00	3,17E-01	5,04E-06	
5,56E+00	3,27E-01	0,00E+00	3,27E-01	5,23E-06	
5,76E+00	3,27E-01	0,00E+00	3,27E-01	5,43E-06	
5,96E+00	3,27E-01	0,00E+00	3,27E-01	5,63E-06	
6,16E+00	3,27E-01	0,00E+00	3,27E-01	5,83E-06	
6,36E+00	3,22E-01	0,00E+00	3,22E-01	6,04E-06	
6,57E+00	3,27E-01	0,00E+00	3,27E-01	6,24E-06	
6,77E+00	3,32E-01	0,00E+00	3,32E-01	6,44E-06	
6,97E+00	3,32E-01	0,00E+00	3,32E-01	6,64E-06	
7,17E+00	3,37E-01	0,00E+00	3,37E-01	6,83E-06	
7,37E+00	3,37E-01	0,00E+00	3,37E-01	7,04E-06	
7,58E+00	3,37E-01	0,00E+00	3,37E-01	7,24E-06	
7,78E+00	3,42E-01	0,00E+00	3,42E-01	7,44E-06	
7,98E+00	3,42E-01	0,00E+00	3,42E-01	7,64E-06	
8,18E+00	3,42E-01	0,00E+00	3,42E-01	7,84E-06	
8,38E+00	3,42E-01	0,00E+00	3,42E-01	8,04E-06	
8,59E+00	3,42E-01	0,00E+00	3,42E-01	8,24E-06	
8,79E+00	3,42E-01	0,00E+00	3,42E-01	8,45E-06	
8,99E+00	3,47E-01	0,00E+00	3,47E-01	8,64E-06	
9,19E+00	3,47E-01	0,00E+00	3,47E-01	8,85E-06	
9,39E+00	3,47E-01	0,00E+00	3,47E-01	9,05E-06	
9,60E+00	3,47E-01	0,00E+00	3,47E-01	9,25E-06	
9,80E+00	3,47E-01	0,00E+00	3,47E-01	9,45E-06	

Diodes DUT**Ze Diode – R = 1kΩ**

-6,57E+00	-6,11E+00	0,00E+00	-6,11E+00	-4,52E-04	
-6,36E+00	-6,08E+00	0,00E+00	-6,08E+00	-2,85E-04	
-6,16E+00	-6,01E+00	0,00E+00	-6,01E+00	-1,51E-04	
-5,96E+00	-5,89E+00	0,00E+00	-5,89E+00	-7,09E-05	
-5,76E+00	-5,72E+00	0,00E+00	-5,72E+00	-3,98E-05	
-5,56E+00	-5,54E+00	0,00E+00	-5,54E+00	-1,84E-05	
-5,35E+00	-5,34E+00	0,00E+00	-5,34E+00	-1,66E-05	
-5,15E+00	-5,14E+00	0,00E+00	-5,14E+00	-9,91E-06	
-4,95E+00	-4,94E+00	0,00E+00	-4,94E+00	-8,09E-06	
-4,75E+00	-4,74E+00	0,00E+00	-4,74E+00	-1,11E-05	
-4,55E+00	-4,54E+00	0,00E+00	-4,54E+00	-4,44E-06	
-4,34E+00	-4,34E+00	0,00E+00	-4,34E+00	-7,50E-06	
-4,14E+00	-4,14E+00	0,00E+00	-4,14E+00	-5,67E-06	
-3,94E+00	-3,94E+00	0,00E+00	-3,94E+00	-3,85E-06	
-3,74E+00	-3,73E+00	0,00E+00	-3,73E+00	-6,90E-06	
-3,54E+00	-3,53E+00	0,00E+00	-3,53E+00	-5,08E-06	
-3,33E+00	-3,33E+00	0,00E+00	-3,33E+00	-3,26E-06	
-3,13E+00	-3,13E+00	0,00E+00	-3,13E+00	-6,31E-06	
-2,93E+00	-2,92E+00	0,00E+00	-2,92E+00	-4,49E-06	
-2,73E+00	-2,72E+00	0,00E+00	-2,72E+00	-2,66E-06	
-2,53E+00	-2,52E+00	0,00E+00	-2,52E+00	-5,72E-06	
-2,32E+00	-2,32E+00	0,00E+00	-2,32E+00	-3,90E-06	
-2,12E+00	-2,11E+00	0,00E+00	-2,11E+00	-6,95E-06	
-1,92E+00	-1,91E+00	0,00E+00	-1,91E+00	-5,13E-06	
-1,72E+00	-1,71E+00	0,00E+00	-1,71E+00	-3,30E-06	
-1,52E+00	-1,51E+00	0,00E+00	-1,51E+00	-6,36E-06	
-1,31E+00	-1,31E+00	0,00E+00	-1,31E+00	-4,54E-06	
-1,11E+00	-1,11E+00	0,00E+00	-1,11E+00	-2,71E-06	
-9,09E-01	-9,03E-01	0,00E+00	-9,03E-01	-5,77E-06	
-7,07E-01	-7,08E-01	0,00E+00	-7,08E-01	9,37E-07	
-5,05E-01	-5,03E-01	0,00E+00	-5,03E-01	-2,12E-06	
-3,03E-01	-3,03E-01	0,00E+00	-3,03E-01	-2,96E-07	
-1,01E-01	-1,03E-01	0,00E+00	-1,03E-01	1,53E-06	
1,01E-01	1,03E-01	0,00E+00	1,03E-01	-1,53E-06	
3,03E-01	3,03E-01	0,00E+00	3,03E-01	2,96E-07	
5,05E-01	5,03E-01	0,00E+00	5,03E-01	2,12E-06	
7,07E-01	6,40E-01	0,00E+00	6,40E-01	6,74E-05	
9,09E-01	6,74E-01	0,00E+00	6,74E-01	2,35E-04	
1,11E+00	6,88E-01	0,00E+00	6,88E-01	4,23E-04	
1,31E+00	6,98E-01	0,00E+00	6,98E-01	6,15E-04	
1,52E+00	7,03E-01	0,00E+00	7,03E-01	8,12E-04	
1,72E+00	7,13E-01	0,00E+00	7,13E-01	1,00E-03	
1,92E+00	7,18E-01	0,00E+00	7,18E-01	1,20E-03	
2,12E+00	7,18E-01	0,00E+00	7,18E-01	1,40E-03	
2,32E+00	7,23E-01	0,00E+00	7,23E-01	1,60E-03	
2,53E+00	7,28E-01	0,00E+00	7,28E-01	1,80E-03	
2,73E+00	7,32E-01	0,00E+00	7,32E-01	1,99E-03	
2,93E+00	7,32E-01	0,00E+00	7,32E-01	2,20E-03	
3,13E+00	7,37E-01	0,00E+00	7,37E-01	2,39E-03	
3,33E+00	7,37E-01	0,00E+00	7,37E-01	2,60E-03	
3,54E+00	7,37E-01	0,00E+00	7,37E-01	2,80E-03	
3,74E+00	7,42E-01	0,00E+00	7,42E-01	3,00E-03	

3,94E+00	7,42E-01	0,00E+00	7,42E-01	3,20E-03	
4,14E+00	7,47E-01	0,00E+00	7,47E-01	3,39E-03	
4,34E+00	7,47E-01	0,00E+00	7,47E-01	3,60E-03	
4,55E+00	7,47E-01	0,00E+00	7,47E-01	3,80E-03	
4,75E+00	7,52E-01	0,00E+00	7,52E-01	4,00E-03	
4,95E+00	7,52E-01	0,00E+00	7,52E-01	4,20E-03	
5,15E+00	7,52E-01	0,00E+00	7,52E-01	4,40E-03	
5,35E+00	7,57E-01	0,00E+00	7,57E-01	4,60E-03	
5,56E+00	7,57E-01	0,00E+00	7,57E-01	4,80E-03	
5,76E+00	7,57E-01	0,00E+00	7,57E-01	5,00E-03	
5,96E+00	7,57E-01	0,00E+00	7,57E-01	5,20E-03	
6,16E+00	7,62E-01	0,00E+00	7,62E-01	5,40E-03	
6,36E+00	7,62E-01	0,00E+00	7,62E-01	5,60E-03	
6,57E+00	7,62E-01	0,00E+00	7,62E-01	5,80E-03	
6,77E+00	7,62E-01	0,00E+00	7,62E-01	6,01E-03	
6,97E+00	7,62E-01	0,00E+00	7,62E-01	6,21E-03	
7,17E+00	7,67E-01	0,00E+00	7,67E-01	6,41E-03	
7,37E+00	7,67E-01	0,00E+00	7,67E-01	6,61E-03	
7,58E+00	7,67E-01	0,00E+00	7,67E-01	6,81E-03	
7,78E+00	7,67E-01	0,00E+00	7,67E-01	7,01E-03	
7,98E+00	7,71E-01	0,00E+00	7,71E-01	7,21E-03	
8,18E+00	7,71E-01	0,00E+00	7,71E-01	7,41E-03	
8,38E+00	7,71E-01	0,00E+00	7,71E-01	7,61E-03	
8,59E+00	7,71E-01	0,00E+00	7,71E-01	7,81E-03	
8,79E+00	7,71E-01	0,00E+00	7,71E-01	8,02E-03	
8,99E+00	7,76E-01	0,00E+00	7,76E-01	8,21E-03	
9,19E+00	7,76E-01	0,00E+00	7,76E-01	8,42E-03	
9,39E+00	7,76E-01	0,00E+00	7,76E-01	8,62E-03	
9,60E+00	7,76E-01	0,00E+00	7,76E-01	8,82E-03	
9,80E+00	7,76E-01	0,00E+00	7,76E-01	9,02E-03	

Diodes DUT**Ze Diode – R = 1MΩ**

-7,17E+00	-4,96E+00	0,00E+00	-4,96E+00	-2,22E-06	
-6,97E+00	-4,93E+00	0,00E+00	-4,93E+00	-2,04E-06	
-6,77E+00	-4,90E+00	0,00E+00	-4,90E+00	-1,87E-06	
-6,57E+00	-4,87E+00	0,00E+00	-4,87E+00	-1,70E-06	
-6,36E+00	-4,83E+00	0,00E+00	-4,83E+00	-1,53E-06	
-6,16E+00	-4,79E+00	0,00E+00	-4,79E+00	-1,37E-06	
-5,96E+00	-4,76E+00	0,00E+00	-4,76E+00	-1,20E-06	
-5,76E+00	-4,71E+00	0,00E+00	-4,71E+00	-1,05E-06	
-5,56E+00	-4,66E+00	0,00E+00	-4,66E+00	-8,97E-07	
-5,35E+00	-4,60E+00	0,00E+00	-4,60E+00	-7,54E-07	
-5,15E+00	-4,54E+00	0,00E+00	-4,54E+00	-6,15E-07	
-4,95E+00	-4,46E+00	0,00E+00	-4,46E+00	-4,91E-07	
-4,75E+00	-4,37E+00	0,00E+00	-4,37E+00	-3,77E-07	
-4,55E+00	-4,27E+00	0,00E+00	-4,27E+00	-2,73E-07	
-4,34E+00	-4,16E+00	0,00E+00	-4,16E+00	-1,88E-07	
-4,14E+00	-4,01E+00	0,00E+00	-4,01E+00	-1,28E-07	
-3,94E+00	-3,87E+00	0,00E+00	-3,87E+00	-7,22E-08	
-3,74E+00	-3,69E+00	0,00E+00	-3,69E+00	-4,60E-08	
-3,54E+00	-3,52E+00	0,00E+00	-3,52E+00	-1,97E-08	
-3,33E+00	-3,33E+00	0,00E+00	-3,33E+00	-8,14E-09	
-3,13E+00	-3,12E+00	0,00E+00	-3,12E+00	-1,12E-08	
-2,93E+00	-2,92E+00	0,00E+00	-2,92E+00	-9,37E-09	
-2,73E+00	-2,73E+00	0,00E+00	-2,73E+00	2,22E-09	
-2,53E+00	-2,52E+00	0,00E+00	-2,52E+00	-5,72E-09	
-2,32E+00	-2,32E+00	0,00E+00	-2,32E+00	-3,90E-09	
-2,12E+00	-2,11E+00	0,00E+00	-2,11E+00	-6,95E-09	
-1,92E+00	-1,92E+00	0,00E+00	-1,92E+00	-2,47E-10	
-1,72E+00	-1,72E+00	0,00E+00	-1,72E+00	1,58E-09	
-1,52E+00	-1,51E+00	0,00E+00	-1,51E+00	-1,48E-09	
-1,31E+00	-1,31E+00	0,00E+00	-1,31E+00	-4,54E-09	
-1,11E+00	-1,11E+00	0,00E+00	-1,11E+00	-2,71E-09	
-9,09E-01	-9,03E-01	0,00E+00	-9,03E-01	-5,77E-09	
-7,07E-01	-7,08E-01	0,00E+00	-7,08E-01	9,37E-10	
-5,05E-01	-5,03E-01	0,00E+00	-5,03E-01	-2,12E-09	
-3,03E-01	-3,03E-01	0,00E+00	-3,03E-01	-2,96E-10	
-1,01E-01	-9,77E-02	0,00E+00	-9,77E-02	-3,35E-09	
1,01E-01	1,03E-01	0,00E+00	1,03E-01	-1,53E-09	
3,03E-01	3,03E-01	0,00E+00	3,03E-01	2,96E-10	
5,05E-01	4,25E-01	0,00E+00	4,25E-01	8,02E-08	
7,07E-01	4,64E-01	0,00E+00	4,64E-01	2,43E-07	
9,09E-01	4,83E-01	0,00E+00	4,83E-01	4,26E-07	
1,11E+00	4,98E-01	0,00E+00	4,98E-01	6,13E-07	
1,31E+00	5,08E-01	0,00E+00	5,08E-01	8,05E-07	
1,52E+00	5,13E-01	0,00E+00	5,13E-01	1,00E-06	
1,72E+00	5,18E-01	0,00E+00	5,18E-01	1,20E-06	
1,92E+00	5,22E-01	0,00E+00	5,22E-01	1,40E-06	
2,12E+00	5,27E-01	0,00E+00	5,27E-01	1,59E-06	
2,32E+00	5,32E-01	0,00E+00	5,32E-01	1,79E-06	
2,53E+00	5,37E-01	0,00E+00	5,37E-01	1,99E-06	
2,73E+00	5,37E-01	0,00E+00	5,37E-01	2,19E-06	
2,93E+00	5,42E-01	0,00E+00	5,42E-01	2,39E-06	
3,13E+00	5,42E-01	0,00E+00	5,42E-01	2,59E-06	

3,33E+00	5,47E-01	0,00E+00	5,47E-01	2,79E-06	
3,54E+00	5,47E-01	0,00E+00	5,47E-01	2,99E-06	
3,74E+00	5,52E-01	0,00E+00	5,52E-01	3,19E-06	
3,94E+00	5,52E-01	0,00E+00	5,52E-01	3,39E-06	
4,14E+00	5,57E-01	0,00E+00	5,57E-01	3,58E-06	
4,34E+00	5,57E-01	0,00E+00	5,57E-01	3,79E-06	
4,55E+00	5,57E-01	0,00E+00	5,57E-01	3,99E-06	
4,75E+00	5,57E-01	0,00E+00	5,57E-01	4,19E-06	
4,95E+00	5,62E-01	0,00E+00	5,62E-01	4,39E-06	
5,15E+00	5,62E-01	0,00E+00	5,62E-01	4,59E-06	
5,35E+00	5,62E-01	0,00E+00	5,62E-01	4,79E-06	
5,56E+00	5,66E-01	0,00E+00	5,66E-01	4,99E-06	
5,76E+00	5,66E-01	0,00E+00	5,66E-01	5,19E-06	
5,96E+00	5,66E-01	0,00E+00	5,66E-01	5,39E-06	
6,16E+00	5,66E-01	0,00E+00	5,66E-01	5,60E-06	
6,36E+00	5,66E-01	0,00E+00	5,66E-01	5,80E-06	
6,57E+00	5,71E-01	0,00E+00	5,71E-01	5,99E-06	
6,77E+00	5,71E-01	0,00E+00	5,71E-01	6,20E-06	
6,97E+00	5,71E-01	0,00E+00	5,71E-01	6,40E-06	
7,17E+00	5,71E-01	0,00E+00	5,71E-01	6,60E-06	
7,37E+00	5,76E-01	0,00E+00	5,76E-01	6,80E-06	
7,58E+00	5,76E-01	0,00E+00	5,76E-01	7,00E-06	
7,78E+00	5,76E-01	0,00E+00	5,76E-01	7,20E-06	
7,98E+00	5,76E-01	0,00E+00	5,76E-01	7,40E-06	
8,18E+00	5,76E-01	0,00E+00	5,76E-01	7,61E-06	
8,38E+00	5,76E-01	0,00E+00	5,76E-01	7,81E-06	
8,59E+00	5,76E-01	0,00E+00	5,76E-01	8,01E-06	
8,79E+00	5,81E-01	0,00E+00	5,81E-01	8,21E-06	
8,99E+00	5,81E-01	0,00E+00	5,81E-01	8,41E-06	
9,19E+00	5,81E-01	0,00E+00	5,81E-01	8,61E-06	
9,39E+00	5,81E-01	0,00E+00	5,81E-01	8,81E-06	
9,60E+00	5,81E-01	0,00E+00	5,81E-01	9,01E-06	
9,80E+00	5,81E-01	0,00E+00	5,81E-01	9,22E-06	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: template.dwt


```
<html>

<head>
<!-- TemplateBeginEditable name="doctitle" -->
<title>Virtual Electro Laboratory » Athens 2003</title>
<!-- TemplateEndEditable -->
<meta name="keywords" content="virtual electro laboratory
remote measurements pmosfet
2n4352 njfet 2sk170 silicone diode 1n4003 zener diode
c6v2ph bipolar transistor bc109
electronic passive components">
<meta name="description" content="Virtual Electro
Laboratory offers LIVE measurements
on electronic passive components. Using LabView and
Internet publishing we give access
to remote hardware resources for the purpose of emulating
a laboratory class.
Transilvania University of Brasov - ROMANIA">
<meta name="distribution" content="GLOBAL">
<meta name="robots" content="All">
<meta name="rating" content="general">

<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;">
<meta http-equiv="pragma" content="no-cache">
<META Http-Equiv="Cache-Control" Content="no-cache">
<META Http-Equiv="Expires" Content="0">

<!-- TemplateBeginEditable name="redirection" -->
<!-- <meta http-equiv="Refresh" content="3;
URL=http://147.102.16.98/VELab/sitethree/XXXX/XXXX.result
s.php ">
-->
<!-- TemplateEndEditable -->

<!--Fireworks MX Microsoft FrontPage target. Created Wed
Apr 23 23:51:28 GMT+0300
(GTB Daylight Time) 2003-->

<!------- COPY THE FOLLOWING LINE TO THE HEAD OF THE
TARGET HTML DOCUMENT ----->
<script language="JavaScript1.2"
src="../mm_menu.js"></script>

<script language="JavaScript">
<!--
<!-- hide this script from non-javascript-enabled
browsers

/* Function that displays status bar messages. */
function MM_displayStatusMsg(msgStr) { //v3.0
```

```

status=msgStr; document.MM_returnValue = true;
}

/* Functions that finds images. */
function MM_findObj(n, d) { //v4.01
var p,i,x; if(!d) d=document;
if((p=n.indexOf("?"))>0&&parent.frames.length) {
d=parent.frames[n.substring(p+1)].document;
n=n.substring(0,p);}
if(!(x=d[n])&&d.all) x=d.all[n]; for
(i=0;!x&&i<d.forms.length;i++) x=d.forms[i][n];
for(i=0;!x&&d.layers&&i<d.layers.length;i++)
x=MM_findObj(n,d.layers[i].document);
if(!x && d.getElementById) x=d.getElementById(n); return
x;
}
/* Functions that swaps images. */
function MM_swapImage() { //v3.0
var i,j=0,x,a=MM_swapImage.arguments; document.MM_sr=new
Array; for(i=0;i<(a.length-
2);i+=3)
if ((x=MM_findObj(a[i]))!=null){document.MM_sr[j++]=x;
if(!x.oSrc) x.oSrc=x.src;
x.src=a[i+2];}
}
function MM_swapImgRestore() { //v3.0
var i,x,a=document.MM_sr;
for(i=0;a&&i<a.length&&(x=a[i])&&x.oSrc;i++)
x.src=x.oSrc;
}
function mmLoadMenus() {
window.mm_menu_0418231211_0 = new
Menu("root",160,17,"Verdana, Arial, Helvetica,
sans-
serif",12,"#ffffff","#7999ba","#7999ba","#ffffff","left",
"middle",1,0,300,-
5,7,true,true,true,10,false,false);
mm_menu_0418231211_0.addMenuItem("UNITBV&nbsp;-
&nbsp;Romania","window.open('
http://147.102.16.98/VELab/sitethree/universities/unitbv
.
php', '_parent');");
mm_menu_0418231211_0.addMenuItem("NTUA&nbsp;-
&nbsp;Greece","window.open('http://147.102.16.98/VELab/si
tethree/universities/ntua.php
', '_parent');");

mm_menu_0418231211_0.addMenuItem("Other&nbsp;Universities
","window.open(' http://147.10
2.16.98/VELab/sitethree/universities/other.php',
'_parent');");

```

```
mm_menu_0418231211_0.addItem("Leonardo&nbsp;da&nbsp;V  
inci","window.open('http://14  
7.102.16.98/VELab/sitethree/universities/leonardo.php',  
'_parent');");  
  
mm_menu_0418231211_0.addItem("People","window.open('  
http://147.102.16.98/VELab/sit  
ethree/universities/people.php', '_parent');");  
  
    mm_menu_0418231211_0.hideOnMouseOut=true;  
    mm_menu_0418231211_0.menuBorder=1;  
    mm_menu_0418231211_0.menuLiteBgColor='#ffffff';  
    mm_menu_0418231211_0.menuBorderBgColor='#7999ba';  
    mm_menu_0418231211_0.bgColor='#ffffff';  
window.mm_menu_0418230937_1 = new  
Menu("root",175,17,"Verdana, Arial, Helvetica,  
sans-  
serif",12,"#ffffff","#7999ba","#7999ba","#ffffff","left",  
"middle",1,0,300,-  
5,7,true,true,true,10,false,false);  
  
mm_menu_0418230937_1.addItem("Electronic&nbsp;Compone  
nts","window.open('http://147  
.102.16.98/VELab/sitethree/hardware/passivecomp.php',  
'_parent');");  
  
mm_menu_0418230937_1.addItem("Devices&nbsp;Under&nbsp;  
Test","window.open('http://1  
47.102.16.98/VELab/sitethree/hardware/duts.php',  
'_parent');");  
  
mm_menu_0418230937_1.addItem("PCI-  
6024E","window.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree  
/hardware/pci6024e.php ',  
'_parent');");  
  
mm_menu_0418230937_1.addItem("Relay&nbsp;Bench","wind  
ow.open(' http://147.102.16.98  
/VELab/sitethree/hardware/relaybench.php', '_parent');");  
  
mm_menu_0418230937_1.addItem("DAQConnector","  
window.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree/hardwar  
e/daqconnect.php '  
, '_parent');");  
  
mm_menu_0418230937_1.addItem("GPIB","window.open('  
http://147.102.16.98/VELab/sitet  
hree/hardware/gpib.php', '_parent');");
```

```
mm_menu_0418230937_1.addMenuItem("WorkBench&nbsp;Computer", "window.open(' http://147.102.16.98/VELab/sitethree/hardware/wbcomputer.php', '_parent');");

mm_menu_0418230937_1.addMenuItem("LAN", "window.open(' http://147.102.16.98/VELab/sitethree/hardware/lan.php', '_parent');");

mm_menu_0418230937_1.hideOnMouseOut=true;
mm_menu_0418230937_1.menuBorder=1;
mm_menu_0418230937_1.menuLiteBgColor='#ffffff';
mm_menu_0418230937_1.menuBorderBgColor='#7999ba';
mm_menu_0418230937_1.bgColor='#ffffff';
window.mm_menu_0418230539_0 = new
Menu("root",105,17,"Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif",12,"#ffffff","#7999ba","#7999ba","#ffffff","left","middle",1,0,300,-5,7,true,true,true,10,false,false);

mm_menu_0418230539_0.addMenuItem("VI&nbsp;File", "window.open(' http://147.102.16.98/VELab/sitethree/software/vifile.php', '_parent');");

mm_menu_0418230539_0.addMenuItem("HTML&nbsp;Files", "window.open(' http://147.102.16.98/VELab/sitethree/software/htmlfiles.php', '_parent');");

mm_menu_0418230539_0.addMenuItem("PHP&nbsp;Files", "window.open(' http://147.102.16.98/VELab/sitethree/software/phpfiles.php', '_parent');");

mm_menu_0418230539_0.addMenuItem("LabView&nbsp;6i", "window.open(' http://147.102.16.98/VELab/sitethree/software/labview.php', '_parent');");

mm_menu_0418230539_0.addMenuItem("WEBSITE", "window.open(' http://147.102.16.98/VELab/sitethree/software/website.php', '_parent');");

mm_menu_0418230539_0.hideOnMouseOut=true;
mm_menu_0418230539_0.menuBorder=1;
mm_menu_0418230539_0.menuLiteBgColor='#ffffff';
mm_menu_0418230539_0.menuBorderBgColor='#7999ba';
mm_menu_0418230539_0.bgColor='#ffffff';
window.mm_menu_0418230409_1 = new
Menu("root",145,17,"Verdana, Arial, Helvetica, sans-serif",12,"#ffffff","#7999ba","#7999ba","#ffffff","left","middle",1,0,300,-
```

```
5,7,true,true,true,10,false,false);

mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("Recent","window.open('
http://147.102.16.98/VELab/sit
ethree/papers/recent.php', '_parent');");

mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("XLS&nbsp;Files","window
.open(' http://147.102.16.98/V
ELab/sitethree/papers/xlsfiles.php', '_parent');");

mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("Data&nbsp;Sheets","wind
ow.open(' http://147.102.16.98
/VELab/sitethree/papers/datasheets.php', '_parent');");

mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("Project&nbsp;Versions",
"window.open(' http://147.102.
16.98/VELab/sitethree/papers/versions.php',
'_parent');");
//
mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("VELab&nbsp;Dictionary",
"MyWindow4=window.open('http:
//147.102.16.98/VELab/sitethree/resources/dictionary.php'
, 'MyWindow4');");

mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("VELab&nbsp;Dictionary",
"MyWindow4=window.open('http:
//147.102.16.98/VELab/sitethree/resources/dictionary.php'
, 'MyWindow4', 'toolbar=no, loca
tion=no, directories=no, status=no, menubar=no, scrollbars=yes
s, resizable=no, width=520, heig
ht=550');");
//
mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("Stimuli&nbsp;Examples",
"window.open(' http://147.102.
16.98/VELab/sitethree/resources/stimuliex.php',
'_parent');");

mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("Stimuli&nbsp;Examples",
"MyWindow2=window.open('http:
//147.102.16.98/VELab/sitethree/resources/stimuliex.php',
'MyWindow2', 'toolbar=no, location=no, directories=no, status
=no, menubar=no, scrollbars=yes
, resizable=no, width=500, height=600');");
//
mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("Stimuli&nbsp;Examples",
"window.open(' http://147.102.
16.98/VELab/sitethree/resources/stimuliex.php',
'_parent');");

mm_menu_0418230409_1.addMenuItem("Stimuli&nbsp;History", "
MyWindow3=window.open('http:/
```



```

/147.102.16.98/VELab/sitethree/resources/stimulihist.php'
,
'MyWindow3','toolbar=no,location=no,directories=no,status
=no,menubar=no,scrollbars=yes
,resizable=no,width=450,height=500');");
    mm_menu_0418230409_1.hideOnMouseOut=true;
    mm_menu_0418230409_1.menuBorder=1;
    mm_menu_0418230409_1.menuLiteBgColor='#ffffff';
    mm_menu_0418230409_1.menuBorderBgColor='#7999ba';
    mm_menu_0418230409_1.bgColor='#ffffff';
window.mm_menu_0418230036_2 = new
Menu("root",295,17,"Verdana, Arial, Helvetica,
sans-
serif",12,"#ffffff","#7999ba","#7999ba","#ffffff","left",
"middle",1,0,300,-
5,7,true,true,true,10,false,false);

mm_menu_0418230036_2.addMenuItem("NFET&nbsp;&raquo;&nbsp; 
Drain&nbsp;&Votage&nbsp;& (WML)
","window.open('http://147.102.16.98/VELab/mobile/n-
jfet.wml ', '_blank');");

mm_menu_0418230036_2.addMenuItem("NFET&nbsp;&laquo;&nbsp; 
Last&nbsp;&Result&nbsp;&Drain&n
bsp;&Votage&nbsp;& (WML)","window.open('
http://147.102.16.98/VELab/mobile/njjet.
results.wml', '_parent');");

mm_menu_0418230036_2.addMenuItem("Mobile&nbsp;&Devices/Bro
wsers","window.open('http://1
47.102.16.98/VELab/sitethree/mobile/devices.php',
'_parent');");

mm_menu_0418230036_2.addMenuItem("Compatibility","window.
open(' http://147.102.16.98/VE
Lab/sitethree/mobile/compatibil.php', '_parent');");
    mm_menu_0418230036_2.hideOnMouseOut=true;
    mm_menu_0418230036_2.menuBorder=1;
    mm_menu_0418230036_2.menuLiteBgColor='#ffffff';
    mm_menu_0418230036_2.menuBorderBgColor='#7999ba';
    mm_menu_0418230036_2.bgColor='#ffffff';
window.mm_menu_0418225835_3 = new
Menu("root",172,17,"Verdana, Arial, Helvetica,
sans-
serif",12,"#ffffff","#7999ba","#7999ba","#ffffff","left",
"middle",1,0,300,-
5,7,true,true,true,10,false,false);

mm_menu_0418225835_3.addMenuItem("VELab&nbsp;&v4","MyWindo
w5=window.open(' http://147.10
2.16.98/VELab/sitethree/visualhelp/version4/v4.php',

```

```
'MyWindow5','toolbar=no,location=no,directories=no,status
=no,menubar=no,scrollbars=no,
resizable=no,width=720,height=550');");
```

```
mm_menu_0418225835_3.addItem("Briefing&nbsp;on&nbsp;V  
ELab&nbsp;v4", "MyWindow6=wind  
ow.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree/visualhelp/  
briefversion4/briefv4.php ',  
'MyWindow6', 'toolbar=no,location=no,directories=no,status  
=no,menubar=no,scrollbars=no,  
resizable=no,width=720,height=550');");
```

```
mm_menu_0418225835_3.addItem("VELab&nbsp;v3","MyWindow7=window.open(' http://147.102.16.98/VELab/sitethree/visualhelp/version3/v3.php','MyWindow7','toolbar=no,location=no,directories=no,status=no,menubar=no,scrollbars=no,resizable=no,width=720,height=550');");
mm_menu_0418225835_3.hideOnMouseOut=true;
mm_menu_0418225835_3.menuBorder=1;
mm_menu_0418225835_3.menuLiteBgColor='#ffffff';
mm_menu_0418225835_3.menuBorderBgColor='#7999ba';
mm_menu_0418225835_3.bgColor='#ffffff';
window.mm_menu_0418225119_0 = new
Menu("root",264,17,"Verdana, Arial, Helvetica, sans-
serif",12,"#ffffff","#7999ba","#7999ba","#ffffff","left",
"middle",1,0,300,-
5,7,true,true,true,10,false,false);
```

```
mm_menu_0418225119_0.addItem("NJFET&  
nbsp;&laquo;&nbsp;  Drain&nbsp;  Voltages", "window.open('  
http://147.102.16.98/VELab/s  
itethree/n-jfet/n-jfet.results.php', ' parent');");
```

```
mm_menu_0418225119_0.addItem("P-MOSFET&
    &laquo;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&
    Drain&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&
    Voltages", "window.open('
    http://147.102.16.98/VELab/si
    tethree/p-mos-fet/p-mos-fet.results.php', ' parent');");
```

```
mm_menu_0418225119_0.addItem("FET&nbsp;Race&nbsp;&lquo  
uo;&nbsp;Drain&nbsp;Voltages"  
, "window.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree/race/  
race.results.php ',  
' parent');");
```

```
mm_menu_0418225119_0.addItem("BJT&nbsp;&laquo;&nbsp;&nbsp;B  
ase&nbsp;&and&nbsp;&nbsp;Collector&nbsp;  
bsp;Voltages", "window.open('http://147.102.16.98/VELab/si  
tethree/bjt/bjt.results.php',  
' parent');");
```

```

mm_menu_0418225119_0.addItem("Diodes&nbsp;&laquo;&nbsp;&nbsp;
p;Currents&nbsp;&and&nbsp;&nbsp;Volt
ages", "window.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree/
diodes/diodes.results.php ',
'_parent');");
    mm_menu_0418225119_0.hideOnMouseOut=true;
    mm_menu_0418225119_0.menuBorder=1;
    mm_menu_0418225119_0.menuLiteBgColor='#ffffff';
    mm_menu_0418225119_0.menuBorderBgColor='#7999ba';
    mm_menu_0418225119_0.bgColor='#ffffff';
window.mm_menu_0418224322_0 = new
Menu("root",274,17,"Verdana, Arial, Helvetica,
sans-
serif",12,"#ffffff", "#7999ba", "#7999ba", "#ffffff", "left",
"middle",1,0,300,-
5,7,true,true,true,10,false,false)

mm_menu_0418224322_0.addItem("NJFET&
nbsp;&raquo;&nbsp;&nbsp;Drain&nbsp;&nbsp;Voltage", "window.open('
http://147.102.16.98/VELab/si
tethree/n-jfet/n-jfet.stimuli.dv.php', '_parent');");

mm_menu_0418224322_0.addItem("NJFET&
nbsp;&raquo;&nbsp;&nbsp;Multiple&nbsp;&nbsp;Drain&nbsp;&nbsp;Voltages", "win
dow.open(' http://147.102
.16.98/VELab/sitethree/n-jfet/n-jfet.stimuli.dvs.php',
'_parent');");

mm_menu_0418224322_0.addItem("P-MOSFET&
nbsp;&raquo;&nbsp;&nbsp;Drain&nbsp;&nbsp;Voltage", "window.open('
http://147.102.16.98/VELab/sit
ethree/p-mos-fet/p-mos-fet.stimuli.dv.php',
'_parent');");

mm_menu_0418224322_0.addItem("P-MOSFET&
nbsp;&raquo;&nbsp;&nbsp;Multiple&nbsp;&nbsp;Drain&nbsp;&nbsp;Voltages", "win
dow.open(' http://147.102.
16.98/VELab/sitethree/p-mos-fet/p-mos-
fet.stimuli.dvs.php', '_parent');");

mm_menu_0418224322_0.addItem("FET&nbsp;&Race&nbsp;&nbsp;&raq
uo;&nbsp;&nbsp;Drain&nbsp;&nbsp;Voltages"
, "window.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree/race/
race.stimuli.php ',
'_parent');");

mm_menu_0418224322_0.addItem("BJT&nbsp;&raquo;&nbsp;&nbsp;B
ase&nbsp;&and&nbsp;&nbsp;Collector&n
bsp;Voltages", "window.open('http://147.102.16.98/VELab/si
tethree/bjt/bjt.stimuli.php',

```

```

'_parent');");

mm_menu_0418224322_0.addMenuItem("Diodes&nbsp;&raquo;&nbsp;&nbsp;
p;Currents&nbsp;&and&nbsp;&nbsp;Volt
ages", "window.open('http://147.102.16.98/VELab/sitethree/
diodes/diodes.stimuli.php ',
'_parent');");
    mm_menu_0418224322_0.hideOnMouseOut=true;
    mm_menu_0418224322_0.menuBorder=1;
    mm_menu_0418224322_0.menuLiteBgColor='#ffffff';
    mm_menu_0418224322_0.menuBorderBgColor='#7999ba';
    mm_menu_0418224322_0.bgColor='#ffffff';
window.mm_menu_0418223910_0 = new
Menu("root",162,17,"Verdana, Arial, Helvetica,
sans-
serif",12,"#ffffff", "#7999ba", "#7999ba", "#ffffff", "left",
"middle",1,0,300,-
5,7,true,true,true,10,false,false);

mm_menu_0418223910_0.addMenuItem("Short&nbsp;&About", "wind
ow.open(' http://147.102.16.98
/VELab/sitethree/introduction/short.php', '_parent');");

mm_menu_0418223910_0.addMenuItem("How&nbsp;&Is&nbsp;&It&nbsp;&
p;Done&nbsp;&?", "window.open('
http://147.102.16.98/VELab/sitethree/introduction/how.php
', '_parent');");

mm_menu_0418223910_0.addMenuItem("Mission&nbsp;&Statement"
, "window.open(' http://147.102
.16.98/VELab/sitethree/introduction/mission.php',
'_parent');");
    mm_menu_0418223910_0.hideOnMouseOut=true;
    mm_menu_0418223910_0.menuBorder=1;
    mm_menu_0418223910_0.menuLiteBgColor='#ffffff';
    mm_menu_0418223910_0.menuBorderBgColor='#7999ba';
    mm_menu_0418223910_0.bgColor='#ffffff';
mm_menu_0418223910_0.writeMenus();
} // mmLoadMenus()

// stop hiding -->
function MM_preloadImages() { //v3.0
    var d=document; if(d.images){ if(!d.MM_p) d.MM_p=new
Array();
        var
i,j=d.MM_p.length,a=MM_preloadImages.arguments; for(i=0;
i<a.length; i++)
            if (a[i].indexOf("#")!=0){ d.MM_p[j]=new Image;
d.MM_p[j++].src=a[i];}}
    }
//-->

```

```

</script>
<link href="../../new.css" rel="stylesheet" type="text/css">
<!-- TemplateBeginEditable name="head" --><!--
TemplateEndEditable -->
</head>

<body bgcolor="#ffffff"
onload="MM_preloadImages('../../images/pattern_r2_c9_f2.gif'
, '../../images/pattern_r3_c4_f2.
gif', '../../images/pattern_r3_c5_f2.gif', '../../images/pattern_
r3_c6_f2.gif', '../../images/patt
ern_r3_c7_f2.gif', '../../images/pattern_r3_c8_f2.gif', '../../im
ages/pattern_r3_c10_f2.gif', '
../images/pattern_r3_c12_f2.gif')">

<!------- BEGIN COPYING THE HTML HERE -----
----->
<!--The following section is an image or HTML table which
reassembles the sliced image
in a browser.-->
<script language="JavaScript1.2">mmLoadMenus();</script>
<table border="0" cellpadding="0" cellspacing="0"
width="780" height="100%">
<!-- fwtable fwsrc="C:\ WorkSpace - Fireworks
DW\pattern_menu_06.png"
fwbase="pattern.gif" fwstyle="FrontPage" fwdocid =
"742308039" fwnested="0" -->
<script language="JavaScript">
<!-- hide
if (document.images) {
pattern_r2_c9_f2 = new Image(150 ,61);
pattern_r2_c9_f2.src =
"images/pattern_r2_c9_f2.gif";
pattern_r2_c9_f1 = new Image(150 ,61);
pattern_r2_c9_f1.src =
"images/pattern_r2_c9.gif";
pattern_r3_c4_f2 = new Image(50 ,56);
pattern_r3_c4_f2.src =
"images/pattern_r3_c4_f2.gif";
pattern_r3_c4_f1 = new Image(50 ,56);
pattern_r3_c4_f1.src =
"images/pattern_r3_c4.gif";
pattern_r3_c5_f2 = new Image(76 ,56);
pattern_r3_c5_f2.src =
"images/pattern_r3_c5_f2.gif";
pattern_r3_c5_f1 = new Image(76 ,56);
pattern_r3_c5_f1.src =
"images/pattern_r3_c5.gif";
pattern_r3_c6_f2 = new Image(134 ,56);
pattern_r3_c6_f2.src =
"images/pattern_r3_c6_f2.gif";

```

```

pattern_r3_c6_f1 = new Image(134 ,56);
pattern_r3_c6_f1.src =
"images/pattern_r3_c6.gif";
pattern_r3_c7_f2 = new Image(48 ,56);
pattern_r3_c7_f2.src =
"images/pattern_r3_c7_f2.gif";
pattern_r3_c7_f1 = new Image(48 ,56);
pattern_r3_c7_f1.src =
"images/pattern_r3_c7.gif";
pattern_r3_c8_f2 = new Image(180 ,56);
pattern_r3_c8_f2.src =
"images/pattern_r3_c8_f2.gif";
pattern_r3_c8_f1 = new Image(180 ,56);
pattern_r3_c8_f1.src =
"images/pattern_r3_c8.gif";
pattern_r3_c10_f2 = new Image(50 ,56);
pattern_r3_c10_f2.src =
"images/pattern_r3_c10_f2.gif";
pattern_r3_c10_f1 = new Image(50 ,56);
pattern_r3_c10_f1.src =
"images/pattern_r3_c10.gif";
pattern_r3_c12_f2 = new Image(58 ,56);
pattern_r3_c12_f2.src =
"images/pattern_r3_c12_f2.gif";
pattern_r3_c12_f1 = new Image(58 ,56);
pattern_r3_c12_f1.src =
"images/pattern_r3_c12.gif";
}
// stop hiding -->
</script>
<tr>
  <!-- Shim row, height 1. -->
  <td></td>
  <td></td>
  <td></td>
  <td></td>
  <td></td>
  <td></td>
  <td></td>
  <td></td>
  <td></td>

```

```
 </td>  </td>  </td>  </td>  </td> </tr> <tr> <!-- row 1 -->   | | | | | | | | | | | | | | | | | |
```

```

onClick="MyWindow4=window.open('
http://147.102.16.98/VELab/sitethree/resources/diction
ary.php','MyWindow4','toolbar=no,location=no,directories=
no,status=no,menubar=no,scrol
lbars=yes,resizable=no,width=520,height=550'); return
false;" class="headlnk">VELab
Dictionary</a>
| <a href="VELabVisuaHelp.php"
onClick="MyWindow5=window.open('
http://147.102.16.98/VELab/sitethree/visualhelp/versio
n4/v4.php','MyWindow5','toolbar=no,location=no,directorie
s=no,status=no,menubar=no,scr
ollbars=no,resizable=no,width=720,height=550'); return
false;"
class="headlnk">VisualHelp</a>
| <a
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/index.php "
class="headlnk"
onClick="">HOME</a>&nbsp;&nbsp;&nbsp;</p>
</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<!-- row 2 -->
<td colspan="3"></td>
<td colspan="5"></td>
<td colspan="5"><a href="
http://www.leonardo.ro/indexe.htm " target="_blank"

onmouseout="MM_swapImgRestore()"
onmouseover="MM_swapImage('pattern_r2_c9','','../../../images/p
attern_r2_c9_f2.gif',1)"></a></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<!-- row 3 -->

```



```
  |
```

```

        alt="Live Measurements - VELab Home Page" width="48"
        height="56"></a></td>
        <td colspan="2"><a
        href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/introducti
        on/short.php "
        target="_self" onMouseOut="MM_swapImgRestore()" "

onMouseOver="MM_swapImage('pattern_r3_c8','','../images/p
attern_r3_c8_f2.gif',1)"></a></td>
        <td colspan="2"><a
        href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/software/s
        oftware.php " target="_self"
        onmouseout="MM_swapImgRestore()" "

onmouseover="MM_swapImage('pattern_r3_c10','','../images/
pattern_r3_c10_f2.gif',1)"><i
        mg
        name="pattern_r3_c10"
        src="../images/pattern_r3_c10.gif" border="0"
        alt="Software Resources" width="50"
        height="56"></a></td>
        <td><a href="http://www.ntua.gr" target="_blank"
        onmouseout="MM_swapImgRestore()" "

onmouseover="MM_swapImage('pattern_r3_c12','','../images/
pattern_r3_c12_f2.gif',1)"><i
mg
        name="pattern_r3_c12"
        src="../images/pattern_r3_c12.gif" border="0"
        alt="National Technical Univerity of Athens - GREECE"
        width="58"
        height="56"></a></td>
        <td rowspan="2"></td>
        <td></td>
</tr>
<tr>
        <!-- row 4 -->
        <td colspan="3"></td>
        <td colspan="9"></td>

```

```

        <td></td>
</tr>
<tr>
    <!-- row 5 -->
    <td height="90%" width="182" colspan="3" rowspan="3"
    valign="top"
    background="../../../images/pattern_r7_c1.gif">
    <p>&nbsp;</p>
</td>
    <td width="598" height="90%" colspan="10" rowspan="3"
    align="left"
    valign="top"
    background="../../../images/pattern_r5_c4.gif">
    <!-- TemplateBeginEditable name="main" -->
    <table width="596" height="100%" border="0"
    cellpadding="0"
    cellspacing="0">
<tr>
    <td width="5" height="10" align="left" valign="top"
    bgcolor="#7999BF"></td>
    <td height="10" colspan="3" align="left" valign="top"
    bgcolor="#7999BF"><a
    name="top"></a></td>
    <td width="5" height="10" align="right" valign="top"
    bgcolor="#7999BF"></td>
</tr>
<tr>
    <td width="5" height="20" align="left" valign="top"
    bgcolor="#7999BF"></td>
    <td width="374" height="20" align="right"
    valign="bottom"
    bgcolor="#7999BF"></td>
    <td width="181" height="20" align="left"
    valign="bottom"
    bgcolor="#7999BF"><p class="title">>></p>
</td>
    <td width="31" height="20" align="left"
    valign="bottom"
    bgcolor="#7999BF"></td>
    <td width="5" height="20" align="right" valign="top"
    bgcolor="#7999BF"></td>
</tr>

```

```

<tr>
  <td width="5" height="100%" align="left"
    valign="top">&nbsp;</td>
  <!-- !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! -->
  <!-- START Of The CONTENT ROW: -->
  <td height="100%" colspan="3" align="left"
    valign="top">
    <table width="586" border="0" cellspacing="0"
      cellpadding="0">
<tr>
  <td width="588">&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
  </table>
  <p>&nbsp;</p>
</td>
  <td width="5" height="100%" align="right"
    valign="top">&nbsp;</td>
  <!-- END of The CONTENT ROW -->
  <!-- !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!! -->
</tr>
<tr>
  <td width="5" height="20" align="left"
    valign="bottom">&nbsp;</td>
  <td height="20" colspan="3" align="center"
    valign="bottom">
    <p class="small"><a href="
    http://147.102.16.98/VELab/sitethree/n-jfet/njfet.
    results.php">back to top</a></p>
  </td>
  <!-- BACK TO TOP Button ROW -->
  <td width="5" height="20" align="right"
    valign="bottom">&nbsp;</td>
  <!-- END For BACK TO TOP Button ROW -->
</tr>
</table>
  <!-- TemplateEndEditable --></td>
  <td></td>
</tr>
<tr>
  <!-- row 6 -->

```

```
 </td> </tr> <tr> <!-- row 7 -->  </td> </tr> <tr> <!-- row 8 -->  </td> </tr> <map name="m_pattern_r2_c1"> <area shape="poly" coords="0,9,504,9,504,61,0,61,0,9" href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/index.php " target="_parent" title="Virtual Electro Laboratory - Home Page" alt="Virtual Electro Laboratory - Home Page"></map><map name="m_pattern_r2_c4"> <area shape="poly" coords="-182,9,322,9,322,61,- 182,61,-182,9" href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/index.php " target="_parent" title="Virtual Electro Laboratory - Home Page" alt="Virtual Electro Laboratory - Home Page"> </map><map name="m_pattern_r5_c1"> <area shape="poly" coords="0,0,182,0,182,25,0,25,0,0" href="#" alt> <area shape="poly" coords="0,258,182,258,182,284,0,284,0,258" href=http://147.102.16.98/VELab/sitethree/resources/d ownload.php  onmouseover="MM_displayStatusMsg('');return document.MM_returnValue"> <area shape="poly" coords="0,234,182,234,182,258,0,258,0,234" | | | | | | | | | | | | | | |
```

```
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/universities/u
niversities.php "
onmouseout="MM_startTimeout();"

onmouseover="MM_showMenu(window.mm_menu_0418231211_0,182,
239,null,'pattern_r5_c1');MM_
displayStatusMsg('');return document.MM_returnValue">
<area shape="poly"
coords="0,208,182,208,182,234,0,234,0,208"
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/hardware/hardw
are.php " alt
onmouseout="MM_startTimeout();"

onmouseover="MM_showMenu(window.mm_menu_0418230937_1,182,
212,null,'pattern_r5_c1');MM_
displayStatusMsg('');return document.MM_returnValue">
<area shape="poly"
coords="0,181,182,181,182,208,0,208,0,181"
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/software/softw
are.php " alt
onmouseout="MM_startTimeout();"

onmouseover="MM_showMenu(window.mm_menu_0418230539_0,182,
186,null,'pattern_r5_c1');MM_
displayStatusMsg('');return document.MM_returnValue">
<area shape="poly"
coords="0,155,182,155,182,181,0,181,0,155"
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/papers/papers.
php"
onmouseout="MM_startTimeout();"

onmouseover="MM_showMenu(window.mm_menu_0418230409_1,182,
159,null,'pattern_r5_c1');MM_
displayStatusMsg('');return document.MM_returnValue">
<area shape="poly"
coords="0,128,182,128,182,155,0,155,0,128"
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/mobile/mobile.
php"
onmouseout="MM_startTimeout();"

onmouseover="MM_showMenu(window.mm_menu_0418230036_2,182,
132,null,'pattern_r5_c1');MM_
displayStatusMsg('');return document.MM_returnValue">
<area shape="poly"
coords="0,101,182,101,182,128,0,128,0,101"
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/visualhelp/vis
ualhelp.php "
onmouseout="MM_startTimeout();"

onmouseover="MM_showMenu(window.mm_menu_0418225835_3,182,
105,null,'pattern_r5_c1');MM_
```

```
displayStatusMsg('');return document.MM_returnValue">
<area shape="poly"
coords="0,74,182,74,182,101,0,101,0,74"
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/last.php"
onmouseout="MM_startTimeout();"

onmouseover="MM_showMenu(window.mm_menu_0418225119_0,182,
79,null,'pattern_r5_c1');MM_d
isplayStatusMsg('');return document.MM_returnValue">
<area shape="poly" coords="0,48,182,48,182,74,0,74,0,48"
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/live.php"
onmouseout="MM_startTimeout();"

onmouseover="MM_showMenu(window.mm_menu_0418224322_0,182,
52,null,'pattern_r5_c1');MM_d
isplayStatusMsg('');return document.MM_returnValue">
<area shape="poly" coords="2,25,184,25,184,48,2,48,2,25"
href="http://147.102.16.98/VELab/sitethree/introduction/i
ntroduction.php "
onmouseout="MM_startTimeout();"

onmouseover="MM_showMenu(window.mm_menu_0418223910_0,182,
26,null,'pattern_r5_c1');MM_d
isplayStatusMsg('');return document.MM_returnValue">
</map>

<!-- This HTML was automatically created with Macromedia
Fireworks -->
<!-- http://www.macromedia.com -->

</table>

</body>

</html>
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: JavaScript Form Validator


```

function form_Validator(theForm)
{
    var checkOK = "0123456789-,";
    var checkStr1 = theForm.U1.value;
    var checkStr2 = theForm.U2.value;
    var allValid1 = allValid2 = true;
    var decPoints1 = decPoints2 = 0;
    var MinSign1 = MinSign2 = 0;
    var PlusSign1 = PlusSign2 = 0;
    <?php
    if ($var_page == 0)
    { echo "alert(\"The Workbench is not online
    !\\n\\nSee the last generated
results or send an email to the
administrator.\\n\\nmailto:
jtsiantis@medialab.ntua.gr\");";
    echo "\\n\\t" ;
    echo "theForm.U1.focus();";
    echo "\\n\\t" ;
    echo "return (false);";
    echo "\\n\\t";
    }
    ?>

    //--U1
    for (i = 0; i < checkStr1.length; i++)
    {
        ch = checkStr1.charAt(i);
        for (j = 0; j < checkOK.length; j++)
        if (ch == checkOK.charAt(j)) break;
        if (j == checkOK.length)
        {
            allValid1 = false;
            break;
        }
        if (ch == ",") { decPoints1++; }
        else if (ch == "-") { MinSign1++; }
        else if (ch == "+") { PlusSign1++; }
    }
    if ((!allValid1)|| (decPoints1 > 1)|| (MinSign1 >
1)|| (PlusSign1 > 1))
    { alert("U1 is not in limits or it is misspelled ! \\nUse
only digits and
\\",\\" as a decimal separator.\\n\\n-10 V =< U1 =< 0
V\\n\\n(e.g. U1 = -0,50 V)");
    theForm.U1.focus();
    return (false);
    }
    //--U2
    for (i = 0; i < checkStr2.length; i++)
    {

```

```
        ch = checkStr2.charAt(i);
        for (j = 0; j < checkOK.length; j++)
            if (ch == checkOK.charAt(j)) break;
        if (j == checkOK.length)
        {
            allValid2 = false;
            break;
        }
        if (ch == ",") { decPoints2++; }
        else if (ch == "-") { MinSign2++; }
        else if (ch == "+") { PlusSign2++; }
    }
    if ((!allValid2)|| (decPoints2 > 1)|| (MinSign2 >
1)|| (PlusSign2 > 1))
    { alert("U2 is not in limits or it is misspelled ! \nUse
only digits and
\", \" as a decimal separator.\n\n0 V =< U2 =< 10
V\n\n(e.g. U2 = 5 V)");
    theForm.U2.focus();
    return (false);
    }
    return (true);
}
//--></script>
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: Δημιουργία του Stimuli TXT File για το BJT dut


```
<?php
define ('LF', "\n");
// getting the variables from POST
$U1_start = $_POST["U1_start"];
$U1_stop = $_POST["U1_stop"];
$U1_steps = $_POST["U1_steps"];

$U2_start = $_POST["U2_start"];
$U2_stop = $_POST["U2_stop"];
$U2_steps = $_POST["U2_steps"];

// getting the IP of the sender
$hostip = $_SERVER['REMOTE_ADDR'];

// simple display for first verification
echo "IP: $hostip"; echo '<br>';
echo '<br>';

echo "U1 Start = $U1_start"; echo " [V]<br>";
echo "U1 Stop = $U1_stop"; echo " [V]<br>";
echo "U1 Steps = $U1_steps"; echo '<br>';

echo "U2 Start = $U2_start"; echo " [V]<br>";
echo "U2 Stop = $U2_stop"; echo " [V]<br>";
echo "U2 Steps = $U2_steps"; echo '<br>';

//creation of the stimuli file
$filename = "../workbench/dut_bjt/bjt.stimuli.txt";

if (!file_exists($filename)) {
    touch($filename); // Create blank file
    chmod($filename,0666);
}

$fp=fopen("../workbench/dut_bjt/bjt.stimuli.txt","w");
$strU1_start="U1_start: ";
$strU1_stop="U1_stop: ";
$strU1_steps="U1_steps: ";

$strU2_start="U2_start: ";
$strU2_stop="U2_stop: ";
$strU2_steps="U2_steps: ";

$strIP="IP: ";

// printing to "bjt.stimuli.txt" file
$tmp = fputs($fp, $strU1_start); $tmp =
fputs($fp,$U1_start."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU1_stop); $tmp = fputs($fp,
$U1_stop."\n");
```

```
$tmp = fputs($fp, $strU1_steps); $tmp =
fputs($fp,$U1_steps."\n");

$tmp = fputs($fp, $strU2_start); $tmp =
fputs($fp,$U2_start."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU2_stop); $tmp = fputs($fp,
$U2_stop."\n");
$tmp = fputs($fp, $strU2_steps); $tmp =
fputs($fp,$U2_steps."\n");

$tmp = fputs($fp, $strIP); $tmp = fputs($fp,
$hostip."\n");

$tmp = fputs($fp, "end");
fclose($fp);
// printing to "workbench_dut.txt" file
// the name of the wanted Device wanted for tests.
$filename2 = "../workbench/workbench_dut.txt";

if (!file_exists($filename2)) {
    touch($filename2); // Create blank file
    chmod($filename2,0666);
}

$fp2=fopen("../workbench/workbench_dut.txt","w");
$strDUT="bjt"; // this is the DUT the VI needs to
access.

$tmp = fputs($fp2, $strDUT);
fclose($fp2);

//archive of correct stimuli
$filename3 = "../workbench/workbench_archive.txt";
if (!file_exists($filename3)) {
echo "New archive is being created...".
    touch($filename3); // Create blank file
    chmod($filename3,0666);
}
$fp3=fopen("../workbench/workbench_archive.txt","a");
$tmp = fputs($fp3, $strIP); $tmp = fputs($fp3,
$hostip."\n");
$tmp = fputs($fp3, "BJT\n");
$tmp = fputs($fp3, $strU1_start); $tmp = fputs($fp3,
$U1_start."\t");
$tmp = fputs($fp3, $strU2_start); $tmp = fputs($fp3,
$U2_start."\n");
$tmp = fputs($fp3, $strU1_stop); $tmp = fputs($fp3,
$U1_stop."\t");
$tmp = fputs($fp3, $strU2_stop); $tmp = fputs($fp3,
$U2_stop."\n");
```

```
$tmp = fputs($fp3, $strU1_steps); $tmp = fputs($fp3,
$U1_steps."\t");
$tmp = fputs($fp3, $strU2_steps); $tmp = fputs($fp3,
$U2_steps."\n");
$tmp = fputs($fp3,
"*****\n");
fclose($fp3);
?>
```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε: mm_menu.js (Created by Fireworks)


```
/**
 * mm_menu 20MAR2002 Version 6.0
 * Andy Finnell, March 2002
 * Copyright (c) 2000-2002 Macromedia, Inc.
 *
 * based on menu.js
 * by gary smith, July 1997
 * Copyright (c) 1997-1999 Netscape Communications Corp.
 *
 * Netscape grants you a royalty free license to use or
modify this
 * software provided that this copyright notice appears
on all copies.
 * This software is provided "AS IS," without a warranty
of any kind.
 */

function Menu(label, mw, mh, fnt, fs, fclr, fhclr,
bg, bgh, halgn, valign, pad, space,
to, sx, sy, srel, opq, vert, idt, aw, ah)
{
this.version = "020320 [Menu; mm_menu.js]";
this.type = "Menu";
this.menuWidth = mw;
this.menuItemHeight = mh;
this.fontSize = fs;
this.fontWeight = "plain";
this.fontFamily = fnt;
this.fontColor = fclr;
this.fontColorHilite = fhclr;
this.bgColor = "#555555";
this.menuBorder = 1;
this.menuBgOpaque=opq;
this.menuItemBorder = 1;
this.menuItemIndent = idt;
this.menuItemBgColor = bg;
this.menuItemVAlign = valign;
this.menuItemHAlign = halgn;
this.menuItemPadding = pad;
this.menuItemSpacing = space;
this.menuLiteBgColor = "#ffffff";
this.menuBorderBgColor = "#777777";
this.menuHiliteBgColor = bgh;
this.menuContainerBgColor = "#cccccc";
this.childMenuIcon = "arrows.gif";
this.submenuXOffset = sx;
this.submenuYOffset = sy;
this.submenuRelativeToItem = srel;
this.vertical = vert;
this.items = new Array();
this.actions = new Array();
```

```
this.childMenus = new Array();
this.hideOnMouseOut = true;
this.hideTimeout = to;
this.addMenuItem = addMenuItem;
this.writeMenus = writeMenus;
this.MM_showMenu = MM_showMenu;
this.onMenuItemOver = onMenuItemOver;
this.onMenuItemAction = onMenuItemAction;
this.hideMenu = hideMenu;
this.hideChildMenu = hideChildMenu;
if (!window.menus) window.menus = new Array();
this.label = " " + label;
window.menus[this.label] = this;
window.menus[window.menus.length] = this;
if (!window.activeMenus) window.activeMenus = new
Array();
}

function addMenuItem(label, action) {
    this.items[this.items.length] = label;
    this.actions[this.actions.length] = action;
}

function FIND(item) {
    if( window.mmIsOpera )
        return(document.getElementById(item));
    if (document.all) return(document.all[item]);
    if (document.getElementById)
        return(document.getElementById(item));
    return(false);
}

function writeMenus(container) {
    if (window.triedToWriteMenus) return;
    var agt = navigator.userAgent.toLowerCase();
    window.mmIsOpera = agt.indexOf("opera") != -1;
    if (!container && document.layers) {
        window.delayWriteMenus = this.writeMenus;
        var timer = setTimeout('delayWriteMenus()', 500);
        container = new Layer(100);
        clearTimeout(timer);
    } else if (document.all || document.hasChildNodes ||
window.mmIsOpera) {
        document.writeln('<span id="menuContainer"></span>');
        container = FIND("menuContainer");
    }

    window.mmHideMenuTimer = null;
    if (!container) return;
    window.triedToWriteMenus = true;
    container.isContainer = true;
```

```

        container.menus = new Array();
        for (var i=0; i<window.menus.length; i++)
            container.menus[i] = window.menus[i];
        window.menus.length = 0;
        var countMenus = 0;
        var countItems = 0;
        var top = 0;
        var content = '';
        var lrs = false;
        var theStat = "";
        var tsc = 0;
        if (document.layers) lrs = true;
        for (var i=0; i<container.menus.length; i++,
            countMenus++) {
            var menu = container.menus[i];
            if (menu.bgImageUp || !menu.menuBgOpaque) {
                menu.menuBorder = 0;
                menu.menuItemBorder = 0;
            }
            if (lrs) {
                var menuLayer = new Layer(100, container);
                var lite = new Layer(100, menuLayer);
                lite.top = menu.menuBorder;
                lite.left = menu.menuBorder;
                var body = new Layer(100, lite);
                body.top = menu.menuBorder;
                body.left = menu.menuBorder;
            } else {
                content += ''+
                    '<div id="menuLayer'+ countMenus +'\"
                    style="position:absolute;zindex:
1;left:10px;top:'+ (i * 100)
+'px;visibility:hidden;color:' +
menu.menuBorderBgColor + ';">\n'+
' <div id="menuLite'+ countMenus +'\"
style="position:absolute;zindex:
1;left:'+ menu.menuBorder +'px;top:'+ menu.menuBorder
+'px;visibility:hide;"
onmouseout="mouseoutMenu();">\n'+
' <div id="menuFg'+ countMenus +'\"
style="position:absolute;left:'+
menu.menuBorder +'px;top:'+ menu.menuBorder
+'px;visibility:hide;">\n'+
'';
            }
        }

        var x=i;
        for (var i=0; i<menu.items.length; i++) {
            var item = menu.items[i];
            var childMenu = false;
            var defaultHeight =
                menu.fontSize+2*menu.menuItemPadding;

```

```

        if (item.label) {
            item = item.label;
            childMenu = true;
        }
        menu.menuItemHeight = menu.menuItemHeight ||
            defaultHeight;
        var itemProps = '';
        if( menu.fontFamily != '' ) itemProps += 'font-
            family:' + menu.fontFamily
        +'';
        itemProps += 'font-weight:' + menu.fontWeight +
        ';font-size:' +
        menu.fontSize + 'px;';
        if (menu.fontStyle) itemProps += 'font-style:' +
            menu.fontStyle + ';';
        if (document.all || window.mmIsOpera)
            itemProps += 'font-size:' + menu.fontSize + 'px;'"
onmouseover="onMenuItemOver(null,this);"onclick="onMenuIt
emAction(null,this);';
        else if (!document.layers) {
            itemProps += 'font-size:' + menu.fontSize +
            'px;';
        }
        var l;
        if (lrs) {
            var lw = menu.menuWidth;
            if( menu.menuItemHAlign == 'right' ) lw -=
                menu.menuItemPadding;
            l = new Layer(lw,body);
        }
        var itemLeft = 0;
        var itemTop = i*menu.menuItemHeight;
        if( !menu.vertical ) {
            itemLeft = i*menu.menuWidth;
            itemTop = 0;
        }
        var dTag = '<div id="menuItem'+ countItems +'"'
style="position:absolute;left:' + itemLeft + 'px;top:' +
itemTop + 'px;'+ itemProps
+'">';
        var dClose = '</div>'
        if (menu.bgImageUp) dTag = '<div id="menuItem'+
            countItems +'"'
style="background:url('+menu.bgImageUp+');position:absolu
te;left:' + itemLeft +
'px;top:' + itemTop + 'px;'+ itemProps +'">';

        var left = 0, top = 0, right = 0, bottom = 0;
        left = 1 + menu.menuItemPadding +
            menu.menuItemIndent;

```

```

        right = left + menu.menuWidth -
        2*menu.menuItemPadding -
menu.menuItemIndent;
        if( menu.menuItemVAlign == 'top' ) top =
        menu.menuItemPadding;
        if( menu.menuItemVAlign == 'bottom' ) top =
        menu.menuItemHeightmenu.
fontSize-1-menu.menuItemPadding;
        if( menu.menuItemVAlign == 'middle' ) top =
        ((menu.menuItemHeight/2)-
        (menu.fontSize/2)-1);
        bottom = menu.menuItemHeight -
        2*menu.menuItemPadding;
        var textProps = 'position:absolute;left:' + left +
        'px;top:' + top +
        'px;';
        if (lrs) {
            +=itemProps + 'right:' + right + ';bottom:' +
            bottom +
            ';;';
            dTag = "";
            dClose = "";
        }

        if(document.all && !window.mmIsOpera) {
            item = '<div align="' + menu.menuItemHAlign +
            '"'>' + item +
            '</div>';
        } else if (lrs) {
            item = '<div style="text-align:' +
            menu.menuItemHAlign + ';">' +
            item + '</div>';
        } else {
            var hitem = null;
            if( menu.menuItemHAlign != 'left' ) {
                if(window.mmIsOpera) {
                    var operaWidth = menu.menuItemHAlign ==
                    'center' ? -
                    (menu.menuWidth-2*menu.menuItemPadding) :
                    (menu.menuWidth-6*menu.menuItemPadding);
                    hitem = '<div id="menuItemHilite' + countItems +
                    'Shim" style="position:absolute;top:1px;left:' +
                    menu.menuItemPadding + 'px;width:' +
                    operaWidth + 'px;text-align:'
                    + menu.menuItemHAlign +
                    ';visibility:visible;">' + item + '</div>';
                    item = '<div id="menuItemText' + countItems + 'Shim"
                    style="position:absolute;top:1px;left:' +
                    menu.menuItemPadding + 'px;width:' +
                    operaWidth + 'px;text-align:'
                    + menu.menuItemHAlign +

```



```

';visibility:visible;">' + item + '</div>';
} else {
hitem = '<div id="menuItemHilite' + countItems +
'Shim" style="position:absolute;top:1px;left:1px;right:-'
+ (left+menu.menuWidth-
3*menu.menuItemPadding) + 'px;text-align:'
+ menu.menuItemHAlign +
';visibility:visible;">' + item + '</div>';
item = '<div id="menuItemText' + countItems + 'Shim'
style="position:absolute;top:1px;left:1px;right:-' +
(left+menu.menuWidth-
3*menu.menuItemPadding) + 'px;text-align:'
+ menu.menuItemHAlign +
';visibility:visible;">' + item + '</div>';
}
} else hitem = null;
}

if(document.all && !window.mmIsOpera) item = '<div
id="menuItemShim' +
countItems + '"
style="position:absolute;left:0px;top:0px;">' + item +
'</div>';
var dText = '<div id="menuItemText'+ countItems +' "
style="' +
textProps + 'color:' + menu.fontColor + ';">' + item
+ '&nbsp;</div>\n'
+ '<div id="menuItemHilite'+ countItems +' " style="'
+ textProps + 'color:' + menu.fontColorHilite
+ ';visibility:hidden;">'
+ (hitem||item) + '&nbsp;</div>';
if (childMenu) content += ( dTag + dText + '<div
id="childMenu'+
countItems +' "
style="position:absolute;left:0px;top:3px;"></div>\n' + dClose);
else content += ( dTag + dText + dClose);
if (lrs) {
l.document.open("text/html");
l.document.writeln(content);
l.document.close();
content = '';
theStat += "-";
tsc++;
if (tsc > 50) {
tsc = 0;
theStat = "";
}
status = theStat;
}
countItems++;
}
}

```

```

    if (lrs) {
        var focusItem = new Layer(100, body);
        focusItem.visibility="hidden";
        focusItem.document.open("text/html");
        focusItem.document.writeln("&nbsp;");
        focusItem.document.close();
    } else {
        content += ' <div id="focusItem'+ countMenus +' "
style="position:absolute;left:0px;top:0px;visibility:hide
;"
onclick="onMenuItemAction(null,this);">&nbsp;</div>\n';
        content += ' </div>\n </div>\n</div>\n';
    }
    i=x;
}
if (document.layers) {
    container.clip.width = window.innerWidth;
    container.clip.height = window.innerHeight;
    container.onmouseout = mouseoutMenu;
    container.menuContainerBgColor =
this.menuContainerBgColor;
    for (var i=0; i<container.document.layers.length;
i++) {
        proto = container.menus[i];
        var menu = container.document.layers[i];
        container.menus[i].menuLayer = menu;
        container.menus[i].menuLayer.Menu =
container.menus[i];
        container.menus[i].menuLayer.Menu.container =
container;
        var body =
menu.document.layers[0].document.layers[0];
        body.clip.width = proto.menuWidth ||
body.clip.width;
        body.clip.height = proto.menuHeight ||
body.clip.height;
        for (var n=0; n<body.document.layers.length-1;
n++) {
            var l = body.document.layers[n];
            l.Menu = container.menus[i];
            l.menuHiliteBgColor =
proto.menuHiliteBgColor;
            l.document.bgColor = proto.menuItemBgColor;
            l.saveColor = proto.menuItemBgColor;
            l.onmouseover = proto.onMenuItemOver;
            l.onclick = proto.onMenuItemAction;
            l.mmaction = container.menus[i].actions[n];
            l.focusItem =
body.document.layers[body.document.layers.le
ngth-1];

```

```
l.clip.width = proto.menuWidth ||
body.clip.width;
l.clip.height = proto.menuItemHeight ||
l.clip.height;
if (n>0) {
    if( l.Menu.vertical ) l.top =
        body.document.layers[n-1].top
+ body.document.layers[n-1].clip.height +
proto.menuItemBorder +
proto.menuItemSpacing;
    else l.left = body.document.layers[n-
1].left +
body.document.layers[n-1].clip.width +
proto.menuItemBorder + proto.menuItemSpacing;
}
l.hilite = l.document.layers[1];
if (proto.bgImageUp) l.background.src =
proto.bgImageUp;
l.document.layers[1].isHilite = true;
if (l.document.layers.length > 2) {
    l.childMenu =
container.menus[i].items[n].menuLayer;
l.document.layers[2].left = l.clip.width
-13;
l.document.layers[2].top =
(l.clip.height / 2) -4;
l.document.layers[2].clip.left += 3;
l.Menu.childMenus[l.Menu.childMenus.leng
th] = l.childMenu;
}
}
if( proto.menuBgOpaque ) body.document.bgColor =
proto.bgColor;
if( proto.vertical ) {
    body.clip.width = l.clip.width +proto.menuBorder;
    body.clip.height = l.top + l.clip.height
+proto.menuBorder;
} else {
    body.clip.height = l.clip.height
+proto.menuBorder;
    body.clip.width = l.left + l.clip.width
+proto.menuBorder;
    if( body.clip.width > window.innerWidth )
        body.clip.width =
window.innerWidth;
}
var focusItem = body.document.layers[n];
focusItem.clip.width = body.clip.width;
focusItem.Menu = l.Menu;
focusItem.top = -30;
focusItem.captureEvents(Event.MOUSEDOWN);
```

```
        focusItem.onmousedown = onMenuItemDown;
        if( proto.menuBgOpaque ) menu.document.bgColor =
        proto.menuBorderBgColor;
        var lite = menu.document.layers[0];
        if( proto.menuBgOpaque ) lite.document.bgColor =
        proto.menuLiteBgColor;
        lite.clip.width = body.clip.width +1;
        lite.clip.height = body.clip.height +1;
        menu.clip.width = body.clip.width +
        (proto.menuBorder * 3) ;
        menu.clip.height = body.clip.height +
        (proto.menuBorder * 3);
    }
} else {
if ((!document.all) && (container.hasChildNodes) &&
!window.mmIsOpera) {
    container.innerHTML=content;
} else {
    container.document.open("text/html");
    container.document.writeln(content);
    container.document.close();
}
if (!FIND("menuLayer0")) return;
var menuCount = 0;
for (var x=0; x<container.menus.length; x++) {
    var menuLayer = FIND("menuLayer" + x);
    container.menus[x].menuLayer = "menuLayer" + x;
    menuLayer.Menu = container.menus[x];
    menuLayer.Menu.container = "menuLayer" + x;
    menuLayer.style.zindex = 1;
    var s = menuLayer.style;
    s.pixeltop = -300;
    s.pixelleft = -300;
    s.top = '-300px';
    s.left = '-300px';

    var menu = container.menus[x];
    menu.menuItemWidth = menu.menuWidth ||
    menu.menuIEWidth || 140;
    if( menu.menuBgOpaque )
    menuLayer.style.backgroundColor =
menu.menuBorderBgColor;
    var top = 0;
    var left = 0;
    menu.menuItemLayers = new Array();
    for (var i=0; i<container.menus[x].items.length;
i++) {
        var l = FIND("menuItem" + menuCount);
        l.Menu = container.menus[x];
        l.Menu.menuItemLayers[l.Menu.menuItemLayers.
length] = l;
    }
}
```

```

        if (l.addEventListener || window.mmIsOpera)
        {
            l.style.width = menu.menuItemWidth +
            'px';
            l.style.height = menu.menuItemHeight +
            'px';
            l.style.pixelWidth = menu.menuItemWidth;
            l.style.pixelHeight =
            menu.menuItemHeight;
            l.style.top = top + 'px';
            l.style.left = left + 'px';
            if(l.addEventListener) {
                l.addEventListener("mouseover",
onMenuItemOver,
false);

                l.addEventListener("click",
onMenuItemAction,
                false);
                l.addEventListener("mouseout",
mouseoutMenu, false);
            }
            if( menu.menuItemHAlign != 'left' ) {
                l.hiliteShim = FIND("menuItemHilite"
+ menuCount +
"Shim");

                l.hiliteShim.style.visibility =
"inherit";
                l.textShim = FIND("menuItemText" +
menuCount +
"Shim");

                l.hiliteShim.style.pixelWidth =
menu.menuItemWidth -
2*menu.menuItemPadding - menu.menuItemIndent;
                l.hiliteShim.style.width =
l.hiliteShim.style.pixelWidth;
                l.textShim.style.pixelWidth =
menu.menuItemWidth -
2*menu.menuItemPadding - menu.menuItemIndent;
                l.textShim.style.width =
l.textShim.style.pixelWidth;
            }
        } else {
            l.style.pixelWidth = menu.menuItemWidth;
            l.style.pixelHeight =
menu.menuItemHeight;
            l.style.pixelTop = top;
            l.style.pixelLeft = left;
            if( menu.menuItemHAlign != 'left' ) {
                var shim = FIND("menuItemShim" +
menuCount);

```

```

        shim[0].style.pixelWidth =
            menu.menuItemWidth -
2*menu.menuItemPadding - menu.menuItemIndent;
        shim[1].style.pixelWidth =
            menu.menuItemWidth -
2*menu.menuItemPadding - menu.menuItemIndent;
        shim[0].style.width =
            shim[0].style.pixelWidth +
'px';

        shim[1].style.width =
            shim[1].style.pixelWidth +
'px';
    }
    }
    if( menu.vertical ) top = top +
menu.menuItemHeight+menu.menuItemBorder+menu.menuItemSpacing;
    else left = left +
menu.menuItemWidth+menu.menuItemBorder+menu.menuItemSpacing;

    l.style.fontSize = menu.fontSize + 'px';
    l.style.backgroundColor =
menu.menuItemBgColor;
    l.style.visibility = "inherit";
    l.saveColor = menu.menuItemBgColor;
    l.menuHiliteBgColor =
menu.menuHiliteBgColor;
    l.mmaction = container.menus[x].actions[i];
    l.hilite = FIND("menuItemHilite" +
menuCount);
    l.focusItem = FIND("focusItem" + x);
    l.focusItem.style.pixelTop = -30;
    l.focusItem.style.top = '-30px';
    var childItem = FIND("childMenu" +
menuCount);
    if (childItem) {
        l.childMenu =
        container.menus[x].items[i].menuLayer;
        childItem.style.pixelLeft =
menu.menuItemWidth -11;
        childItem.style.left =
childItem.style.pixelLeft + 'px';
        childItem.style.pixelTop =
(menu.menuItemHeight /2) -4;
        childItem.style.top =
childItem.style.pixelTop + 'px';
        l.Menu.childMenus[l.Menu.childMenus.length] = l.childMenu;
    }
    l.style.cursor = "hand";
    menuCount++;

```

```

    }
    if( menu.vertical ) {
        menu.menuHeight = top-1-menu.menuItemSpacing;
        menu.menuWidth = menu.menuItemWidth;
    } else {
        menu.menuHeight = menu.menuItemHeight;
        menu.menuWidth = left-1-menu.menuItemSpacing;
    }

    var lite = FIND("menuLite" + x);
    var s = lite.style;
    s.pixelHeight = menu.menuHeight + (menu.menuBorder *
    2);
    s.height = s.pixelHeight + 'px';
    s.pixelWidth = menu.menuWidth + (menu.menuBorder *
    2);
    s.width = s.pixelWidth + 'px';
    if( menu.menuBgOpaque ) s.backgroundColor =
    menu.menuLiteBgColor;
    var body = FIND("menuFg" + x);
    s = body.style;
    s.pixelHeight = menu.menuHeight + menu.menuBorder;
    s.height = s.pixelHeight + 'px';
    s.pixelWidth = menu.menuWidth + menu.menuBorder;
    s.width = s.pixelWidth + 'px';
    if( menu.menuBgOpaque ) s.backgroundColor =
    menu.bgColor;
    s = menuLayer.style;
    s.pixelWidth = menu.menuWidth + (menu.menuBorder *
    4);
    s.width = s.pixelWidth + 'px';
    s.pixelHeight = menu.menuHeight+(menu.menuBorder*4);
    s.height = s.pixelHeight + 'px';
}
}
if (document.captureEvents)
document.captureEvents(Event.MOUSEUP);
    if (document.addEventListener)
document.addEventListener("mouseup",
onMenuItemOver,false);
    if (document.layers && window.innerWidth) {
        window.onresize = NS4resize;
        window.NS4sIW = window.innerWidth;
        window.NS4sIH = window.innerHeight;
        setTimeout("NS4resize()",500);
    }
    document.onmouseup = mouseupMenu;
    window.mmWroteMenu = true;
    status = "";
}
function NS4resize() {

```

```
        if (NS4sIW != window.innerWidth || NS4sIH !=  
window.innerHeight)  
window.location.reload();  
    }  
  
function onMenuItemOver(e, l) {  
    MM_clearTimeout();  
    l = l || this;  
    a = window.ActiveMenuItem;  
    if (document.layers) {  
        if (a) {  
            a.document.bgColor = a.saveColor;  
            if (a.hilite) a.hilite.visibility =  
                "hidden";  
            if (a.Menu.bgImageOver) a.background.src =  
                a.Menu.bgImageUp;  
            a.focusItem.top = -100;  
            a.clicked = false;  
        }  
        if (l.hilite) {  
            l.document.bgColor = l.menuHiliteBgColor;  
            l.zIndex = 1;  
            l.hilite.visibility = "inherit";  
            l.hilite.zIndex = 2;  
            l.document.layers[1].zIndex = 1;  
            l.focusItem.zIndex = this.zIndex + 2;  
        }  
        if (l.Menu.bgImageOver) l.background.src =  
            l.Menu.bgImageOver;  
            l.focusItem.top = this.top;  
            l.focusItem.left = this.left;  
            l.focusItem.clip.width = l.clip.width;  
            l.focusItem.clip.height = l.clip.height;  
            l.Menu.hideChildMenu(l);  
    } else if (l.style && l.Menu) {  
        if (a) {  
            a.style.backgroundColor = a.saveColor;  
            if (a.hilite) a.hilite.style.visibility =  
                "hidden";  
            if (a.hiliteShim) a.hiliteShim.style.visibility =  
                "inherit";  
            if (a.Menu.bgImageUp) a.style.background = "url("  
                + a.Menu.bgImageUp  
                + ") ";;  
        }  
        l.style.backgroundColor = l.menuHiliteBgColor;  
        l.zIndex = 1;  
        if (l.Menu.bgImageOver) l.style.background = "url(" +  
            l.Menu.bgImageOver + ")";  
        if (l.hilite) {  
            l.hilite.style.visibility = "inherit";  
        }  
    }  
}
```



```

        if( l.hiliteShim ) l.hiliteShim.style.visibility
        = "visible";
    }
    l.focusItem.style.pixelTop = l.style.pixelTop;
    l.focusItem.style.top = l.focusItem.style.pixelTop +
    'px';
    l.focusItem.style.pixelLeft = l.style.pixelLeft;
    l.focusItem.style.left = l.focusItem.style.pixelLeft
    + 'px';
    l.focusItem.style.zIndex = l.zIndex +1;
    l.Menu.hideChildMenu(l);
} else return;
window.ActiveMenuItem = l;
}
function onMenuItemAction(e, l) {
    l = window.ActiveMenuItem;
    if (!l) return;
    hideActiveMenus();
    if (l.mmaction) eval("'" + l.mmaction);
    window.ActiveMenuItem = 0;
}

function MM_clearTimeout() {
    if (mmHideMenuTimer) clearTimeout(mmHideMenuTimer);
    mmHideMenuTimer = null;
    mmDHFlag = false;
}

function MM_startTimeout() {
    if( window.ActiveMenu ) {
        mmStart = new Date();
        mmDHFlag = true;
        mmHideMenuTimer =
        setTimeout("mmDoHide()",window.ActiveMenu.Menu.hi
        deTimeout);
    }
}

function mmDoHide() {
    if (!mmDHFlag || !window.ActiveMenu) return;
    var elapsed = new Date() - mmStart;
    var timeout = window.ActiveMenu.Menu.hideTimeout;
    if (elapsed < timeout) {
        mmHideMenuTimer = setTimeout("mmDoHide()",
        timeout+100-elapsed);
        return;
    }
    mmDHFlag = false;
    hideActiveMenus();
    window.ActiveMenuItem = 0;
}

```

```

function MM_showMenu(menu, x, y, child, imgname) {
    if (!window.mmWroteMenu) return;
    MM_clearTimeout();
    if (menu) {
        var obj = FIND(imgname) ||
            document.images[imgname] ||
            document.links[imgname]
            || document.anchors[imgname];
        x = moveXbySlicePos (x, obj);
        y = moveYbySlicePos (y, obj);
    }
    if (document.layers) {
        if (menu) {
            var l = menu.menuLayer || menu;
            l.top = l.left = 1;
            hideActiveMenus();
            if (this.visibility) l = this;
            window.ActiveMenu = l;
        } else {
            var l = child;
        }
        if (!l) return;
        for (var i=0; i<l.layers.length; i++) {
            if (!l.layers[i].isHilite)
                l.layers[i].visibility = "inherit";
            if (l.layers[i].document.layers.length > 0)
                MM_showMenu(null, "relative", "relative",
                    l.layers[i]);
        }
        if (l.parentLayer) {
            if (x != "relative") l.parentLayer.left = x
                || window.pageX || 0;
            if (l.parentLayer.left + l.clip.width >
                window.innerWidth)
                l.parentLayer.left -= (l.parentLayer.left + l.clip.width
                    - window.innerWidth);
            if (y != "relative") l.parentLayer.top = y
                || window.pageY || 0;
            if (l.parentLayer.isContainer) {
                l.Menu.xOffset = window.pageXOffset;
                l.Menu.yOffset = window.pageYOffset;
                l.parentLayer.clip.width =
                    window.ActiveMenu.clip.width + 2;
                l.parentLayer.clip.height =
                    window.ActiveMenu.clip.height + 2;
                if (l.parentLayer.menuContainerBgColor
                    && l.Menu.menuBgOpaque )
                    l.parentLayer.document.bgColor =
                    l.parentLayer.menuContainerBgColor;
            }
        }
    }
}

```

```
    }
    l.visibility = "inherit";
    if (l.Menu) l.Menu.container.visibility =
"inherit";
} else if (FIND("menuItem0")) {
    var l = menu.menuLayer || menu;
    hideActiveMenus();
    if (typeof(l) == "string") l = FIND(l);
    window.ActiveMenu = l;
    var s = l.style;
    s.visibility = "inherit";
    if (x != "relative") {
        s.pixelLeft = x || (window.pageX +
document.body.scrollLeft) || 0;
        s.left = s.pixelLeft + 'px';
    }
    if (y != "relative") {
        s.pixelTop = y || (window.pageY +
document.body.scrollTop) || 0;
        s.top = s.pixelTop + 'px';
    }
    l.Menu.xOffset = document.body.scrollLeft;
    l.Menu.yOffset = document.body.scrollTop;
}
if (menu)
window.activeMenus[window.activeMenus.length] = l;
MM_clearTimeout();
}

function onMenuItemDown(e, l) {
    var a = window.ActiveMenuItem;
    if (document.layers && a) {
        a.eX = e.pageX;
        a.eY = e.pageY;
        a.clicked = true;
    }
}

function mouseupMenu(e) {
    hideMenu(true, e);
    hideActiveMenus();
    return true;
}

function getExplorerVersion() {
    var ieVers = parseFloat(navigator.appVersion);
    if( navigator.appName != 'Microsoft Internet
Explorer' ) return ieVers;
    var tempVers = navigator.appVersion;
    var i = tempVers.indexOf( 'MSIE ' );
    if( i >= 0 ) {
```

```
        tempVers = tempVers.substring( i+5 );
        ieVers = parseFloat( tempVers );
    }
    return ieVers;
}

function mouseoutMenu() {
    if ((navigator.appName == "Microsoft Internet Explorer") && (getExplorerVersion() < 4.5))
        return true;
    hideMenu(false, false);
    return true;
}

function hideMenu(mouseup, e) {
    var a = window.ActiveMenuItem;
    if (a && document.layers) {
        a.document.bgColor = a.saveColor;
        a.focusItem.top = -30;
        if (a.hilite) a.hilite.visibility = "hidden";
        if (mouseup && a.mmaction && a.clicked && window.ActiveMenu) {
            if (a.eX <= e.pageX+15 && a.eX >= e.pageX-15
                && a.eY <= e.pageY+10 &&
a.eY >= e.pageY-10) {
                setTimeout('window.ActiveMenu.Menu.onMenuItemAction();', 500);
            }
        }
        a.clicked = false;
        if (a.Menu.bgImageOver) a.background.src = a.Menu.bgImageUp;
    } else if (window.ActiveMenu && FIND("menuItem0")) {
        if (a) {
            a.style.backgroundColor = a.saveColor;
            if (a.hilite) a.hilite.style.visibility = "hidden";
            if (a.hiliteShim) a.hiliteShim.style.visibility = "inherit";
            if (a.Menu.bgImageUp) a.style.background = "url(" + a.Menu.bgImageUp + ")";
        }
    }

    if (!mouseup && window.ActiveMenu) {
        if (window.ActiveMenu.Menu) {
            if (window.ActiveMenu.Menu.hideOnMouseOut)
                MM_startTimeout();
            return(true);
        }
    }
}
```

```

        return(true);
    }

function hideChildMenu(hcmLayer) {
    MM_clearTimeout();
    var l = hcmLayer;
    for (var i=0; i < l.Menu.childMenus.length; i++) {
        var theLayer = l.Menu.childMenus[i];
        if (document.layers) theLayer.visibility =
            "hidden";
        else {
            theLayer = FIND(theLayer);
            theLayer.style.visibility = "hidden";
            if( theLayer.Menu.menuItemHAlign != 'left' )
            {
                for(var j = 0; j <
                    theLayer.Menu.menuItemLayers.length; j++) {
                    var itemLayer =
                        theLayer.Menu.menuItemLayers[j];
                    if(itemLayer.textShim)
                        itemLayer.textShim.style.visibility
= "inherit";
                }
            }
            theLayer.Menu.hideChildMenu(theLayer);
        }
    }
    if (l.childMenu) {
        var childMenu = l.childMenu;
        if (document.layers) {
            l.Menu.MM_showMenu(null,null,null,childMenu.layers[0]);
            childMenu.zIndex = l.parentLayer.zIndex +1;
            childMenu.top = l.Menu.menuLayer.top +
                l.Menu.submenuYOffset;
            if( l.Menu.vertical ) {
                if( l.Menu.submenuRelativeToItem )
                    childMenu.top += l.top +
l.parentLayer.top;
                childMenu.left = l.parentLayer.left +
                    l.parentLayer.clip.width -
(2*l.Menu.menuBorder) + l.Menu.menuLayer.left +
l.Menu.submenuXOffset;
            } else {
                childMenu.top += l.top + l.parentLayer.top;
                if( l.Menu.submenuRelativeToItem )
                    childMenu.left =
l.Menu.menuLayer.left + l.left + l.clip.width +
(2*l.Menu.menuBorder) +
l.Menu.submenuXOffset;
            }
        } else childMenu.left = l.parentLayer.left +

```

```

l.parentLayer.clip.width - (2*l.Menu.menuBorder) +
l.Menu.menuLayer.left +
l.Menu.submenuXOffset;
    }
    if( childMenu.left < l.Menu.container.clip.left )
l.Menu.container.clip.left = childMenu.left;
    var w = childMenu.clip.width+childMenu.left-
l.Menu.container.clip.left;
    if (w > l.Menu.container.clip.width)
l.Menu.container.clip.width = w;
    var h = childMenu.clip.height+childMenu.top-
l.Menu.container.clip.top;
    if (h > l.Menu.container.clip.height)
l.Menu.container.clip.height = h;
    l.document.layers[1].zIndex = 0;
    childMenu.visibility = "inherit";
} else if (FIND("menuItem0")) {
    childMenu = FIND(l.childMenu);
    var menuLayer = FIND(l.Menu.menuLayer);
    var s = childMenu.style;
    s.zIndex = menuLayer.style.zIndex+1;
    if (document.all || window.mmIsOpera) {
        s.pixelTop = menuLayer.style.pixelTop +
l.Menu.submenuYOffset;
        if( l.Menu.vertical ) {
            if( l.Menu.submenuRelativeToItem )
s.pixelTop +=
l.style.pixelTop;
            s.pixelLeft = l.style.pixelWidth +
menuLayer.style.pixelLeft + l.Menu.submenuXOffset;
            s.left = s.pixelLeft + 'px';
        } else {
            s.pixelTop += l.style.pixelTop;
            if( l.Menu.submenuRelativeToItem )
s.pixelLeft =
menuLayer.style.pixelLeft + l.style.pixelLeft +
l.style.pixelWidth +
(2*l.Menu.menuBorder) + l.Menu.submenuXOffset;
            else s.pixelLeft =
(menuLayer.style.pixelWidth-
4*l.Menu.menuBorder) + menuLayer.style.pixelLeft +
l.Menu.submenuXOffset;
            s.left = s.pixelLeft + 'px';
        }
    } else {
        var top = parseInt(menuLayer.style.top) +
l.Menu.submenuYOffset;
        var left = 0;
        if( l.Menu.vertical ) {
            if( l.Menu.submenuRelativeToItem ) top +=
parseInt(l.style.top);

```

```

        left = (parseInt(menuLayer.style.width)-
4*l.Menu.menuBorder) + parseInt(menuLayer.style.left) +
1.Menu.submenuXOffset;
    } else {
        top += parseInt(l.style.top);
        if( l.Menu.submenuRelativeToItem ) left =
parseInt(menuLayer.style.left) + parseInt(l.style.left) +
parseInt(l.style.width) +
(2*l.Menu.menuBorder) + 1.Menu.submenuXOffset;
        else left =
        (parseInt(menuLayer.style.width)-
4*l.Menu.menuBorder) + parseInt(menuLayer.style.left) +
1.Menu.submenuXOffset;
    }
    s.top = top + 'px';
    s.left = left + 'px';
}
childMenu.style.visibility = "inherit";
} else return;
window.activeMenus[window.activeMenus.length] =
childMenu;
}
}

function hideActiveMenus() {
    if (!window.activeMenus) return;
    for (var i=0; i < window.activeMenus.length; i++) {
        if (!activeMenus[i]) continue;
        if (activeMenus[i].visibility &&
activeMenus[i].Menu && !window.mmIsOpera) {
            activeMenus[i].visibility = "hidden";
            activeMenus[i].Menu.container.visibility =
"hidden";
            activeMenus[i].Menu.container.clip.left = 0;
        } else if (activeMenus[i].style) {
            var s = activeMenus[i].style;
            s.visibility = "hidden";
            s.left = '-200px';
            s.top = '-200px';
        }
    }
    if (window.ActiveMenuItem) hideMenu(false, false);
    window.activeMenus.length = 0;
}

function moveXbySlicePos (x, img) {
    if (!document.layers) {
        var onWindows = navigator.platform ?
navigator.platform == "Win32" : false;
        var macIE45 = document.all && !onWindows &&
getExplorerVersion() == 4.5;

```

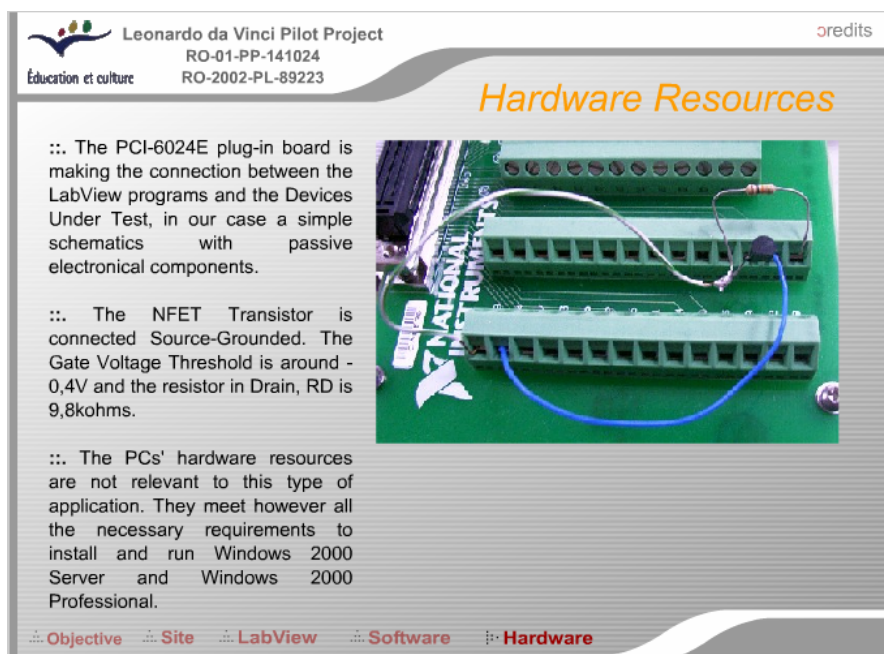
```
var par = img;
var lastOffset = 0;
while(par){
    if( par.leftMargin && ! onWindows ) x +=
    parseInt(par.leftMargin);
    if( (par.offsetLeft != lastOffset) &&
    par.offsetLeft ) x +=
    parseInt(par.offsetLeft);
    if( par.offsetLeft != 0 ) lastOffset =
    par.offsetLeft;
    par = macIE45 ? par.parentElement :
    par.offsetParent;
}
} else if (img.x) x += img.x;
return x;
}

function moveYbySlicePos (y, img) {
    if(!document.layers) {
        var onWindows = navigator.platform ?
        navigator.platform == "Win32" : false;
        var macIE45 = document.all && !onWindows &&
        getExplorerVersion() == 4.5;
        var par = img;
        var lastOffset = 0;
        while(par){
            if( par.topMargin && !onWindows ) y +=
            parseInt(par.topMargin);
            if( (par.offsetTop != lastOffset) &&
            par.offsetTop ) y +=
            parseInt(par.offsetTop);
            if( par.offsetTop != 0 ) lastOffset =
            par.offsetTop;
            par = macIE45 ? par.parentElement :
            par.offsetParent;
        }
    } else if (img.y >= 0) y += img.y;
    return y;
}
```

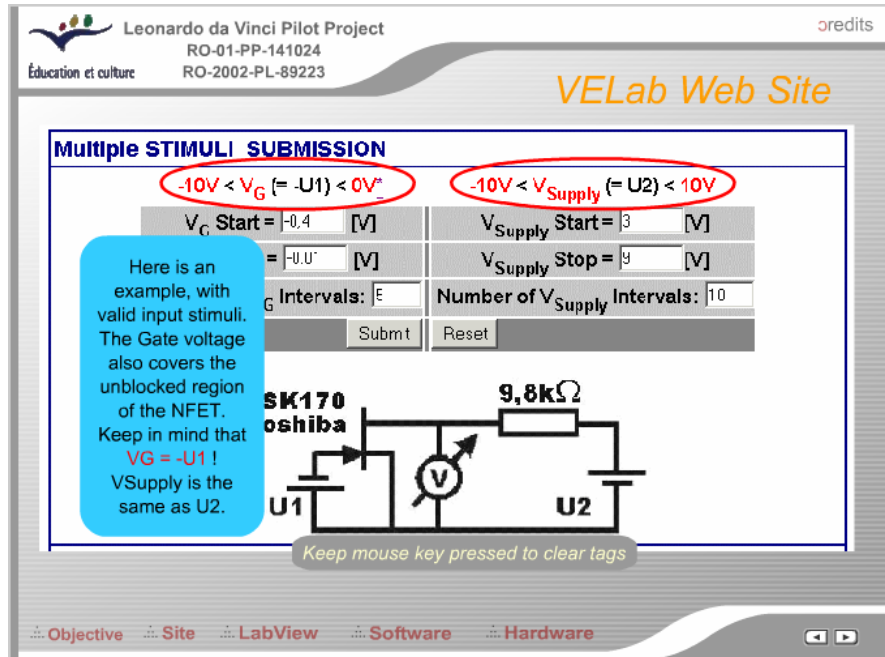

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ: ΟΠΤΙΚΗ ΒΟΗΘΕΙΑ (VISUAL HELP)



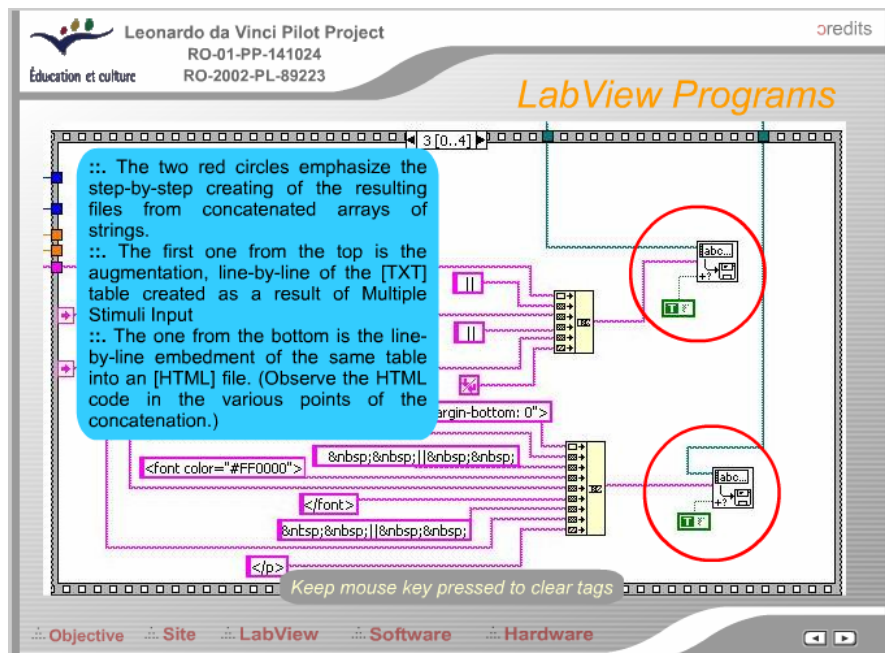
Η αρχική σελίδα της Οπτικής Βοήθειας που αφορά την προηγούμενη έκδοση του VELab



Το N-JFET, στην αρχική έκδοση του VELab, συνδεδεμένο απευθείας στο σύνδεσμο εισόδου / εξόδου της πλακέτας 6024E



Παράδειγμα υποβολής πολλαπλών δεδομένων



Δημιουργία των αρχείων αποτελεσμάτων από το VI

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ: ΔΙΚΤΥΑΚΟΣ ΤΟΠΟΣ (VELab WEBSITE)

WorkBench Status: ON | Stimuli Examples | Stimuli History | VELab Dictionary | VisualHelp | HOME

Virtual Electro Laboratory

VELab version4

VELab v4

Introduction
LIVE Measurements
Last Valid Results
Visual Help
Mobile Access
Papers and References
Software Resources
Hardware Resources
Universities
Download

Live Measurements

$V_D = -1,7$ Last Valid Result

The Workbench is **on line!**
Access the workbench for the following Devices:

The results pages contain the date and time measurement. To see information about the workbench status [click here](#).

N-JFET » Drain Voltage
N-JFET » Multiple Drain Voltages
P-MOS-FET » Drain Voltage
P-MOS-FET » Multiple Drain Voltages
FETs Race » Drain Voltages
BJT » Base and Collector Voltages
Diodes » Current and Voltages

N-JFET « Drain Voltages
P-MOS-FET « Drain Voltages
FETs Race « Drain Voltages
BJT « Base and Collector Voltages
Diodes « Current and Voltages

Introduction

Visual Help

Η κεντρική ιστοσελίδα του Δικτυακού Τόπου

WorkBench Status: ON | Stimuli Examples | Stimuli History | VELab Dictionary | VisualHelp | HOME

Virtual Electro Laboratory

Leonardo da Vinci ROMANIA

BJT » Base and Collector Voltages

The BJT is open for:
 $0,5\text{ V} \leq U_1 \leq 2\text{ V}$

The BJT DUT accepts voltages inside this limits:
 $0\text{ V} \leq U_1 \leq 10\text{ V}$
 $0\text{ V} \leq U_2 \leq 10\text{ V}$

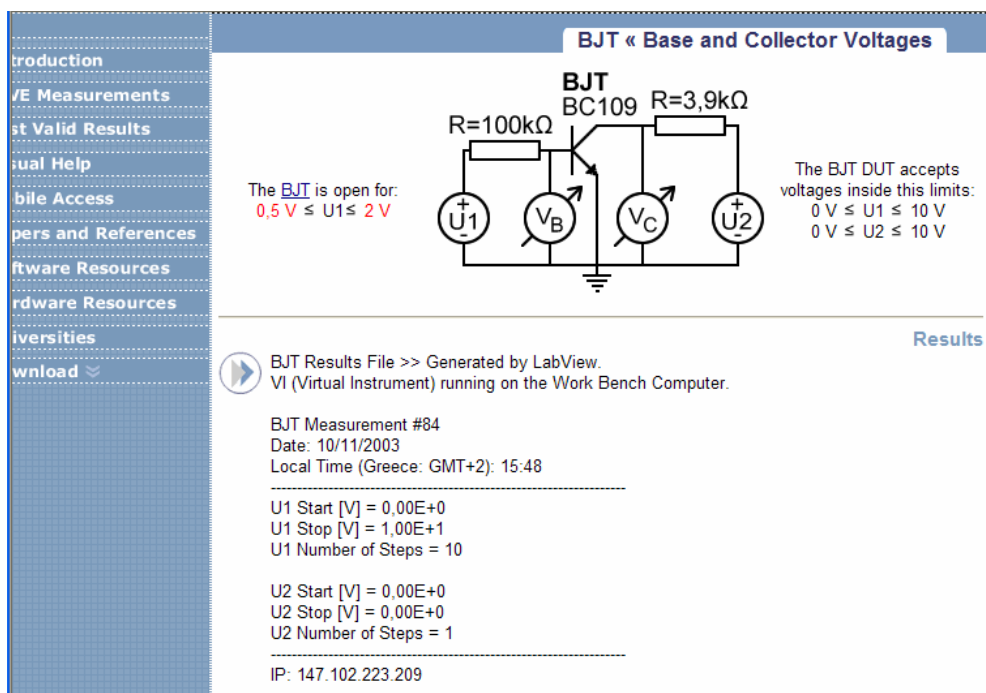
BJT BC109
 $R=100\text{k}\Omega$
 $R=3,9\text{k}\Omega$

U1 Start [V]: 0
U1 Stop [V]: 0
U1 Steps: 1

U2 Start [V]: 0
U2 Stop [V]: 0
U2 Steps: 1

Measure Reset

Υποβολή πολλαπλών δεδομένων στο κύκλωμα του BJT



Η ιστοσελίδα των αποτελεσμάτων για το κύκλωμα του BJT



Η ιστοσελίδα που περιγράφει το υλισμικό (Hardware) της παρούσας υλοποίησης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Sedra/Smith – Μικροηλεκτρονικά Κυκλώματα, Επιμέλεια: Γ. Παπανάνος, Τομέας Πληροφορικής ΕΜΠ
Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- [2] Jacob Millman, Χρήστου Χαλκιά – Ωλοκληρωμένη Ηλεκτρονική
Έκδοση TEE, Αθήνα 1978.
- [3] Yannis Tsividis – Operation and Modeling of The MOS Transistor
McGRAW – HILL INTERNATIONAL EDITIONS
- [4] F. Sandu, D.N. Robu, P.N. Borza și W. Szabo – “Twin- Microcontroller GSM Modem Development System” – 8 th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment “OPTIM 2002”, Brasov – Romania – 2002.
- [5] F. Sandu, W. Szabo și P.N. Borza, "Automated Measurement Laboratory Accessed by Internet" – Proc. of the XVI IMEKO World Congress 2000, Vienna – Austria.
- [6] E. Kayafas, F. Sandu, I. Patiniotakis, P.N. Borza, “Approaches to programming for telemeasurement”
– Proc. of the XVII IMEKO World Congress 2001, Lisbon – Portugal.
- [7] F. Sandu, W. Szabo and V. Cazacu – “Automated Test System with Wireless Access” – The Romanian Magazine of Virtual Instrumentation, Mediamira Publishing House, Cluj-Napoca,
Romania – 2002.
- [8] F. Sandu, Seppo Lahti, Seppo Rantapuska, Ingmar Tollet, Juha Löytöläinen, Riikka Kivelä – “Remote and Mobile Control of Multidisciplinary Experimental Systems” – 6th IFAC Symposium on Advances in Control Education - "ACE 2003" -
Oulu, Finland – 2002.
- [9] F. Sandu, P.N. Borza, A. Balica, E. Kayafas – “Post-Measurement Processing Example for Hardware Remote Access” – Bucharest – 2003
- [10] www.macromedia.com
- [11] www.ni.com/labview
- [12] LabVIEW Mailing List – Support Mailing List for Research and LabVIEW Industry Professionals – info-labview@pica.army.mil