

ΣΥΛΛΟΓΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ & ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

(Εργαστήριο)

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

Γ' ΕΠΑ.Λ.

ΣΥΛΛΟΓΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

- 1.- Γιαννακόπουλος Κωνσταντίνος, Φυσικός Ραδιοηλεκτρολόγος, MSc, Υποψήφιος PhD Πανεπιστημίου Πατρών, Τμήμα Φυσικής
- 2.- Ζυγούρης Ευάγγελος, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών, Τμήμα Φυσικής
- 3.- Τσελές Δημήτριος, Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Πειραιά, Τμήμα Αυτοματισμού

ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

- 1.- Γεωργάκης Θεόδωρος, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης ΠΕ-12
- 2.- Πυρομάλης Δημήτριος, Πτυχιούχος Τμήμα Αυτοματισμού Τ.Ε.Ι. Πειραιά, MSc Open University της Αγγλίας
- 3.- Μουστάκας Γεώργιος, Ηλεκτρονικός, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης ΠΕ-17

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

Γεωργάκης Θεόδωρος, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης ΠΕ-12

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

Γεωργάκης Θεόδωρος, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Καθηγητής Δ/θμιας Εκπαίδευσης ΠΕ-12

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

Παπαμαύρου Ευθυμία, Φιλολόγος

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Παπαμαύρου Ευθυμία, Φιλολόγος

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Επιστημονικός Υπεύθυνος του Τομέα "ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ",
Δρ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΔΗΜ. ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ (PH.D)
(Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Κ. Γιαννακόπουλος, Ε. Ζυγούρης, Δ. Τσελές

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΣΥΛΛΟΓΗ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

(Εργαστήριο)

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

Γ΄ ΕΠΑ.Λ.

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

Πρόλογος

Το παρόν βιβλίο εργαστηριακών ασκήσεων συνοδεύει το αντίστοιχο βιβλίο θεωρίας του μαθήματος **Συλλογή, Μεταφορά και Έλεγχος Δεδομένων** της Α' τάξης του 2ου κύκλου της ειδικότητας Ηλεκτρονικού Υπολογιστικών Συστημάτων και Δικτύων του Ηλεκτρονικού Τομέα.

Η φιλοσοφία πίσω από τις προτεινόμενες εργαστηριακές ασκήσεις αυτού του βιβλίου είναι να καταστήσει το σημερινό ηλεκτρονικό υπολογιστικών συστημάτων και δικτύων ικανό να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις της αγοράς εφοδιάζοντάς τον με τις κατάλληλες προς τούτο γνώσεις. Έτσι, δεν περιορίζεται μόνο στην παραδοσιακή αντίληψη των ηλεκτρονικών εφαρμογών για τον πάγκο του εργαστηρίου. Αντίθετα, προσπαθεί να υιοθετήσει την άποψη **θεωρία - εξομοίωση - πείραμα**, όπου και όσο βέβαια αυτό είναι δυνατό. Αρχή των συγγραφέων είναι ότι είναι αδιανόητο ο απόφοιτος να μη γνωρίζει να εξομοιώνει μια άσκηση ηλεκτρονικών στον προσωπικό του υπολογιστή και στη συνέχεια να την υλοποιεί στον πάγκο του εργαστηρίου του.

Συγκεκριμένα, το πρώτο μισό μέρος των ασκήσεων στηρίζεται στη χρήση του **Electronics Workbench**, που είναι ήδη γνωστό και έχει χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές στις δύο προηγούμενες τάξεις. Ωστόσο, αν τυχόν κανείς διαπιστώσει αδυναμίες στη χρήση του μπορεί να μελετήσει το παράρτημα στο τέλος του παρόντος βιβλίου. Οι ασκήσεις αυτές απαιτούν θεωρητική μελέτη, εξομοίωση με το Electronics Workbench και στη συνέχεια υλοποίηση στον πάγκο του εργαστηρίου αν, βέβαια, αυτό είναι εφικτό. Οι υπόλοιπες ασκήσεις είναι μιας μεγαλύτερης δυσκολίας και

αφορούν την επικοινωνία μεταξύ ενός υπολογιστή και του **καταγραφικού Logger-IV** για τη λήψη μετρήσεων τάσης και θερμοκρασίας. Η επικοινωνία, όμως, μαζί του απαιτεί και χρήση το προγράμματος **LabVIEW**. Έτσι, λοιπόν, μιας και δεν έχει ξαναδιδασχθεί το συγκεκριμένο πρόγραμμα στους μαθητές αφιερώνονται μερικές ασκήσεις για την εκμάθησή του. Διαβάζοντας κανείς μια από τις ασκήσεις του βιβλίου θα δημιουργήσει, ίσως, την εντύπωση, ότι είναι δύσκολο να εξομοιωθούν στον υπολογιστή και να υλοποιηθούν στον πάγκο του εργαστηρίου μέσα σε ένα τρίωρο. Αυτό είναι σωστό, αλλά σε συνεργασία των συγγραφέων με τους κριτές του βιβλίου αποφασίστηκε να μείνουν ως έχει αφού τα περισσότερα σχολεία δε διαθέτουν εργαστήριο ηλεκτρονικών, που να περιλαμβάνει στον ίδιο χώρο πάγκους με όργανα και υπολογιστές. Ουσιαστικά, δίνεται η δυνατότητα στο κάθε σχολείο να εκτελεστούν οι ασκήσεις ή στο εργαστήριο ηλεκτρονικών ή στο εργαστήριο πληροφορικής. Το ιδανικό θα ήταν να υπήρχε η δυνατότητα να γίνει εξομοίωση και πείραμα στον ίδιο χώρο.

Θα πρέπει να τονιστεί, επίσης, ότι **οι εργαστηριακές ασκήσεις του βιβλίου δε συμβαδίζουν απόλυτα με το αναλυτικό πρόγραμμα**. Αυτό αποφασίστηκε σε συνεργασία με τους κριτές του βιβλίου για τους παρακάτω λόγους: α) Η ύπαρξη αντικειμενικής δυσκολίας υλοποίησης πολλών ασκήσεων σε ένα σχολείο, όπως π.χ. τα modems και τα PLCs, β) η αλληλεπικάλυψη με ασκήσεις άλλων μαθημάτων, όπως π.χ. τα δίκτυα και τα PLCs και γ) η προσπάθεια να χρησιμοποιηθούν τα πακέτα λογισμικού χωριστά το ένα από το άλλο, δηλαδή, να γίνουν πρώτα οι ασκήσεις με το EWB, που είναι πιο εύκολο και έπειτα οι ασκήσεις με το LabVIEW, που είναι μιας μεγαλύτερης δυσκολίας. Έτσι, λοιπόν, οι ασκήσεις των αισθητήριων, που απαιτούν τη χρήση του LabVIEW και του καταγραφικού αντιμετωπίζονται στα πλαίσια ενός γενικότερου συστήματος συλλογής, μεταφοράς και ελέγχου δεδομένων και παρουσιάζονται προς το τέλος του βιβλίου. Αναγκαστικά, λοιπόν, οι ασκήσεις ξεκινούν από τους ενισχυτές, που σημαίνει, ότι ο εκπαιδευτικός πρέπει να αναφέρει ορισμένα θεωρητικά στοιχεία στα πρώτα μαθήματα. Βασική προϋπόθεση για τη σωστή διδασκαλία του μαθήματος είναι η συνεργασία του καθηγητή της θεωρίας με τους εργαστηριακούς καθηγητές.

Τα πακέτα λογισμικού Electronics Workbench (EWB) και LabVIEW είναι γνωστά προγράμματα ηλεκτρονικών, που μπορεί κανείς να προμηθευτεί εύκολα στην αγορά. Για το καταγραφικό Logger-IV θα πρέπει κανείς να απευθυνθεί στους κυρίους Δ. Τσελέ και Δ. Πυρομάλη (ΤΕΙ Πειραιά, Τμήμα Αυτοματισμού, τηλ. 5381200, email: dtsel@teipir.gr). Το ίδιο πρέπει να γίνει και για το πρόγραμμα TERM95, που αναλαμβάνει την επικοινωνία με το καταγραφικό.

Θέλουμε να πιστεύουμε, ότι στο τέλος της σχολικής χρονιάς ο μαθητής θα είναι σε θέση **να μελετάει θεωρητικά την εφαρμογή του, να παίρνει κατ' αρχήν τα σχετικά αποτελέσματα από την υλοποίηση της εφαρμογής του με εξομοίωση στον υπολογιστή του και να επιβεβαιώνει, τέλος, τα αποτελέσματα αυτά και στον πάγκο του εργαστηρίου του.**

Τέλος, οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν όλους όσους συντέλεσαν στη συγγραφή και υλοποίηση των ασκήσεων του παρόντος βιβλίου και κυρίως τον κύριο Δ. Πυρομάλη για την προσφορά του υλικού, που σχετίζεται με το καταγραφικό Logger-IV.

Οι συγγραφείς
Οκτώβριος 2000

Περιεχόμενα

ΑΣΚΗΣΗ 1η:	Διαφορικός Ενισχυτής	14
ΑΣΚΗΣΗ 2η:	Τελεστικός Ενισχυτής	18
ΑΣΚΗΣΗ 3η:	Εφαρμογές Τελεστικού Ενισχυτή (Μη Αναστρέφων Ενισχυτής Αναστρέφων Ενισχυτής Αθροιστής)	23
ΑΣΚΗΣΗ 4η:	Συγκριτές (I)	28
ΑΣΚΗΣΗ 5η:	Συγκριτές (II)	31
ΑΣΚΗΣΗ 6η:	Ενισχυτής Γέφυρας Επιμηκυνσιομέτρου	35
ΑΣΚΗΣΗ 7η:	Ολοκλήρωση και Διαφόριση	38
ΑΣΚΗΣΗ 8η:	Ενεργά Φίλτρα (I)	42
ΑΣΚΗΣΗ 9η:	Ενεργά Φίλτρα (II)	47
ΑΣΚΗΣΗ 10η:	Εφαρμογή Μετατροπέα Ρεύματος σε Τάση	50
ΑΣΚΗΣΗ 11η:	Εφαρμογή Μετατροπέα Τάσης σε Ρεύμα	52
ΑΣΚΗΣΗ 12η:	R-2R Μετατροπέας Ψηφιακού Σήματος σε Αναλογικό (DAC)	55
ΑΣΚΗΣΗ 13η:	DAC-08 Μετατροπέας Ψηφιακού Σήματος σε Αναλογικό	59
ΑΣΚΗΣΗ 14η:	Εφαρμογή DAC-08 (Ψηφιακά Ελεγχόμενος Ακουστικός Ενισχυτής)	63
ΑΣΚΗΣΗ 15η:	ADC-0804 Μετατροπέας Αναλογικού Σήματος σε Ψηφιακό	66
ΑΣΚΗΣΗ 16η:	Εφαρμογή ADC-0804 (Μέτρηση Θερμοκρασίας)	
ΑΣΚΗΣΗ 17η:	Εισαγωγή στο LabVIEW	70
ΑΣΚΗΣΗ 18η:	Διαμόρφωση Περιβάλλοντος LabVIEW	72
ΑΣΚΗΣΗ 19η:	Διαχείριση των SubVIs στο LabVIEW	76
ΑΣΚΗΣΗ 20η:	Διαχείριση Δομών στο LabVIEW (I)	80
ΑΣΚΗΣΗ 21η:	Διαχείριση Δομών στο LabVIEW (II)	84
ΑΣΚΗΣΗ 22η:	Strings, Γραφήματα και Διαγράμματα στο LabVIEW	88
ΑΣΚΗΣΗ 23η:	Το Καταγραφικό Logger-IV και οι Λειτουργίες του	92
ΑΣΚΗΣΗ 24η:	Η Σειριακή Επικοινωνία (I)	96
ΑΣΚΗΣΗ 25η:	Η Σειριακή Επικοινωνία (II)	101
ΑΣΚΗΣΗ 26η:	Ανάγνωση Μετρήσεων από το Καταγραφικό	104
ΑΣΚΗΣΗ 27η:	Η Μνήμη Καταγραφής και ο Ρυθμός	111
	Δειγματοληψίας	116
ΑΣΚΗΣΗ 28η:	Ψηφιακός Παλμογράφος ενός Καναλιού	121
ΑΣΚΗΣΗ 29η:	Ψηφιακό Θερμόμετρο	125
ΑΣΚΗΣΗ 30η:	Δημιουργία Αρχείου Μετρήσεων στον Υπολογιστή	129
ΑΣΚΗΣΗ 31η:	Ψηφιακός Παλμογράφος Ενός Καναλιού με Μνήμη	131
ΑΣΚΗΣΗ 32η:	Σενάριο Ελέγχου (Δεξαμενή Υγρών)	133

εργαστήριο

Άσκηση 1

Διαφορικός Ενισχυτής

Αντικείμενα Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

1. Dc ρεύματα και τάσεις πόλωσης συλλεκτών διαφορικού ενισχυτή.
2. Διαφορική ενίσχυση και ενίσχυση κοινού τρόπου διαφορικού ενισχυτή.
3. Διαφορά φάσης μεταξύ εξόδου και βάσεων των τρανζίστορ διαφορικού ενισχυτή.
4. Λόγος απόρριψης κοινού τρόπου (CMRR) διαφορικού ενισχυτή.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τρανζίστορ	NPN 2N3904	2	Παλμογράφος		1
Αντιστάσεις	100Ω	2	Αμπερόμετρα		3
	2kΩ	3	Βολτόμετρα		2
Τροφοδοτικά		2	Γεννήτρια Συχν.		1

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 3.2 της θεωρίας. Για τη dc ανάλυση θεωρούμε το σχήμα A.1.1, όπως αυτό φαίνεται στο EWB. Το ρεύμα πόλωσης των εκπομπών I_o υπολογίζεται διαιρώντας την πτώση τάσης στην αντίσταση εκπομπού με τη τιμή της αντίστασης. Θεωρώντας τέλεια ισορροπία στο διαφορικό ενισχυτή, τα ρεύματα εκπομπών ίσα με τα ρεύματα συλλεκτών και τις dc τάσεις στις βάσεις των τρανζίστορ μηδέν, αποδεικνύεται ότι:

$$I_o = \frac{V_{ee} - V_{be}}{R_e}$$

$$I_{c1} = I_{c2} = \frac{I_o}{2}$$

$$V_{c1} = V_{cc} - I_{c1} \cdot R_{c1}$$

$$V_{c2} = V_{cc} - I_{c2} \cdot R_{c2}$$

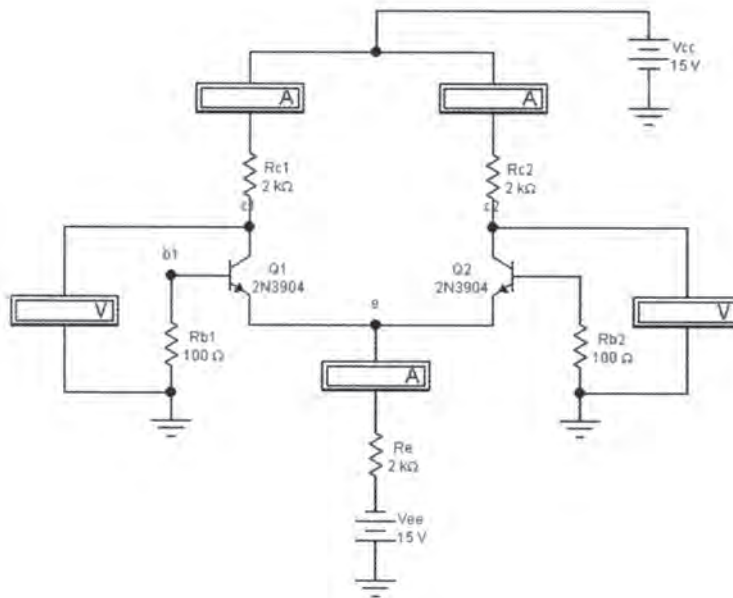
Για τον υπολογισμό των ενισχύσεων θεωρούμε το σχήμα A.1.2, όπως αυτό φαίνεται στο EWB. Αυτές υπολογίζονται μετρώντας την ac peak-to-peak τάση στον ένα συλλέκτη και την ac peak-to-peak τάση μεταξύ των βάσεων, για τη διαφορική ενίσχυση και την ac peak-to-peak κοινή τάση, που εφαρμόζεται στις δύο βάσεις για την ενίσχυση κοινού τρόπου. Έτσι:

$$A_d = \frac{v_{c2}}{v_{b1} - v_{b2}} = \frac{v_{c2}}{v_{b1} - 0} = \frac{v_{c2}}{v_{b1}}$$

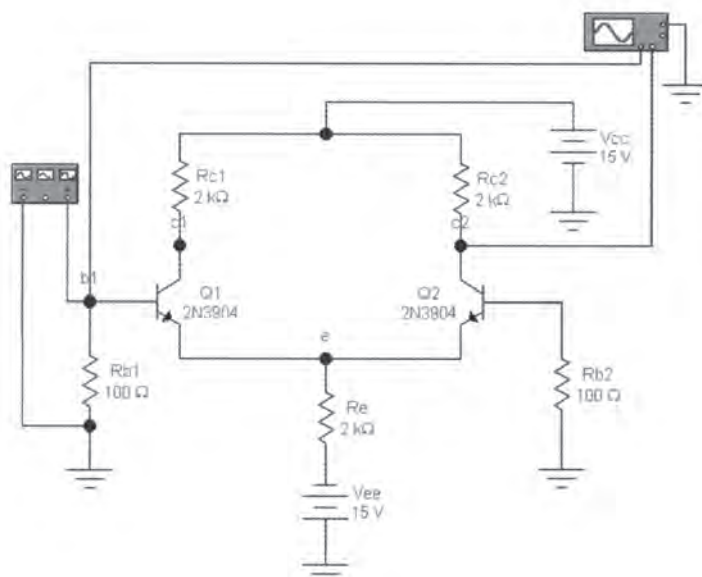
$$A_{cm} = \frac{v_{c2}}{v_{b1}} = \frac{v_{c2}}{v_{b2}}$$

Θεωρητικά υπολογίζονται ως: $A_d = \frac{h_{fe} R_c}{2R_b} = \frac{R_c I_c}{2V_T}$

και $A_{cm} = \frac{R_c}{2R_e}$ όπου $V_T = 25\text{mV}$



Σχήμα Α.1.1. Dc ανάλυση διαφορικού ενισχυτή



Σχήμα Α.1.2. Διαφορικός ενισχυτής

Ο λόγος απόρριψης κοινού τρόπου ορίζεται ως:

$$\text{CMRR} = \frac{A_d}{A_{cm}}$$

και σε dB:
$$\text{CMRR} = 20 \log \left(\frac{A_d}{A_{cm}} \right) \text{ dB}$$

Διαδικασία

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.1.1. Υπολογίστε θεωρητικά και με εξομοίωση στο EWB το ρεύμα πόλωσης εκπομπών I_o , τα ρεύματα συλλεκτών I_{c1} και I_{c2} , τις τάσεις συλλεκτών v_{c1} και v_{c2} και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.1.1. Θεωρείστε $V_{be}=0.7V$.
2. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.1.2. Μετρείστε τις ac peak-to-peak τάσεις του συλλέκτη v_{c2} και της βάσης v_{b1} . Υπολογίστε θεωρητικά και με εξομοίωση τη διαφορική ενίσχυση A_d και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.1.1. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνότητων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα A.1.3.



Σχήμα A.1.3. Ενδείξεις γεννήτριας συχνότητων και παλμογράφου

3. Παρατηρείστε τη διαφορά φάσης μεταξύ των τάσεων v_{b1} και v_{c2} . Μετακινείτε τη γεννήτρια συχνότητων και το πρώτο κανάλι του παλμογράφου στη βάση του δεύτερου τρανζίστορ και παρατηρείστε τη διαφορά φάσης μεταξύ των τάσεων v_{b2} και v_{c2} . Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.1.1.
4. Στο κύκλωμα του σχήματος A.1.2 ενώστε μαζί τις βάσεις των δύο τρανζίστορ. Αλλάξτε την είσοδο του δεύτερου καναλιού του παλμογράφου σε 5mV/div. Μετρείστε τις ac peak-to-peak τάσεις του συλλέκτη v_{c2} και της βάσης v_{b2} . Υπολογίστε θεωρητικά και με εξομοίωση την ενίσχυση κοινού τρόπου A_{cm} και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.1.1.
5. Υπολογίστε θεωρητικά και με εξομοίωση το λόγο απόρριψης κοινού τρόπου CMRR και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.1.1. Εκφράστε την απάντηση και σε decibels.

6. Επαναλάβετε τα βήματα 1-5 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.1.1.

	Θεωρητικά	Εξομοίωση	Πειραματικά
I_o (mA)			
I_{c1} (mA)			
I_{c2} (mA)			
V_{c1} (V)			
V_{c2} (V)			
v_{b1} (mV)	---		
v_{b2} (V)	---		
A_d			
$\Delta\phi$ μεταξύ v_{b1} , v_{c2}			
$\Delta\phi$ μεταξύ v_{b1} , v_{c2}			
v_{b2} (mV)	---		
v_{c2} (mV)	---		
A_{cm}			
CMRR			
CMRR (dB)			

Πίνακας Α.1.1. Πίνακας αποτελεσμάτων

1. Πώς συνδέεται το ρεύμα πόλωσης I_o με τά ρεύματα συλλεκτών σε πλήρως ταιριασμένα τρανζίστορ;
2. Τα ρεύματα πόλωσης συλλεκτών, που μετρήσατε πειραματικά, είναι ίσα; Τι σημαίνει αυτό για το ταίριασμα των τρανζίστορ;
3. Οι τάσεις πόλωσης συλλεκτών, που μετρήσατε πειραματικά, είναι ίσες; Τι σημαίνει αυτό για το ταίριασμα των τρανζίστορ;
4. Με βάση τις διαφορές φάσεων που υπολογίσατε στο τρίτο βήμα της διαδικασίας, ποια είναι η αναστρέφουσα και ποια η μη αναστρέφουσα είσοδος του διαφορικού ενισχυτή του σχήματος Α.1.2;
5. Ποια η σημασία του λόγου απόρριψης κοινού τρόπου σε διαφορικό ενισχυτή; Ποιο το πλεονέκτημα ενός υψηλού CMRR;
6. Συγκρίνατε τα θεωρητικά με τα πειραματικά και εξομοιωμένα αποτελέσματα του πίνακα Α.1.1. Εξηγήστε τυχόν διαφορές.

Ερωτήσεις

Άσκηση 2

Τελεστικός Ενισχυτής

Αντικείμενα Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

1. Ρεύματα πόλωσης και μετατόπισης εισόδου, αντισταθμιστική τάση μετατόπισης εισόδου και ρυθμός μεταβολής σήματος εξόδου (slew rate) τελεστικού ενισχυτή.
2. Απόκριση συχνότητας, ενίσχυση τάσης μεσαίων συχνοτήτων και εύρος ζώνης συχνοτήτων ανοικτού και κλειστού βρόχου τελεστικού ενισχυτή.
3. Συχνότητα μοναδιαίας ενίσχυσης τελεστικού ενισχυτή.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές	LM741	1	Τροφοδοτικά		2
Αντιστάσεις	100Ω	2	Παλμογράφος		1
	1kΩ	1	Αμπερόμετρα		2
	10kΩ	1	Βολτόμετρα		1
	100kΩ	2	Γεννήτρια Συχν.		1

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθούν οι παράγραφοι 3.3 και 3.4 της θεωρίας. Για τα ρεύματα πόλωσης I_B και μετατόπισης εισόδου I_{os} θεωρούμε το σχήμα A.2.1(α), για την αντισταθμιστική τάση μετατόπισης εισόδου V_{io} το σχήμα A.2.1(β) και για το ρυθμό μεταβολής σήματος εξόδου SR (slew rate) το σχήμα A.2.1(γ), όπως αυτά φαίνονται στο EWB. Για τη μέτρηση της V_{io} χρησιμοποιούμε την ενίσχυση τάσης A_v :

$$A_v = \frac{V_{RL}}{V_{io}} = \frac{R_f}{R_1} \Leftrightarrow V_{io} = V_{RL} \frac{R_1}{R_f}$$

Υπενθυμίζεται, ότι:

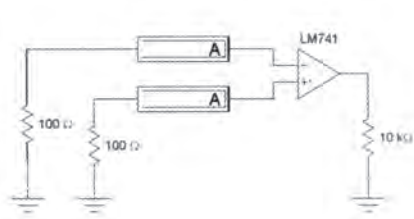
$$I_B = \frac{|I_{B+}| + |I_{B-}|}{2}$$

$$I_{os} = |I_{B+}| - |I_{B-}|$$

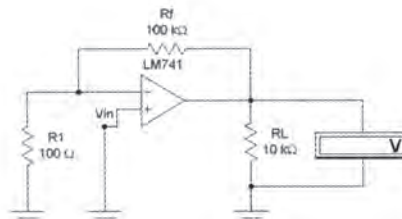
$$SR = \frac{\Delta V_{out}}{\Delta t}$$

Για τον προσδιορισμό της συχνότητας αποκοπής f_c (και άρα του εύρους ζώνης συχνοτήτων) και της μοναδιαίας ενίσχυσης f_r ανοικτού βρόχου θεωρούμε το σχήμα A.2.2(α) και της συχνότητας αποκοπής κλειστού βρόχου το σχήμα A.2.2(β), όπως αυτά φαίνονται στο EWB. Υπενθυμίζεται, ότι η συχνότητα αποκοπής είναι αυτή που η ενίσχυση τάσης έχει μειωθεί στο 0.707 της αρχικής τιμής (ή -3dB). Η συχνότητα μοναδιαίας ενίσχυσης είναι αυτή όπου η ενίσχυση

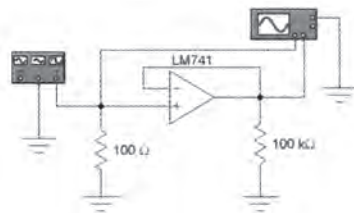
έχει μειωθεί στην μονάδα (ή 0dB). Επίσης, το γινόμενο ενίσχυσης τάσης επί το εύρος ζώνης συχνοτήτων ισούται με τη συχνότητα μοναδιαίας ενίσχυσης. Δηλαδή: $f_T = A_v \cdot f_c \Leftrightarrow f_c = f_T / A_v$



(α)

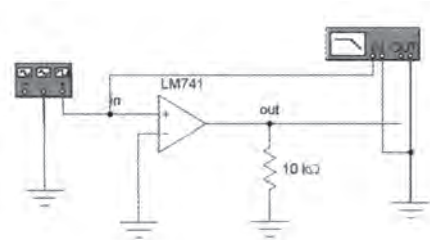


(β)

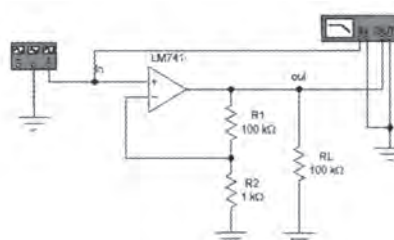


(γ)

Σχήμα A.2.1. (α) Ρεύματα πόλωσης και μετατόπισης εισόδου, (β) αντισταθμιστική τάση μετατόπισης εισόδου και (γ) ρυθμός μεταβολής σήματος εξόδου



(α)



(β)

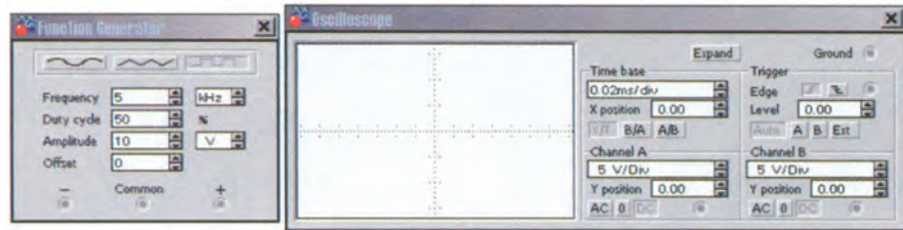
Σχήμα A.2.2. Απόκριση συχνότητας (α) ανοικτού βρόχου και (β) κλειστού βρόχου

Η ενίσχυση τάσης του ενισχυτή του σχήματος A.2.2(β) είναι: $A_v = 1 + \frac{R_1}{R_2}$

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.2.1.(α) στο EWB. Μετρείστε τα ρεύματα πόλωσης εισόδου I_{b+} και I_{b-} . Υπολογίστε το μέσο ρεύμα πόλωσης εισόδου I_b και το ρεύμα μετατόπισης εισόδου I_{os} και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.2.1.
2. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.2.1(β) στο EWB. Μετρείστε τη τάση εξόδου V_{RL} . Υπολογίστε την αντισταθμιστική τάση μετατόπισης εισόδου V_{io} και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.2.1.

Διαδικασία

3. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.2.1(γ) στο EWB. Μετρείστε την κλίση της καμπύλης της τάσης εξόδου, προσδιορίστε το ρυθμό μεταβολής σήματος εξόδου SR και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.2.1. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές που δείχνονται στο σχήμα A.2.3.



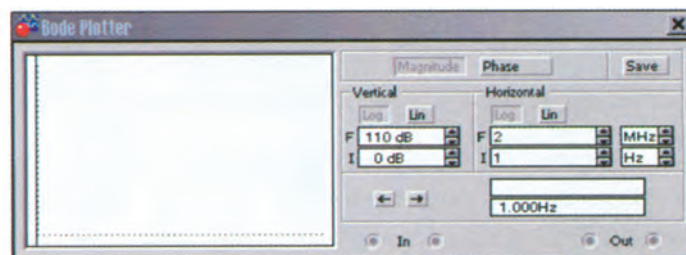
Σχήμα A.2.3. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

4. Επαναλάβετε τα βήματα 1-3 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.2.1.

	Εξομοίωση	Πειραματικά		Εξομοίωση	Πειραματικά
I _{B+} (μΑ)			V _{RL} (V)		
I _{B-} (μΑ)			V _{io} (mV)		
I _B (μΑ)			SR (V/μsec)		
I _{OS} (μΑ)					

Πίνακας A.2.1. Πίνακας αποτελεσμάτων

5. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.2.2(α) στο EWB. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας για συχνότητες από 1Hz ως 2MHz με τη χρήση του Bode plotter, του οποίου οι ενδείξεις πρέπει να είναι όπως στο σχήμα A.2.4. Πάρτε μετρήσεις της ενίσχυσης σε διάφορες συχνότητες και συμπληρώστε τον πίνακα A.2.2.



Σχήμα A.2.4. Ενδείξεις Bode plotter

6. Επαναλάβετε το πέμπτο βήμα πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας σε ημιλογαριθμικό χαρτί, αφού συμπληρώσετε τον πίνακα Α.2.2.

Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)	Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)
1Hz					
			2MHz		

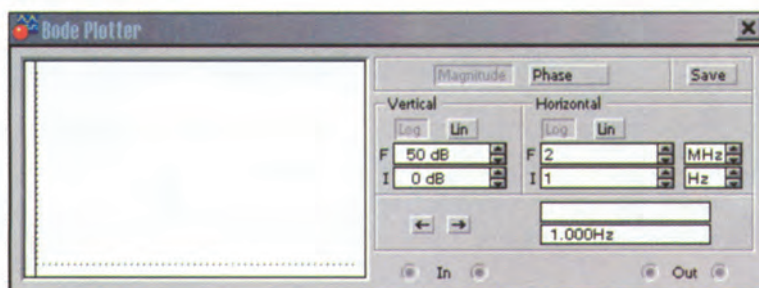
Πίνακας Α.2.2. Απόκριση συχνότητας ανοικτού βρόχου

7. Από την παραπάνω καμπύλη υπολογίστε την ενίσχυση τάσης μεσαίων συχνοτήτων A_v (και σε dB), τη συχνότητα αποκοπής f_c και τη συχνότητα μοναδιαίας ενίσχυσης f_r . Υπολογίστε πάλι την αναμενόμενη f_c από τη συχνότητα μοναδιαίας ενίσχυσης και την ενίσχυση A_v . Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.2.3.

	Θεωρητικά	Εξομοίωση	Πειραματικά
A_v	-----		
A_v (dB)	-----		
f_c (kHz)			
f_r (MHz)	-----		

Πίνακας Α.2.3. Χαρακτηριστικά στοιχεία απόκρισης συχνότητας ανοικτού βρόχου

8. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.2.2(β) στο EWB. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας για συχνότητες από 1Hz ως 2MHz με τη χρήση του Bode plotter, του οποίου οι ενδείξεις πρέπει να είναι όπως στο σχήμα Α.2.5. Πάρτε μετρήσεις της ενίσχυσης σε διάφορες συχνότητες και συμπληρώστε τον πίνακα Α.2.4.



Σχήμα Α.2.5. Ενδείξεις Bode plotter

9. Επαναλάβετε το όγδοο βήμα πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας σε ημιλογαριθμικό χαρτί αφού συμπληρώσετε τον πίνακα Α.2.4.

Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)	Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)
1Hz					
			2MHz		

Πίνακας Α.2.4. Απόκριση συχνότητας κλειστού βρόχου

10. Από την παραπάνω καμπύλη υπολογίστε την ενίσχυση τάσης μεσαίων συχνοτήτων A_v (και σε dB) και τη συχνότητα αποκοπής f_c . Υπολογίστε την ενίσχυση και θεωρητικά από τις τιμές των αντιστάσεων. Από τη θεωρητική ενίσχυση και τη συχνότητα μοναδιαίας ενίσχυσης, που υπολογίσατε στο έβδομο βήμα, υπολογίστε την αναμενόμενη f_c . Σημειώστε τα αποτελέσματά στον πίνακα Α.2.5.

	Θεωρητικά	Πειραματικά	Εξομοίωση
A_v			
A_v (dB)			
f_c (kHz)			

Πίνακας Α.2.5. Χαρακτηριστικά στοιχεία απόκρισης συχνότητας κλειστού βρόχου

Ερωτήσεις

1. Συγκρίνατε τις τιμές των ρευμάτων πόλωσης και μετατόπισης εισόδου, της αντισταθμιστικής τάσης εισόδου και του ρυθμού μεταβολής σήματος εξόδου, που υπολογίσατε, με τις αντίστοιχες τυπικές τιμές του τελεστικού ενισχυτή LM741.
2. Τι είναι το ρεύμα πόλωσης εισόδου και τι το ρεύμα μετατόπισης εισόδου;
3. Γιατί το εύρος ζώνης συχνοτήτων είναι πολύ μικρό στη συνδεσμολογία ανοικτού βρόχου;
4. Συγκρίνατε τη συχνότητα αποκοπής, που μετρήσατε πειραματικά με αυτή που υπολογίσατε θεωρητικά (με τη βοήθεια της συχνότητας μοναδιαίας ενίσχυσης), τόσο για ανοικτό όσο και για κλειστό βρόχο.
5. Συγκρίνατε την ενίσχυση κλειστού βρόχου, που υπολογίσατε με τη θεωρητική.

Άσκηση 3

Εφαρμογές Τελεστικού Ενισχυτή (Μη Αναστρέφων Ενισχυτής- Αναστρέφων Ενισχυτής-Αθροιστής)

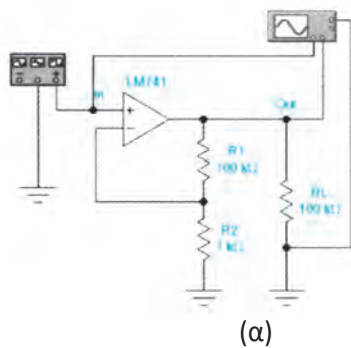
Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των: **Αντικείμενα**

1. Ενίσχυση τάσης και διαφορά φάσης μεταξύ εισόδου και εξόδου αναστρέφοντος και μη αναστρέφοντος ενισχυτή τάσης με τελεστικό ενισχυτή.
2. Μελέτη λειτουργίας αθροιστή με τελεστικό ενισχυτή.
3. Ανάλυση αθροιστή μόνο με dc, με dc και ac και μόνο με ac εισόδους.

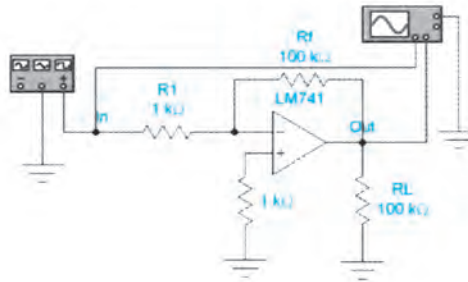
	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές Αντιστάσεις	LM741	1	Τροφοδοτικά Παλμογράφος Αμπερόμετρο Πολύμετρα Γεννήτρια Συχν		4
	1kΩ	2			1
	2.5kΩ	2			4
	5kΩ	3			1
	10kΩ	1			1
	100kΩ	2			1

**Απαιτούμενα
υλικά, όργανα
και εργαλεία
λογισμικού**

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).



(α)



(β)

**Απαιτούμενες
θεωρητικές
γνώσεις**

Σχήμα Α.3.1. (α) Μη αναστρέφων ενισχυτής τάσης και (β) αναστρέφων ενισχυτής τάσης

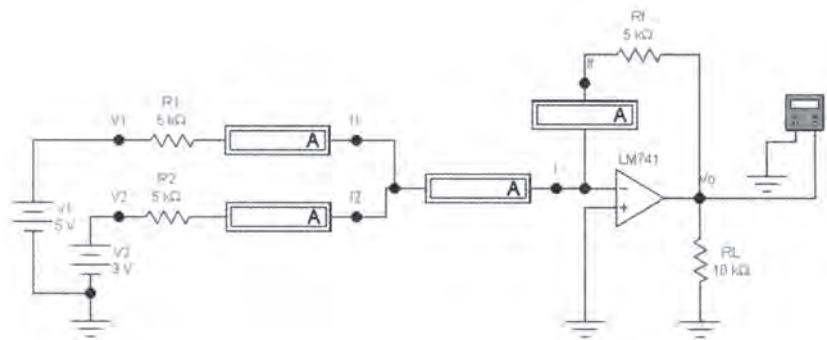
Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθούν οι παράγραφοι 3.3 και 3.5 της θεωρίας. Για το μη αναστρέφοντα ενισχυτή θεωρούμε το σχήμα Α.3.1(α) και για τον αναστρέφοντα το σχήμα Α.3.1(β), όπως αυτά φαίνονται στο EWB. Οι αντίστοιχες ενισχύσεις τάσης είναι:

$$A_{V_{\mu\eta \text{ αναστρ}}} = 1 + \frac{R_1}{R_2}$$

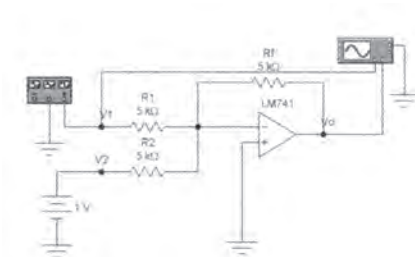
$$A_{V_{\text{αναστρ}}} = -\frac{R_f}{R_1}$$

Για τον αθροιστή θεωρούμε τα σχήματα Α.3.2. Υπενθυμίζεται, ότι η αναστρέφουσα είσοδος του τελεστικού ενισχυτή θεωρείται εικονική γη, οπότε ισχύει:

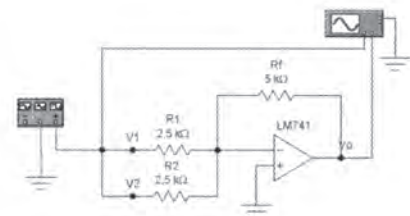
$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_2}{R_2} \quad I = I_1 + I_2 \quad I_f \approx I = I_1 + I_2 \quad V_o = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right)$$



(α)



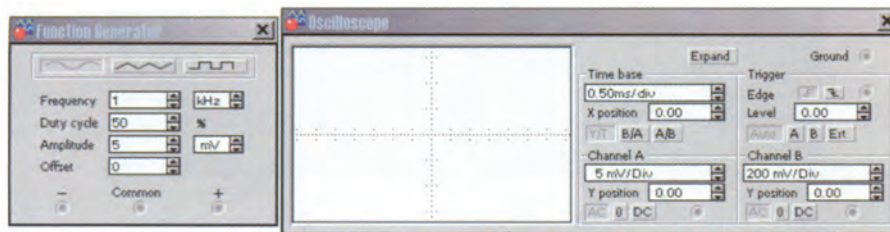
(β)



(γ)

Σχήμα Α.3.2. Αθροιστής με (α) dc εισόδους, (β) dc και ac εισόδους και (γ) ac εισόδους

- Διαδικασία**
1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.3.1(α) στο EWB. Σημειώστε τις ac peak-to-peak τάσεις εισόδου v_{in} και εξόδου v_{out} . Ποια είναι η διαφορά φάσης μεταξύ εισόδου και εξόδου; Υπολογίστε την ενίσχυση τάσης θεωρητικά και με εξομοίωση και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.3.1. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα Α.3.3.



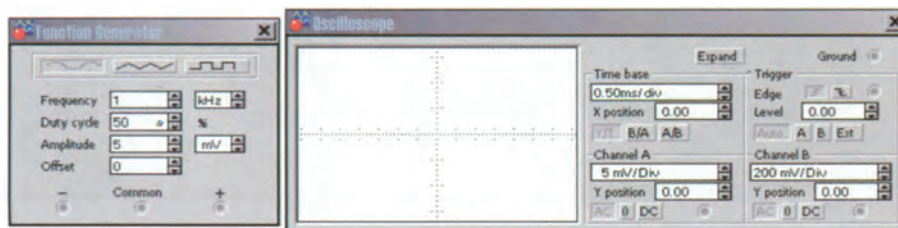
Σχήμα Α.3.3. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

- Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα, αφού αλλάξετε την αντίσταση R1 από 100kΩ σε 10kΩ.
- Επαναλάβετε τα βήματα 1 και 2 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.3.1.

	Θεωρητικά		Εξομοίωση		Πειραματικά	
Vin (mV)	100kΩ	10 kΩ	100 kΩ	10 kΩ	100 kΩ	10kΩ
Vout(mV)	---	---				
Δφ	---	---				
Av						

Πίνακας Α.3.1. Μη αναστρέφων ενισχυτής τάσης

- Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.3.1(β) στο EWB. Επαναλάβετε τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς του πρώτου βήματος και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.3.2. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα Α.3.4.



Σχήμα Α.3.4. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

- Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα, αφού αλλάξετε την αντίσταση Rf από 100kΩ σε 10kΩ.
- Επαναλάβετε τα βήματα 4 και 5 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.3.2.

	Θεωρητικά		Εξομοίωση		Πειραματικά	
v_{in} (mV)	100k Ω	10k Ω	100k Ω	10k Ω	100k Ω	10k Ω
v_{out} (mV)	---	---				
$\Delta\phi$	---	---				
A_v						

Π. Α.3.2. Αναστρέφων ενισχυτής τάσης

7. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.3.2(α) στο EWB. Υπολογίστε θεωρητικά και με εξομοίωση τα ρεύματα I_1 , I_2 , I , I_f και τη τάση εξόδου V_o και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.3.3.
8. Επαναλάβετε τα έβδομο βήμα πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.3.3.

	Θεωρητικά	Εξομοίωση	Πειραματικά
I_1 (mA)			
I_2 (mA)			
I (mA)			
I_f (mA)			
V_o (V)			

Π. Α.3.3. Αθροιστής με dc εισόδους

9. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.3.2(β) στο EWB. Σχεδιάστε τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου θεωρητικά και με εξομοίωση. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές που δείχνονται στο σχήμα Α.3.5.



Σχ. Α.3.5. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

10. Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα, αφού αλλάξετε την αντίσταση R_2 από 5k Ω σε 2.5k Ω .
11. Επαναλάβετε τα βήματα 9 και 10 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία.
12. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.3.2(γ). Σχεδιάστε τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου θεωρητικά και με εξομοίωση. Οι ενδείξεις

της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα Α.3.6.



Σχ. Α.3.6. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

13.Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία.

1. Συγκρίνετε τις υπολογισμένες ενισχύσεις τάσης του αναστρέφοντος και μη αναστρέφοντος ενισχυτή με τις θεωρητικές.
2. Εξηγήστε τις διαφορές φάσης μεταξύ εισόδου και εξόδου στον αναστρέφοντα και μη αναστρέφοντα ενισχυτή.
3. Εξηγήστε την επίδραση της R_1 και της R_f στην ενίσχυση του μη αναστρέφοντος και αναστρέφοντος ενισχυτή αντίστοιχα.
4. Συγκρίνετε τις μετρούμενες τιμές των ρευμάτων και της τάσης εξόδου που υπολογίσατε στο βήμα 8 με τις αντίστοιχες θεωρητικές. Γιατί είναι αρνητική η τάση εξόδου;
5. Ποια είναι η σχέση ανάμεσα στη τάση εξόδου και τις τάσεις εισόδου σε κάθε ένα από τα σχήματα Α.3.2;

Ερωτήσεις

Άσκηση 4

Συγκριτές (I)

Αντικείμενα Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

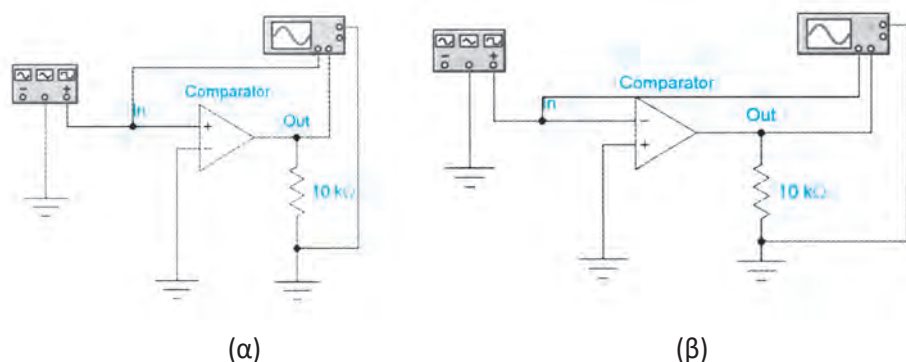
1. Συγκριτής ανίχνευσης μηδενικής στάθμης.
2. Συγκριτής ανίχνευσης μη μηδενικής στάθμης.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Συγκριτές	IN4733	1	Αντιστάσεις	300Ω	1
Δίοδοι Zener		1		2KΩ	1
Τροφοδοτικά		3		8KΩ	1
Παλμογράφος		1		10KΩ	1
Γεννήτρια Συχν.		1	Βολτόμετρα		1

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

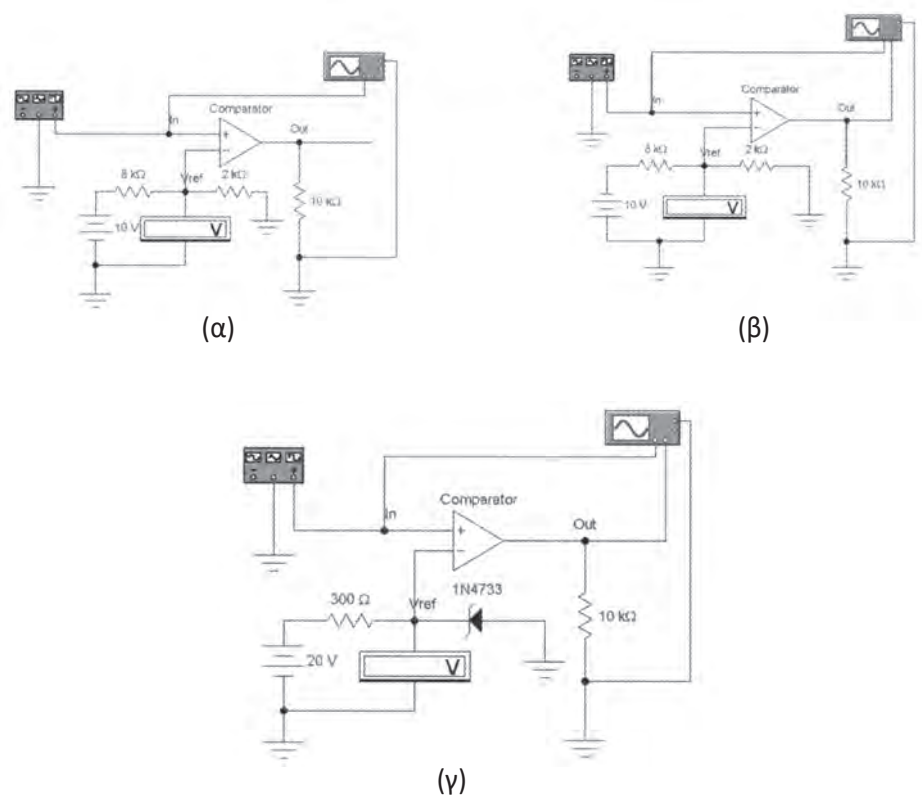
Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις



Σχ. Α.4.1. Συγκριτής ανίχνευσης στάθμης (α) μηδενικής και β) αναστρέφων μηδενικής

Πριν εκτελεστεί η άσκηση πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 3.5 της θεωρίας. Το σημείο αποκοπής (trip point) ενός συγκριτή είναι η τιμή της τάσης εισόδου, για την οποία αλλάζει κατάσταση η τάση εξόδου. Αυτό είναι η μηδενική τάση για το συγκριτή ανίχνευσης μηδενικής στάθμης, σχήματα Α.4.1(α) και (β), θετική τάση για το συγκριτή θετικής τάσης αναφοράς, σχήμα Α.4.2(α) και αρνητική τάση για το συγκριτή αρνητικής τάσης αναφοράς, σχήμα Α.4.2(β). Το σημείο

αποκοπής ενός συγκριτή τάσης αναφοράς Zener, σχήμα A.4.2(γ), καθορίζεται από μια δίοδο Zener. Η έξοδος αναστρέφοντος συγκριτή, σχήμα A.4.1(β), είναι αρνητική, όταν η είσοδος είναι θετικότερη από το σημείο αποκοπής και αντίστροφα.



Σχ. A.4.2. Συγκριτής ανίχνευσης μη μηδενικής στάθμης με τάση αναφοράς (α) θετική, (β) αρνητική και (γ) Zener

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.4.1(α) στο EWB. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα A.4.3. Σχεδιάστε τη τάση εξόδου σε σχέση

Διαδικασία



Σχ. A.4.3. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

με τη τάση εισόδου (V_{out} στον κατακόρυφο άξονα και V_{in} στον οριζόντιο άξονα). Παρατηρήστε το σημείο αποκοπής. Πατήστε Y/T στον παλμογράφο και αλλάξτε το κανάλι εισόδου A σε 2V/div. Σχεδιάστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου σε συνάρτηση με το χρόνο.

- Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα για το κύκλωμα του σχήματος A.4.1(β).
- Επαναλάβετε το πρώτο βήμα για το κύκλωμα του σχήματος A.4.2(α). Ποια είναι η τιμή της τάσης αναφοράς;

$V_{ref} =$ _____

- Επαναλάβετε το πρώτο βήμα για το κύκλωμα του σχήματος A.4.2(β). Ποια είναι η τιμή της τάσης αναφοράς;

$V_{ref} =$ _____

- Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.4.2(γ) στο EWB. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές που δείχνονται στο σχήμα A.4.4. Σχεδιάστε τη τάση εξόδου σε σχέση με τη τάση εισόδου. Παρατηρήστε το σημείο αποκοπής. Πατήστε Y/T στον παλμογράφο και αλλάξτε το κανάλι εισόδου A σε 5V/div. Σχεδιάστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου σε συνάρτηση με το χρόνο. Ποια είναι η τιμή της τάσης αναφοράς;

$V_{ref} =$ _____



Σχ. A.4.4. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

- Επαναλάβετε τα βήματα 1-5 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία.

Ερωτήσεις

- Εξηγήστε ποια ήταν η διαφορά μεταξύ των καμπυλών του αναστρέφοντος και μη αναστρέφοντος συγκριτή.
- Μπορεί ο συγκριτής ανίχνευσης μηδενικής στάθμης να παράγει τετραγωνικό παλμό από ημιτονικό σήμα εισόδου;
- Συγκρίνετε τους συγκριτές θετικής και αρνητικής τάσης αναφοράς.

Άσκηση 5

Συγκριτές (II)

Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

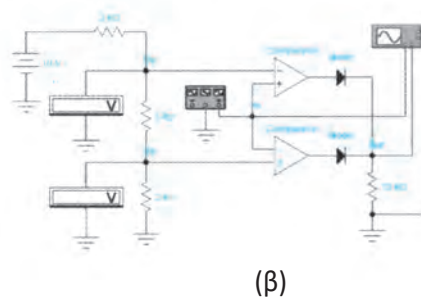
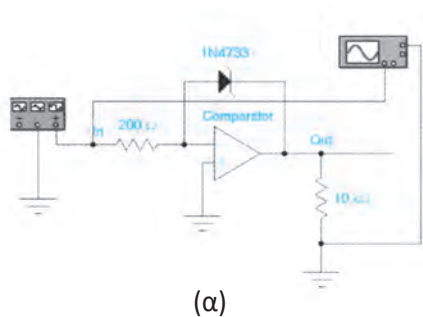
Αντικείμενα

1. Φραγμένος (bounded) συγκριτής και παραθυρικός (window) συγκριτής.
2. Συγκριτής με υστέρηση (Schmitt trigger).

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Συγκριτές		2	Αντιστάσεις	200Ω	1
Δίοδοι	1N4733	2		2kΩ	2
Δίοδοι Zener		1		6kΩ	1
Τροφοδοτικά		3		10kΩ	1
Παλμογράφος		1		50kΩ	1
Βολτόμετρα		2		100kΩ	1
Γεννήτρια Συχν.		1			

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).



Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

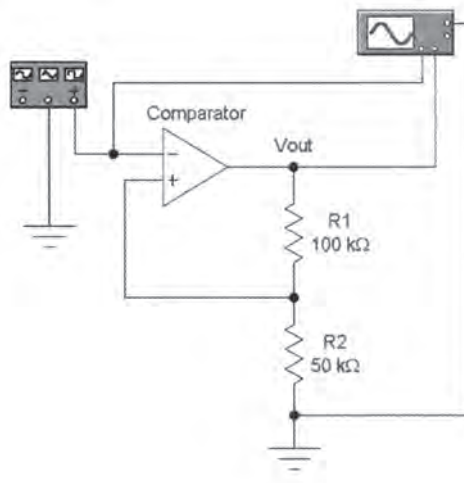
Σχ. Α.5.1. Συγκριτής (α) φραγμένος, (β) παραθυρικός

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 3.5 της θεωρίας. Στο φραγμένο συγκριτή, σχήμα Α.5.1(α), τα επίπεδα της τάσης εξόδου περιορίζονται από συγκεκριμένη τάση διαφορετική από τη τάση κόρου V_{sat} . Ο παραθυρικός συγκριτής, σχήμα Α.5.1(β), ανιχνεύει, τότε η τάση εισόδου είναι

μεταξύ δύο ορίων. Όταν είναι μεταξύ αυτών των ορίων, η τάση εξόδου είναι χαμηλή και όταν είναι εκτός αυτών, υψηλή. Ο συγκριτής Schmitt trigger, σχήμα A.5.2, έχει υστέρηση, που σημαίνει, ότι το σημείο αποκοπής, όταν η τάση εισόδου αυξάνει, είναι υψηλότερο από το αντίστοιχο, όταν η τάση εισόδου μειώνεται. Ο συγκριτής αυτός είναι λιγότερο ευαίσθητος στο θόρυβο εισόδου. Το άνω σημείο αποκοπής VUTP και το κάτω σημείο αποκοπής VLTP υπολογίζονται ως εξής:

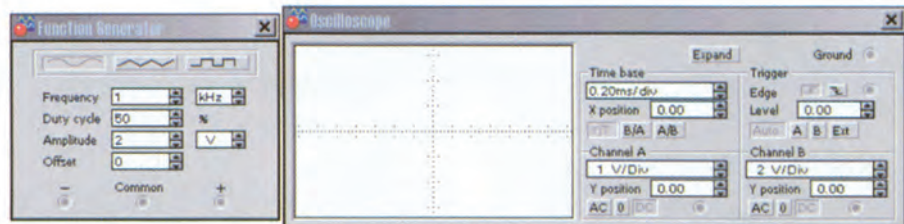
$$V_{UTP} = V_{sat} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{LTP} = -V_{sat} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = -V_{UTP}$$



Σχ. A.5.2. Συγκριτής με υστέρηση (Schmitt trigger)

- Διαδικασία** 1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.5.1(α) στο EWB. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα A.5.3. Σχεδιάστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου σε συνάρτηση με το χρόνο. Παρατηρήστε τα σημεία αποκοπής καθώς και τη μέγιστη και ελάχιστη τάση εξόδου. Ως τάση Zener δεχθείτε τα 5.1V. Αντιστρέψτε τη δίοδο Zener και επαναλάβετε τη διαδικασία. Ποια η διαφορά;



Σχ. A.5.3. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

2. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.5.1(β) στο EWB. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα A.5.4. Σχεδιάστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου σε συνάρτηση με το χρόνο. Ποια είναι τα όρια της τάσης εισόδου;

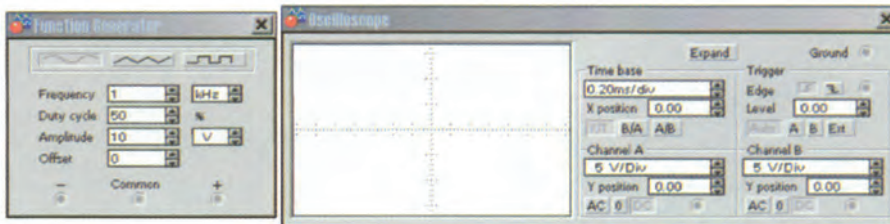
$$V_a = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_b = \underline{\hspace{2cm}}$$



Σχ. A.5.4. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

3. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.5.2 στο EWB. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα A.5.5. Σχεδιάστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου σε συνάρτηση με το χρόνο. Ποιο είναι το άνω σημείο αποκοπής και ποιο το κάτω; Να υπολογιστεί και θεωρητικά ($V_{sat}=15V$).

$$V_{UTP} = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_{LTP} = \underline{\hspace{2cm}}$$



Σχ. A.5.5. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

4. Πατήστε B/A στον παλμογράφο και αλλάξτε το κανάλι εισόδου A σε 2V/div. Σχεδιάστε τη τάση εξόδου σε σχέση με τη τάση εισόδου.
5. Επαναλάβετε τα βήματα 1-4 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία.

Ερωτήσεις

1. Ποιο είναι το πλεονέκτημα των διαφορετικών σημείων αποκοπής του Schmitt trigger έναντι του συμβατικού συγκριτή, όσον αφορά το θόρυβο εισόδου;
2. Πώς υπολογίζεται θεωρητικά το άνω και κάτω σημείο αποκοπής ενός συγκριτή με υστέρηση;

Άσκηση 6

Ενισχυτής Γέφυρας Επιμηκυνσιόμετρου

Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

Αντικείμενα

1. Βασικές αρχές επιμηκυνσιόμετρου (strain gage).
2. Συνδυασμός επιμηκυνσιόμετρου με ενισχυτή.

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί ενισχυτές	LM741	1	Αντιστάσεις	120Ω	3
Ποτενσιόμετρα	240Ω	1		820Ω	2
	10kΩ	2		1kΩ	3
Τροφοδοτικά		2		15kΩ	2
Βολτόμετρα		1		390kΩ	1

**Απαιτούμενα
υλικά, όργανα
και εργαλεία
λογισμικού**

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

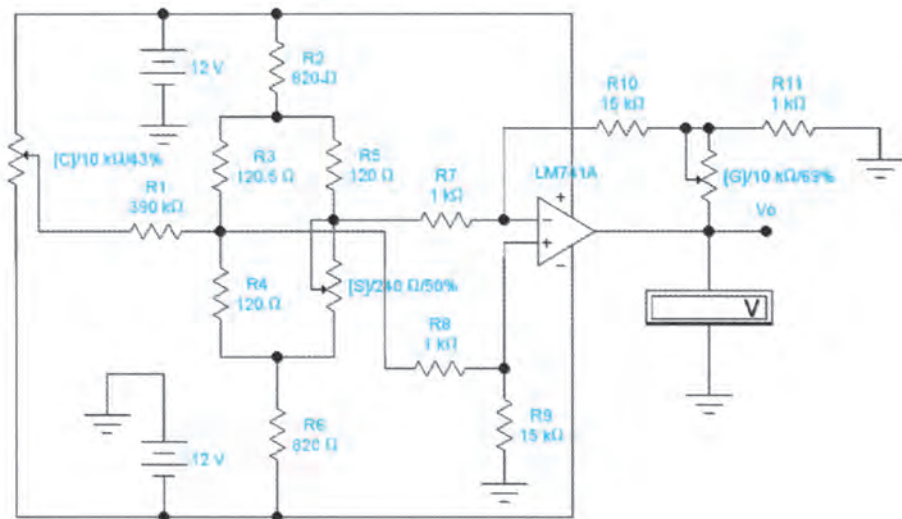
Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθούν οι παράγραφοι 2.6 και 3.6 της θεωρίας. Το επιμηκυνσιόμετρο (strain gage) είναι ευρέως χρησιμοποιούμενος μετατροπέας (transducer). Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο γεγονός, ότι, αν ο μετρητής προσαρμοστεί σε επιφάνεια και τεντωθεί ή συμπιεστεί, τότε η αντίστασή του θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί αντίστοιχα. Μεταβολή μήκους μερικών μικρομέτρων αντιστοιχεί σε μεταβολή αντίστασης μερικών mΩ. Ένα τυπικό επιμηκυνσιόμετρο έχει αντίσταση 120Ω. Το επιμηκυνσιόμετρο χαρακτηρίζεται από παράγοντα μέτρησης, που είναι ο λόγος της εκατοστιαίας μεταβολής της αντίστασης προς την εκατοστιαία μεταβολή του μήκους. Χρησιμοποιούνται συνήθως οι όροι επιμήκυνση (strain), που είναι η μεταβολή του μήκους προς το αρχικό μήκος και πίεση (stress), που είναι η δύναμη, που ασκείται στη μονάδα επιφάνειας.

**Απαιτούμενες
θεωρητικές
γνώσεις**

Στο σχήμα Α.6.1 φαίνεται ένα απλός ενισχυτής επιμηκυνσιόμετρου. Ο ενισχυτής αυτός είναι αρκετά απλοϊκός, αν συγκριθεί με πολύπλοκους ενισχυτές μέτρησης και κυκλώματα γέφυρας με πολλαπλά επιμηκυνσιόμετρα. Ωστόσο, μπορούμε να εξομοιώσουμε με αυτόν τις βασικές αρχές. Ένας ενισχυτής μέτρησης ακριβείας με υψηλή ενίσχυση, όπως ο AD620 της Analog Devices, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υλοποίηση του κυκλώματος στην πράξη. Σε αυτήν την περίπτωση, η ενίσχυση μπορεί να φτάσει τα 1000 με την προσθήκη εξωτερικής αντίστασης.

Το κύκλωμα γέφυρας πραγματοποιείται με τρεις αντιστάσεις των 120Ω και ένα ποτενσιόμετρο (S), που εξομοιώνει τον μετατροπέα. Το ποτενσιόμετρο μπορεί να δέχεται αυξομειώσεις 1%. Το ποτενσιόμετρο ελέγχου της ενίσχυσης (G) ρυθμίζει την ενίσχυση του ενισχυτή, η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$A_v = \frac{R_{10}}{R_7} \cdot \frac{R_{11} + R_G}{R_{11}}$$



Σχ. Α.6.1. Ενισχυτής γέφυρας επιμηκυνσιομέτρου

Διαδικασία

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.6.1 στο EWB. Υπολογίστε θεωρητικά, σύμφωνα με τις τιμές των αντιστάσεων του κυκλώματος, την ενίσχυση τάσης:

$$A_v = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Διατηρώντας το ποτενσιόμετρο ενίσχυσης (G) στο 69% ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο (S) από το 50% στο 49%. Έστω, ότι θέλουμε 1V στην έξοδο του τελεστικού ενισχυτή για αυτή τη ρύθμιση, δηλαδή, να αντιστοιχεί 1V σε μεταβολή 1% (μεταβολή αντίστασης 2.4Ω). Για να επιτευχθεί αυτό, ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο (C) κατάλληλα, ώστε το βολτόμετρο στην έξοδο να δείχνει 1V:

$$\text{Ρύθμιση (C)} = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

3. Διατηρώντας το ποτενσιόμετρο (C) στην τιμή, που υπολογίσατε, μεταβάλλετε το ποτενσιόμετρο (S) στο 48% και μετρείστε την τάση εξόδου. Επαναλάβετε για 47%, 46% και 45% και συμπληρώστε τον πίνακα Α.6.1.

(S) %	49%	48%	47%	46%	45%
Vo (Volts)	1				

Π. Α.6.1. Πίνακας αποτελεσμάτων

4. Διατηρώντας το ποτενσιόμετρο ενίσχυσης (G) στο 69%, ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο (S) στο 51%. Ρυθμίστε πάλι το ποτενσιόμετρο (C) κατάλληλα, ώστε το βολτόμετρο στην έξοδο να δείχνει -1V:

$$\text{Ρύθμιση (C)} = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

5. Διατηρώντας το ποτενσιόμετρο (C) στην τιμή, που υπολογίσατε μεταβάλλετε το ποτενσιόμετρο (S) στο 52% και μετρείτε την τάση εξόδου. Επαναλάβετε για 53%, 54% και 55% και συμπληρώστε τον πίνακα Α.6.2.

(S) %	51%	52%	53%	54%	55%
Vo (Volts)	-1				

6. Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο (C) στο 43% και το ποτενσιόμετρο (S) στο 50%. Μετρείτε την τάση εξόδου. Επαναλάβετε τη μέτρηση, αφού μεταβάλλετε την αντίσταση R3 από 120Ω σε 120.5Ω. Πόση είναι η μεταβολή της τάσης εξόδου;

$$V_o(120\Omega) = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_o(120.5\Omega) = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{Μεταβολή } V_o = \underline{\hspace{2cm}}$$

- Είναι βολικές οι τάσεις εξόδου, που μετρήθηκαν στους πίνακες Α.6.1 και Α.6.2, για μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό;
- Οι μεταβολές του ποτενσιόμετρου (S) στα βήματα 2 και 3 αντιστοιχούν σε επιμήκυνση ή σε συμπίεση του επιμηκυνσιομέτρου;
- Οι μεταβολές του ποτενσιόμετρου (S) στα βήματα 4 και 5 αντιστοιχούν σε επιμήκυνση ή σε συμπίεση του επιμηκυνσιομέτρου;

Ερωτήσεις

Υλοποιείτε σε συνεργασία με τον καθηγητή σας την παραπάνω άσκηση στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας τον ενισχυτή μέτρησης AD620 αντί του LM741, καθώς βέβαια και ένα επιμηκυνσιόμετρο της αγοράς.

Προτεινόμενη εργασία

Άσκηση 7

Ολοκλήρωση και Διαφόριση

Αντικείμενα Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

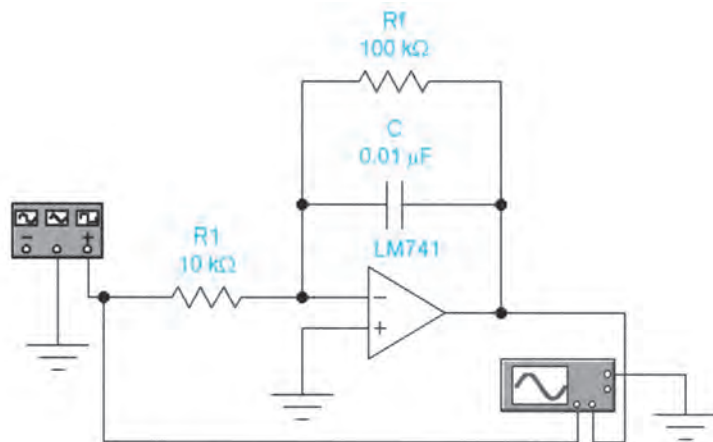
1. Κύκλωμα ολοκλήρωσης με τελεστικό ενισχυτή.
2. Κύκλωμα διαφόρισης με τελεστικό ενισχυτή.
3. Επίδραση της μεταβολής των στοιχείων των κυκλωμάτων στην έξοδό τους.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές	LM741	1	Πυκνωτές	10nF	1
Αντιστάσεις	500Ω	1		20nF	1
	5kΩ	1		50nF	1
	10kΩ	1		100nF	1
	100kΩ	1	Παλμογράφος		1
Τροφοδοτικά		2	Γεννήτρια Συχν.		1

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις



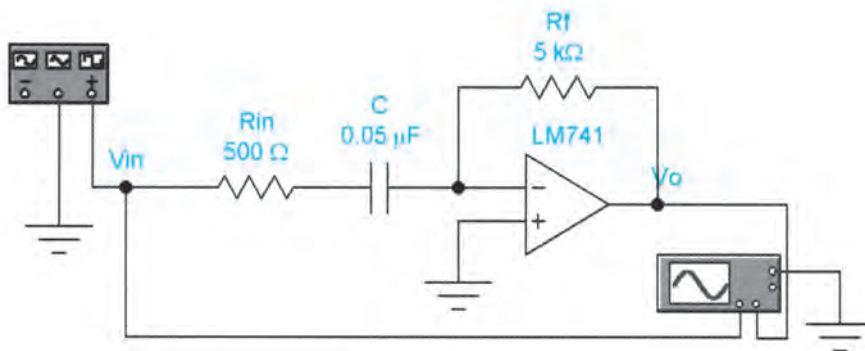
Σχ. Α.7.1. Κύκλωμα ολοκλήρωσης με τελεστικό ενισχυτή

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 4.4 της θεωρίας. Σε ένα κύκλωμα ολοκλήρωσης, σχήμα Α.7.1, η κλίση της καμπύλης εξόδου για βηματική τάση εισόδου V_{in} είναι ανάλογη με τη τάση αυτή και ανεστραμμένη. Η αντίσταση ανατροφοδότησης R_f δεν επιτρέπει στον τελεστικό ενισχυτή να εισέλθει σε κόρο. Έτσι:

$$\frac{\Delta V_o}{\Delta t} = -\frac{1}{R_1 C} \cdot V_{in}$$

Σε κύκλωμα διαφόρισης, σχήμα Α.7.2, η τάση εξόδου V_o είναι ανάλογη με το ρυθμό μεταβολής της τάσης εισόδου και ανεστραμμένη. Η αντίσταση εισόδου R_{in} δεν επιτρέπει στον τελεστικό ενισχυτή να περιπέσει σε ταλάντωση. Έτσι:

$$V_o = -R_f C \cdot \frac{\Delta V_{in}}{\Delta t}$$



Σχ. Α.7.2. Κύκλωμα διαφόρισης με τελεστικό ενισχυτή

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.7.1 στο EWB. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα Α.7.3. Υπολογίστε πρώτα θεωρητικά την κλίση της τάσης εξόδου και έπειτα με εξομοίωση από τον παλμογράφο του EWB. Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.7.1.

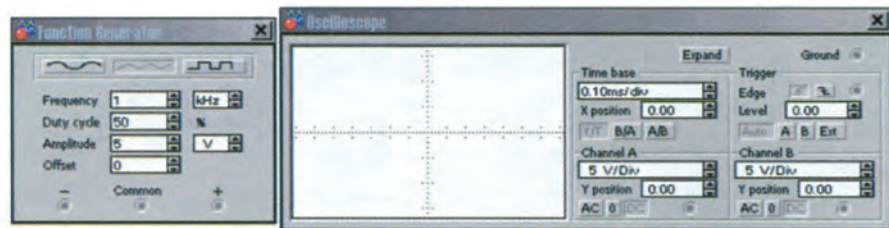
Διαδικασία



Σχ. Α.7.3. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

2. Μεταβάλλετε το πλάτος της τάσης της γεννήτριας σε 2V και τα κανάλια Α και Β του παλμογράφου σε 2V/div. Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα.
3. Μεταβάλλετε την αντίσταση R_1 από 10kΩ σε 5kΩ. Επαναλάβετε το πρώτο βήμα.

4. Μεταβάλλετε τον πυκνωτή C σε 20nF. Επαναλάβετε το πρώτο βήμα.
5. Επαναφέρετε την αντίσταση R1 στα 10kΩ, τον πυκνωτή C στα 10nF και τη βάση χρόνου του παλμογράφου στα 0.1ms/div. Σχεδιάστε τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου.
6. Μεταβάλλετε το κανάλι B του παλμογράφου στα 5V/div και απομακρύνετε την αντίσταση Rf. Σχεδιάστε πάλι τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου.
7. Επαναλάβετε τα βήματα 1-6 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.7.1.
8. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.7.2 στο EWB. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα A.7.4. Σχεδιάστε τις κυματομορφές εισόδου και εξόδου. Υπολογίστε την κλίση εισόδου και την τάση εξόδου και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.7.1.



Σχ. A.7.4. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

9. Μεταβάλλετε τη συχνότητα της γεννήτριας σε 2kHz και τη βάση χρόνου του παλμογράφου σε 0.05ms/div. Επαναλάβετε το όγδοο βήμα.
10. Επαναφέρετε τη συχνότητα της γεννήτριας στο 1kHz και τη βάση χρόνου του παλμογράφου σε 0.1ms/div. Μεταβάλλετε την αντίσταση Rf στα 10kΩ. Επαναλάβετε το όγδοο βήμα.
11. Επαναφέρετε την αντίσταση Rf στα 5kΩ και μεταβάλλετε τον πυκνωτή C στα 100nF. Επαναλάβετε το όγδοο βήμα.
12. Επαναφέρετε τον πυκνωτή C στα 50nF. Απομακρύνετε την αντίσταση Rin. Τι συμβαίνει τότε;
13. Επαναλάβετε τα βήματα 8-12 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.7.1.

	Βήμα	Θεωρητικά	Εξομοίωση	Πειραματικά
V_{in} (V)	1ο			
$\Delta V_o/\Delta t$ (V/msec)	1ο			
V_{in} (V)	2ο			
$\Delta V_o/\Delta t$ (V/msec)	2ο			
V_{in} (V)	3ο			
$\Delta V_o/\Delta t$ (V/msec)	3ο			
V_{in} (V)	4ο			
$\Delta V_o/\Delta t$ (V/msec)	4ο			
$\Delta V_{in}/\Delta t$ (V/msec)	8ο			
V_o (V)	8ο			
$\Delta V_{in}/\Delta t$ (V/msec)	9ο			
V_o (V)	9ο			
$\Delta V_{in}/\Delta t$ (V/msec)	10ο			
V_o (V)	10ο			
$\Delta V_{in}/\Delta t$ (V/msec)	11ο			
V_o (V)	11ο			

Π.Α.7.1. Πίνακας αποτελεσμάτων

1. Εξαρτάται η κλίση εξόδου του ολοκληρωτή από την αντίσταση R_1 ;
2. Γιατί είναι ανεστραμμένη η κλίση εξόδου του ολοκληρωτή;
3. Εξηγήστε τι συνέβη, όταν απομακρύνετε την αντίσταση R_f στο έκτο βήμα.
4. Εξαρτάται η τάση εξόδου του διαφοριστή από την κλίση εισόδου;
5. Γιατί είναι ανεστραμμένη η έξοδος του διαφοριστή;
6. Εξηγήστε τι συνέβη, όταν απομακρύνετε την αντίσταση R_{in} στο δωδέκατο βήμα.

Ερωτήσεις

Άσκηση 8

Ενεργά Φίλτρα

Αντικείμενα Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

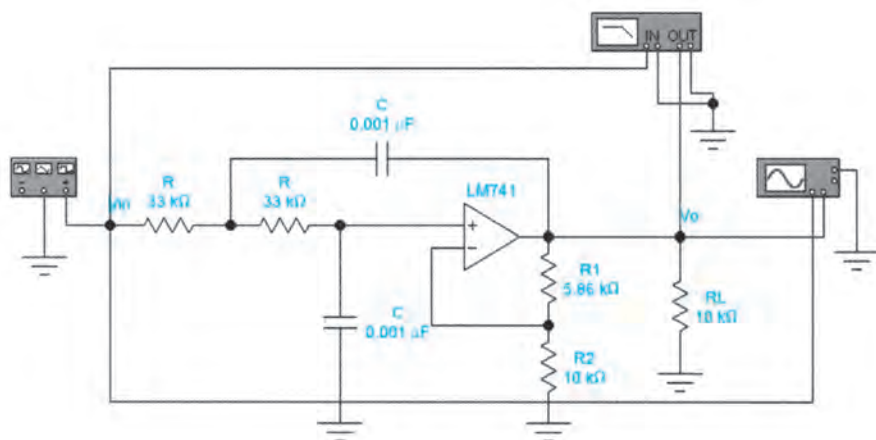
1. Απόκριση συχνότητας βαθυπερατού ενεργού φίλτρου Butterworth δεύτερης τάξης.
2. Απόκριση συχνότητας υπερπερατού ενεργού φίλτρου Butterworth δεύτερης τάξης.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές Αντιστάσεις	LM741	1	Πυκνωτές	1nF	2
	5.86kΩ	1		5nF	2
	10kΩ	2	Τροφοδοτικά Παλμογράφος Γεννήτρια Συχν.		2
	30kΩ	2			1
	33kΩ	2			1

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

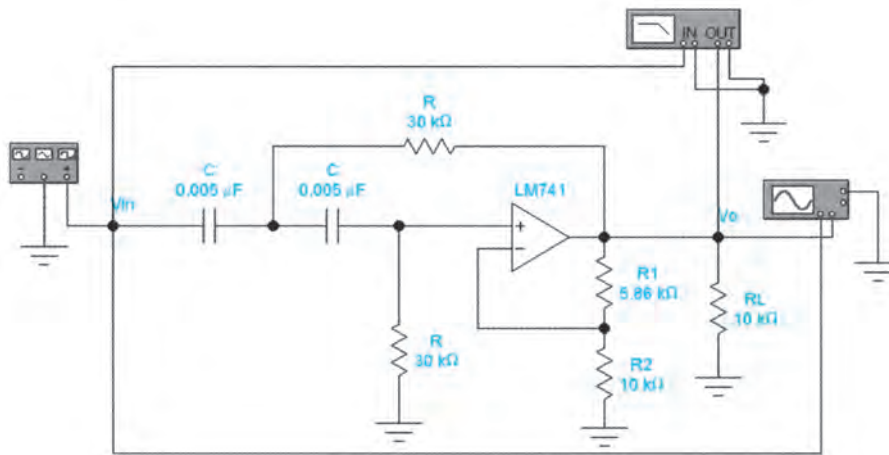
Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις



Σχ. Α.8.1. Βαθυπερατό φίλτρο Butterworth δεύτερης τάξης

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθούν οι παράγραφοι 4.2-4.5 της θεωρίας. Υπενθυμίζεται, ότι η συχνότητα αποκοπής είναι αυτή, στην οποία η ενίσχυση τάσης έχει μειωθεί κατά 3dB από την ενίσχυση στις μεσαίες συχνότητες. Για τα βαθυπερατά και υπερπερατά φίλτρα δεύτερης τάξης των σχημάτων Α.8.1 και Α.8.2 η συχνότητα αποκοπής δίνεται από τη σχέση $f_c = 1/2\pi RC$.

Η ενίσχυση των φίλτρων αυτών μειώνεται κατά 40dB ανά δεκάδα. Το φίλτρο Butterworth απαιτεί ενίσχυση τάσης $R1/R2$.



Σχ. Α.8.2. Υψηλεπατό φίλτρο Butterworth δεύτερης τάξης

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος Α.8.1 στο EWB. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα Α.8.3. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας για συχνότητες από 100Hz ως 1MHz με τη χρήση του Bode plotter, του οποίου οι ενδείξεις πρέπει να είναι όπως στο σχήμα Α.8.4. Πάρτε μετρήσεις της ενίσχυσης σε διάφορες συχνότητες και συμπληρώστε τον πίνακα Α.8.1.

Διαδικασία



Σχ. Α.8.3. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου



Σχ. Α.8.4. Ενδείξεις Bode plotter

Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)	Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)
100Hz					
			1MHz		

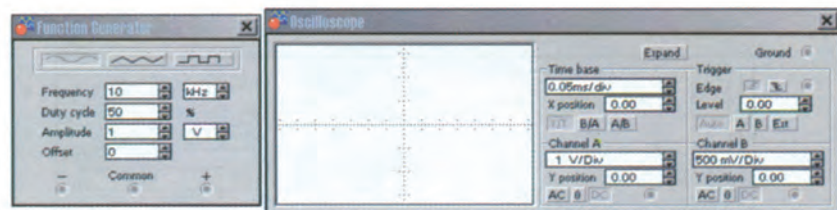
Π. Α.8.1. Απόκριση συχνότητας βαθυπερατού φίλτρου δεύτερης τάξης

- Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας σε ημιλογαριθμικό χαρτί, αφού συμπληρώσετε τον πίνακα Α.8.1.
- Υπολογίστε θεωρητικά, με το EWB και πειραματικά στον πάγκο τη συχνότητα αποκοπής του φίλτρου και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.8.2. Πόσο έχει μειωθεί η ενίσχυση σε συχνότητα δεκαπλάσια της συχνότητας αποκοπής;

	Θεωρητικά	Εξομοίωση	Πειραματικά
f_c (kHz)			
ΔA (dB)			

Π. Α.8.2. Πίνακας αποτελεσμάτων

- Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.8.2 στο EWB. Οι ενδείξεις της γεννήτριας συχνοτήτων και του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα Α.8.5. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας για συχνότητες από 1 Hz ως 200kHz με τη χρήση του Bode plotter, του οποίου οι ενδείξεις πρέπει να είναι όπως στο σχήμα Α.8.6. Πάρτε μετρήσεις της ενίσχυσης σε διάφορες συχνότητες και συμπληρώστε τον πίνακα Α.8.3.



Σχ. Α.8.5. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου



Σχ. Α.8.6. Ενδείξεις Bode plotter

Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)	Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)
1Hz					
			200kHz		

Π. Α.8.3. Απόκριση συχνότητας υπερπερατού φίλτρου δεύτερης τάξης

- Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας σε ημιλογαριθμικό χαρτί, αφού συμπληρώσετε τον πίνακα Α.8.3.
- Υπολογίστε θεωρητικά, με το EWB και πειραματικά στον πάγκο τη συχνότητα αποκοπής του φίλτρου και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.8.4. Πόσο έχει αυξηθεί η ενίσχυση σε συχνότητα δεκαπλάσια της συχνότητας αποκοπής;

	Θεωρητικά	Εξομοίωση	Πειραματικά
f_c (kHz)			
ΔA (dB)			

Π. Α.8.4. Πίνακας αποτελεσμάτων

- Ρυθμίστε την οριζόντια τελική συχνότητα του Bode plotter στα 50MHz. Υπολογίστε την άνω συχνότητα αποκοπής του φίλτρου:

$f_c = \underline{\hspace{2cm}}$ (MHz)

Ερωτήσεις

1. Συμπίπτουν οι θεωρητικά υπολογισμένες τιμές των συχνοτήτων αποκοπής με τις πειραματικά μετρούμενες;
2. Κατά πόσα dB μειώνεται η ενίσχυση τάσης του βαθυπερατού φίλτρου δεύτερης τάξης, όταν η συχνότητα δεκαπλασιάζεται;
3. Κατά πόσα dB μειώνεται η ενίσχυση τάσης του υψηπερατού φίλτρου δεύτερης τάξης, όταν η συχνότητα υποδεκαπλασιάζεται;

Άσκηση 9

Ενεργά Φίλτρα (II)

Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

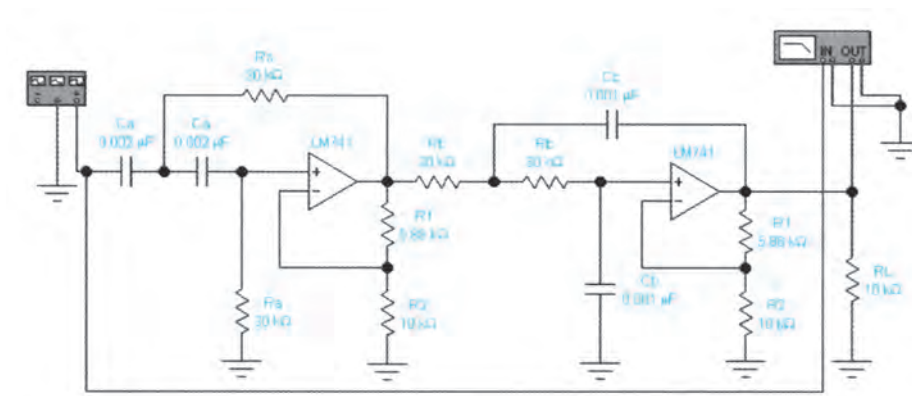
Αντικείμενα

1. Απόκριση συχνότητας ζωνοδιαβατού φίλτρου Butterworth δεύτερης τάξης.
2. Προσδιορισμός κεντρικής συχνότητας, εύρους ζώνης συχνοτήτων και συντελεστή ποιότητας ζωνοδιαβατού φίλτρου.

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές	LM741	2	Πυκνωτές	1nF	2
Αντιστάσεις	5.86kΩ	2		2nF	2
	10kΩ	3	Τροφοδοτικά		2
	30kΩ	4	Παλμογράφος		1
			Γεννήτρια Συχν.		1

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).



Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Σχ. Α.9.1. Ζωνοδιαβατό φίλτρο Butterworth δεύτερης τάξης σε διαδοχή

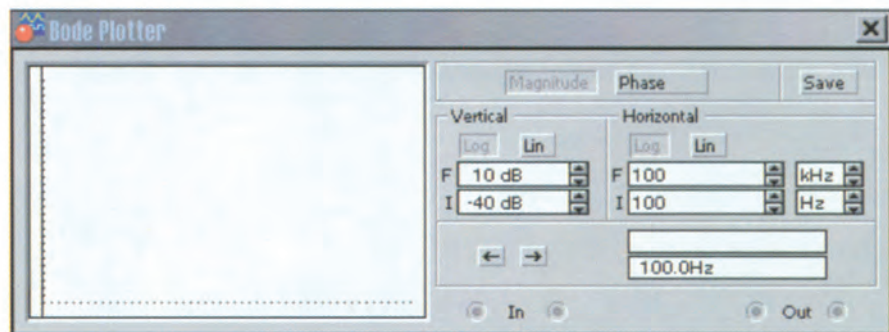
Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 4.6 της θεωρίας. Το σχήμα Α.9.1 δείχνει ζωνοδιαβατό φίλτρο δεύτερης τάξης, που υλοποιείται, θέτοντας βαθυπερατό φίλτρο δεύτερης τάξης σε διαδοχή με υπερπαραβατό φίλτρο δεύτερης τάξης. Η κεντρική συχνότητα f_0 και το εύρος ζώνης BW του ζωνοδιαβατού φίλτρου καθορίζονται από τις συχνότητες αποκοπής του βαθυπε-

ρατού και υπερηχητικού φίλτρου. Η ενίσχυση ζωνοδιαβατού φίλτρου δεύτερης τάξης μειώνεται κατά 40dB ανά δεκάδα. Υπενθυμίζεται, ότι η ανώτερη f_{c2} και κατώτερη f_{c1} συχνότητα αποκοπής είναι αυτή, στην οποία η ενίσχυση τάσης έχει μειωθεί κατά 3dB από την ενίσχυση στην κεντρική συχνότητα. Το εύρος ζώνης συχνοτήτων δίνεται από τη σχέση $BW=f_{c2}-f_{c1}$. Οι συχνότητες αποκοπής δίνονται από τη σχέση $f_c=1/2\pi RC$, όπου $R=R_a$ ή R_b και $C=C_a$ ή C_b . Η κεντρική συχνότητα είναι ο γεωμετρικός μέσος των συχνοτήτων αποκοπής. Η συντελεστής ποιότητας Q είναι δείκτης της επιλεκτικότητας του φίλτρου. Υψηλό Q σημαίνει επιλεκτικό φίλτρο και στενό εύρος ζώνης. Έτσι:

$$f_o = \sqrt{f_{c1} \cdot f_{c2}}$$

$$Q = \frac{f_o}{BW} = \frac{f_o}{f_{c2} - f_{c1}}$$

- Διαδικασία**
1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.9.1 στο EWB. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας για συχνότητες από 100Hz ως 100kHz με τη χρήση του Bode plotter, του οποίου οι ενδείξεις πρέπει να είναι, όπως στο σχήμα A.9.2. Πάρτε μετρήσεις της ενίσχυσης σε διάφορες συχνότητες και συμπληρώστε τον πίνακα A.9.1.



Σχ. A.9.2. Ενδείξεις Bode plotter

Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)	Συχνότητα	Ενίσχυση (εξομοίωση)	Ενίσχυση (πείραμα)
100Hz					
			100kHz		

Π. A.9.1. Απόκριση συχνότητας ζωνοδιαβατού φίλτρου δεύτερης τάξης

- Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σχεδιάστε την απόκριση συχνότητας σε ημιλογαριθμικό χαρτί, αφού συμπληρώσετε τον πίνακα Α.9.1.
- Υπολογίστε θεωρητικά, με το EWB και πειραματικά στον πάγκο την κεντρική συχνότητα, την ανώτερη και κατώτερη συχνότητα αποκοπής, το εύρος ζώνης συχνοτήτων και το συντελεστή ποιότητας του φίλτρου και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.9.2. Πόσο έχει μειωθεί η ενίσχυση σε συχνότητα δεκαπλάσια της ανώτερης συχνότητας αποκοπής;

	Θεωρητικά	Πειραματικά	Εξομοίωση
f_0 (kHz)			
f_{c1} (kHz)			
f_{c2} (kHz)			
BW (kHz)			
Q			
ΔA (dB)			

Π. Α.9.2. Πίνακας αποτελεσμάτων

- Συμπίπτουν οι θεωρητικά υπολογισμένες τιμές των συχνοτήτων αποκοπής, της κεντρικής συχνότητας και του εύρους ζώνης με τις πειραματικά μετρούμενες;
- Κατά πόσα dB μειώνεται η ενίσχυση τάσης του ζωνοδιαβατού φίλτρου δεύτερης τάξης, όταν η συχνότητα δεκαπλασιάζεται;

Ερωτήσεις

Άσκηση 10

Εφαρμογή Μετατροπέα Ρεύματος σε Τάση

Αντικείμενα Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

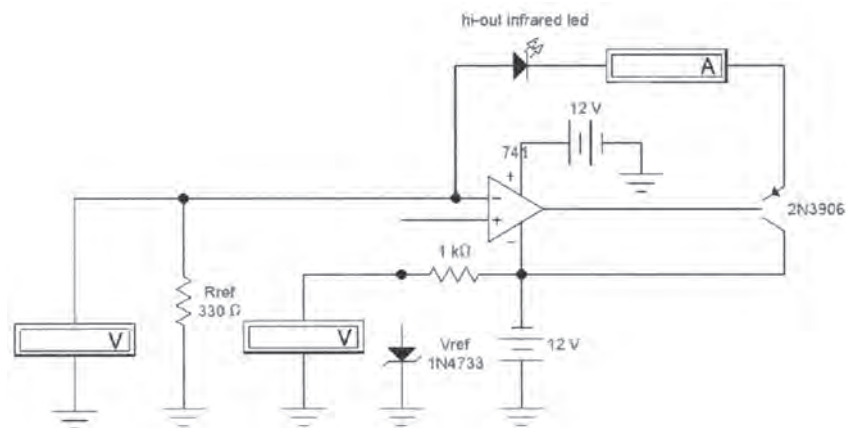
1. Πηγή φωτός με σταθερό ρεύμα.
2. Λειτουργία μετατροπέα ρεύματος σε τάση με χρήση ηλιακού κυττάρου

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

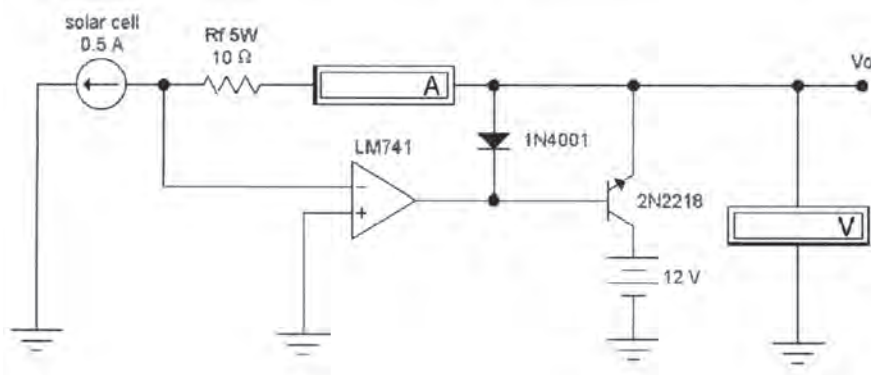
	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές	LM741	1	Ηλιακό κύτταρο		1
Τρανζίστορ NPN	2N2218	1	Αντιστάσεις	10Ω	1
Τρανζίστορ PNP	2N3906	1		200Ω	1
Δίοδοι	1N4001	1		330Ω	1
Δίοδοι zener	1N4733	1		1kΩ	1
LED υπέρυθρου		1	Αμπερόμετρα		1
Τροφοδοτικά		2	Βολτόμετρα		2

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 4.7 της θεωρίας. Στο σχήμα A.10.1 φαίνεται ένας τρόπος δημιουργίας πηγής φωτός με σταθερό ρεύμα χρησιμοποιώντας υψηλής εξόδου LED υπέρυθρου.



Σχ. A.10.1. Πηγή φωτός με σταθερό ρεύμα



Σχ. Α.10.2. Μετατροπή ρεύματος ηλιακού κυττάρου σε τάση

Το ηλιακό κύτταρο είναι γραμμικό στοιχείο. Παράγει ρεύμα, που είναι ανάλογο με τη φωτεινή ενέργεια, που προσπίπτει στην επιφάνειά του. Στο σχήμα Α.10.2 το ηλιακό κύτταρο εξομοιώνεται με τη χρήση πηγής σταθερού ρεύματος.

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.10.1 στο EWB. Μετρείστε την τάση στα άκρα της διόδου zener και την τάση στα άκρα της αντίστασης R_{ref} .

$V_z = \underline{\hspace{2cm}}$ (Volts) $V_r = \underline{\hspace{2cm}}$ (Volts)

2. Υπολογίστε το ρεύμα, που διαρρέει την αντίσταση R_{ref} . Θα πρέπει να είναι το ίδιο ρεύμα, με αυτό που δείχνει το αμπερόμετρο.

$I_r = \underline{\hspace{2cm}}$

3. Αποδείξτε, ότι το κύκλωμα αυτό αποτελεί πηγή σταθερού ρεύματος μεταβάλλοντας την αντίσταση σε 200Ω και μετρώντας πάλι το ρεύμα, για να δείτε, αν ισούται με τη V_{ref} προς τη R_{ref} .
4. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.10.2 στο EWB. Για διάφορες τιμές ρεύματος της πηγής ρεύματος μετρείστε την τάση εξόδου και συμπληρώστε τον πίνακα Α.10.1.

I	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.50	0.55	0.6	0.65	0.7
V_o										

Π.Α.10.1. Πίνακας αποτελεσμάτων

1. Είναι η τάση εξόδου ανάλογη με το ρεύμα, που δίνει το ηλιακό κύτταρο;

Διαδικασία

Ερωτήσεις

Άσκηση 11

Εφαρμογή Μετατροπείας Τάσης σε Ρεύμα

Αντικείμενα Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

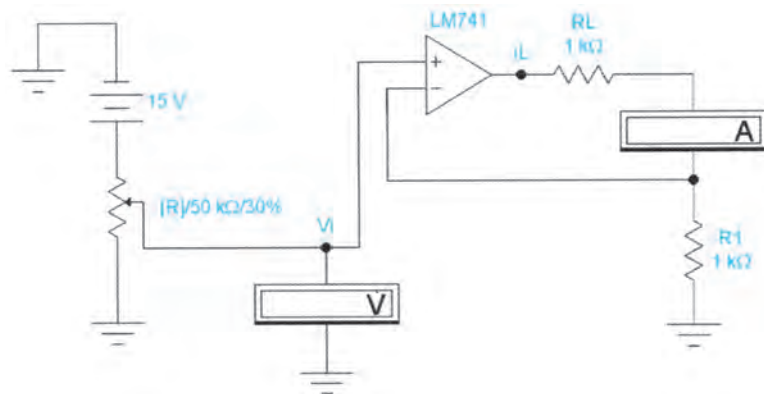
1. Μη αναστρέφων μετατροπείας τάσης σε ρεύμα.
2. Αναστρέφων μετατροπείας τάσης σε ρεύμα.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές	LM741	1	Αντιστάσεις	4.7kΩ	1
Ποτενσιόμετρα	50kΩ	1		5.6kΩ	1
Αμπερόμετρα		1		10kΩ	1
Βολτόμετρα		1		12kΩ	1
Τροφοδοτικά		2		15kΩ	1
Αντιστάσεις	470Ω	1		22kΩ	1
	1kΩ	2		27kΩ	1
	3.3kΩ	1		33kΩ	1
	3.9kΩ	1			1

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

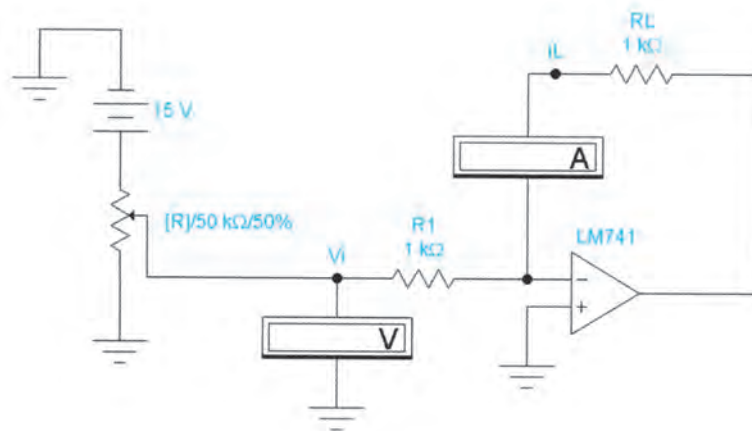
Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις



Σχ. Α.11.1. Μη αναστρέφων μετατροπείας τάσης σε ρεύμα

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 4.7 της θεωρίας. Στα σχήματα Α.11.1 και Α.11.2 φαίνονται ένας μη αναστρέφων και ένας αναστρέφων μετατροπείας τάσης σε ρεύμα αντίστοιχα. Το ρεύμα εξόδου I_L και στις δύο περιπτώσεις δίνεται από τη σχέση:

$$I_L = \frac{V_i}{R_1}$$



Σχ. A.11.2. Αναστρέφων μετατροπέας τάσης σε ρεύμα

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.11.1 στο EWB. Αρχικά βραχυκυκλώστε την αντίσταση R_L με καλώδιο. Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο κατάλληλα, ώστε η τάση εισόδου V_i να είναι +0.5V. Αν το αμπερόμετρο δείχνει αρνητική ένδειξη αντιστρέψτε τους ακροδέκτες του. Μετρείστε το ρεύμα I_L . Ποια είναι η αναμενόμενη θεωρητική τιμή του ρεύματος; Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα A.11.1.
2. Απομακρύνετε το βραχυκύκλωμα από την αντίσταση R_L . Μεταβλήθηκε η ένδειξη του αμπερομέτρου; Μετρείστε το ρεύμα I_L για διάφορες τιμές της τάσης εισόδου V_i και για διάφορες τιμές της R_L και συμπληρώστε τον πίνακα A.11.1.

Διαδικασία

V_i	R_L	I_L (θεωρ)	I_L (εξομ)	I_L (πειρ)	V_i	R_L	I_L (θεωρ)	I_L (εξομ)	I_L (πειρ)
0.5V	1kΩ				1.0V	5.6kΩ			
	10kΩ					10kΩ			
	22kΩ					12kΩ			
	27kΩ					470Ω			
	33kΩ					1kΩ			
1.0V	470Ω				3.0V	3.3kΩ			
	1kΩ					3.9kΩ			
	3.3kΩ								

Π. A.11.1. Πίνακας αποτελεσμάτων

3. Παρατηρήσατε διαφορές στο αμπερόμετρο για τη τελική τιμή αντίστασης για κάθε τάση εισόδου ($V_i=0.5V$ $R_L=33k\Omega$, $V_i=1.0V$ $R_L=12k\Omega$, $V_i=3.0V$ $R_L=3.9k\Omega$) σε σχέση με τις άλλες τιμές των αντιστάσεων;
4. Επαναλάβετε τα βήματα 1-3 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία. Σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.11.1.
5. Επαναλάβετε τα βήματα 1-4 για το σχήμα Α.11.2 και σημειώστε τα αποτελέσματα στον πίνακα Α.11.2.

V_i	R_L	I_L (θεωρ)	I_L (εξομ)	I_L (πειρ)	V_i	R_L	I_L (θεωρ)	I_L (εξομ)	I_L (πειρ)
0.5V	1k Ω				1.0V	12k Ω			
	10k Ω					15k Ω			
	22k Ω					470 Ω			
	27k Ω					1k Ω			
	33k Ω					3.3k Ω			
1.0V	470 Ω				3.0V	3.9k Ω			
	1K Ω					4.7k Ω			
	10k Ω								

Π. Α.11.2. Πίνακας αποτελεσμάτων

Ερωτήσεις

1. Τι συμπεράσματα προκύπτουν από τις τιμές του πίνακα Α.11.1 για τη λειτουργία του μη αναστρέφοντα μετατροπέα τάσης σε ρεύμα;
2. Τι συμπεράσματα προκύπτουν από τις τιμές του πίνακα Α.11.2 για τη λειτουργία του αναστρέφοντα μετατροπέα τάσης σε ρεύμα;

Άσκηση 12

R-2R Μετατροπέας Ψηφιακού Σήματος σε Αναλογικό (DAC)

Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

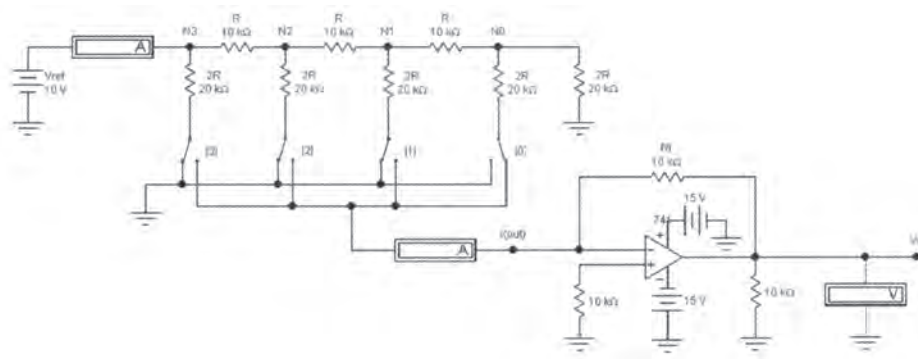
Αντικείμενα

1. Βασικές αρχές λειτουργίας R-2R μετατροπέα ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (DAC).
2. Μετατροπή του ρεύματος εξόδου DAC σε τάση.
3. Κατανόηση των εξισώσεων εισόδου-εξόδου DAC.

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές	LM741	1	Αμπερόμετρα		2
Αντιστάσεις	10kΩ	6	Βολτόμετρα		1
	20kΩ	5	Τροφοδοτικά		3
Παλμογράφος		1	Γεννήτρια Συχν.		1
Διακόπτες		4			

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).



Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Σχ. A.12.1. R-2R DAC

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 5.5 της θεωρίας. Στο σχήμα A.12.1 φαίνεται DAC τύπου R-2R, που χρησιμοποιεί μόνο δύο τιμές αντιστάσεων. Η αντίσταση από κάθε κόμβο ως τη γείωση είναι ίση με R. Τότε, το ρεύμα, που προκαλεί η πηγή τάσης V_{ref} , είναι:

$$I_{\text{ref}} = \frac{V_{\text{ref}}}{R}$$

Το ρεύμα που αντιστοιχεί στον κλάδο του διακόπτη [0], δηλαδή το ρεύμα του λιγότερου σημαντικού ψηφίου, αποτελεί τη διακριτική ικανότητα (resolution) του DAC και δίνεται από τη σχέση:

$$I_{[0]} = \frac{I_{\text{ref}}}{2^N} = \frac{I_{\text{ref}}}{2^4} = \frac{I_{\text{ref}}}{16}$$

Το ρεύμα εξόδου του DAC, που εισέρχεται στον ενισχυτή, ισούται με το ρεύμα $I_{[0]}$ πολλαπλασιασμένο με την τιμή D της ψηφιακής λέξης εισόδου.

$$I_{\text{out}} = I_{[0]} \cdot D$$

Συνδέοντας την έξοδο του κυκλώματος των αντιστάσεων στην αναστρέφουσα είσοδο τελεστικού ενισχυτή μετατρέπουμε το ρεύμα σε τάση:

$$V_o = -I_{\text{out}} \cdot R_f$$

Διαδικασία

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.12.1 τόσο με το EWB όσο και πειραματικά στον πάγκο. Για το σχεδιασμό με το EWB ανοίξτε τις βιβλιοθήκες των πηγών, των αντιστάσεων και των ενισχυτών και σύρετε τα αντίστοιχα στοιχεία στο χώρο εργασίας. Με διπλό κλικ πάνω στα στοιχεία δώστε τις τιμές του σχήματος. Επίσης, σύρετε τους διακόπτες και με διπλό κλικ δώστε τις τιμές 0, 1, 2, και 3. Οι τιμές αυτές σημαίνουν, ότι οι διακόπτες ανοίγουν και κλείνουν πατώντας τα πλήκτρα 0, 1, 2 και 3 αντίστοιχα. Ανοίξτε τη βιβλιοθήκη των οργάνων και σύρετε στο χώρο εργασίας τα αμπερόμετρα και το βολτόμετρο. Με τη βοήθεια του ποντικιού κάνετε όλες τις απαραίτητες συνδέσεις. Βεβαιωθείτε, ότι όλοι οι διακόπτες είναι συνδεδεμένοι με τη γείωση.
2. Υπολογίστε θεωρητικά τη τιμή του ρεύματος, που προκαλεί η πηγή τάσης V_{ref} .
 I_{ref} (θεωρητικά) = _____
3. Τρέξτε την εξομοίωση του κυκλώματος με το EWB και σημειώστε την αντίστοιχη τιμή ρεύματος, που δείχνει το αμπερόμετρο. Σημειώστε, επίσης, την τιμή που μετράτε με το αμπερόμετρο στον πάγκο.
 I_{ref} (εξομοίωση) = _____ I_{ref} (πειραματικά) = _____
4. Υπολογίστε θεωρητικά τη τιμή του ρεύματος I_{out} , αφού κλείστε το διακόπτη [0].
 I_{out} (θεωρητικά) = _____

5. Τρέξτε την εξομοίωση του κυκλώματος με το EWB και σημειώστε την αντίστοιχη τιμή ρεύματος, που δείχνει το αμπερόμετρο. Σημειώστε, επίσης, την τιμή, που μετράτε με το αμπερόμετρο στον πάγκο.

I_{out} (εξομοίωση) = _____ I_{out} (πειραματικά) = _____

6. Υπολογίστε θεωρητικά την τιμή της τάσης εξόδου V_o με κλειστό το διακόπτη [0].

V_o (θεωρητικά) = _____

7. Τρέξτε την εξομοίωση του κυκλώματος με το EWB και σημειώστε την αντίστοιχη τιμή τάσης, που δείχνει το βολτόμετρο. Σημειώστε, επίσης, την τιμή, που μετράτε με το βολτόμετρο στον πάγκο.

V_o (εξομοίωση) = _____ V_o (πειραματικά) = _____

Με κλειστούς τους διακόπτες [0] και [1] επαναλάβετε τα βήματα 4-7.

8. Πόσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα στον κλάδο του διακόπτη [1] από το αντίστοιχο του διακόπτη [0];

I_{out} (θεωρητικά) = _____ V_o (θεωρητικά) = _____

I_{out} (εξομοίωση) = _____ V_o (εξομοίωση) = _____

I_{out} (πειραματικά) = _____ V_o (πειραματικά) = _____

$I[1]/I[0]$ = _____

Με κλειστούς τους διακόπτες [0], [1], [2] και [3] επαναλάβετε τα βήματα 4-7.

9. I_{out} (θεωρητικά) = _____

V_o (θεωρητικά) = _____

I_{out} (εξομοίωση) = _____ V_o (εξομοίωση) = _____

I_{out} (πειραματικά) = _____ V_o (πειραματικά) = _____

10. Δώστε σε όλες τις αντιστάσεις την ίδια τιμή και κλείστε όλους τους διακόπτες. Υπολογίστε την τιμή της V_{ref} για να πάρετε -10V στην έξοδο. Θέσετε την τιμή αυτή στην πηγή τάσης, τόσο στο EWB όσο και στον πάγκο.

11. Επαληθεύεται ο υπολογισμός σας;

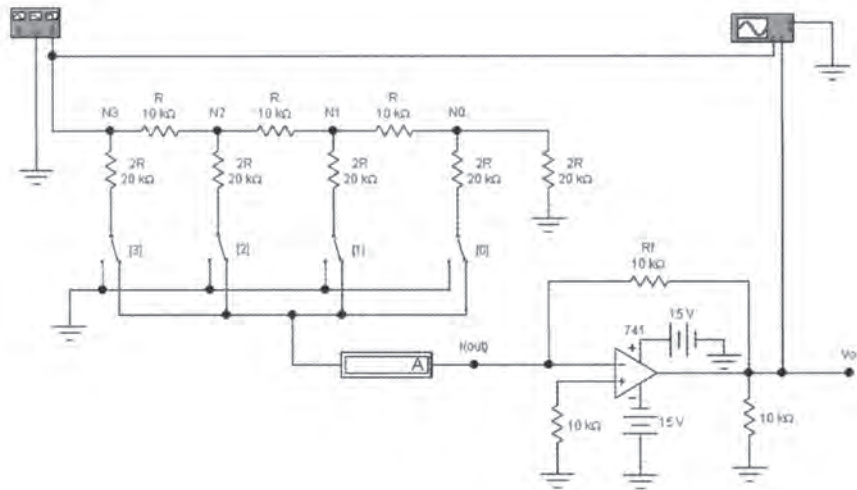
V_{ref} = _____

Απομακρύνετε την πηγή V_{ref} από το σχήμα A.12.1 και προσαρμόστε μια γεννήτρια συχνοτήτων στη θέση της (σχήμα A.12.2). Με διπλό κλικ πάνω στο εικονίδιο της γεννήτριας, θέσετε τάση πλάτους 5V και συχνότητας 1kHz. Τοποθετήστε στο κανάλι A του παλμογράφου την είσοδο της γεννήτριας και στο κανάλι B την έξοδο του DAC. Με τον παλμογράφο προσδιορίστε την μέγιστη τάση εξόδου του τελεστικού ενισχυτή, όταν είναι κλειστός μόνο ο διακόπτης [0].

V_{max} = _____

12. Ποια είναι η μέγιστη τάση εξόδου, όταν είναι κλειστοί όλοι οι διακόπτες;

V_{max} = _____



Σχ. A.12.2. R-2R DAC με γεννήτρια συχνοτήτων

- Ερωτήσεις**
- Ένας 4-bit DAC έχει οριζόντια αντιστάσεις $5\text{k}\Omega$ και κάθετα αντιστάσεις $10\text{k}\Omega$. Η ολική αντίσταση, που "βλέπει" η πηγή τάσης V_{ref} , είναι:
 - $10\text{k}\Omega$
 - $5\text{k}\Omega$
 - άπειρη
 - εξαρτάται από τη R_f
 - Ποια η σχέση μεταξύ των ρευμάτων στους κλάδους των διαφόρων διακοπών;
 - Ποια η ολική αντίσταση, που "βλέπει" η πηγή τάσης V_{ref} , όταν όλες οι αντιστάσεις του DAC είναι ίδιες;
 - Συμπίπτουν οι θεωρητικά υπολογισμένες τιμές, στα διάφορα βήματα της άσκησης, με τις εξομοιωμένες και τις πειραματικά μετρούμενες τιμές; Αν όχι, εξηγήστε τους πιθανούς λόγους.

Άσκηση 13

DAC-08 Μετατροπέας Ψηφιακού Σήματος σε Αναλογικό

Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

Αντικείμενα

1. Βασικές αρχές λειτουργίας ολοκληρωμένου κυκλώματος μετατροπέα ψηφιακού σήματος σε αναλογικό με R-2R εσωτερική δόμηση (DAC-08).
2. Λειτουργία του DAC-08 σε συνδυασμό με ενισχυτή τάσης σε μονοπολική (0V ως +5V) και διπολική (-5V ως +5V) μορφή εξόδου.

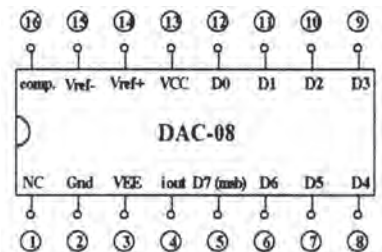
	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές	LM741	1	Τροφοδοτικά		3
DAC	LM1408	1	Αμπερόμετρα		3
Αντιστάσεις	10kΩ	8	Βολτόμετρα		1
	2.5kΩ	3	Διακόπτες		8
Ποτενσιόμετρα	5kΩ	1			

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 5.6 της θεωρίας. Ο DAC-08 είναι ολοκληρωμένο κύκλωμα μετατροπέα ψηφιακού σήματος σε αναλογικό τύπου πολλαπλασιασμού (MDAC), που χρησιμοποιεί R-2R τεχνική εσωτερικά. Ο DAC-08 μπορεί να λειτουργεί σε υψηλές ταχύτητες και να παράγει ρεύμα εξόδου αρκετών mA (τυπικά 2-3mA). Τυπικοί DACs είναι οι LM1408 και MC1408. Στο σχήμα A.13.1 φαίνονται οι ακίδες (pin-out) DAC-08.

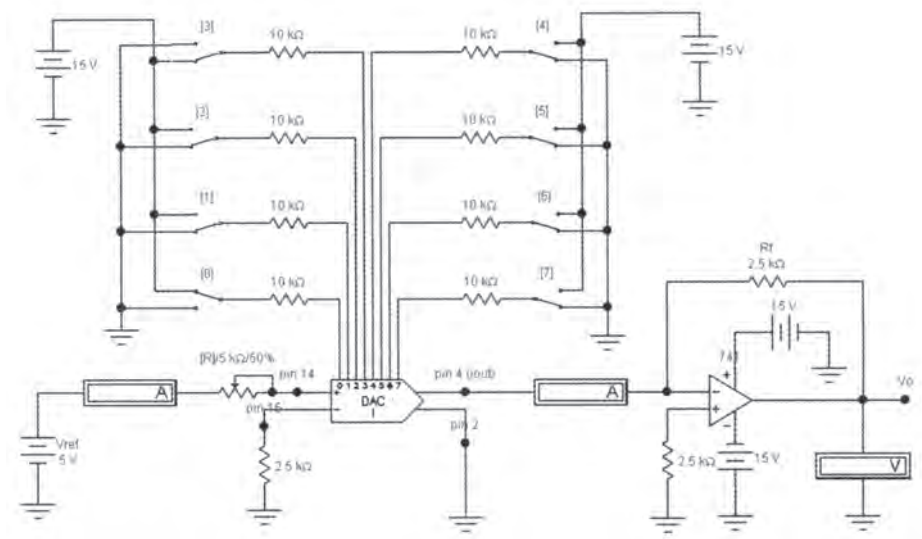
Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις



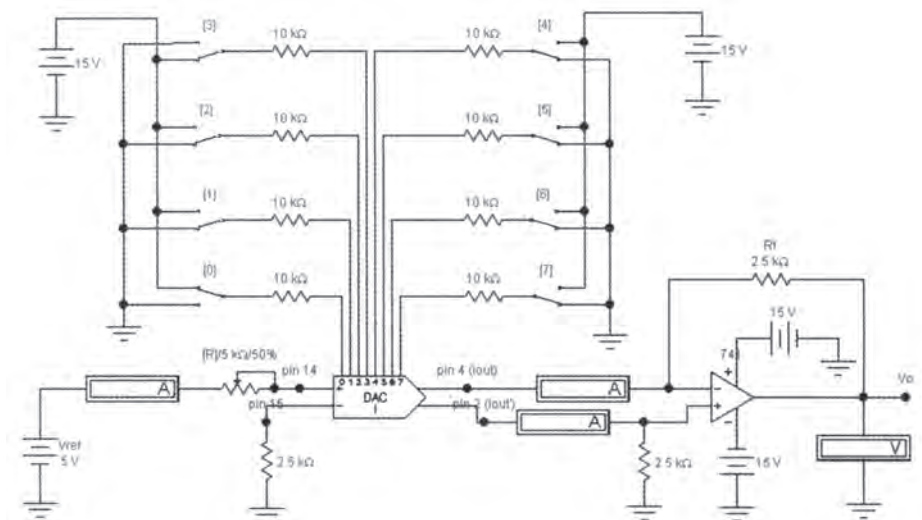
Σχ. A.13.1. Ακίδες του DAC-08

Και για τον ολοκληρωμένο DAC-08 ισχύουν οι ίδιες σχέσεις, που ισχύουν και στο διακριτό DAC της προηγούμενης άσκησης, δηλαδή:

$$I_{\text{ref}} = \frac{V_{\text{ref}}}{R} \quad I_{[0]} = \frac{I_{\text{ref}}}{2^N} = \frac{I_{\text{ref}}}{2^8} = \frac{I_{\text{ref}}}{256} \quad I_{\text{out}} = I_{[0]} \cdot D$$



Σχ. Α.13.2. DAC-08 σε συνδεσμολογία μονοπολικής εξόδου



Σχ. Α.13.3. DAC-08 σε συνδεσμολογία διπολικής εξόδου

Στο σχήμα A.13.2 φαίνεται η συνδεσμολογία DAC-08 με μονοπολική έξοδο. Σε αυτή την περίπτωση, η έξοδος παίρνει τιμές μεταξύ 0V και περίπου +5V και δίνεται από τη σχέση:

$$V_o = -I_{out} \cdot R_f$$

Στο σχήμα A.13.3 φαίνεται η συνδεσμολογία DAC-08 με διπολική έξοδο. Σε αυτή την περίπτωση, η έξοδος παίρνει τιμές μεταξύ περίπου -5V και περίπου +5V και δίνεται από τη σχέση:

$$V_o = -(I_{out} - I'_{out}) \cdot R_f$$

Ουσιαστικά, αύξηση ενός LSB οδηγεί σε διπλασιασμό της αύξησης του ρεύματος σε σχέση με τη μονοπολική συνδεσμολογία. Έτσι, η διπολική συνδεσμολογία δίνει διπλάσια τάση εξόδου από τη μονοπολική.

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.13.2, τόσο με το EWB όσο και πειραματικά στον πάγκο. Για το σχεδιασμό με το EWB ανοίξτε τις βιβλιοθήκες των πηγών, των αντιστάσεων, των ποτενσιόμετρων, των ενισχυτών και των μετατροπέων και σύρετε τα αντίστοιχα στοιχεία στο χώρο εργασίας. Με διπλό κλικ πάνω στα στοιχεία, δώστε τις τιμές του σχήματος. Επίσης, σύρετε τους διακόπτες και με διπλό κλικ δώστε τις τιμές 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7. Οι τιμές αυτές σημαίνουν ότι οι διακόπτες ανοίγουν και κλείνουν πατώντας τα πλήκτρα 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, και 7 αντίστοιχα. Ανοίξτε τη βιβλιοθήκη των οργάνων και σύρετε στο χώρο εργασίας τα αμπερόμετρα και το βολτόμετρο. Με τη βοήθεια του ποντικιού κάνετε όλες τις απαραίτητες συνδέσεις. Βεβαιωθείτε, ότι όλοι οι διακόπτες είναι συνδεδεμένοι με τη γείωση.
2. Υπολογίστε θεωρητικά την τιμή του ρεύματος, που προκαλεί η πηγή τάσης V_{ref} .
 I_{ref} (θεωρητικά) = _____
3. Τρέξτε την εξομοίωση του κυκλώματος με το EWB και σημειώστε την αντίστοιχη τιμή ρεύματος, που δείχνει το αμπερόμετρο. Σημειώστε, επίσης, την τιμή, που μετράτε με το αμπερόμετρο στον πάγκο.
 I_{ref} (εξομοίωση) = _____ I_{ref} (πειραματικά) = _____
4. Υπολογίστε θεωρητικά την τιμή του ρεύματος I_{out} , αφού κλείστε το διακόπτη [0].
 I_{out} (θεωρητικά) = _____
5. Τρέξτε την εξομοίωση του κυκλώματος με το EWB και σημειώστε την αντίστοιχη τιμή ρεύματος, που δείχνει το αμπερόμετρο. Σημειώστε, επίσης, την τιμή, που μετράτε με το αμπερόμετρο στον πάγκο.
 I_{out} (εξομοίωση) = _____ I_{out} (πειραματικά) = _____

Διαδικασία

6. Υπολογίστε θεωρητικά την τιμή της τάσης εξόδου V_o με κλειστό το διακόπτη [0].
 V_o (θεωρητικά) = _____
7. Τρέξτε την εξομοίωση του κυκλώματος με το EWB και σημειώστε την αντίστοιχη τιμή τάσης, που δείχνει το βολτόμετρο. Σημειώστε, επίσης, την τιμή, που μετράτε με το βολτόμετρο στον πάγκο.
 V_o (εξομοίωση) = _____ V_o (πειραματικά) = _____
8. Επαναλάβετε τα βήματα 6 και 7 για δεδομένα διακοπών (D7-D0) 00001111,10000000,11111111.
 00001111: V_o (θεωρ) = _____ V_o (εξομ) = _____
 V_o (πειρ) = _____
 10000000: V_o (θεωρ) = _____ V_o (εξομ) = _____
 V_o (πειρ) = _____
 11111111: V_o (θεωρ) = _____ V_o (εξομ) = _____
 V_o (πειρ) = _____
9. Συνδέστε κατάλληλα το pin 2 του DAC, ώστε να προκύψει το κύκλωμα του σχήματος A.13.3. Με το αμπερόμετρο μετρείστε τα ρεύματα I_{out} και I_{out} , όταν είναι κλειστός μόνο ο διακόπτης [0].
 I_{out} (εξομοίωση) = _____ I_{out} (πειραματικά) = _____
 I_{out} (εξομοίωση) = _____ I_{out} (πειραματικά) = _____
10. Υπολογίστε θεωρητικά την τιμή της τάσης εξόδου V_o με κλειστό το διακόπτη [0].
 V_o (θεωρητικά) = _____
11. Τρέξτε την εξομοίωση του κυκλώματος με το EWB και σημειώστε την αντίστοιχη τιμή τάσης, που δείχνει το βολτόμετρο. Σημειώστε, επίσης, την τιμή, που μετράτε με το βολτόμετρο στον πάγκο.
 V_o (εξομοίωση) = _____ V_o (πειραματικά) = _____
12. Επαναλάβετε τα βήματα 10 και 11 για δεδομένα διακοπών (D7-D0) 01111111,10000000,11111111.
 01111111: V_o (θεωρ) = _____ V_o (εξομ) = _____
 V_o (πειρ) = _____
 10000000: V_o (θεωρ) = _____ V_o (εξομ) = _____
 V_o (πειρ) = _____
 11111111: V_o (θεωρ) = _____ V_o (εξομ) = _____
 V_o (πειρ) = _____

Ερωτήσεις

1. Ποιας τάξης μεγέθους ρεύμα εξόδου μπορεί να παράγει ένας DAC-08;
2. Σε μετατροπέα ψηφιακού σήματος σε αναλογικό τύπου πολλαπλασιασμού (MDAC), η τάση εξόδου είναι το γινόμενο δύο σημάτων εισόδου; Σωστό ή λάθος;
3. Ένας DAC-08 με τάση αναφοράς 5V και αντίσταση αναφοράς 2.5kΩ συνδέεται με τελεστικό ενισχυτή με αντίσταση ανατροφοδότησης 5kΩ. Ποια είναι η διακριτική του ικανότητα σε mV/bits;
4. Ποια είναι η τάση εξόδου του κυκλώματος του σχήματος A.13.2 για ψηφιακή είσοδο 10010101;

Άσκηση 14

Εφαρμογή DAC-08 (Ψηφιακά Ελεγχόμενος Ακουστικός Ενισχυτής)

Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

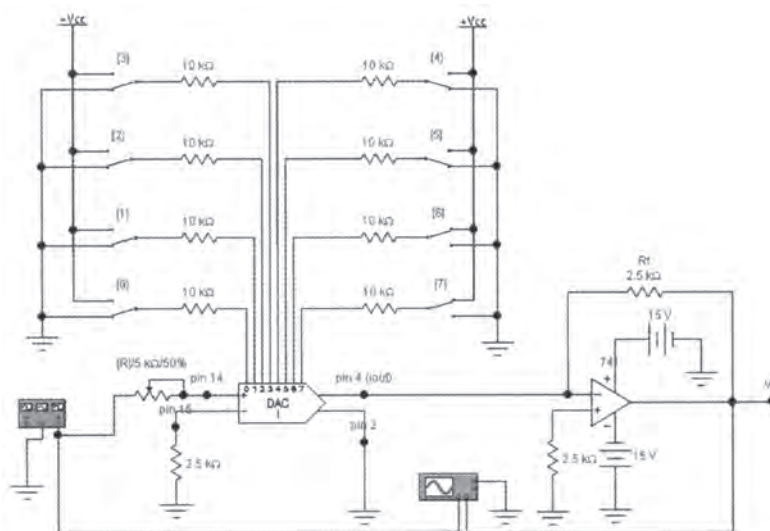
Αντικείμενα

- Χρήση του DAC-08 σε μονοπολική (0V ως +5V) μορφή εξόδου για τη δημιουργία ψηφιακά ελεγχόμενου ακουστικού ενισχυτή.

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
Τελεστικοί Ενισχυτές	LM741	1	Τροφοδοτικά		3
DAC	LM1408	1	Διακόπτες		8
Αντιστάσεις	10kΩ	8	Παλμογράφος		1
	2.5kΩ	3	Ποτενσιόμετρα	5kΩ	1
Γεννήτρια συχν.		1			

**Απαιτούμενα
υλικά, όργανα
και εργαλεία
λογισμικού**

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

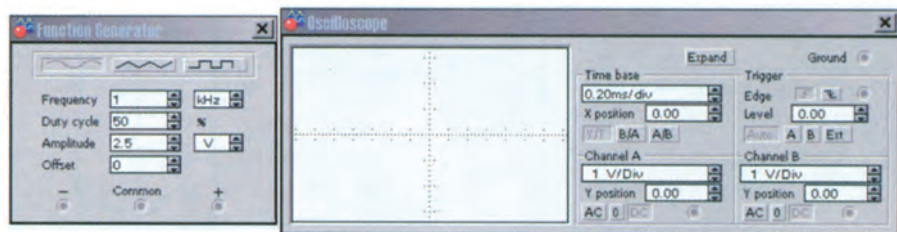


**Απαιτούμενες
θεωρητικές
γνώσεις**

Σχ. Α.14.1. Ψηφιακά ελεγχόμενος ακουστικός ενισχυτής 256 βημάτων

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 5.6 της θεωρίας. Στο σχήμα A.14.1 φαίνεται ψηφιακά ελεγχόμενος ακουστικός ενισχυτής 256 βημάτων, που μπορεί να δώσει στην έξοδο ίσα διαστήματα τάσης μέχρι 5V peak-to-peak. Για το DAC-08 ισχύουν τα όσα αναφέρθηκαν στις δύο προηγούμενες ασκήσεις. Για ψηφιακή είσοδο 00000000 παίρνουμε μηδενική έξοδο στον ενισχυτή, ενώ για ψηφιακή είσοδο 01000000 παίρνουμε έξοδο ίση με το 1/4 της μέγιστης τάσης εξόδου.

- Διαδικασία**
1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.14.1 στο EWB. Ουσιαστικά πρόκειται για το ίδιο κύκλωμα με αυτό της άσκησης 13, με τη διαφορά ότι αντί για σταθερή πηγή τάσης έχουμε τοποθετήσει γεννήτρια συχνοτήτων ως τάση αναφοράς. Η τάση V_{cc} είναι +5V. Οι ενδείξεις του παλμογράφου και της γεννήτριας συχνοτήτων πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα A.14.2. Βεβαιωθείτε ότι όλοι οι διακόπτες είναι συνδεδεμένοι με τη γείωση. Στην έξοδο ο παλμογράφος πρέπει να δείχνει μηδέν.



Σχ. A.14.2. Ενδείξεις γεννήτριας συχνοτήτων και παλμογράφου

2. Συνδέστε όλους τους διακόπτες με την τάση τροφοδοσίας δηλαδή, εισάγετε τη ψηφιακή είσοδο 11111111. Υπολογίστε θεωρητικά (με τη βοήθεια των σχέσεων της άσκησης 13) πόσο πρέπει να είναι το πλάτος της τάσης εισόδου της γεννήτριας (V_{ref}), ώστε το σήμα εξόδου του παλμογράφου να παρουσιάζει μέγιστο περίπου 2.5V. Συμπίπτει η τιμή αυτή με την τιμή, που προκύπτει από την εξομείωση;
 $Peak V_{ref}$ (θεωρητικά) = _____ $Peak V_{ref}$ (θεωρητικά) = _____
3. Με βάση τον προηγούμενο υπολογισμό υπολογίστε το πλάτος του ρεύματος αναφοράς I_{ref} , που εισέρχεται στο pin 14 του DAC. Υπολογίστε, επίσης, το ρεύμα του λιγότερου σημαντικού ψηφίου $I[0]$,
 $Peak I_{ref}$ = _____ $Peak I[0]$ = _____
4. Εισάγετε τη ψηφιακή είσοδο 01000000 και μετρήστε την έξοδο του ενισχυτή; Ισούται με το 1/4 της μέγιστης τιμής, που υπολογίσατε στο δεύτερο βήμα;
 V_o = _____

5. Εισάγετε τη ψηφιακή είσοδο 10000000 και μετρείστε πάλι την έξοδο του ενισχυτή. Πόσο μεταβλήθηκε σε σχέση με το προηγούμενο βήμα; Εκφράστε την απάντηση και % και σε dB.

$V_o =$ _____

μεταβολή = _____ % μεταβολή = _____ dB

6. Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα για είσοδο 00100000.

$V_o =$ _____

μεταβολή = _____ % μεταβολή = _____ dB

7. Εισάγετε τη ψηφιακή είσοδο 11111111 και μετρείστε πάλι την έξοδο του ενισχυτή. Πώς πρέπει να τροποποιηθεί το κύκλωμα, ώστε να διπλασιαστεί η τάση εξόδου, χωρίς να αλλάξει η στάθμη του σήματος εισόδου;

$V_o =$ _____

1. Εξηγήστε αναλυτικά γιατί είσοδος 01000000 δίνει έξοδο ίση με το 1/4 της μέγιστης τάσης εξόδου. **Ερωτήσεις**
2. Πόση τάση εξόδου θα πάρουμε από ψηφιακή είσοδο 00001000;
3. Σε ποια ψηφιακή είσοδο αντιστοιχεί τάση εξόδου ίση με το 1/2 της μέγιστης τάσης εξόδου;

Υλοποιείτε σε συνεργασία με τον καθηγητή σας την παραπάνω άσκηση στον πάγκο του εργαστηρίου σας. Οι ψηφιακές είσοδοι μπορούν να παρθούν με τη βοήθεια πακέτου 8 διακοπών DIP χρησιμοποιώντας 5V ως V_{cc} . **Προτεινόμενη εργασία**

Άσκηση 15

ADC-0804 Μετατροπέας Αναλογικού Σήματος σε Ψηφιακό

Αντικείμενα Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

1. Βασικές αρχές λειτουργίας ολοκληρωμένου κυκλώματος μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό με εσωτερική δόμηση διαδοχικής προσέγγισης.
2. Λειτουργία του ADC-0804 σε συνδυασμό με το χρονιστή 555.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

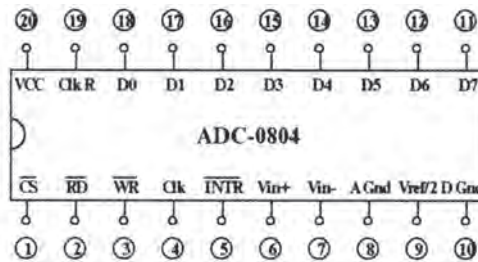
	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
ADC	0804	1	Πυκνωτές	10nF	1
Χρονιστής	555	1		0.1μF	1
Αντιστάσεις	330Ω	8	LEDs		8
	10kΩ	2	Τροφοδοτικά		1
Ποτενσιόμετρα	10kΩ	1	Βολτόμετρα		1
	100kΩ	1	Παλμογράφος		1
Δίοδοι	1N4148	2			

Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθεί η παράγραφος 5.7 της θεωρίας. Υπάρχουν πολλοί μέθοδοι για τη μετατροπή αναλογικής DC τάσης εισόδου σε ψηφιακή τιμή εξόδου. Ο ADC-0804 είναι πολύ γρήγορος μετατροπέας, που χρησιμοποιεί τη μέθοδο διαδοχικής προσέγγισης. Ο χρόνος μετατροπής μπορεί να παρατηρηθεί στην ακίδα τέλους μετατροπής EOC. Είναι μόλις μερικά μsecs, γεγονός που τον κάνει χρήσιμο στη ψηφιοποίηση ακουστικών σημάτων. Εσωτερικά διαθέτει DAC, συγκριτή και καταχωρητή διαδοχικής προσέγγισης. Ο μετατροπέας διπλής κλίσης είναι πολύ πιο αργός και χρησιμοποιείται κυρίως σε ψηφιακά πολύμετρα. Ο ταυτόχρονος μετατροπέας (flash converter) είναι ο πιο γρήγορος από όλους και χρησιμοποιείται στη ψηφιοποίηση οπτικών σημάτων. Ο ADC-0804 μπορεί να δεχθεί δύο αναλογικές εισόδους, έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιήσει μετρήσεις διαφορικής εισόδου (V_{in+} και V_{in-}). Στην έξοδο παρέχει οκτώ δυαδικά ψηφία, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας για ανάλυση από μικροϋπολογιστή. Ένα εσωτερικό ρολόι (εξωτερικά επιλέγεται με αντίσταση R και πυκνωτή C) δημιουργεί τους παλμούς χρονισμού,

που απαιτούνται για τη μετατροπή. Οι έξοδοι διατηρούν την πληροφορία μέχρι να ζητηθεί νέα μετατροπή. Στο σχήμα A.15.1 φαίνονται οι ακίδες (pin-out) ενός ADC-0804.



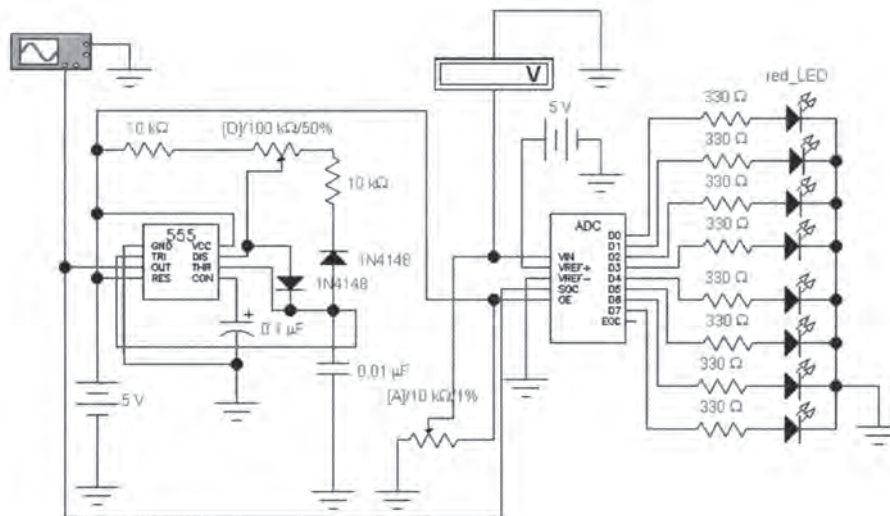
Σχ. A.15.1. Ακίδες του ADC-0804

Η διακριτική ικανότητα ενός ADC δίνεται από τη σχέση:

$$\text{resolution} = \frac{V_{in}(\text{max})}{2^n - 1}$$

Η δεκαδική τιμή της δυαδικής εξόδου δίνεται από τη σχέση:

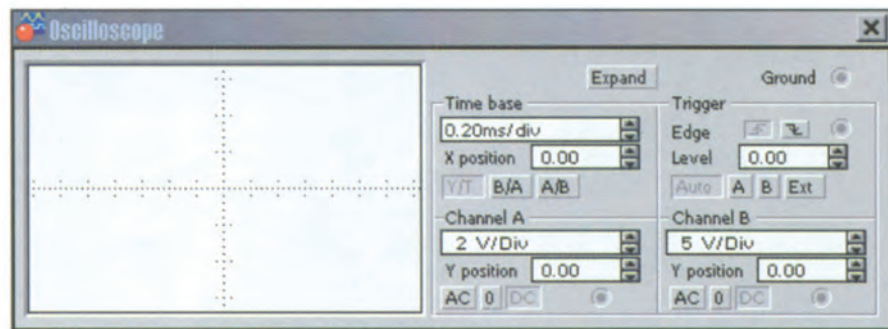
$$D = \frac{V_{in}}{V_{in}(\text{max})}(2^n - 1)$$



Σχ. A.15.2. ADC-0804 σε συνδυασμό με ένα χρονιστή 555

Στο σχήμα A.15.2 φαίνεται η συνδεσμολογία ενός ADC-0804 με χρονιστή 555. Ο χρονιστής παρέχει το σήμα έναρξης μετατροπής SOC του ADC. Η θετική τάση αναφοράς V_{ref+} τίθεται στα +5V, ενώ η αρνητική V_{ref-} στη γείωση. Το ποτενσιόμετρο (D) ρυθμίζει το duty cycle του 555 από περίπου 10% μέχρι 90%. Το ποτενσιόμετρο (A) ρυθμίζει την αναλογική είσοδο V_{in} από 0V μέχρι 5V. Τα LEDs στην έξοδο επιδεικνύουν το δυαδικό ισοδύναμο της αναλογικής τάσης εισόδου.

- Διαδικασία**
1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος A.15.2 στο EWB. Οι ενδείξεις του παλμογράφου πρέπει να είναι αυτές, που δείχνονται στο σχήμα A.15.3. Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στις τάσεις αναφοράς V_{ref+} και V_{ref-} . Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο (D) στο 50%, ώστε το duty cycle του παλμού, που θα προκύψει από το 555, να είναι 50%. Ρυθμίστε το ποτενσιόμετρο αναλογικής εισόδου (A) στο 1%. Με τη βοήθεια του παλμογράφου μετρείστε τη συχνότητα και το duty cycle του παλμού, που προκύπτει. Επίσης, σημειώστε την αναλογική είσοδο, που δέχεται ο ADC και τη ψηφιακή έξοδο με τη βοήθεια των LEDs, που είναι αναμμένα (το D0 είναι το LSB).



Σχ. A.15.3. Ενδείξεις παλμογράφου

$f =$ _____ duty cycle = _____ %
 $V_{in} =$ _____ LEDs = _____

2. Υπολογίστε θεωρητικά την αναλογική είσοδο, που απαιτείται, για να ανάψει μόνο το LED D0, δηλαδή τη διακριτική ικανότητα του ADC. Επιβεβαιώστε την τιμή αυτή με το EWB.

$V_{in} (00000001) =$ _____

3. Υπολογίστε θεωρητικά την αναλογική είσοδο, που απαιτείται, για να πάρουμε δυαδική έξοδο 10000000. Επιβεβαιώστε την τιμή αυτή με το EWB.

$V_{in} (10000000) =$ _____

4. Επαναλάβετε το προηγούμενο βήμα για εξόδους 01010100 και 10011011.
 $V_{in}(01010100)=$ _____ $V_{in}(10011011)=$ _____
5. Επαναλάβετε τα βήματα 1-5 πειραματικά στον πάγκο του εργαστηρίου σας χρησιμοποιώντας διακριτά στοιχεία.

1. Ο ADC διαδοχικής προσέγγισης είναι ο γρηγορότερος από όλους τους ADCs. **Ερωτήσεις**
Σωστό ή λάθος;
2. Η τάση εισόδου ενός ADC-0804 είναι 2.55V, όταν η δυαδική έξοδος είναι 11111111. Βρείτε τη διακριτική ικανότητα του ADC.
3. Ποια η σημασία των ακροδεκτών SOC και EOC ενός ADC;

Άσκηση 16

Εφαρμογή ADC-0804 (Μέτρηση Θερμοκρασίας)

Αντικείμενα Ο θεωρητικός υπολογισμός, η εξομοίωση με το EWB και η πειραματική μέτρηση των:

1. Διασύνδεση στον πάγκο του εργαστηρίου του ADC-0804 με τον αισθητήρα θερμοκρασίας LM335 και το χρονιστή 555.
2. Μέτρηση θερμοκρασίας και μετατροπή αυτής σε ψηφιακή μορφή.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

	Τύπος	Ποσότητα		Τύπος	Ποσότητα
ADC	0804	1	Ποτενσιόμετρα	10kΩ	3
Χρονιστής	555	1	LEDs		8
Αισθ. Θερμοκρασίας	LM335	1	Πυκνωτές	150pF	1
Αντιστάσεις	330Ω	8		10nF	1
	6.8kΩ	1		0.1 μF	1
	10kΩ	3	Τροφοδοτικά		2
Δίοδοι	1N4148	2			

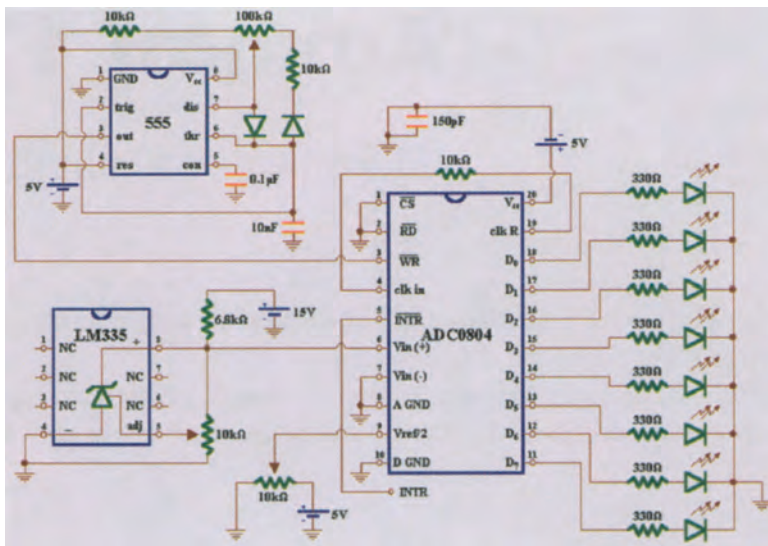
Επίσης, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα Electronics Workbench (EWB).

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Πριν εκτελεστεί η άσκηση, πρέπει να μελετηθούν οι παράγραφοι 2.4, 5.7 και 5.8 της θεωρίας. Το κύκλωμα, που θα κατασκευαστεί, είναι κύκλωμα αίσθησης της θερμοκρασίας, που φαίνεται στο σχήμα A.16.1. Το κύκλωμα αυτό αποτελείται από το αισθητήριο θερμοκρασίας LM335, το μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό ADC0804, το χρονιστή 555 και LEDs, που επιδεικνύουν σε δυαδική μορφή τη θερμοκρασία σε °C.

Ο χρονιστής παρέχει το σήμα έναρξης μετατροπής του ADC. Το pin εγγραφής (WR ή SOC) πρέπει να γίνει '0', για να ξεκινήσει η μετατροπή. Το pin επιλογής του ολοκληρωμένου (CS) πρέπει να είναι '0', για να είναι ο ADC έτοιμος για χρήση. Το pin ανάγνωσης (RD) πρέπει να είναι και αυτό '0'. Το pin INTR γίνεται '0', όταν ολοκληρώνεται η μετατροπή. Αν το INTR συνδεθεί στο WR, θα έχουμε συνεχή μετατροπή.

Το αισθητήριο θερμοκρασίας LM335 απαιτεί εξωτερικό αντιστάτη για περιορισμό του ρεύματος και ποτενσιόμετρο για καλιμπράρισμα. Το ποτενσιόμετρο αυτό ρυθμίζεται με γνωστή θερμοκρασία. Η πτώση τάσης στο LM335 βρίσκεται πολλαπλασιάζοντας τη θερμοκρασία σε Kelvin με 10mV. Η περιοχή λειτουργίας εκτείνεται από 233K ως 373K (-40°C ως 100°C).



Σχ. Α.16.1. Κύκλωμα αίσθησης θερμοκρασίας και δυαδική επίδειξη αυτής

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του σχήματος Α.16.1 στον πάγκο του εργαστηρίου σας. Καλωδιώστε πρώτα το αισθητήριο θερμοκρασίας και συνδέστε το στο pin (6) του ADC. Στη συνέχεια συνδέστε το ποτενσιόμετρο της τάσης αναφοράς στο pin (9) του ADC. Προσαρμόστε το 555 στο pin (3) του ADC, που είναι το pin έναρξης μετατροπής. Συμπληρώστε την υπόλοιπη καλωδίωση.
2. Αρχικοποιήστε το αισθητήριο θερμοκρασίας. Για το σκοπό αυτό, τοποθετήστε το LM335 σε πάγο και ρυθμίστε τους 0°C. Θα πρέπει η πτώση τάσης πάνω του να είναι 2.73V (273Kx10mV). Ελέγξτε, αν η αρχικοποίηση έγινε σωστά φέρνοντας το αισθητήριο σε θερμοκρασία δωματίου και μετρώντας την πτώση τάσης πάνω του. Για θερμοκρασία 22°C θα πρέπει να μετράτε 2.95V (295Kx10mV). Αντί για τη θερμοκρασία δωματίου μπορείτε να το φέρετε σε επαφή με επιφάνεια γνωστής θερμοκρασίας.
3. Ποια είναι η δυαδική τιμή που εμφανίζεται στα LEDs, σε θερμοκρασία δωματίου 22°C;

Ψηφιακή έξοδος = _____

Διαδικασία

Άσκηση 17

Εισαγωγή στο LabVIEW

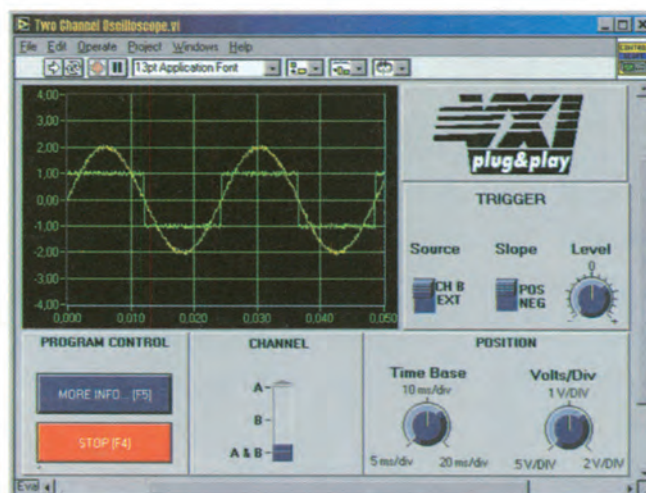
- Αντικείμενα**
1. Εξοικείωση με το περιβάλλον του LabVIEW, τους καταλόγους επιλογών (menus) και τα παράθυρα που εμφανίζει.
 2. Δημιουργία, άνοιγμα και αποθήκευση εργασιών, διαχείριση αρχείων, κατανόηση συναρτήσεων (functions) και ελέγχων (controls) του LabVIEW.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

Θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα LabVIEW.

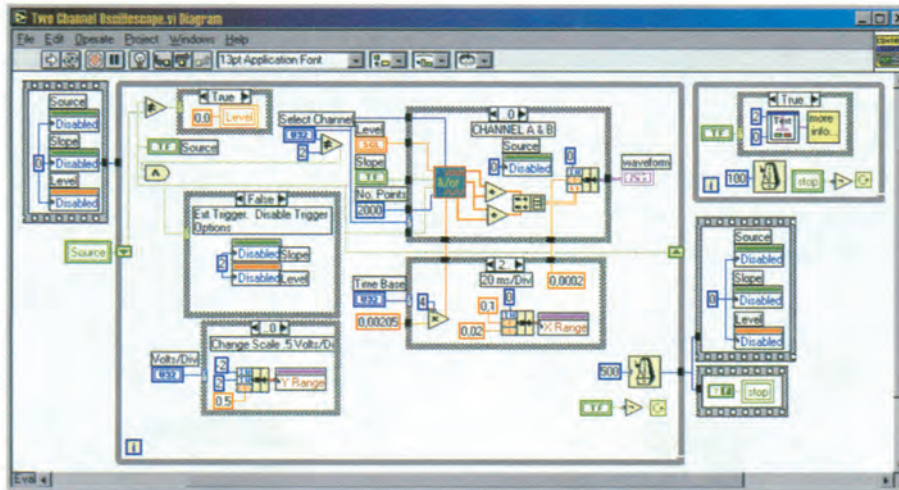
Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Το LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) είναι λογισμικό ανάπτυξης εφαρμογών, που δημιουργήθηκε από την εταιρία National Instruments. Διαφέρει από τις κοινές γλώσσες προγραμματισμού (C, Pascal, Basic, κ.ά.) στο γεγονός, ότι χρησιμοποιεί γραφική γλώσσα προγραμματισμού (γνωστή ως γλώσσα G). Τα προγράμματα του LabVIEW ονομάζονται εικονικά όργανα (VIs: Virtual Instruments), επειδή έχουν την εμφάνιση και δίνουν την αίσθηση πραγματικών συστημάτων και οργάνων. Το σχήμα Α.17.1 δείχνει την εμφάνιση τέτοιου εικονικού οργάνου.



Σχ. Α.17.1. Εμπρόσθια όψη (front panel) εικονικού οργάνου

Τα VIs έχουν εμφάνιση φιλική προς το χρήστη (front panel), αλλά και πηγαίο κώδικα προγράμματος (source code), που αναπαριστάται σε γραφική μορφή με δομικό διάγραμμα (block diagram). Το LabVIEW παρέχει μηχανισμούς, που επιτρέπουν την εύκολη διακίνηση δεδομένων ανάμεσα στο front panel και στο block diagram. Στο σχήμα A.17.2 φαίνεται το block diagram, που αντιστοιχεί στο front panel του σχήματος A.17.1. Το block diagram αποτελείται από εκτελέσιμα εικονίδια, που ονομάζονται κόμβοι (nodes) και τα οποία συνδέονται με καλωδιώσεις (wires).



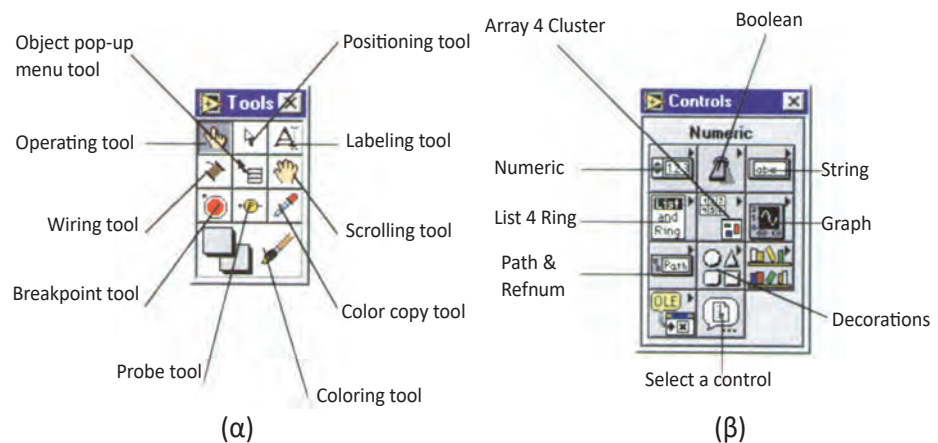
Σχ. A.17.2. VI block diagram που αντιστοιχεί στο front panel του σχήματος A.17.1

Όταν φορτώνετε το LabVIEW με διπλό κλικ στο εικονίδιό του, εμφανίζεται η οθόνη εκκίνησης (startup screen). Στην κάτω αριστερή γωνία εμφανίζεται η επιλογή, αν θέλουμε να ξεκινά το LabVIEW χωρίς την εμφάνιση της οθόνης εκκίνησης. Αν γίνει αυτή η επιλογή, το LabVIEW θα ξεκινά πάντα με νέο VI που ονομάζεται untitled.vi. Επιλέγοντας νέο VI στην οθόνη εκκίνησης εμφανίζεται νέο παράθυρο front panel και νέο παράθυρο block diagram. Το front panel περιέχει διάφορους τύπους εισόδων (controls) και εξόδων (indicators). Το block diagram περιέχει ακροδέκτες (terminals), που αντιστοιχούν στις εισόδους και εξόδους του front panel καθώς επίσης και σταθερές (constants), συναρτήσεις (functions), subVIs, δομές (structures) και καλώδια, που μεταφέρουν δεδομένα από το ένα αντικείμενο (object) στο άλλο. Οι δομές είναι στοιχεία ελέγχου προγράμματος, όπως βρόχοι επαναλήψεων (for loops) και while βρόχοι (while loops).

Στο παράθυρο του front panel και σ' αυτό του block diagram υπάρχουν γραμμές εργαλείων (toolbars), που περιλαμβάνουν εντολές και δείκτες κατάστασης για τον έλεγχο των VIs. Οι γραμμές εργαλείων των front panel και block diagram είναι εν γένει διαφορετικές, αν και περιέχουν μερικές κοινές λειτουργίες. Οι πιο σημαντικές ενδείξεις είναι οι παρακάτω: Με το run εκτελείται το VI μια φορά και μετά σταματάει αυτόματα. Με το run continuously εκτελείται

συνεχώς το VI, μέχρι να πατηθεί ξανά το run continuously, οπότε και σταματάει η εκτέλεση. Με το pause διακόπτεται η εκτέλεση του VI και συνεχίζεται αν πατηθεί πάλι.

Επιλέγοντας show tools palette από τον κατάλογο επιλογής (menu) windows εμφανίζεται ο πίνακας εργαλείων, που φαίνεται στο σχήμα A.17.3(α). Τα εργαλεία (tools) είναι συγκεκριμένες λειτουργίες του κέρσορα, που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση ειδικών λειτουργιών. Επιλέγοντας show controls palette από τον κατάλογο επιλογής windows εμφανίζεται ο πίνακας του σχήματος A.17.3(β). Ο πίνακας αυτός αποτελείται από εικονίδια, που αντιστοιχούν σε υποπίνακες, οι οποίοι περιέχουν πλήρη σειρά διαθέσιμων αντικειμένων (objects) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία front panel. Κάνοντας κλικ σε κάποιο εικονίδιο εμφανίζεται ο αντίστοιχος υποπίνακας. Για παράδειγμα, κάνοντας κλικ στο εικονίδιο numeric, εμφανίζονται διάφοροι αριθμητικοί έλεγχοι εισόδου και εξόδου, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο front panel για διακίνηση δεδομένων προς και από τον κώδικα προγράμματος (στο block diagram).



Σχ. A.17.3. (α) tools palette και (β) controls palette

- Διαδικασία**
1. Τρέξτε το πρόγραμμα LabVIEW. Η οθόνη εκκίνησης εμφανίζεται. Επιλέξτε νέο VI, για να δημιουργήσετε νέα εργασία (project), οπότε εμφανίζονται δύο παράθυρα, το untitled 1 (front panel) και το untitled 1 diagram. Κάνετε δεξί κλικ στο παράθυρο του front panel, οπότε εμφανίζεται ο πίνακας controls. Μετακινήστε τον κέρσορα στο pin στην πάνω αριστερή γωνία του πίνακα controls και κάνετε κλικ. Ο πίνακας μετατρέπεται σε παράθυρο. Μετακινήστε το ποντίκι σε κάθε εικονίδιο του παραθύρου. Κάνετε κλικ σε ένα από αυτά και μετακινήστε τον κέρσορα στο νέο παράθυρο, που ανοίγετε, για να διαβάσετε τα ονόματα όλων των τύπων ελέγχου.

2. Επιλέξτε έλεγχο εισόδου τύπου Boolean (horizontal/vertical toggle switches, flat/push buttons, κ.ά.) και τοποθετήστε τον στο front panel. Παρατηρήστε, ότι στο παράθυρο του block diagram έχει εμφανιστεί block, που αναπαριστάνει τον ακροδέκτη ελέγχου. Επιλέξτε δείκτη εξόδου τύπου Boolean (round ή square led) και τοποθετήστε τον κοντά στον έλεγχο εισόδου στο front panel. Ο ακροδέκτης, που αντιστοιχεί σε αυτόν το δείκτη, πρέπει να έχει παρουσιαστεί στο παράθυρο του block diagram.
3. Επιλέξτε το connect wire (σύνδεση με καλώδιο) από το παράθυρο με τα tools. Μετακινήστε τον κέρσορα στον πρώτο ακροδέκτη στο block diagram, κάνετε κλικ πάνω του, σύρετε τον κέρσορα μέχρι τον άλλο ακροδέκτη και κάνετε πάλι κλικ. Τότε, τα δύο στοιχεία του front panel έχουν συνδεθεί. Κάνετε κλικ στο run continuously στη γραμμή εργαλείων, είτε του front panel είτε του block diagram. Κάνετε κλικ μερικές φορές στο πλήκτρο ελέγχου εισόδου. Τι παρατηρείτε; Για να σταματήσει η εκτέλεση του προγράμματος, κάνετε κλικ στο abort execution της γραμμής εργαλείων.
4. Αποθηκεύστε το VI, που δημιουργήσατε, επιλέγοντας save από τον κατάλογο επιλογών file στο παράθυρο του front panel βάζοντας την κατάληξη vi στο όνομα, που θα δώσετε.
5. Επαναλάβετε τα βήματα 2-4 χρησιμοποιώντας αυτή τη φορά είσοδο και έξοδο τύπου Numeric (π.χ. knob και tank). Παρατηρήστε, ότι, ενώ οι είσοδοι και έξοδοι τύπου Boolean εμφανίζουν ακροδέκτες με την ένδειξη TF (true ή false) στο block diagram, οι είσοδοι και έξοδοι τύπου Numeric εμφανίζουν ακροδέκτες με την ένδειξη DBL (double ή double precision).
6. Προσπαθήστε να συνδέσετε διακόπτη εισόδου Boolean με δείκτη εξόδου Numeric. Η διακεκομμένη γραμμή, που εμφανίζεται, δηλώνει, ότι δεν είναι δυνατή η σύνδεση μεταξύ στοιχείων διαφορετικού τύπου. Σβήστε την τελευταία γραμμή επιλέγοντας το εργαλείο position από το παράθυρο με τα tools, επιλέγοντας, στη συνέχεια, τη γραμμή και πατώντας delete.

1. Πόσα και ποια παράθυρα εμφανίζονται, όταν επιλέγετε νέο VI;
2. Ποιος ο ρόλος του block diagram σε σχέση με το front panel;
3. Τι είναι τα controls και τι τα indicators;
4. Ποια η διαφορά του run από το run continuously;

Ερωτήσεις

Άσκηση 18

Διαμόρφωση Περιβάλλοντος LabVIEW

Αντικείμενα 1. Διαμόρφωση της επιθυμητής εμφάνισης VI ρυθμίζοντας τους κατάλληλους ελέγχους.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού Θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα LabVIEW.

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις Το front panel, όπως ειπώθηκε και στην προηγούμενη άσκηση, είναι συνδυασμός ελέγχων και δεικτών. Οι έλεγχοι προσομοιώνουν τους πιθανούς τύπους εισόδων, που μπορεί κάποιος να συναντήσει σε υποθετικό όργανο, όπως κουμπιά ρύθμισης (knobs) και διακόπτες (switches). Το front panel παρέχει μηχανισμό μεταφοράς της εισόδου από το front panel στο block diagram. Οι δείκτες παρέχουν μηχανισμό επίδειξης των δεδομένων, που δημιουργεί το block diagram πίσω στο front panel. Οι δείκτες παρέχουν διάφορα είδη γραφημάτων, χαρτών, καθώς επίσης και δείκτες numeric, boolean και string. Οι περισσότεροι έλεγχοι και δείκτες που χρησιμοποιούνται, χρειάζονται διαμόρφωση της εμφάνισής τους όσον αφορά το μέγεθος, το χρώμα, την κλίμακα μέτρησης, το σχήμα και την ακρίβεια. Κάνοντας δεξί κλικ σε digital control, που βρίσκεται κάτω από τα numeric controls του πίνακα των controls, εμφανίζεται ένα παράθυρο. Σε αυτό μπορεί κάποιος να αλλάξει τα προκαθορισμένα χαρακτηριστικά των ελέγχων και των δεικτών. Για παράδειγμα, κάτω από το representation μπορεί κάποιος να βρει 12 δυνατές αναπαραστάσεις ψηφιακών εισόδων και εξόδων, όπως 32-bit μονή ακρίβεια, 64-bit διπλή ακρίβεια, 8-bit προσημασμένο ακέραιο, κ.ά. Αυτή η επιλογή δηλώνει πόση μνήμη απαιτείται για την αναπαράσταση αριθμού και είναι πολύ σημαντική για την αναπαράσταση μεγάλων δεδομένων. Τα γραφικά αντικείμενα, από τα οποία αποτελείται το block diagram, δημιουργούν αυτό, που ονομάζουμε πηγαίο κώδικα (source code). Ουσιαστικά, το block diagram είναι ο πραγματικά εκτελέσιμος κώδικας. Αποτελείται από τους κόμβους (**nodes**), που είναι τα στοιχεία εκτέλεσης προγράμματος, τους ακροδέκτες (**terminals**), που είναι θύρες, μέσω των οποίων τα δεδομένα διακινούνται μεταξύ του front panel και του block diagram και μεταξύ των κόμβων του

block diagram και τα καλώδια (**wires**), που είναι τα μονοπάτια των δεδομένων μεταξύ των ακροδεκτών.

Υπάρχουν τεσσάρων ειδών κόμβοι: οι συναρτήσεις (**functions**), οι κόμβοι **subVIs**, οι δομές (**structures**) και οι code interface nodes CInS. Οι functions είναι ενσωματωμένοι κόμβοι για εκτέλεση βασικών λειτουργιών, όπως πρόσθεση αριθμών, αρχείο I/O, μορφοποίηση ενός string, κ.ά. Τα SubVIs είναι VIs, που κάποιος σχεδιάζει και αργότερα καλεί από το block diagram ενός άλλου VI. Οι structures, όπως το for loop και το while loop, ελέγχουν τη ροή του προγράμματος. Τα GINs χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση του block diagram με κώδικα γραμμένο σε γλώσσα C.

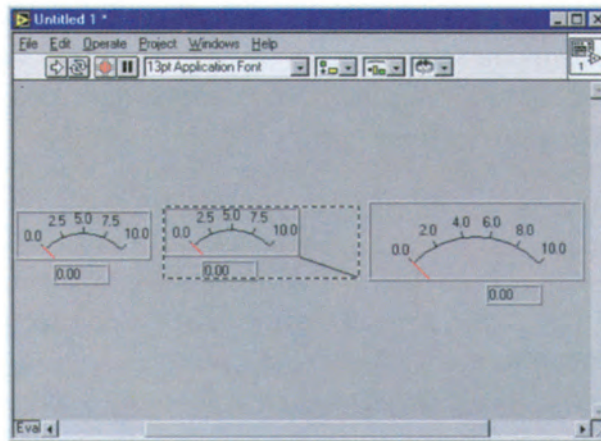
Υπάρχουν διάφοροι τύποι ακροδεκτών: ακροδέκτες ελέγχου και δείκτες, ακροδέκτες κόμβων, σταθερές και εξειδικευμένοι ακροδέκτες, που μπορούν να συναντηθούν σε διάφορες δομές. Με άλλα λόγια, ακροδέκτης είναι οποιοδήποτε σημείο, στο οποίο μπορεί να συνδεθεί καλώδιο, για να επιτραπεί η μεταφορά δεδομένων. Ένας ακροδέκτης, που αντιστοιχεί σε έλεγχο ή δείκτη στο block diagram, δεν μπορεί να διαγραφεί, αν δεν διαγραφεί πρώτα ο έλεγχος ή ο δείκτης από το front panel.

Από τη στιγμή, που το block diagram αποτελείται από γραφικά αντικείμενα, είναι θεμιτό να υπάρχουν διάφορα καλώδια (σχήμα, στυλ γραμμής, χρώμα, κ.ά.), που θα αναπαριστούν και διαφορετικούς τύπους δεδομένων.

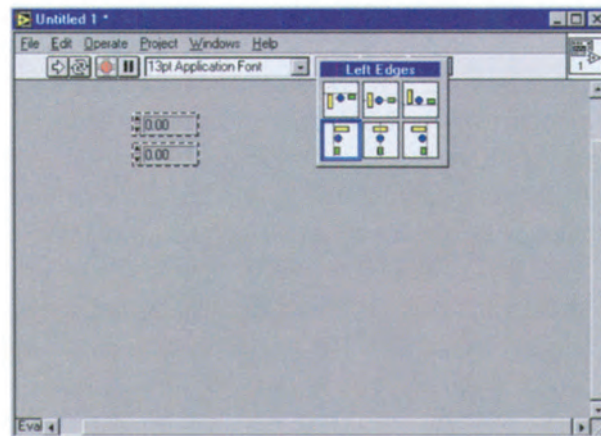
Το εργαλείο position του πίνακα των tools επιλέγει αντικείμενα στα παράθυρα των front panel και block diagram. Εκτός από την επιλογή των αντικειμένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τη μετακίνηση και την αλλαγή του μεγέθους τους. Για την επιλογή αντικειμένου κάνετε αριστερό κλικ με το εργαλείο position πάνω στο αντικείμενο. Όταν το αντικείμενο επιλέγεται εμφανίζεται διακεκομμένη γραμμή γύρω του. Για την επιλογή περισσότερων του ενός αντικειμένων, κάνετε shift-κλικ σε κάθε επιπλέον αντικείμενο. Για μετακίνηση αντικειμένου, κάνετε κλικ πάνω του με το εργαλείο position και σύρετέ το στην επιθυμητή περιοχή. Τα επιλεγμένα αντικείμενα μπορούν να μετακινηθούν και με χρήση των πλήκτρων με τα βέλη πάνω/κάτω και αριστερά/δεξιά. Πάτημα του πλήκτρου μια φορά μετακινεί το αντικείμενο κατά ένα pixel, ενώ με συνεχές πάτημα μετακινείται συνεχώς.

Στα περισσότερα αντικείμενα μπορεί κάποιος να διαμορφώσει μόνος του το επιθυμητό τους μέγεθος. Οι χειριστές του μεγέθους εμφανίζονται, αν μετακινηθεί το εργαλείο position πάνω στο αντικείμενο, το μέγεθος του οποίου θέλει να τροποποιήσει (σχήμα A.18.1).

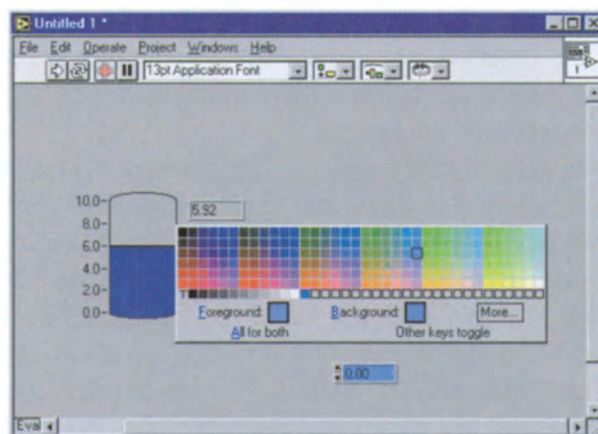
Οι ετικέτες είναι κείμενα, που σχολιάζουν τα στοιχεία του front panel και του block diagram. Υπάρχουν οι ελεύθερες ετικέτες (free labels) και οι ιδιόκτητες ετικέτες (owned labels), οι οποίες περιγράφουν συγκεκριμένο αντικείμενο και μετακινούνται μαζί με αυτό. Μπορεί να είναι κρυφές, αλλά δεν είναι δυνατόν να αντιγραφούν ή να διαγραφούν ανεξάρτητα από το αντικείμενο. Οι ελεύθερες ετικέτες δεν ανήκουν σε κανέναν και μπορούν να δημιουργηθούν και να μετακινηθούν ανεξάρτητα. Για τη δημιουργία και τη διαμόρφωση των ετικετών μπορεί να χρησιμοποιηθεί το εργαλείο edit text από τον πίνακα των tools. Κάνετε κλικ στην ετικέτα του αντικειμένου ή στην περιοχή, που θέλετε να γράψετε κείμενο και απλά γράψτε το κείμενο.



Σχ. Α.18.1. Αλλαγή μεγέθους ενός αντικειμένου ελέγχου



Σχ. Α.18.2. Αριστερή στοίχιση δύο αντικειμένων



Σχ. Α.18.3. Χρωματισμός ενός αντικειμένου ελέγχου

Για τη στοίχιση ομάδας αντικείμενων, πρώτα επιλέξτε τα επιθυμητά αντικείμενα. Στη συνέχεια επιλέξτε τον άξονα, κατά μήκος του οποίου θέλετε να γίνει η στοίχιση από το align objects στη γραμμή εργαλείων (σχήμα Α.18.2). Η αλλαγή του χρώματος αντικειμένου γίνεται με το εργαλείο set color του πίνακα των tools. Επιλέξτε το επιθυμητό χρώμα από τον πίνακα επιλογής, που εμφανίζεται και χρωματίστε το αντικείμενο (σχήμα Α. 18.3).

Διαδικασία

1. Ανοίξτε νέο VI. Θα κατασκευάσετε απλή αριθμομηχανή. Εισάγετε στο front panel δύο digital controls από το numeric controls του πίνακα των controls και τέσσερα digital indicators από τον ίδιο πίνακα. Κάνετε δεξί κλικ σε καθένα από τους τέσσερις digital indicators και επιλέξτε format & precision. Επιλέξτε 5 δεκαδικά ψηφία. Παρατηρήστε τις υπόλοιπες πιθανές τροποποιήσεις για την εμφάνιση αριθμών. Χρησιμοποιώντας το εργαλείο position από τον πίνακα των tools αλλάξτε το μέγεθος των indicators, ώστε να φαίνονται όλα τα δεκαδικά ψηφία.
2. Για να ξέρετε, τι αναπαριστάνει κάθε αντικείμενο, κάνετε δεξί κλικ πάνω του, και επιλέξτε show label. Γράψτε για καθένα από τους indicators την πράξη, που πραγματοποιεί: πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμός και διαίρεση. Παρατηρήστε, ότι αυτές οι ετικέτες εμφανίζονται και στο block diagram. Επαναλάβετε και για τα δύο controls.
3. Από τον πίνακα functions του block diagram επιλέξτε numeric, στη συνέχεια επιλέξτε τις συναρτήσεις add, subtract, multiply και divide και σύρετε αυτές στο block diagram. Συνδέστε τα δύο controls σε κάθε μια από τις τέσσερις συναρτήσεις με το εργαλείο connect wire του πίνακα των tools και στη συνέχεια συνδέστε την έξοδο κάθε συνάρτησης με έναν από τους τέσσερις indicators.
4. Στοίχιστε αριστερά τους indicators και στην κορυφή τα controls. Διαλέξτε ένα χρώμα της αρεσκείας σας για τα controls και τους indicators.
5. Τρέξτε το πρόγραμμα. Διαμορφώστε τις τιμές εισόδου στα controls με δύο τρόπους: είτε κάνοντας κλικ στα βελάκια στα αριστερά των controls, για να αυξομειώσετε κατά ένα την τιμή εισόδου, είτε απευθείας, γράφοντας την τιμή, που θέλετε, στο εσωτερικό των controls. Παρατηρήστε, ότι, όποτε αλλάζετε τις τιμές εισόδου, αλλάζουν και όλες οι τιμές εξόδου.

Ερωτήσεις

1. Πόσα και ποια είδη nodes υπάρχουν σε ένα VI;
2. Ποιοι τύποι ακροδεκτών υπάρχουν σε ένα VI;
3. Τι εργασίες εκτελεί το εργαλείο position του πίνακα των tools;

Άσκηση 19

Διαχείριση των SubVIs στο LabVIEW

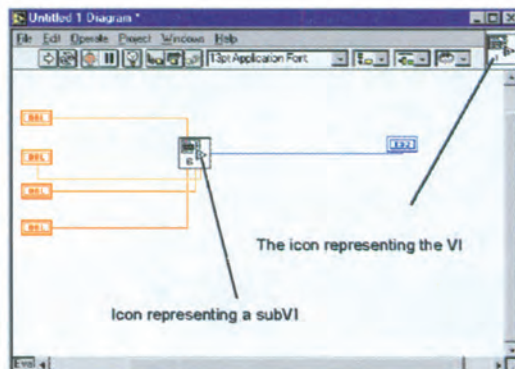
- Αντικείμενα**
1. Δημιουργία SubVI και ιεραρχημένα VIs.
 2. Εξάσκηση με τον icon editor.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

Θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα LabVIEW.

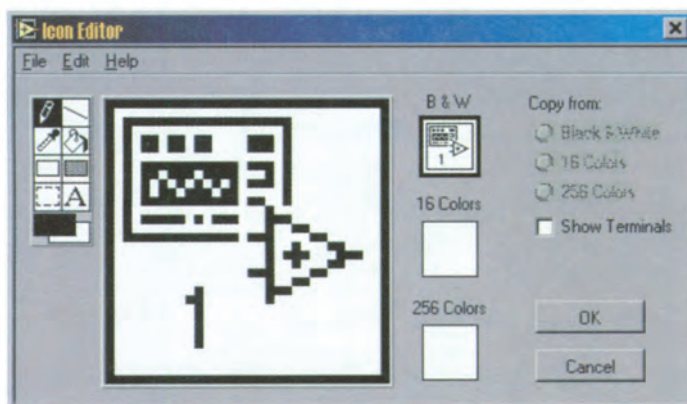
Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Τα SubVIs είναι πολύ βασικά στοιχεία ενός ιεραρχημένου VI και δημιουργούνται πολύ εύκολα. Το SubVI είναι από μόνο του VI, που καλείται από άλλα VIs, δηλαδή το SubVI χρησιμοποιείται στο block diagram υψηλότερου επιπέδου VI. Το αντίστοιχο του SubVI στις κλασσικές γλώσσες προγραμματισμού είναι η υπορουτίνα. Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των SubVIs, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ένα VI. Τα SubVIs μπορούν να κατασκευαστούν από VIs ή να δημιουργηθούν από επιλογές (επιλέγοντας ήδη υπάρχοντα στοιχεία VI και τοποθετώντας τα στο SubVI). Όταν δημιουργεί κάποιος SubVI από VI, πρώτα ορίζει τις εισόδους και τις εξόδους του subVI και, έπειτα, κάνει τις απαραίτητες συνδέσεις. Αυτό διευκολύνει τα VIs να στέλνουν δεδομένα στα SubVIs και να λαμβάνουν δεδομένα από αυτά. Από την άλλη μεριά, αν ήδη υπάρχον block diagram περιέχει μεγάλο αριθμό εικονιδίων, είναι προτιμότερο, να ομαδοποιηθούν σχετικές συναρτήσεις και εικονίδια σε VI χαμηλότερου επιπέδου, δηλαδή SubVI, για να απλοποιηθεί το block diagram.



Σχ. Α.19.1. Σύγκριση εικονιδίων VI και SubVI

Το SubVI παριστάνεται με εικονίδιο στο block diagram του VI, που το καλεί. Επίσης, πρέπει να έχει σύνδεσμο με ακροδέκτες κατάλληλα καλωδιωμένους για τη μεταφορά δεδομένων από και προς το υψηλότερου επιπέδου VI. Στο σχήμα A.19.1 φαίνεται το εικονίδιο VI συγκριτικά με το εικονίδιο SubVI. Κάθε VI έχει προκαθορισμένο εικονίδιο, που φαίνεται στην πάνω δεξιά γωνία του front panel και του block diagram. Για τα VIs το εικονίδιο αυτό είναι το logo του LabVIEW μαζί με αριθμό, που δείχνει πόσα νέα VI έχουν δημιουργηθεί, από τη στιγμή που άρχισε να τρέχει το πρόγραμμα. Το εικονίδιο αυτό μπορεί να τροποποιηθεί με τον icon editor. Για ενεργοποιηθεί ο icon editor, κάνετε δεξί κλικ στο εικονίδιο πάνω δεξιά στο front panel και επιλέξτε edit icon ή κάνετε διπλό κλικ πάνω στο εικονίδιο. Τότε εμφανίζεται ο icon editor, που φαίνεται στο σχήμα A.19.2.



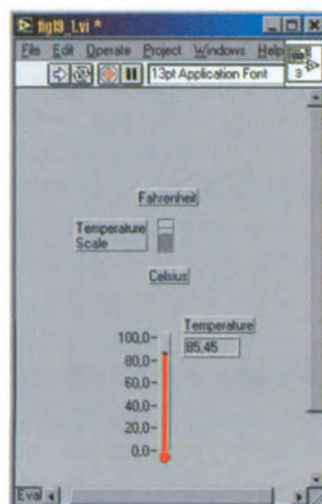
Σχ. A.19.2. Ο icon editor

Χρησιμοποιώντας κάποιους τα εργαλεία, που βρίσκονται στην αριστερή πλευρά του παραθύρου μπορεί να σχεδιάσει το εικονίδιο, που επιθυμεί στην περιοχή διαμόρφωσης, που βρίσκεται στο μέσο του παραθύρου. Ένα δείγμα του εικονιδίου που σχεδιάζει φαίνεται πάνω και δεξιά από την περιοχή διαμόρφωσης. Ανάλογα με τον τύπο της οθόνης, που χρησιμοποιείται μπορεί κάποιος να σχεδιάσει και να αποθηκεύσει εικονίδιο σε μορφή black & white, 16-color και 256-color. Οι λειτουργίες των εργαλείων στα αριστερά είναι παρόμοιες με αυτές, που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα ζωγραφικής, που συνοδεύει κάθε λειτουργικό σύστημα των windows: το **freehand** σχεδιάζει και διαγράφει pixel παρά pixel, το **line** σχεδιάζει ευθείες γραμμές (με shift περιορίζεται σε οριζόντιες, κάθετες και διαγώνιες γραμμές), το **pick color** επιλέγει χρώμα, το **fill area** γεμίζει με το χρώμα αυτό μια επιλεγμένη περιοχή, το **rectangle** σχεδιάζει ορθογώνιο, το **fill rectangle** σχεδιάζει ορθογώνιο και το γεμίζει με χρώμα, το **select** επιλέγει περιοχή του εικονιδίου για μετακίνηση, διαγραφή, κ.ά., το **text** εισάγει κείμενο στο εικονίδιο, το **color** παρέχει όλα τα δυνατά χρώματα. Ο σύνδεσμος (**connector**) είναι σύνολο ακροδεκτών, που αντιστοιχούν στις εισόδους και εξόδους του VI. Ο connector λαμβάνει δεδομένα στους ακροδέκτες

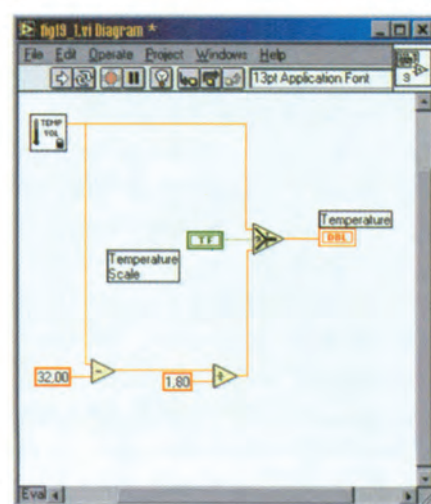
εισόδου και τα μεταβιβάζει στους ακροδέκτες εξόδου όταν τελειώνει η εκτέλεση του VI. Κάθε ακροδέκτης αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο έλεγχο εισόδου και δείκτη εξόδου του front panel. Για να ορίσετε σύνδεσμο, κάνετε δεξί κλικ στο εικονίδιο πάνω δεξιά στο front panel και επιλέξετε show connector. Ο connector αντικαθιστά, τότε, το εικονίδιο πάνω δεξιά στο front panel. Στη θέση του εμφανίζεται πλαίσιο με τόσους ακροδέκτες, όσοι είναι οι έλεγχοι και οι δείκτες του front panel. Οι έλεγχοι εισόδου βρίσκονται στην αριστερή πλευρά του πλαισίου και οι δείκτες εξόδου στη δεξιά πλευρά. Ο μέγιστος αριθμός ακροδεκτών, που είναι διαθέσιμος για SubVI, είναι 28.

Οι έλεγχοι εισόδου και οι δείκτες εξόδου του front panel δηλώνονται στους ακροδέκτες του connector με το εργαλείο connect wire του πίνακα των tools. Για το σκοπό αυτό, πρώτα κάνετε κλικ σε ένα ακροδέκτη του connector με το εργαλείο connect wire. Ο ακροδέκτης γίνεται μαύρος. Κάνετε κλικ πάνω στον έλεγχο ή δείκτη του front panel, που θέλετε να αντιστοιχίσετε στον επιλεγμένο ακροδέκτη. Διακεκομμένη γραμμή μαρκάρει τότε τον επιλεγμένο έλεγχο ή δείκτη. Τοποθετήστε τον κέρσορα σε ελεύθερη περιοχή του front panel και κάνετε κλικ. Η διακεκομμένη γραμμή εξαφανίζεται και ο επιλεγμένος ακροδέκτης παίρνει το χρώμα του ακροδέκτη του συνδεδεμένου αντικειμένου στο block diagram δείχνοντας, έτσι, ότι ο ακροδέκτης δηλώθηκε. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τους άλλους ακροδέκτες.

- Διαδικασία**
1. Ανοίξετε νέο VI. Από τον πίνακα των controls επιλέξετε boolean και στη συνέχεια vertical switch control και δώστε του την ετικέτα temperature scale. Τοποθετήστε δύο ελεύθερες ετικέτες πάνω και κάτω από τον διακόπτη και δώστε τις ονομασίες Fahrenheit και Celsius με το εργαλείο edit text του πίνακα των tools, όπως φαίνεται στο σχήμα Α.19.3 (α).



(α)



(β)

Σχ. Α.19.3. (α) Front panel και (β) block diagram VI μέτρησης θερμοκρασίας

2. Από τον πίνακα των controls επιλέξτε numeric και, στη συνέχεια, επιλέξτε θερμόμετρο και δώστε του την ετικέτα temperature. Αλλάξτε την κλίμακα του θερμομέτρου, για να μετράτε τιμές μεταξύ 0 και 100. Για το σκοπό αυτό, κάνετε κλικ με το εργαλείο operate value του πίνακα των tools στο πάνω όριο και αλλάξτε το 10.0 σε 100.0.
3. Κάνετε δεξί κλικ σε ελεύθερη περιοχή του block diagram, για να εμφανιστεί ο πίνακας των functions. Επιλέξτε select VI, οπότε και εμφανίζεται το αντίστοιχο παράθυρο. Επιλέξτε temp&vol.vi από τον κατάλογο activity\solution, ανοίξτε το αρχείο και τοποθετήστε αυτό το SubVI στο block diagram.
4. Προσθέστε και τα άλλα αντικείμενα του σχήματος A.19.3(β) στο block diagram. Για το σκοπό αυτό, επιλέξτε subtract και divide από τον υποπίνακα numeric του πίνακα των functions. Στη συνάρτηση subtract προσθέστε τη σταθερά 32. Για το λόγο αυτό, κάνετε δεξί κλικ στη συνάρτηση subtract, επιλέξτε create constant και αλλάξτε την τιμή της από 0 σε 32. Ομοίως, προσθέστε τη σταθερά 1.8 στη συνάρτηση divide. Οι σταθερές αυτές προκύπτουν από τον τύπο μετατροπής της θερμοκρασίας από βαθμούς Fahrenheit σε βαθμούς Celsius:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1.8}$$

5. Προσθέστε τη συνάρτηση select από τον υποπίνακα comparison του πίνακα των functions. Η συνάρτηση αυτή επιστρέφει την τιμή, που είναι συνδεδεμένη στην είσοδο true ή false ανάλογα με την boolean τιμή εισόδου. Συνδέστε όλα τα αντικείμενα του block diagram, όπως δείχνεται στο σχήμα A.19.3(β).
6. Πατήστε run continuously στη γραμμή εργαλείων του front panel. Ανάλογα με την επιλογή σας το θερμόμετρο δείχνει τη θερμοκρασία σε βαθμούς Fahrenheit και Celsius. Η επιλογή γίνεται μετακινώντας το διακόπτη πάνω και κάτω. Τέλος, αποθηκεύστε το VI, που δημιουργήσατε.

1. Τι είναι SubVI;
2. Τι είναι connector και ποιοι ακριβώς είναι οι ακροδέκτες του;

Ερωτήσεις

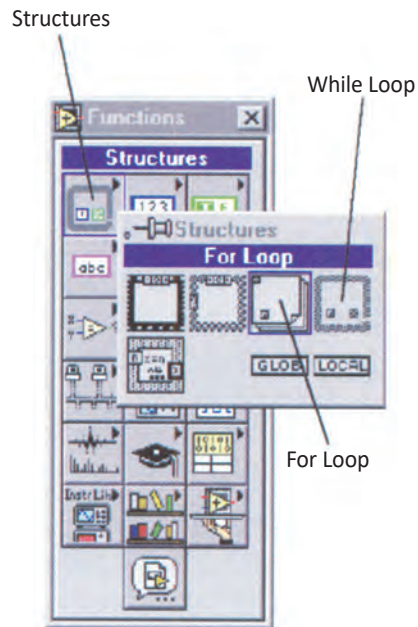
Άσκηση 20

Διαχείριση Δομών στο LabVIEW (I)

Αντικείμενα 1. Παρουσίαση της έννοιας structure (δομή) και μελέτη των βρόχων επαναλήψεων for loop και while loop.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού Θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα LabVIEW.

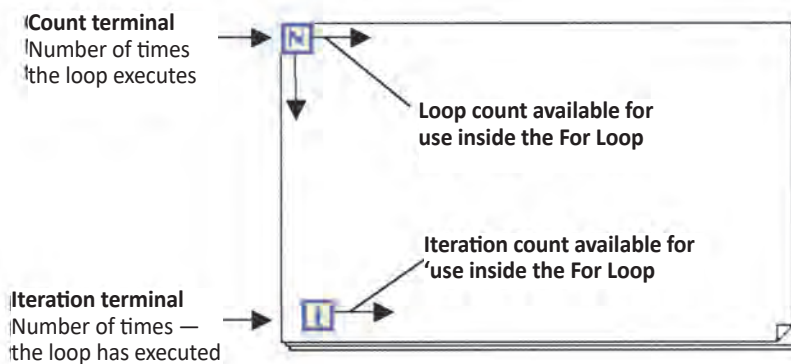
Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις Υπάρχουν τέσσερις δομές (structures) στο LabVIEW: το **for loop**, το **while loop**, το **case structure** και το **sequence structure**.



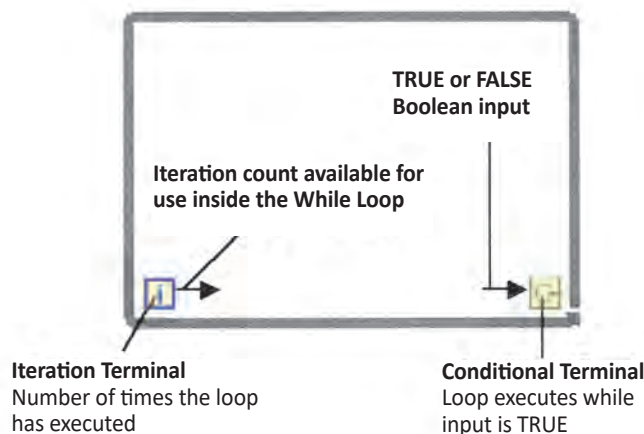
Σχ. Α.20.1. For και while loops

Τα for και while loops ελέγχουν επαναλαμβανόμενες λειτουργίες σε VI, είτε για συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων (for loop) είτε για την υλοποίηση συγκεκριμένης συνθήκης (while loop). Και τα δύο loops βρίσκονται στον πίνακα των functions κάτω από τον υποπίνακα των structures, όπως φαίνεται και στο σχήμα Α.20.1.

Το for loop εκτελεί τον κώδικα (γνωστός ως subdiagram) εντός των ορίων του για N φορές, όπου N η τιμή στον ακροδέκτη count, όπως φαίνεται στο σχήμα A.20.2. Διαθέτει δύο ακροδέκτες: τον ακροδέκτη εισόδου (**count terminal**) και τον ακροδέκτη εξόδου (**iteration terminal**). Ο count μπορεί να οριστεί με καλώδιο έξω από το loop. Η κάτω και δεξιά πλευρά του εκτίθενται στο εσωτερικό του loop επιτρέποντας πρόσβαση στον τρέχοντα αριθμό επαναλήψεων. Ο iteration ακροδέκτης παρέχει τον αριθμό των ήδη συμπληρωμένων επαναλήψεων, όπου το 0 δηλώνει την πρώτη επανάληψη, το 1 τη δεύτερη και το N-1 δηλώνει τη νιοστή επανάληψη. Και οι δύο ακροδέκτες παίρνουν ακέραιες τιμές από 0 έως $2^{31}-1$. Το for loop δεν εκτελείται, αν συνδεθεί 0 στον count ακροδέκτη. Οι περισσότεροι έλεγχοι εισόδου και δείκτες εξόδου είναι διπλής ακριβείας κινητής υποδιαστολής αριθμοί. Αν συνδεθούν δύο ακροδέκτες διαφορετικού τύπου δεδομένων, το LabVIEW μετατρέπει τον ένα από τους ακροδέκτες στην ίδια αναπαράσταση με τον άλλο. Ως υπενθύμιση, εμφανίζεται κουκίδα στον ακροδέκτη, που έγινε η μετατροπή.



Σχ. A.20.2. To for loop



Σχ. A.20.3. To while loop

Το while loop του σχήματος Α.20.3 επαναλαμβάνει τον κώδικα, που βρίσκεται στο εσωτερικό του, μέχρι να ικανοποιηθεί αυτή η συνθήκη. Διαθέτει δύο ακροδέκτες:

τον ακροδέκτη εισόδου (**conditional terminal**) και τον ακροδέκτη εξόδου (**iteration terminal**). Ο τελευταίος συμπεριφέρεται όπως ακριβώς και ο αντίστοιχος του for loop. Ο conditional ακροδέκτης είναι boolean μεταβλητή, true ή false. Το while loop εκτελείται, μέχρι η boolean τιμή, που είναι συνδεδεμένη στον conditional ακροδέκτη, να γίνει false. Το VI ελέγχει τον conditional ακροδέκτη στο τέλος κάθε επανάληψης, οπότε το while loop εκτελείται τουλάχιστον μια φορά. Αν είναι true, εκτελείται και άλλη επανάληψη, αλλιώς τερματίζεται το loop. Η προκαθορισμένη τιμή του conditional ακροδέκτη είναι false, οπότε το while loop επαναλαμβάνεται μόνο μια φορά, αν δεν συνδεθεί ο conditional ακροδέκτης.

Διαδικασία

1. Για να συγκρίνετε το for loop και το while loop, θα πραγματοποιήσετε δύο ίδιες ασκήσεις, μια χρησιμοποιώντας το for loop και μια χρησιμοποιώντας το while loop. Στην πρώτη άσκηση, θα τοποθετήσετε αντικείμενο τυχαίων αριθμών μέσα σε for loop και θα δείτε τους τυχαίους αριθμούς και το μετρητή του for loop στο front panel. Το ίδιο θα κάνετε και στη δεύτερη άσκηση, με τη διαφορά, ότι ο αριθμός των επαναλήψεων δεν θα επιλεγεί από την αρχή.
2. Ανοίξετε νέο VI. Από τον πίνακα των functions επιλέξτε τον υποπίνακα numeric και στη συνέχεια random number και τοποθετήστε το στο block diagram. Κάνετε δεξί κλικ στη συνάρτηση random number, επιλέξτε create indicator και δώστε την ετικέτα number 0 to 1.
3. Τοποθετήστε το for loop στο block diagram, έτσι ώστε η συνάρτηση random number να εσωκλείεται στο for loop. Αλλάξτε το μέγεθος του loop με το εργαλείο position του πίνακα των tools. Δημιουργήστε σταθερά για το for loop κάνοντας δεξί κλικ στον ακροδέκτη count και επιλέξτε create constant. Δώστε στη σταθερά την τιμή 100, για να εκτελεστεί το loop εκατό φορές. Δημιουργήστε ένα δείκτη στον ακροδέκτη iteration και δώστε του την ετικέτα loop number.
4. Τρέξτε το πρόγραμμα. Αν κάνετε απλό run continuously, δεν θα προλαβαίνετε να βλέπετε τις αλλαγές των αριθμών στο front panel. Έτσι, κάνετε πρώτα highlight execution στη γραμμή εργαλείων του block diagram και στη συνέχεια κάνετε run continuously. Στο front panel πρέπει να βλέπετε να αυξάνει ο loop counter κατά 1 από 0 έως 99 (δηλαδή 100 επαναλήψεις) και να εμφανίζεται τυχαίος αριθμός μεταξύ 0 και 1 σε κάθε επανάληψη. Αποθηκεύστε το VI, που δημιουργήσατε.
5. Επαναλάβετε το δεύτερο βήμα.

6. Τοποθετήστε το while loop στο block diagram, έτσι ώστε η συνάρτηση random number να εσωκλείεται στο while loop. Αλλάξτε το μέγεθος του loop με το εργαλείο position του πίνακα των tools. Δημιουργήστε έλεγχο στον ακροδέκτη conditional, κάνοντας δεξί κλικ πάνω του και επιλέγοντας create control. Θα εμφανιστεί boolean μεταβλητή στο block diagram και ταυτόχρονα πλήκτρο on/off στο front panel. Αυτό θα χρησιμοποιηθεί, για να σταματήσουν οι επαναλήψεις του loop, ενώ θα τρέχει. Δημιουργήστε δείκτη στον ακροδέκτη iteration και δώστε του την ετικέτα loop number.
7. Για να τρέξετε το πρόγραμμα, χρησιμοποιήστε το εργαλείο operate value από τον πίνακα των tools, για να θέσετε το τετράγωνο πλήκτρο του front panel στη θέση on. Κάνετε highlight execution στη γραμμή εργαλείων του block diagram και στη συνέχεια κάνετε run continuously. Στο front panel πρέπει να βλέπετε να αυξάνει ο loop counter κατά 1, έως ότου θέσετε το τετράγωνο πλήκτρο στη θέση off. Αυτό προκαλεί τον ακροδέκτη conditional να αλλάξει σε false και το while loop διακόπτεται. Αποθηκεύστε το VI που δημιουργήσατε.

1. Πόσες και ποιες δομές υπάρχουν στο LabVIEW;
2. Περιγράψτε τους ακροδέκτες for loop.
3. Περιγράψτε τους ακροδέκτες while loop.

Ερωτήσεις

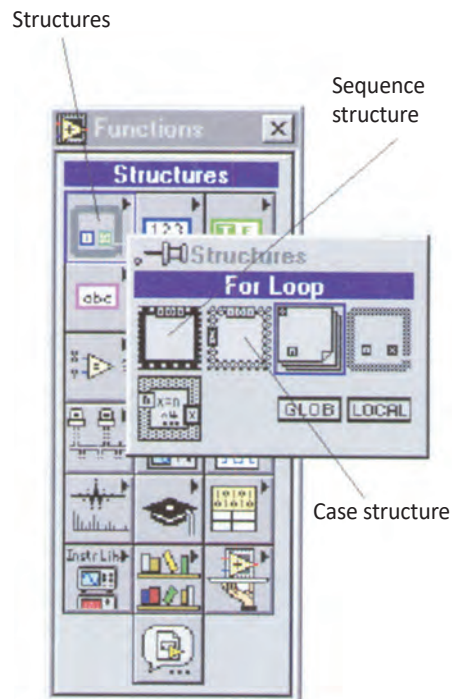
Άσκηση 21

Διαχείριση Δομών στο LabVIEW (II)

Αντικείμενα 1. Παρουσίαση και μελέτη των δομών case και sequence.

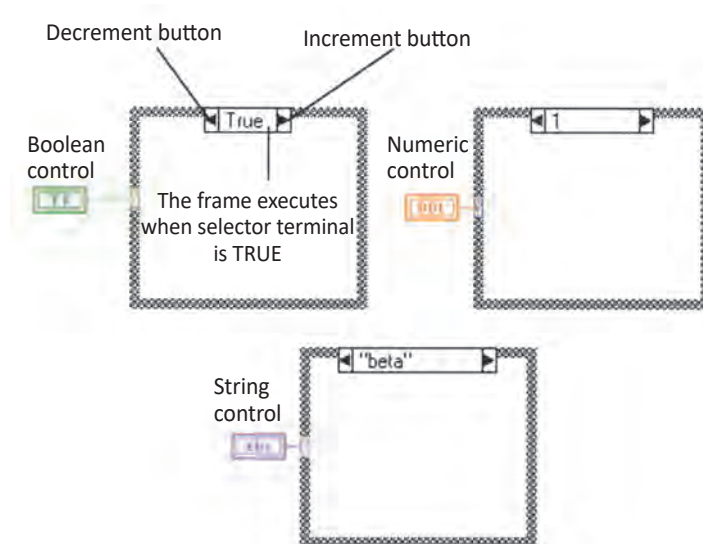
Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού Θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα LabVIEW.

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις Με την **case structure** εκτελούνται τα υποθετικά μέρη ενός προγράμματος. Και η case structure και η sequence structure βρίσκονται στον πίνακα των functions κάτω από τον υποπίνακα των structures, όπως φαίνεται και στο σχήμα A.21.1.

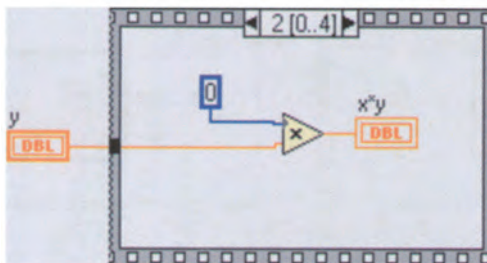


Σχ. A.21.1. Case και sequence structures

Όπως με τα for και while loops, έτσι και με την case structure μπορεί κάποιος να σύρει το εικονίδιο στο block diagram και να εσωκλείσει όλα τα επιθυμητά αντικείμενα μέσα σε αυτό ή να το τοποθετήσει στο block diagram, να του αλλάξει το μέγεθος, αν είναι απαραίτητο και να φέρει τα αντικείμενα μέσα σε αυτό. Η case structure μπορεί να έχει πολλά υποδιαγράμματα (subdiagrams), τα οποία διαχειρίζεται ως ομάδα καρτών, από τις οποίες μόνο μία είναι ορατή κάθε φορά. Στην κορυφή της case structure βρίσκεται ο diagram identifier, ο οποίος μπορεί να είναι numeric, Boolean, string, ή numerated τύπος ελέγχου. Enumerated τύπος ελέγχου είναι μη προσημασμένο byte ή μη προσημασμένη λέξη. Ο diagram identifier εμφανίζει τις τιμές, που προκαλούν την εκτέλεση του αντίστοιχου υποδιαγράμματος. Για την εμφάνιση άλλων υποδιαγραμμάτων, κάνετε κλικ στο αριστερό πλήκτρο μείωσης (decrement) ή στο δεξιό πλήκτρο αύξησης (increment). Η ετικέτα επιλογής (selector label) αυτόματα προσαρμόζεται στον τύπο των δεδομένων εισόδου. Για παράδειγμα, στο σχήμα A.21.2 φαίνονται τρία είδη εισόδων (boolean, numeric, string), για τα οποία η ετικέτα επιλογής έχει αυτόματα τροποποιηθεί.



Σχ. A.21.2. Boolean, numeric και string case structures



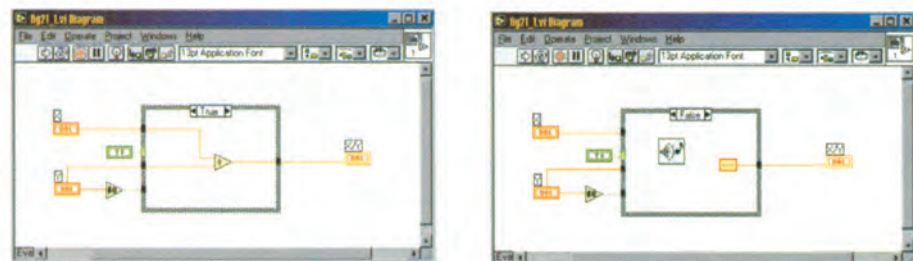
Σχ. A.21.3. Sequence structure

Η **sequence structure** (σχήμα A.21.3) εκτελεί διαδοχικά υποδιαγράμματα, τα οποία μοιάζουν με frames (πλαίσια) φιλμ, οπότε και είναι γνωστά ως **frames**. Η σειρά, με την οποία εκτελούνται τα στοιχεία προγράμματος, ονομάζεται **έλεγχος ροής** (control flow). Ο κώδικας, που πρέπει να εκτελεστεί πρώτα, τοποθετείται στο εσωτερικό του sequence structure frame 0(0...x), ο κώδικας, που πρέπει να εκτελεστεί δεύτερος, τοποθετείται στο εσωτερικό του frame 1(0...x) κ.ο.κ. Το (0...x) παριστάνει την έκταση των frames στη sequence structure. Μόνο όταν εκτελεστεί και το τελευταίο frame, φεύγουν τα δεδομένα από τη structure. Όπως και στη case structure μόνο ένα frame είναι ορατό κάθε φορά. Κάνοντας κλικ στα βέλη στο πάνω μέρος μπορεί κάποιος να μεταβεί στα άλλα frames. Νέα frames δημιουργούνται κάνοντας δεξί κλικ στην επιφάνεια της structure και επιλέγοντας add frame after ή add frame before.

Είναι χρήσιμο να μπορεί κάποιος να ελέγχει και να θέτει τον κατάλληλο χρονισμό στην εκτέλεση ενός VI. Η χρήση των συναρτήσεων wait (ms) και tickcount (ms), που βρίσκονται στον πίνακα των functions και τον υποπίνακα time& dialog, σε συνδυασμό με τη sequence structure, βοηθά σε αυτό. Η συνάρτηση **wait** αναγκάζει το VI να περιμένει για μερικά msecs, πριν συνεχίσει την εκτέλεση. Η συνάρτηση **tickcount** χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του χρόνου λειτουργίας.

Διαδικασία

1. Θα δημιουργήσετε VI, που υπολογίζει το λόγο δύο αριθμών. Αν ο παρονομαστής είναι μηδέν, το VI θα δίνει άπειρο στην έξοδο στο front panel και θα προκαλεί ήχο beep. Αν ο παρονομαστής δεν είναι μηδέν, ο λόγος θα υπολογίζεται και θα εμφανίζεται το αποτέλεσμα στο front panel.
2. Ανοίξετε νέο VI. Προσθέστε δύο digital controls στο front panel. Δώστε τους τις ετικέτες X και Y, που αντιστοιχούν στον αριθμητή και παρονομαστή αντίστοιχα του λόγου. Προσθέστε, επίσης, digital indicator, που θα εμφανίζει το αποτέλεσμα της διαίρεσης και δώστε του την ετικέτα X/Y. Προσθέστε case structure στο block diagram και δημιουργήστε boolean control στην ετικέτα επιλογής, όπως φαίνεται στο σχήμα A.21.4.



Σχ. A.21.4. Οι δύο περιπτώσεις του προβλήματος

3. Προσθέστε και καλωδιώστε τα υπόλοιπα στοιχεία του σχήματος A.21.4, για να δημιουργήσετε ολόκληρο το VI. Μετακινηθείτε χρησιμοποιώντας τα βέλη στα αριστερά και τα δεξιά του δείκτη περίπτωσης. Η συνάρτηση `not equal to 0?`, που επιλέγεται από τον πίνακα των functions και τον υποπίνακα comparison, ελέγχει αν ο παρονομαστής είναι μηδέν. Η συνάρτηση αυτή επιστρέφει true, αν ο παρονομαστής δεν είναι μηδέν. Η συνάρτηση divide, που επιλέγεται από τον πίνακα των functions και τον υποπίνακα numeric, επιστρέφει το λόγο του αριθμητή προς τον παρονομαστή. Η σταθερά του θετικού απείρου, που επιλέγεται από τον πίνακα των functions, τον υποπίνακα numeric και στη συνέχεια additional numeric constants, δηλώνει, ότι έχει γίνει διαίρεση με το μηδέν. Η συνάρτηση beep.vi, που επιλέγεται από τον πίνακα functions και τον υποπίνακα advanced, εισάγει ήχο, όταν έχει γίνει διαίρεση με το μηδέν.
4. Τρέξτε το VI με απλό run από τη γραμμή εργαλείων, αφού χρησιμοποιήσετε highlight execution, για να παρατηρήσετε, πως αλλάζει η case structure ανάλογα με τον εκάστοτε παρονομαστή.

1. Περιγράψτε τη λειτουργία case structure.
2. Περιγράψτε τη λειτουργία sequence structure.

Ερωτήσεις

Άσκηση 22

Strings, Γραφήματα και Διαγράμματα στο LabVIEW

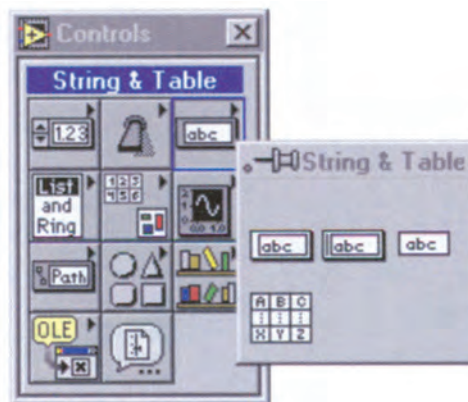
- Αντικείμενα**
1. Εισαγωγή στη χρήση των strings στις εφαρμογές με το LabVIEW.
 2. Χρήση γραφημάτων (graphs) και διαγραμμάτων (charts) στα VIs.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

Θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα LabVIEW.

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

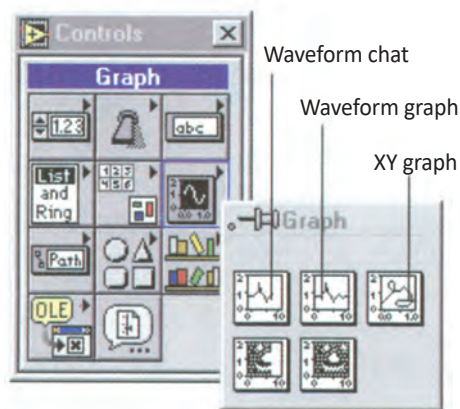
Το **string** είναι ακολουθία χαρακτήρων, εμφανιζόμενων ή μη. Τα strings χρησιμοποιούνται συνήθως σε κείμενα ASCII. Στο LabVIEW, χρησιμοποιούνται και στον έλεγχο οργάνων, όταν αριθμητικά δεδομένα μεταδίδονται ως strings χαρακτήρων και μετά μετατρέπονται πάλι σε αριθμούς. Επίσης, χρησιμοποιούνται στην αποθήκευση αριθμητικών δεδομένων, όπου οι αριθμοί μετατρέπονται, πρώτα, σε strings και, μετά, γράφονται σε αρχείο στο δίσκο. Τα strings βρίσκονται κάτω από τον υποπίνακα string & table του πίνακα των controls, όπως φαίνεται στο σχήμα A.22.1.



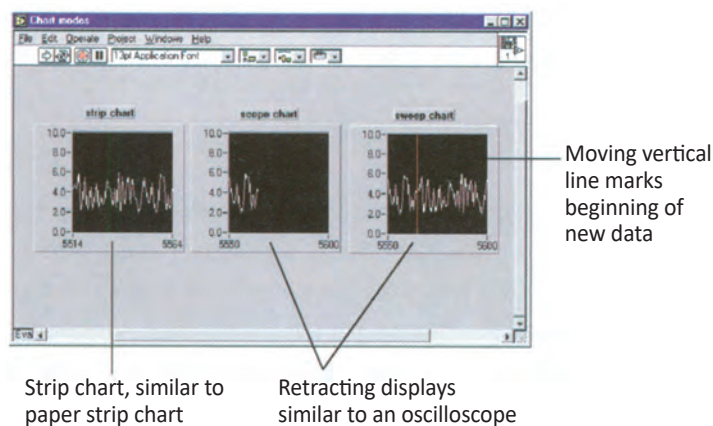
Σχ. A.22.1. Ο υποπίνακας string & table

Για την εισαγωγή και την αλλαγή κειμένου μέσα σε string control χρησιμοποιούνται τα εργαλεία edit text και operate value του πίνακα των tools. Το μέγεθος αλλάζει με το εργαλείο position του πίνακα των tools. Οι χαρακτήρες στα strings παριστάνονται εσωτερικά σε μορφή ASCII. Οι κώδικες ASCII είναι δυνατό να εμφανιστούν σε δεκαεξαδική μορφή επιλέγοντας hex display με δεξί κλικ πάνω στο string. Επίσης, μπορεί να επιλεγθεί και εμφάνιση password, επιλέγοντας password display με δεξί κλικ. Τότε εμφανίζονται μόνο αστερίσκοι στο front panel του string. Αυτό επιτρέπει την υλοποίηση συστήματος ασφαλείας, πριν την εκτέλεση VI.

Τα γραφήματα (**graphs**) και τα διαγράμματα (**charts**) χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των δεδομένων σε γραφική μορφή. Τα γραφήματα διαφέρουν από τα διαγράμματα. Τα γραφήματα απλά χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των δεδομένων σε μορφή φιλική προς το χρήστη, όπως το γράφημα x-y. Το waveform chart είναι ειδικός δείκτης, που βρίσκεται στον υποπίνακα graph του πίνακα των controls, όπως φαίνεται στο σχήμα A.22.2. Υπάρχει μόνο ένα είδος waveform chart το οποίο, όμως, έχει τρεις διαφορετικούς τρόπους παρουσίασης των δεδομένων: το **strip chart**, το **scope chart** και το **sweep chart**, όπως φαίνεται στο σχήμα A.22.3.



Σχ. A.22.2. Graphs και charts στον υποπίνακα graph

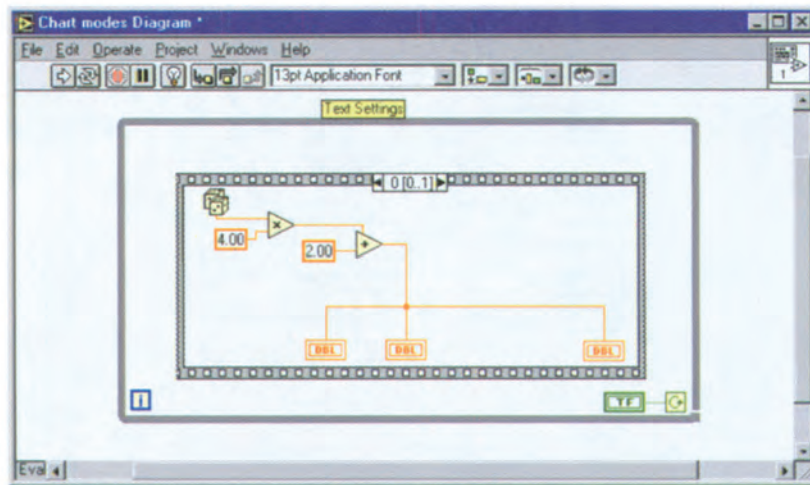


Σχ. A.22.3. Οι τρεις τρόποι παρουσίασης του waveform chart

Το strip chart έχει οθόνη, που κυλάει προς τα αριστερά, όταν έρχονται τα δεδομένα. Τα πιο αριστερά σημεία χάνονται και προστίθενται νέα σημεία στα δεξιά. Το scope και το sweep chart μοιάζουν περισσότερο με τον παλμογράφο, ενώ τρέχουν και πιο γρήγορα από το strip chart. Τα waveform charts απεικονίζουν μονά και πολλαπλά ίχνη. Για τη δημιουργία απλού waveform chart, απλά καλωδιώνεται η έξοδος με το waveform chart.

Το waveform graph είναι δείκτης, που απεικονίζει μια ή περισσότερες σειρές δεδομένων. Υπάρχουν δύο τύποι: τα **waveform graphs** και τα **XY graphs**. Λειτουργικά είναι διαφορετικοί, αλλά φαίνονται το ίδιο στο front panel. Τα waveform charts σχεδιάζουν απλές συναρτήσεις, ενώ τα XY graphs σχεδιάζουν δύο ανεξάρτητες μεταβλητές τη μία ως προς την άλλη.

- Διαδικασία**
1. Θα γνωρίσετε τις διαφορές ανάμεσα στα strip charts, scope charts και sweep charts. Ανοίξτε νέο VI. Προσθέστε στο front panel τρία waveform charts, όπως φαίνεται στο σχήμα A.22.3. Δώστε τους τις ετικέτες strip chart, scope chart και sweep chart.



Σχ. A.22.4. Block diagram της άσκησης

2. Προσθέστε στο block diagram while loop, όπως φαίνεται στο σχήμα A.22.4. Κάνετε δεξί κλικ στον ακροδέκτη conditional και επιλέξτε create control. Αυτός δηλώνει, αν η εκτέλεση του κώδικα στο εσωτερικό του loop μπορεί να τερματιστεί ή όχι.
3. Στο εσωτερικό του while loop προσθέστε sequence structure. Προσθέστε ένα ακόμη frame στο υπάρχον κάνοντας δεξί κλικ στην άκρη της sequence structure και επιλέγοντας add frame after. Χρησιμοποιώντας τα βέλη στα άκρα του frame indicator γυρίστε στο frame 0.

4. Συμπληρώστε και καλωδιώστε το εσωτερικό της sequence structure στο frame 0, όπως φαίνεται στο σχήμα A.22.4. Όλες οι συναρτήσεις, που εμφανίζονται, βρίσκονται στον πίνακα των functions και στον υποπίνακα numeric.
5. Στο frame 1 προσθέστε συνάρτηση wait. Προσθέστε σταθερά στην είσοδο της συνάρτησης και δώστε σ' αυτή την τιμή 50. Αυτό σημαίνει, ότι τα διαγράμματα θα δείχνουν νέα δεδομένα κάθε 50msecs.
6. Κάνετε δεξί κλικ σε καθένα από τα διαγράμματα στο front panel. Επιλέξτε data operations, στη συνέχεια update mode και strip για το πρώτο διάγραμμα, scope για το δεύτερο και sweep για το τρίτο.
7. Κάνετε απλό run από τη γραμμή εργαλείων. Πατήστε πρώτα On στο front panel για να μην σταματήσει αμέσως το τρέξιμο. Παρατηρήστε τους τρεις διαφορετικούς τρόπους απεικόνισης των δεδομένων.

1. Πόσα και ποια είδη γραφημάτων γνωρίζετε;
2. Πόσα και ποια είδη διαγραμμάτων γνωρίζετε;

Ερωτήσεις

Άσκηση 23

Το Καταγραφικό Logger-IV και οι Λειτουργίες του

- Αντικείμενα**
1. Γνωριμία με το καταγραφικό Logger-IV παρουσιάζοντας όλες τις λειτουργίες του.
 2. Περιγραφή των χαρακτηριστικών του καταγραφικού, ρύθμιση των απαιτούμενων παραμέτρων του και λειτουργία του ως αυτόνομη συσκευή για τη λήψη και καταγραφή μετρήσεων.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Το **Logger-IV** είναι ελεγκτής θερμοκρασίας και τάσης (δύο εισόδων) με έλεγχο άνω και κάτω ορίου σε κάθε είσοδο. Έχει τη δυνατότητα καταγραφής των τιμών των εισόδων του ανά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, να γράφει τα δεδομένα σε τοπική μνήμη και να μεταδίδει τα στοιχεία του σε υπολογιστή, όποτε αυτό ζητηθεί. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικιλία εφαρμογών μέτρησης και ελέγχου. Καρδιά του συστήματος είναι ο μικροϋπολογιστής **PIC16C711**, ο οποίος διαθέτει ενσωματωμένους μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.

Η συσκευή διαθέτει δύο εισόδους. Η μία μετρά θερμοκρασία ανά δύο βαθμούς Κέλβιν, με τη βοήθεια ενός LM335, και η άλλη τάσεις από 0 έως 5V dc ανά 20mV. Η πλακέτα αντέχει θερμοκρασία 40°C. Η συσκευή διαθέτει 3 πλήκτρα, 2 ενδεικτικά led για την απεικόνιση της αποστολής και λήψης δεδομένων μέσω της σειριακής θύρας της συσκευής και μια οθόνη LCD μιας γραμμής των 18 χαρακτήρων. Η συσκευή δέχεται τροφοδοσία 5V dc.

Η μεταβολή της τάσης εισόδου στην αναλογική είσοδο μέτρησης τάσης επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ποτενσιόμετρου το οποίο είναι τοποθετημένο στην πρόσοψη της συσκευής. Έτσι, δεν είναι απαραίτητη η χρήση εξωτερικού τροφοδοτικού, για να δώσει είσοδο στο αναλογικό κανάλι μέτρησης τάσης της συσκευής. Η μεταβολή της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται με τη θέρμανση ακρο-

δέκτη, ο οποίος βρίσκεται στο αριστερό μέρος της συσκευής και εφάπτεται με το ολοκληρωμένο LM355, το οποίο μετατρέπει τη θερμοκρασία σε τάση, έτσι ώστε να μπορεί να μετρηθεί η τιμή της θερμοκρασίας από το αναλογικό κανάλι μέτρησης θερμοκρασίας.

Το Logger-IV διαθέτει τρεις τρόπους λειτουργίας:

- α) Δοκιμαστικό σειριακής επικοινωνίας με υπολογιστή
- β) Καταγραφικό σε αυτόνομη λειτουργία (stand alone mode)
- γ) Καταγραφικό σε σύνδεση με υπολογιστή (on line mode)

► Δοκιμαστικό σειριακής επικοινωνίας με υπολογιστή

Πολλές φορές, όταν επιχειρούμε να γράψουμε πρόγραμμα στον υπολογιστή, για να στέλνει χαρακτήρες, μέσω της σειριακής θύρας, προς εξωτερική συσκευή ελέγχου ή δεύτερο υπολογιστή, είναι απαραίτητο να ξέρουμε, τι εξάγεται από τον υπολογιστή μας. Είναι πολύ πιθανό να μην έχουμε γράψει σωστά το πρόγραμμα και να μην εξάγονται δεδομένα. Στις περιπτώσεις αυτές, είναι πολύ χρήσιμο να υπάρχει δοκιμαστική συσκευή, που να συνδέεται στη σειριακή θύρα του υπολογιστή και να απεικονίζει τα δεδομένα-χαρακτήρες, που στέλνουμε προς τα έξω.

Το Logger-IV μπορεί να λειτουργήσει ως δοκιμαστικό σειριακής επικοινωνίας. Για να τεθεί σε αυτή τη λειτουργία, πρέπει, πριν τροφοδοτηθεί με τάση, να έχουμε τοποθετήσει το βραχυκυκλωτήρα (jumper), που βρίσκεται στο πίσω μέρος της συσκευής. Όταν η συσκευή τροφοδοτηθεί με τάση, τότε στην οθόνη εμφανίζονται τα εισαγωγικά μηνύματα χαιρετισμού και αμέσως μετά η οθόνη σβήνει περιμένοντας δεδομένα από τη σειριακή θύρα του υπολογιστή. **Πάντοτε στη σύνδεση δύο σειριακών συσκευών, η μία από τις δύο πρέπει να είναι κλειστή, όταν τοποθετούμε τα βύσματα του σειριακού καλωδίου.** Όταν όλα τα παραπάνω έχουν γίνει σωστά, η συσκευή μπορεί να απεικονίσει μέχρι 16 συνεχόμενους χαρακτήρες. Όταν η οθόνη γεμίσει, τότε καθαρίζεται και ξεκινά την απεικόνιση των επόμενων χαρακτήρων από τα αριστερά προς τα δεξιά.

Η εξαγωγή χαρακτήρων από τον υπολογιστή προς τη συσκευή μέσω σειριακής επικοινωνίας μπορεί να γίνει είτε με χρήση απλών προγραμμάτων επικοινωνίας, όπως Procom, Norton Terminal, Windows Terminal, TeliX, κ.ά. είτε με πρόγραμμα φτιαγμένο στο **LabVIEW**.

► Καταγραφικό σε αυτόνομη λειτουργία (stand alone mode)

A	Θερμοκρασία	AF	Χρόνος και τρόπος καταγραφής
B	Τάση	EC	Χρόνος και τρόπος καταγραφής
C	Κάτω όριο θερμοκρασίας	EF	Χρόνος και τρόπος καταγραφής
D	Πάνω όριο θερμοκρασίας	0xxx	Μέρες από την αρχή καταγραφής
E	Κάτω όριο τάσης	11.34	Ρολόι, ώρες-λεπτά
F	Πάνω όριο τάσης	34.22	Ρολόι, λεπτά - δευτερόλεπτα
AC	Χρόνος και τρόπος καταγραφής		

Το Logger-IV μετρά συνεχώς τις τιμές των δύο εισόδων του. Ταυτόχρονα η μέτρηση από κάθε είσοδο συγκρίνεται με δύο όρια (άνω και κάτω όριο). Η οθόνη μπορεί να δείξει τις εισόδους ή τα όρια τους, καθώς και τις ρυθμίσεις για το ρυθμό δειγματοληψίας και το ρολόι (πίνακας A.23.1).

Πατώντας το μεσαίο πλήκτρο, καθορίζουμε το τι θα δείχνει η οθόνη. Αν δείχνει κάποιο από τα όρια, πατώντας το αριστερό ή το δεξί πλήκτρο μπορούμε να το κατεβάσουμε ή να το ανεβάσουμε αντίστοιχα. Η επόμενη επιλογή ρυθμίζει τη λειτουργία του Logger-IV ως καταγραφικού στοιχείων.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, εκτός από τη λειτουργία του απλού ελεγκτή, το Logger-IV μπορεί να αποθηκεύει τις τιμές των εισόδων του ανά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Η καταγραφή γίνεται σε μνήμη τύπου EEPROM, η οποία δεν χάνει τα περιεχόμενά της ακόμα και αν κοπεί η τάση τροφοδοσίας. Η μνήμη έχει αρκετό χώρο για 1000 μετρήσεις 2 εισόδων. Έτσι, αν για παράδειγμα μετράτε κάθε 1 λεπτό, μπορούν να καταγραφούν στοιχεία για 16 ώρες και 40 λεπτά, εάν μετράτε κάθε 1 ώρα, θα καταγραφούν στοιχεία για 42 μέρες περίπου. Η καταγραφή είναι κυκλική, δηλαδή, όταν η μνήμη γεμίσει, αρχίζει να γράφει από την αρχή. Με τον τρόπο αυτό, αν κάποιος χρησιμοποιεί το Logger-IV, για να παρακολουθεί μονίμως κάποια εγκατάσταση και συμβεί κάποια ανωμαλία, μπορεί να δει την ιστορία του συμβάντος. Για να ρυθμίσουμε τη λειτουργία καταγραφής, πιέζουμε το μεσαίο πλήκτρο μέχρι να δούμε στην οθόνη κάποιο από τα ζεύγη χαρακτήρων AC, AF, EC, EF. Το αριστερό πλήκτρο αλλάζει τον τρόπο καταγραφής, σύμφωνα με τον πίνακα A.23.2.

AC	All Cyclically Καταγράφει συνεχώς και όταν η μνήμη γεμίσει, συνεχίζει κυκλικά
AF	All Finite. Καταγράφει συνεχώς, αλλά όταν η μνήμη γεμίσει, σταματά η καταγραφή
EC	On Error, Cyclically Καταγράφει κυκλικά, όσο κάποια είσοδος είναι εκτός ορίων
EF	On Error, Finite Καταγράφει κυκλικά, όσο κάποια είσοδος είναι εκτός ορίων, αλλά σταματά, όταν η μνήμη γεμίσει

Π. A.23.2.

Ένδειξη	Χρονικό διάστημα Δειγματοληψίας	Ένδειξη	Χρονικό διάστημα Δειγματοληψίας	Ένδειξη	Χρονικό διάστημα Δειγματοληψίας
1	00:00:15	4	00:02:00	7	00:30:00
2	00:00:30	5	00:05:00	8	01:00:00
3	00:01:00	6	00:15:00		

Π. A.23.3.

Αν το Logger-IV ρυθμιστεί να καταγράφει, όταν οι εισοδοί του είναι εκτός ορίων, κάθε φορά, που οι εισοδοί μπαίνουν ή βγαίνουν από τα όρια, καταγράφεται ο χρόνος και οι τιμές των εισόδων. Όσο οι εισοδοί είναι εκτός ορίων, το σύστημα καταγράφει στον προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Με το δεξί πλήκτρο επιλέγουμε το διάστημα καταγραφής, σύμφωνα με τον πίνακα Α.23.3. 'Ο' σημαίνει να μην γίνεται καταγραφή. Αν αλλάξουμε το χρόνο καταγραφής, ενώ το Logger-IV ήδη γράφει στη μνήμη του, η εγγραφή συνεχίζεται από το ίδιο σημείο της μνήμης με το νέο χρόνο καταγραφής. Η αντιστοιχία ανάμεσα στους χρόνους καταγραφής και στην ένδειξη, δίνεται στον πίνακα Α.23.3. Όταν πιέσουμε και πάλι το μεσαίο πλήκτρο, πηγαίνουμε στην ένδειξη ημερών από την έναρξη της καταγραφής (πίνακας Α.23.1). Το αριστερό και δεξιό πλήκτρο κατεβάζουν την ένδειξη αντίστοιχα. Οι επόμενες δύο ενδείξεις (πίνακας Α.23.2) αφορούν το ρολόι. Μπορούμε να βλέπουμε στην οθόνη, όση ώρα εργάζεται το καταγραφικό, είτε ώρες-λεπτά είτε λεπτά-δευτερόλεπτα. Εδώ τα ακριανά πλήκτρα λειτουργούν λίγο διαφορετικά, το καθένα ανεβάζει την ένδειξη, που βρίσκεται από την πλευρά του.

► Καταγραφικό σε σύνδεση με υπολογιστή (on line mode)

Τα στοιχεία, που καταγράφονται, μπορούν να μεταφερθούν σε προσωπικό υπολογιστή για περαιτέρω επεξεργασία. Το Logger-IV διαθέτει θύρα **RS-232** για σύνδεση με προσωπικό υπολογιστή (PC). Η σύνδεση γίνεται με καλώδιο και βύσματα των 9 επαφών, χωρίς αντιστροφή, δηλαδή ο ακροδέκτης 1 συνδέεται με τον 1, ο 2 με τον 2, κλπ. Με άλλα λόγια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και καλωδιωτική για την κατασκευή του καλωδίου. Αν η σύνδεση γίνει σε θύρα των 25 επαφών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και standard adaptor. Η επικοινωνία έχει τα εξής χαρακτηριστικά: **4800baud rate, 1 stop bit**, δεν διαθέτει bit ισοτιμίας και είναι **half duplex**.

Συνίσταται να γίνεται σύνδεση με ένα από τα δύο μηχανήματα, τον υπολογιστή ή το Logger-IV, σβηστό. Αν, για παράδειγμα, το καταγραφικό είναι σε λειτουργία:

- Συνδέετε το καλώδιο στο Logger-IV και τον υπολογιστή
- Ανάβετε τον υπολογιστή
- Τρέχετε το πρόγραμμα της αρεσκείας σας
- Επιβεβαιώνετε, ότι το πρόγραμμα επικοινωνίας έχει ρυθμιστεί με τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Οι εντολές, που μπορούν να δοθούν από το PC, δείχνονται στον πίνακα Α.23.4.

Εντολή	Περιγραφή
I: Read Inputs	Το καταγραφικό στέλνει την κατάσταση των εισόδων του στον υπολογιστή. Οι εισοδοί στέλνονται ως δύο τριψήφιοι αριθμοί. Π.χ.: I 245 380 (σημαίνει 245 βαθμοί Κέλβιν, 3.8V)
C: Clear Storage Pointer N: Next Value	Οι εντολές αυτές επιτρέπουν τη διαχείριση των στοιχείων, που έχουν αποθηκευτεί στην μνήμη. Ο μικροελεγκτής κρατά εσωτερικά ένα δείκτη προς την επόμενη θέση της μνήμης EEROM, που πρόκειται να διαβαστεί ή να γραφεί. Με την εντολή C, ο δείκτης αυτός παίρνει την τιμή 0, δηλαδή δείχνει στην πρώτη θέση της

	EEPROM. Με την εντολή N, τα στοιχεία, στα οποία δείχνει ο δείκτης, στέλνονται στον υπολογιστή και ο δείκτης προχωρά στην επόμενη θέση. Έτσι, μπορεί κάποιος δίνοντας πρώτα C και μετά N να διαβάσει όλες τις αποθηκευμένες τιμές. Στη μνήμη καταγράφονται είτε τιμές εισόδου, οπότε στέλνονται όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, είτε χρόνοι. Αν η εγγραφή, που διαβάζετε, είναι χρόνος, τότε στέλνεται με τη μορφή: T <μέρες> <ώρες> <λεπτά> <δευτερόλεπτα> Παράδειγμα: T 75 16 22 47 (η καταγραφή έγινε την 75η μέρα και ώρα 16:22:47) Αν δούμε ένδειξη θερμοκρασίας 510 βαθμών (αριθμός, που φυσικά είναι αδύνατο να είναι θερμοκρασία) σημαίνει, ότι φτάσαμε στο τέλος της καταγραφής.
E: Exit, return to local keyboard	Το καταγραφικό επιστρέφει σε λειτουργία τοπικού πληκτρολογίου. Το Logger-IV απαντά Bye και ενεργοποιεί πάλι το τοπικό πληκτρολόγιο.
Sn: Set Interval and start	Επιτρέπει την αρχή της λειτουργίας καταγραφής από τον υπολογιστή. Ο αριθμός n είναι ένας από τους χαρακτηριστικούς αριθμούς των διαστημάτων καταγραφής, όπως αυτός περιγράφεται πιο πάνω. Η πρώτη μέτρηση γίνεται μόλις δοθεί η εντολή. Έτσι, μπορεί να ρυθμιστεί με ακρίβεια η χρονική στιγμή έναρξης.
R: Read RAM W: Write RAM	Με τις εντολές αυτές μπορούμε να ελέγξουμε όλα τα χαρακτηριστικά του καταγραφικού. Δίνοντας: R<hex adr>, όπου <hex adr> η δεκαεξαδική διεύθυνση της θέσης, που θέλουμε να διαβάσουμε, παίρνουμε σαν απάντηση τα δεδομένα, που υπάρχουν σε αυτή τη θέση, πάλι δεκαεξαδικά. Δίνοντας: W<hex adr>hex data>, όπου <hex adr> η δεκαεξαδική διεύθυνση της θέσης, που θέλουμε να γράψουμε και <hex data> τα αντίστοιχα δεδομένα, μπορούμε π.χ. να αλλάξουμε τα όρια, να δούμε την τιμή του δείκτη προς την EEPROM, κλπ.

Π. Α.23.4.

Διαδικασία

1. Συνδέστε προσεκτικά την τροφοδοσία στη συσκευή. Αποφύγετε τους κραδασμούς και τις δονήσεις στη συσκευή.
2. Μην δοκιμάσετε ακόμη επικοινωνία του Logger-IV με τον υπολογιστή (μην κάνετε καμία σύνδεση μέσω του RS-232).
3. Εξοικειωθείτε με τη συσκευή, τα πλήκτρα και τα leds, που διαθέτει. Προσπαθήστε να διακρίνεται το LM335 και τον μικροϋπολογιστή. Παρατηρήστε τον ακροδέκτη, που χρησιμεύει για τη θέρμανση και το ποτενσιόμετρο για τη ρύθμιση της τάσης.

Άσκηση 24

Η Σειριακή Επικοινωνία (I)

1. Εκμάθηση των εντολών, που δέχεται το Logger-IV από τον υπολογιστή μέσω της σειριακής θύρας επικοινωνίας RS-232. **Αντικείμενα**

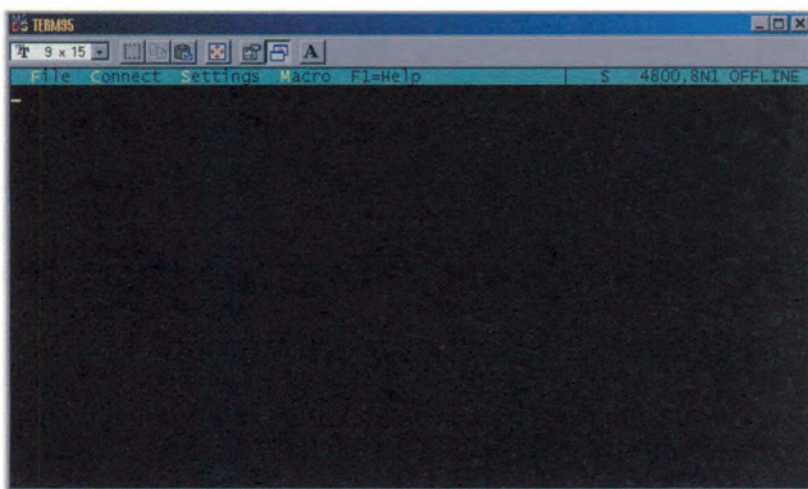
Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV και το πρόγραμμα TERM95.

**Απαιτούμενα
υλικά, όργανα
και εργαλεία
λογισμικού**

Στην άσκηση αυτή θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό TERM95. Το λογισμικό αυτό είναι από τα απλούστερα προγράμματα επικοινωνίας, που μπορούμε να συναντήσουμε στην αγορά. Εδώ, θα το χρησιμοποιήσουμε για επικοινωνία με το καταγραφικό μέσω της θύρας RS-232.

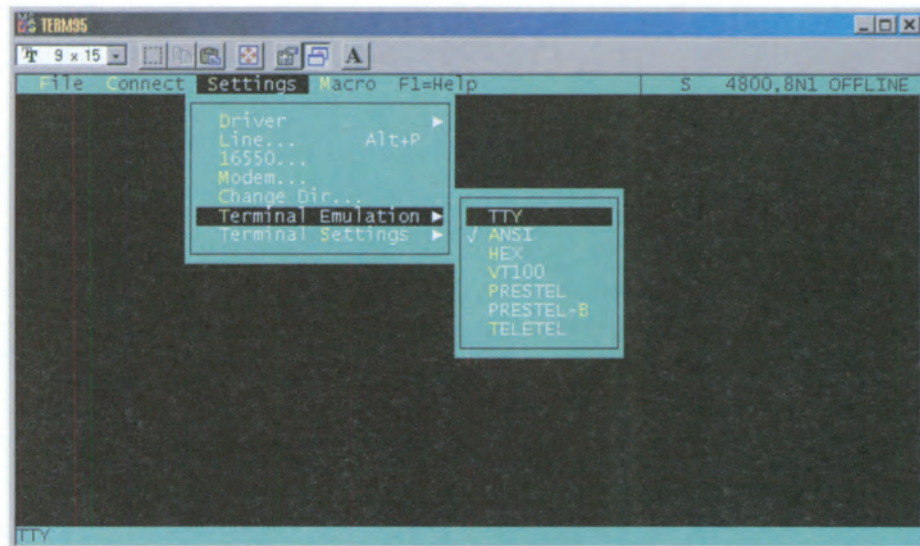
**Απαιτούμενες
θεωρητικές
γνώσεις**

1. Τρέξετε το αρχείο TERM95.exe. Αφού τρέξετε το πρόγραμμα, θα εμφανιστεί παράθυρο όμοιο με αυτό του σχήματος Α.24.1. **Διαδικασία**



Σχήμα Α.24.1.

Οι ρυθμίσεις, που πρέπει να κάνετε, φαίνονται στο σχήμα Α.24.2. Στο σχήμα Α.24.3 φαίνονται οι ρυθμίσεις της επικοινωνίας με το καταγραφικό.



Σχήμα Α.24.2.



Σχήμα Α.24.3.

2. Συνδέστε το καλώδιο της σειριακής επικοινωνίας με το καταγραφικό, αφού πρώτα ελέγξετε, ότι το τελευταίο δεν τροφοδοτείται με τάση.

3. Αφού κάνετε τη σύνδεση του καλωδίου με τον υπολογιστή και το καταγραφικό, συνδέστε τάση στο καταγραφικό. **Προσοχή**, ο βραχυκυκλωτήρας (jumper), που βρίσκεται στο πίσω μέρος της συσκευής, δεν πρέπει να είναι τοποθετημένος.
4. Όταν το καταγραφικό τροφοδοτηθεί με τάση (απουσία του βραχυκυκλωτήρα), τίθεται αυτόματα σε κατάσταση stand alone mode, δηλαδή αυτόνομου καταγραφικού. Για να επικοινωνήσετε μέσω του προγράμματος Term95, αρκεί να πληκτρολογήσετε μερικούς τυχαίους χαρακτήρες (περίπου δέκα γρήγορα κτυπήματα είναι αρκετά), ώστε το καταγραφικό να καταλάβει, πως έρχονται δεδομένα στη σειριακή του θύρα και να γυρίσει σε λειτουργία επικοινωνίας με τον υπολογιστή. Σε αυτή την κατάσταση, απενεργοποιείται το τοπικό πληκτρολόγιο του καταγραφικού (θα επανέλθει μόλις διακόψουμε την επικοινωνία με τον υπολογιστή δίνοντας την εντολή E). **Προσοχή**, αν πληκτρολογείτε, αλλά δεν μπορείτε να δείτε τους χαρακτήρες, που εισάγετε, στο παράθυρο του Term95, τότε δώστε Alt-E (ενεργοποίηση του echo).
5. Δοκιμάστε τις εντολές, που περιγράφονται στην προηγούμενη άσκηση (άσκηση 23).

Άσκηση 25

Η Σειριακή Επικοινωνία (II)

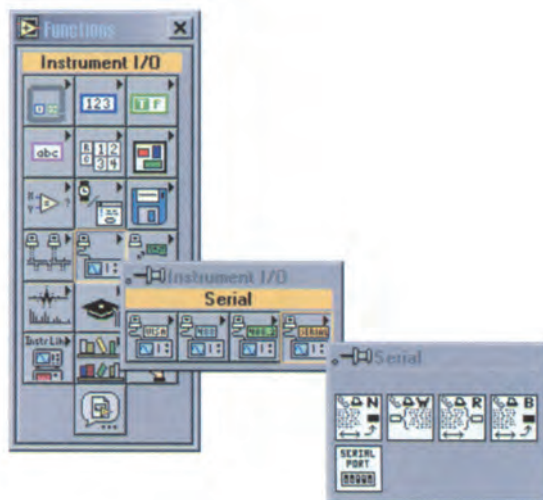
- Αντικείμενα**
1. Κατανόηση των λειτουργιών, που παρέχονται από το LabVIEW για το χειρισμό της σειριακής επικοινωνίας του υπολογιστή με οποιαδήποτε εξωτερική συσκευή.
 2. Εφαρμογή επικοινωνίας μέσω του LabVIEW με το καταγραφικό.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV, το πρόγραμμα LabVIEW και το πρόγραμμα TERM95.

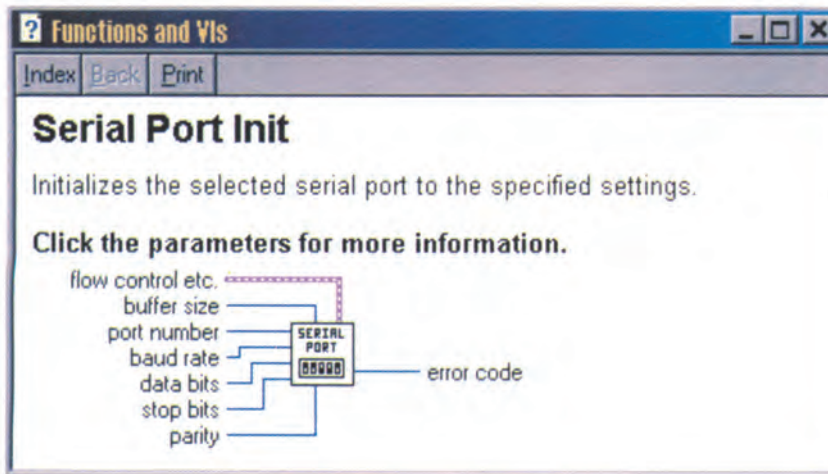
Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις

Το LabVIEW δίνει τη δυνατότητα χειρισμού των σειριακών θυρών του υπολογιστή. Αυτό είναι δυνατό με τη χρήση των πέντε έτοιμων λειτουργιών, που βρίσκονται, όπως δείχνει και το σχήμα A.25.1, στον πίνακα των functions στον υποπίνακα instrument I/O και στην επιλογή serial. Παρακάτω γίνεται επεξήγηση της κάθε λειτουργίας κάνοντας χρήση και του παραθύρου βοήθειας του LabVIEW για περισσότερη εξοικείωση στη χρήση του Help.



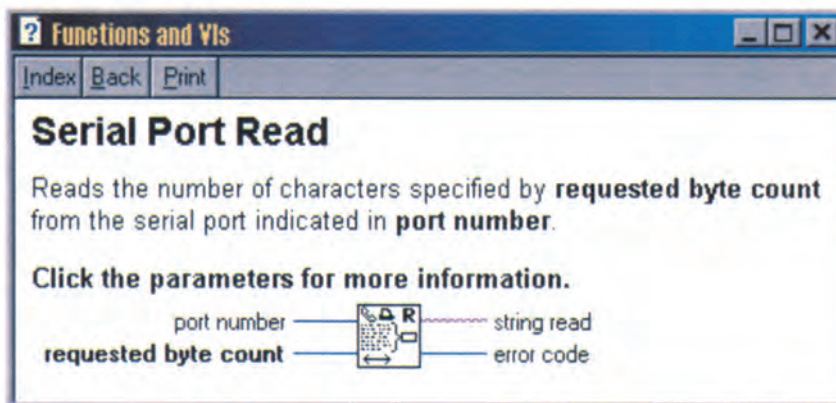
Σχήμα A.25.1.

Το **serial port init** (σχήμα A.25.2) χρησιμοποιείται πάντα, όταν θέλουμε να διαβάσουμε ή να γράψουμε δεδομένα από και προς τη σειριακή θύρα του υπολογιστή.



Σχήμα A.25.2.

Το **buffer size** δηλώνει το μέγεθος μνήμης RAM, που θα αφιερωθεί για την προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων από και προς τη σειριακή θύρα. Ενδεικτικές τιμές είναι από 1024 έως 10240 αλλά και μεγαλύτερες. Το **port number** δηλώνει τον αύξοντα αριθμό της σειριακής θύρας, που θα χρησιμοποιήσουμε. Οι τιμές που δίνουμε μπορεί να είναι κάποια από τις παρακάτω: 0 για COM1, 1 για COM2, 2 για COM3, ..., 8 για COM9. Το **baud rate** δηλώνει το ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων, δηλαδή την ταχύτητα με την οποία τα δεδομένα στέλνονται και λαμβάνονται από τη σειριακή θύρα. Ενδεικτικές τιμές είναι 2400, 4800, 9600 bps. Το **data bits** δηλώνει τον αριθμό των bits των λέξεων, στις οποίες τεμαχίζεται η μετακινούμενη πληροφορία.



Σχήμα A.25.3.

Δέχεται τιμές από 5 έως 8. Το **stop bits** δέχεται την τιμή 0 για ένα stop bit και την τιμή 1 για δύο stop bits. Το **parity** δέχεται την τιμή 0 για μη ισοτιμία, την τιμή 1 για περιττή ισοτιμία και την τιμή 2 για άρτια ισοτιμία. Το **error code** δίνει την τιμή -1, όταν οι παραπάνω παράμετροι είναι εκτός περιοχής κανονικών τιμών, ή όταν η σειριακή θύρα για λόγους του συστήματος δεν μπορεί να αρχικοποιηθεί. Στην έξοδο αυτή μπορούμε να συνδέσουμε τη λειτουργία.

Το **serial port read** (σχήμα A.25.3) χρησιμοποιείται για να διαβάσουμε δεδομένα από τη σειριακή θύρα του υπολογιστή. Τα δεδομένα έρχονται στον buffer, το μέγεθος του οποίου έχουμε ορίσει προηγουμένως, και είναι σε μορφή χαρακτήρων (strings). Αυτό σημαίνει, πως, ακόμη και όταν διαβάζουμε αριθμούς, αυτοί είναι σύμβολα και όχι νούμερα.

Το **port number** δηλώνει τον αύξοντα αριθμό της σειριακής θύρας, από την οποία θα διαβάσουμε τα δεδομένα (βλέπε αντίστοιχη λειτουργία του serial port init). Το **requested byte count** δηλώνει το πλήθος των χαρακτήρων, που θα διαβαστούν από τη σειριακή θύρα. Στην περίπτωση, που δε γνωρίζουμε πόσοι χαρακτήρες έχουν έρθει τη δεδομένη στιγμή στη σειριακή θύρα, τότε χρησιμοποιούμε τη λειτουργία bytes at serial port, για να πάρουμε το τρέχον πλήθος των χαρακτήρων, που έχουν προσέλθει στον buffer. Το **string read** παρέχει τους χαρακτήρες, που διαβάσαμε από τη σειριακή θύρα με τη σειρά με την οποία προσήλθαν στην θύρα. Το error code δηλώνει, πως έχει συμβεί λάθος, όταν είναι διαφορετικό από το μηδέν. Οι κωδικοί λάθους αναφέρονται στον πίνακα A.25.1.

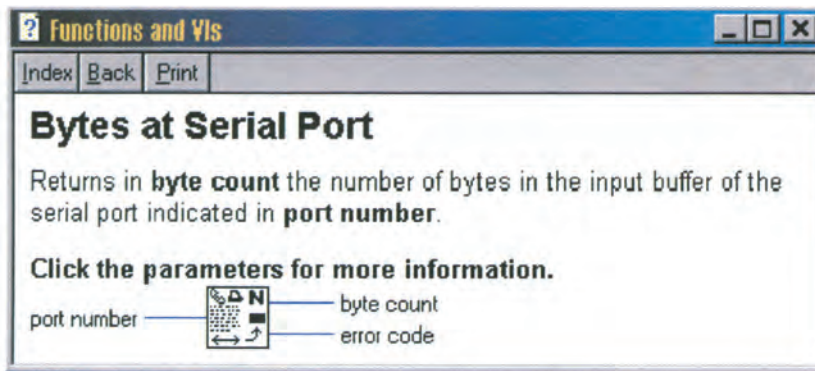
Κωδικός	Όνομα	Περιγραφή
61	EPAN	Σφάλμα ισοτιμίας
62	EORN	Σφάλμα υπερκάλυψης (overflow)
63	EOFL	Σφάλμα υπερχείλισης buffer
64	EFRM	Σφάλμα πλαισίωσης (framing)
65	SPTMO	Μη λήψη των bytes στον προκαθορισμένο χρόνο

Πίνακας A.25.1. Κωδικοί λάθους σειριακής επικοινωνίας

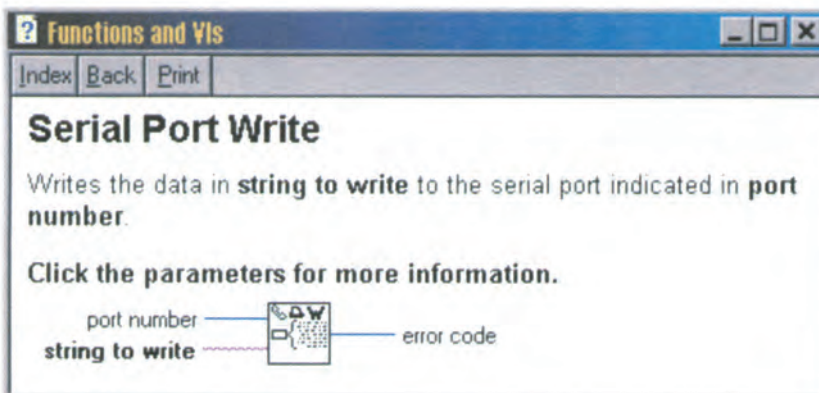
Το **bytes at serial port** (σχήμα A.25.4) παρέχει πληροφορία για το πλήθος των χαρακτήρων, που έχουν συσσωρευτεί στη δεδομένη σειριακή θύρα.

Το **port number** δηλώνει τον αύξοντα αριθμό της σειριακής θύρας από την οποία θα διαβάσουμε τα δεδομένα, όπως και στο serial port init. Το **byte count** δηλώνει το πλήθος των χαρακτήρων, που βρίσκονται προς ανάγνωση στον buffer της δεδομένης σειριακής θύρας. Το **error code** δηλώνει, πως έχει συμβεί λάθος, όταν είναι διαφορετικό από το μηδέν.

Το **serial port write** (σχήμα A.25.5) χρησιμοποιείται, για να γράψουμε δεδομένα στη σειριακή θύρα, δηλαδή, όταν θέλουμε να μεταδώσουμε χαρακτήρες προς το σύστημα, με το οποίο έχουμε συνδεθεί μέσω σειριακής θύρας.



Σχήμα A.25.4.

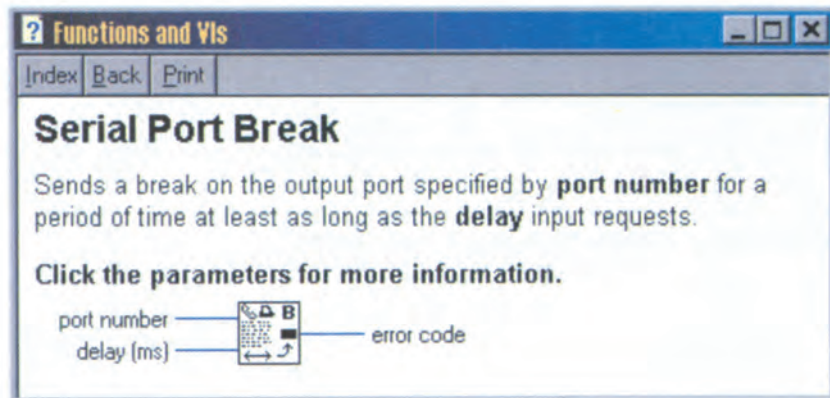


Σχήμα A.25.5.

Το **port number** δηλώνει τον αύξοντα αριθμό της σειριακής θύρας από την οποία θα διαβάσουμε τα δεδομένα, όπως και στο serial port init. Το **string to write** δέχεται τους χαρακτήρες, που θέλουμε να μεταδώσουμε μέσω της σειριακής θύρας. Προσοχή, εδώ χρειάζεται string constant ή string control. Μην ξεχνάμε ότι οι αριθμοί, που εισάγουμε, μετατρέπονται και μεταδίδονται ως χαρακτήρες κι όχι ως νούμερα. Το **error code** δηλώνει, πως έχει συμβεί λάθος, όταν είναι διαφορετικό από το μηδέν.

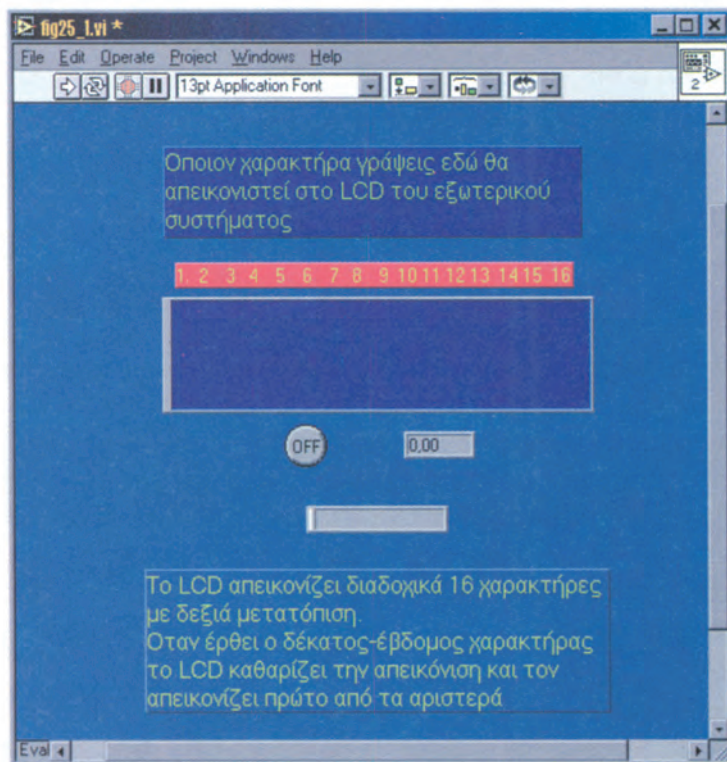
Το **serial port break** (σχήμα A.25.6) διακόπτει την επικοινωνία για τόσο χρόνο όσο απαιτηθεί.

Το **port number** δηλώνει τον αύξοντα αριθμό της σειριακής θύρας, από την οποία θα διαβάσουμε τα δεδομένα, όπως και στο serial port init. Το **delay (ms)** είναι το χρονικό διάστημα σε msecs, που πρέπει να διαρκεί η διακοπή. Το **error code** δηλώνει, πως έχει συμβεί λάθος, όταν είναι διαφορετικό από το μηδέν.

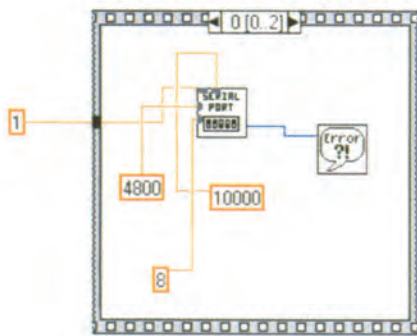


Σχήμα A.25.6.

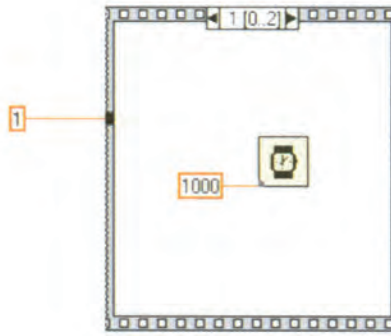
- Διαδικασία** 1. Προσπαθήστε να φτιάξετε στο LabVIEW το front panel του σχήματος A.25.7. Το αντίστοιχο block diagram φαίνεται στο σχήμα A.25.8. Σκοπός είναι να στείλουμε χαρακτήρες από το πληκτρολόγιο μέσω της σειριακής θύρας στο καταγραφικό. Το καταγραφικό πρέπει να τροφοδοτηθεί με το βραχυκυκλωτήρα (jumper) ώστε να λειτουργήσει ως ελεγκτής σειριακής θύρας (ότι διαβάζει από τη σειριακή θύρα θα το απεικονίζει στην οθόνη της συσκευής).



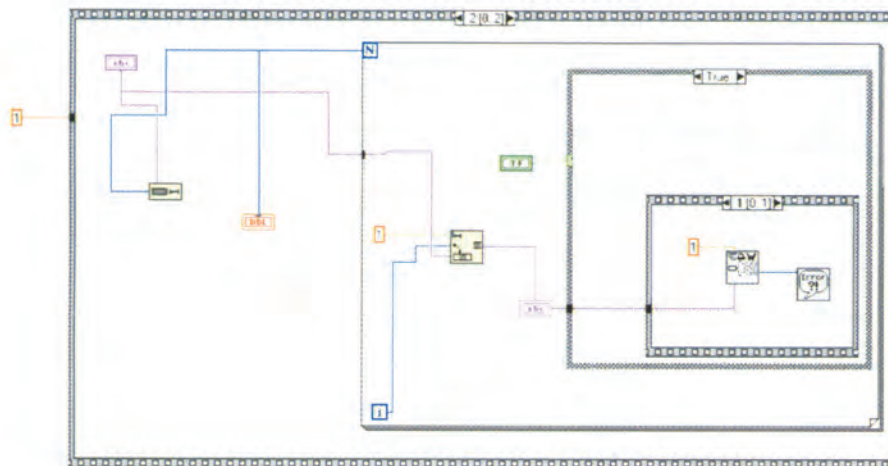
Σχήμα A.25.7.



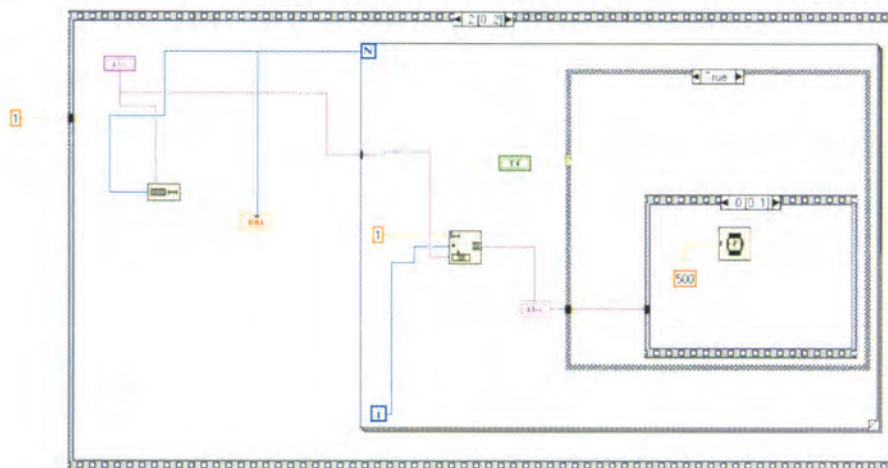
(α)



(β)



(γ)



(δ)



Σχήμα Α.25.8.

2. Όπως έχετε ήδη μάθει, για να βάλετε αριθμό ρουτινών σε χρονική σειρά (δηλαδή πρώτα να εκτελείται η μια, μετά η άλλη, κ.ο.κ.), θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε τη `sequence structure`. Δημιουργήστε όσα `frames` χρειάζεστε. Αν επιθυμείτε να μεσολαβεί κάποιο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών `frames`, τότε δημιουργήστε ενδιάμεσο `frame` και απλά τοποθετήστε μέσα σε αυτό καθυστέρηση `wait`.

Άσκηση 26

Ανάγνωση Μετρήσεων από το Καταγραφικό

1. Ανάγνωση τιμών μετρήσεων, που είτε περιέχονται στην τοπική μνήμη του καταγραφικού, είτε λαμβάνονται από τις εισόδους τη στιγμή που τις ζητάμε.

Αντικείμενα

Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV, το πρόγραμμα LabVIEW και το πρόγραμμα TERM95.

**Απαιτούμενα
υλικά, όργανα
και εργαλεία
λογισμικού**

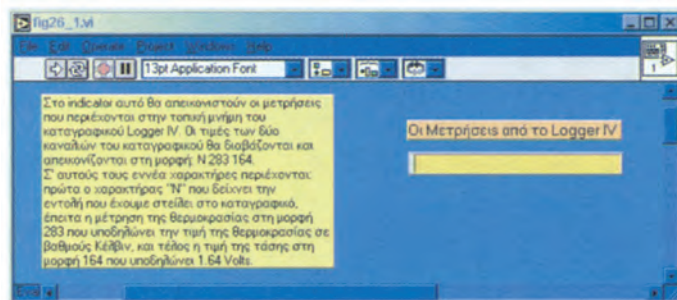
Είναι απαραίτητο να έχετε καταλάβει πλήρως από τις προηγούμενες ασκήσεις τις ενσωματωμένες συναρτήσεις-λειτουργίες της σειριακής θύρας του LabVIEW, αλλά και πως είναι δυνατόν να επικοινωνήσουμε με το καταγραφικό μέσω των εντολών του. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι ανάγνωσης τιμών από το καταγραφικό:

**Απαιτούμενες
θεωρητικές
γνώσεις**

- ▶ Ανάγνωση μετρήσεων, που περιέχονται στις διευθύνσεις της τοπικής μνήμης του καταγραφικού. Οι μετρήσεις αυτές έχουν ληφθεί και αποθηκευτεί στο παρελθόν, όταν το καταγραφικό λειτουργούσε ως αυτόνομο καταγραφικό. Για να διαβάσετε μια μια τις διευθύνσεις της μνήμης και να τις απεικονίσετε, για παράδειγμα σε digital indicator στο front panel, πρέπει να δημιουργήσετε loop (πιθανόν με for loop), μέσα στο οποίο θα εκτελείται διαδοχικά η εντολή N (next value) του καταγραφικού. Την εντολή αυτή θα την δώσετε ως παράμετρο data στη συνάρτηση write serial port του LabVIEW. Στη συνέχεια, πρέπει να βάλετε στο loop τη συνάρτηση read του LabVIEW, ώστε να διαβάσετε αυτό που στέλνει το καταγραφικό.
- ▶ Ανάγνωση τρεχουσών τιμών τάσης και θερμοκρασίας. Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με την πρώτη περίπτωση με τη διαφορά, όμως, μέσα στο loop δεν βάζουμε την εντολή N του καταγραφικού, αλλά την εντολή I, αφού θέλουμε να διαβάσουμε τις τρέχουσες τιμές τάσης και θερμοκρασίας, που έχει εκείνη τη στιγμή το καταγραφικό στις εισόδους του.

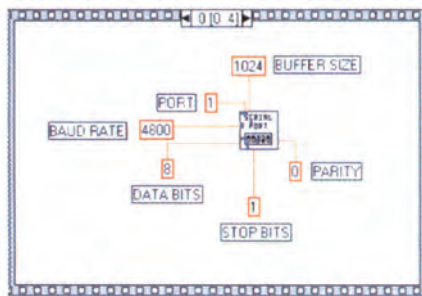
Διαδικασία

1. Πραγματοποιήστε απλό πρόγραμμα στο LabVIEW, το οποίο θα αρχικοποιεί την επικοινωνία με το Logger-IV και στη συνέχεια θα διαβάζει τιμές από το καταγραφικό. Για το σκοπό αυτό, ακολουθείστε την παρακάτω διαδικασία. Δημιουργήστε τη ρουτίνα αρχικοποίησης της σειριακής θύρας. Δημιουργήστε ρουτίνα αποστολής περίπου δέκα τυχαίων χαρακτήρων για την εκκίνηση της σειριακής επικοινωνίας με το καταγραφικό. Δημιουργήστε ρουτίνα, με την οποία από τη στιγμή που έχει αποκατασταθεί η σειριακή επικοινωνία με το καταγραφικό, θα διαβάζει τους χαρακτήρες, που έρχονται από τη σειριακή θύρα του υπολογιστή και αφορούν μετρήσεις παρμένες από το καταγραφικό.
2. Πραγματοποιήστε πρόγραμμα, το οποίο θα υλοποιεί ένα από τους δύο παραπάνω τρόπους ανάγνωσης μετρήσεων από το καταγραφικό με τη βοήθεια του LabVIEW.
3. Όταν επιχειρήσετε να διαβάσετε τα περιεχόμενα της τοπικής μνήμης του καταγραφικού, για να τα αναπαραστήσετε στον υπολογιστή, πριν ξεκινήσετε να δίνετε διαδοχικά την εντολή N προς το καταγραφικό, η οποία θα σας επιστρέφει το περιεχόμενο των διαδοχικών θέσεων της μνήμης του καταγραφικού, πρέπει να δώσετε την εντολή C, αν θέλετε να ξεκινήσετε την ανάγνωση από την πρώτη διεύθυνση της τοπικής μνήμης. Σε άλλη περίπτωση, θα ξεκινήσετε με την ανάγνωση της τελευταίας διεύθυνσης, που χρησιμοποίησε το καταγραφικό, για να αποθηκεύσει δεδομένα (δηλαδή την τρέχουσα τιμή του εσωτερικού δείκτη εγγραφής της μνήμης).
4. Το καταγραφικό απαντά σε μορφή χαρακτήρων. Αυτό σημαίνει, πως, όταν λαμβάνουμε απάντηση του τύπου 283 168, οι τρεις πρώτοι χαρακτήρες αναπαριστούν την τιμή της θερμοκρασίας σε βαθμούς Κέλβιν, ενώ οι τρεις τελευταίοι χαρακτήρες την τιμή της τάσης σε volt. Οι τιμές αυτές δεν είναι αριθμοί, αλλά χαρακτήρες. Αν, μετά την ανάγνωσή τους μέσω της σειριακής θύρας, θέλετε να διαχειριστείτε τους χαρακτήρες αυτούς ως αριθμούς, πρέπει να τους μετατρέψετε κάνοντας χρήση της αντίστοιχης συνάρτησης του LabVIEW στον πίνακα των functions και στον υποπίνακα string & paths. Μπορείτε επίσης να δείτε, με τη βοήθεια του help, τις συναρτήσεις, που παρέχονται για την περικοπή χαρακτήρων από κείμενο, στην περίπτωση, που θέλετε να τεμαχίσετε την ένδειξη 283 168 σε δύο κομμάτια.
5. Μη ξεχνάτε πως κατά τη σύνδεση του υπολογιστή με το καταγραφικό μία εκ των δύο συσκευών, πρέπει να είναι εκτός τροφοδοσίας.

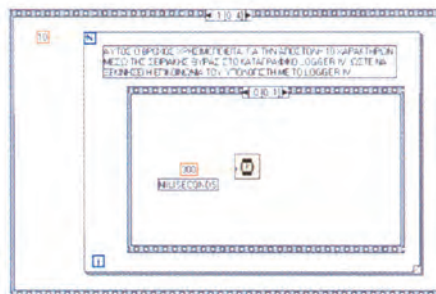


Σχήμα A.26.1.

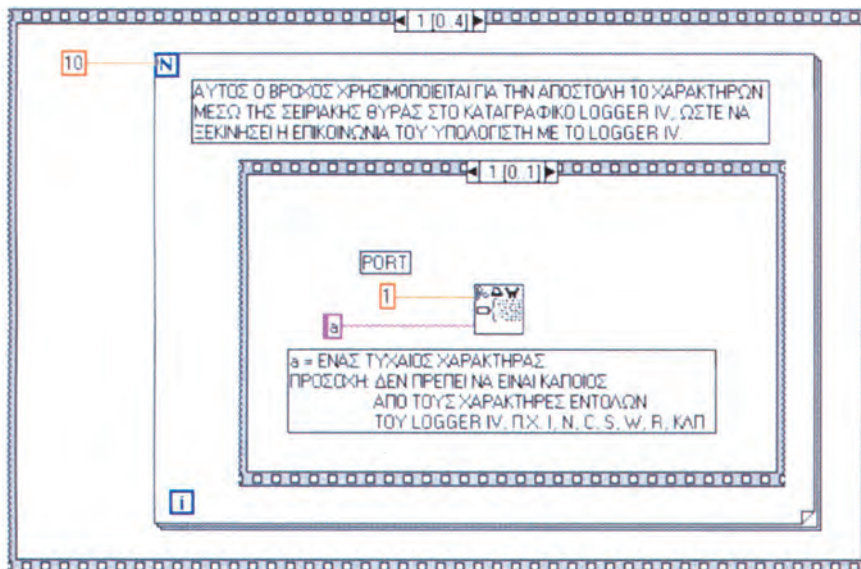
6. Για τη διευκόλυνσή σας παρατίθεται στο σχήμα A.26.1 η μορφή που πρέπει να έχει το front panel και στο σχήμα A.26.2 το αντίστοιχο block diagram.



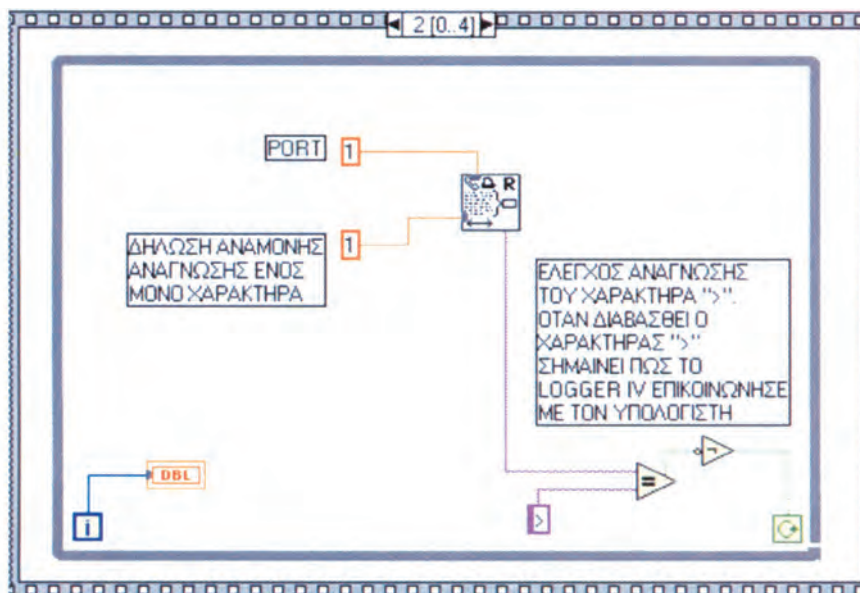
(α)



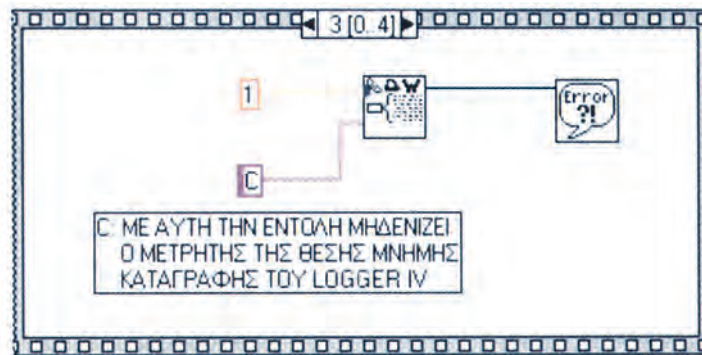
(β)



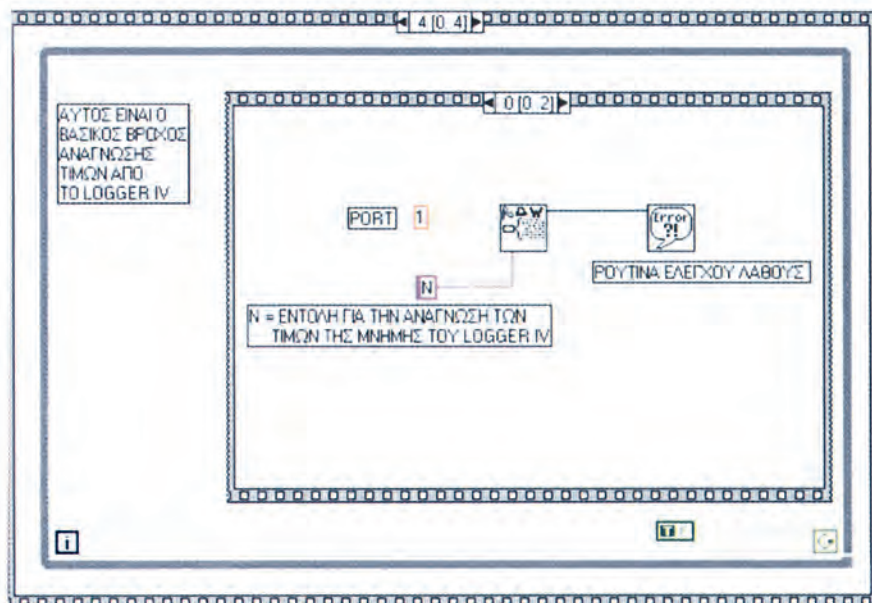
(γ)



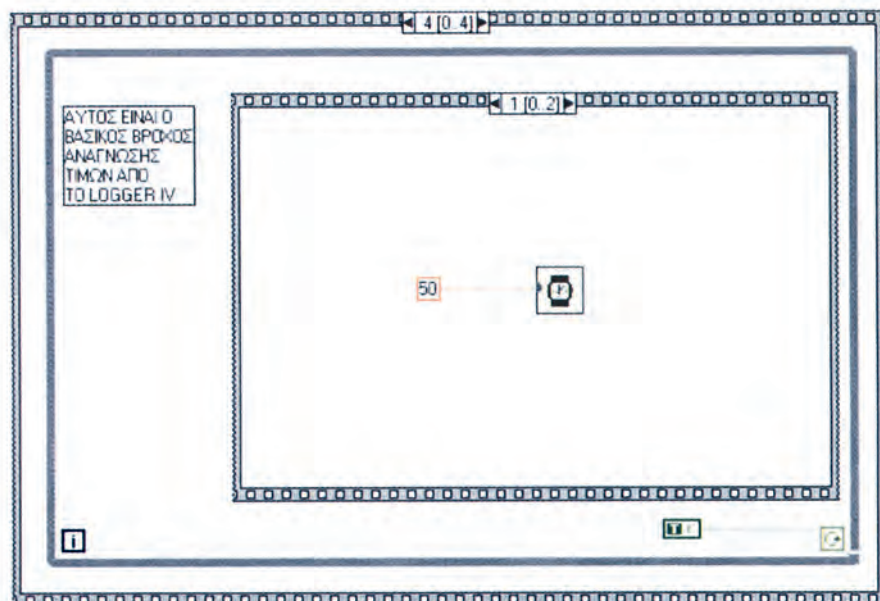
(δ)



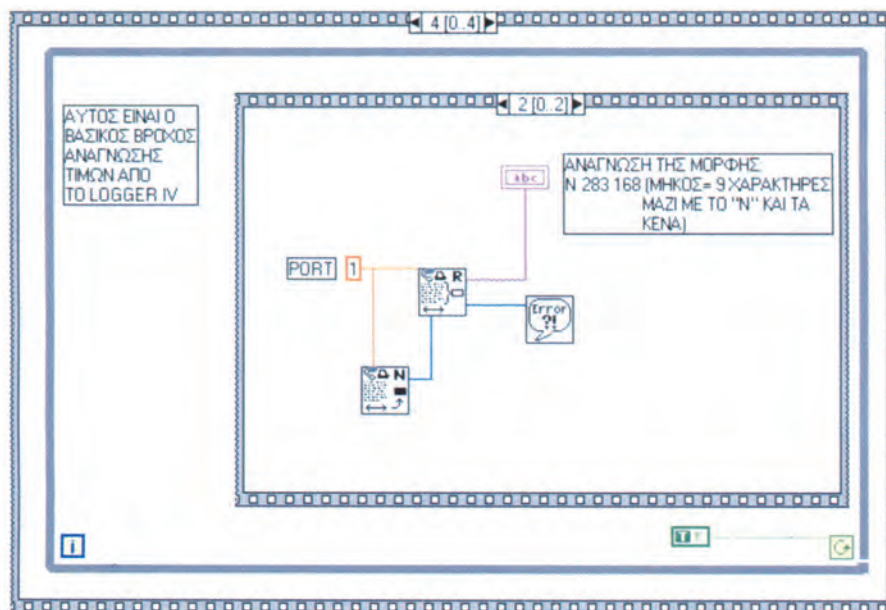
(ε)



(ζ)



(η)



(θ)

Σχήμα Α.26.2.

Άσκηση 27

Η Μνήμη Καταγραφής και ο Ρυθμός Δειγματοληψίας

Αντικείμενα 1. Κατανόηση της σχέσης, που έχει η τοπική μνήμη καταγραφής με το ρυθμό δειγματοληψίας ενός συστήματος.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV, το πρόγραμμα LabVIEW και το πρόγραμμα TERM95.

Απαιτούμενες θεωρητικές γνώσεις Εκτός από τη λειτουργία του σαν απλός ελεγκτής, το Logger-IV μπορεί να αποθηκεύει τις τιμές των εισόδων του ανά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Η καταγραφή γίνεται σε μνήμη τύπου EEPROM, η οποία δεν χάνει τα περιεχόμενά της, ακόμα και αν κοπεί η τάση τροφοδοσίας. Η μνήμη έχει αρκετό χώρο για 1000 μετρήσεις 2 εισόδων (δηλαδή διαθέτει 2000 θέσεις). Έτσι, αν για παράδειγμα μετράτε κάθε ένα λεπτό, μπορούν να καταγραφούν στοιχεία για 16 ώρες και 40 λεπτά, αν μετράτε κάθε μια ώρα, θα καταγραφούν στοιχεία για 42 μέρες περίπου. Η καταγραφή είναι κυκλική, δηλαδή, όταν η μνήμη γεμίσει, αρχίζει να γράφει από την αρχή. Με τον τρόπο αυτό, αν κάποιος χρησιμοποιεί το Logger-IV, για να παρακολουθεί μονίμως κάποια εγκατάσταση και συμβεί κάποια ανωμαλία, μπορεί να δει την ιστορία του συμβάντος.

Η μνήμη, που χρησιμοποιείται στο καταγραφικό, είναι τύπου I²C bus και κωδικού 24LC16B. Έχει μόλις οκτώ pins, από τα οποία χρησιμοποιεί μόλις τα δύο, για να επικοινωνήσει με τον μικροελεγκτή. Διαθέτει χώρο 16kbits και είναι οργανωμένη σε 2048 διευθύνσεις των 8 bits.

Για να ρυθμίσουμε τη λειτουργία καταγραφής, πιέζουμε το μεσαίο πλήκτρο, μέχρι να δούμε στην οθόνη κάποιο από τα ζεύγη χαρακτήρων AC, AF, κλπ. Το αριστερό πλήκτρο αλλάζει τον τρόπο καταγραφής, σύμφωνα με τον πίνακα A.27.1.

Όταν το Logger-IV ρυθμιστεί να καταγράφει, όταν οι είσοδοι του είναι εκτός ορίων, κάθε φορά που οι είσοδοι μπαίνουν ή βγαίνουν από τα όρια, καταγράφεται ο χρόνος και οι τιμές των εισόδων. Όσο οι είσοδοι είναι εκτός ορίων, το σύστημα κατανοεί στο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Με το δεξί πλήκτρο

επιλέγουμε το διάστημα καταγραφής, σύμφωνα με τον πίνακα A.27.2, ενώ 'Ο' σημαίνει να μην γίνεται καταγραφή. Αν αλλάξουμε τον χρόνο καταγραφής, ενώ το Logger-IV ήδη γράφει στην μνήμη του, η εγγραφή συνεχίζεται από το ίδιο σημείο της μνήμης με το νέο χρόνο καταγραφής. Η αντιστοιχία ανάμεσα στους χρόνους καταγραφής και την ένδειξη δείχνεται στον πίνακα A.27.2.

AC	All Cyclically Καταγράφει συνεχώς και όταν η μνήμη γεμίσει, συνεχίζει κυκλικά
AF	All Finite Καταγράφει συνεχώς, αλλά όταν η μνήμη γεμίσει, σταματά η καταγραφή
EC	On Error, Cyclically Καταγράφει κυκλικά, όσο κάποια είσοδος είναι εκτός ορίων
EF	On Error, Finite Καταγράφει κυκλικά, όσο κάποια είσοδος είναι εκτός ορίων, αλλά σταματά όταν η μνήμη γεμίσει

Πίνακας A.27.1.

Ένδειξη	Χρονικό διάστημα Δειγματοληψίας	Ένδειξη	Χρονικό διάστημα Δειγματοληψίας	Ένδειξη	Χρονικό διάστημα Δειγματοληψίας
1	00:00:15	4	00:02:00	7	00:30:00
2	00:00:30	5	00:05:00	8	01:00:00
3	00:01:00	6	00:15:00		

Πίνακας A.27.2.

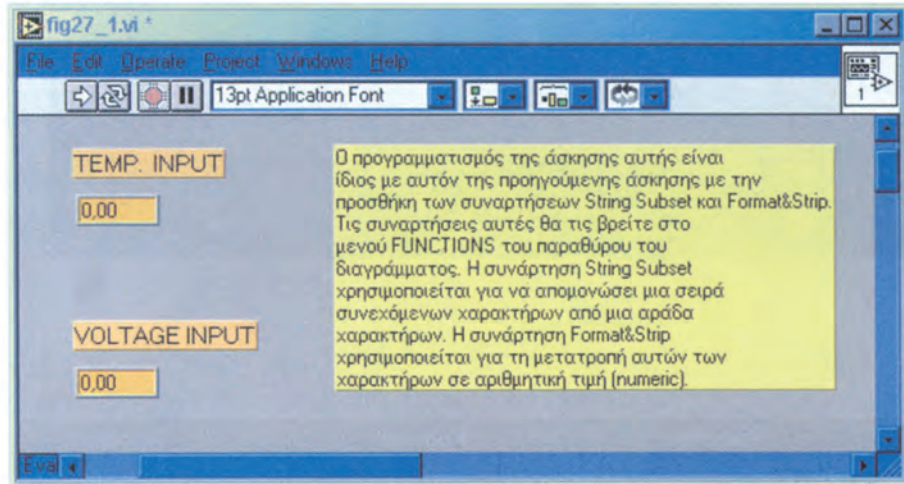
Όταν πιέσουμε πάλι το μεσαίο πλήκτρο, πηγαίνουμε στην ένδειξη ημερών από την έναρξη της καταγραφής. Το αριστερό και δεξιό πλήκτρο κατεβάζουν την ένδειξη αντίστοιχα.

Πρέπει να παρατηρήσουμε, πως μικρά χρονικά διαστήματα καταγραφής (δηλαδή μικρός χρόνος δειγματοληψίας) γεμίζει την τοπική μνήμη πιο γρήγορα από την περίπτωση, που θα χρησιμοποιούσαμε μεγάλο χρόνο δειγματοληψίας.

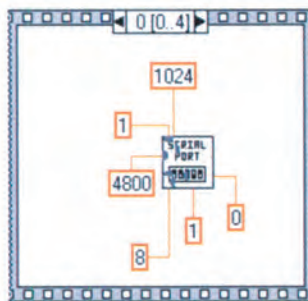
1. Σε κατάσταση αυτόνομου καταγραφικού ρυθμίστε το καταγραφικό για διάφορους χρόνους και τρόπους καταγραφής στην τοπική μνήμη.
2. Αφήστε να περάσει όσος χρόνος κρίνετε απαραίτητο, ώστε το καταγραφικό να συλλέξει μετρήσεις. Κατά τη διάρκεια του χρονικού αυτού διαστήματος μεταβάλλετε τις εισόδους του καταγραφικού, έτσι ώστε να μην μετρά συνεχώς τις ίδιες τιμές στις εισόδους του.

Διαδικασία

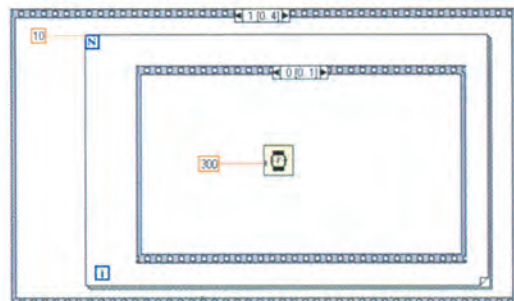
3. Αποσυνδέστε το καταγραφικό από την τάση τροφοδοσίας του και συνδέστε το με τον υπολογιστή.
4. Επιχειρήστε να διαβάσετε με το πρόγραμμα, που υλοποιήσατε στην προηγούμενη άσκηση στο LabVIEW, όλο το περιεχόμενο της μνήμης του καταγραφικού και να γεμίσετε έναν πίνακα με αυτό.
5. Για τη διευκόλυνσή σας παρατίθεται στο σχήμα A.27.1 η μορφή που πρέπει να έχει το front panel και στο σχήμα A.27.2 το αντίστοιχο block diagram.



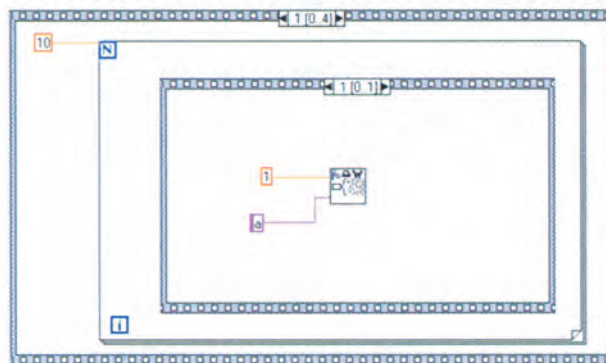
Σχήμα A.27.1.



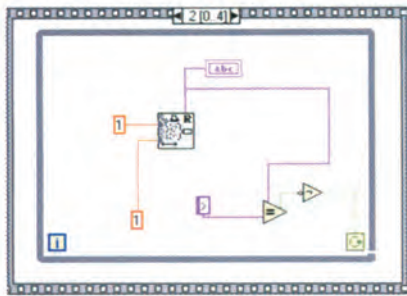
(α)



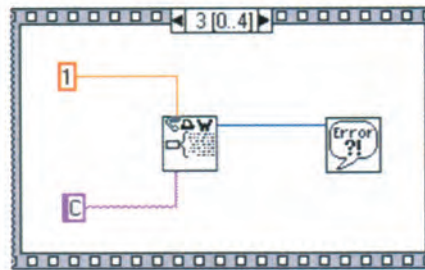
(β)



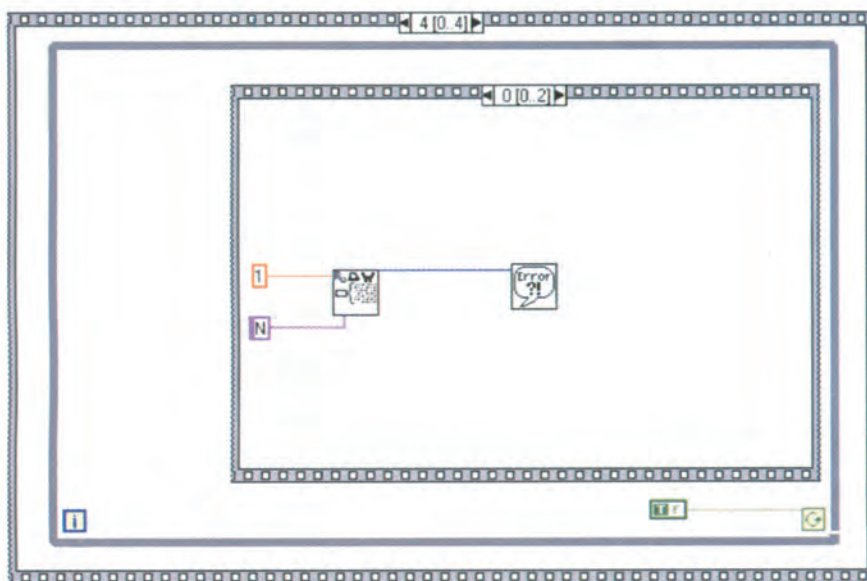
(γ)



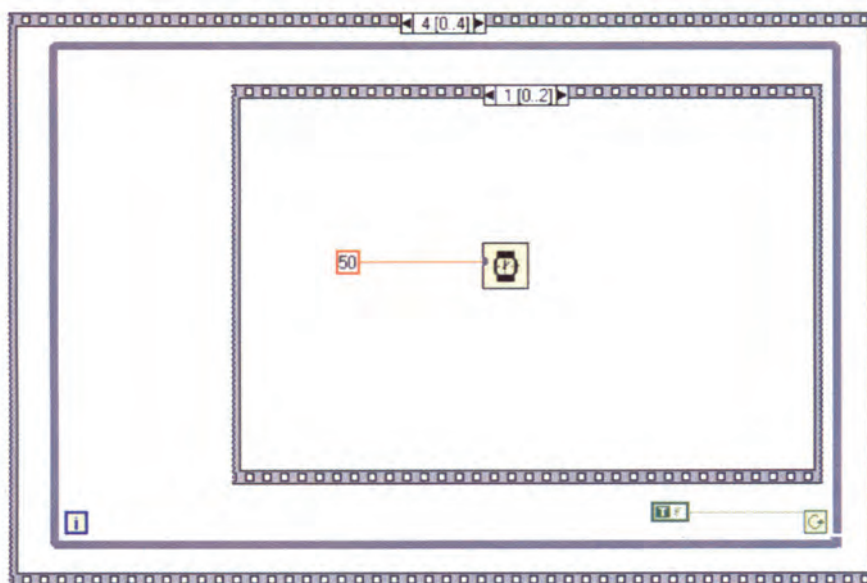
(δ)



(ε)



(ζ)



(η)

(θ)

Σχήμα Α.27.2.

Άσκηση 28

Ψηφιακός Παλμογράφος ενός Καναλιού

1. Δημιουργία ολοκληρωμένης και χρήσιμης εφαρμογής ψηφιακού παλμογράφου. Για μεγαλύτερη ευκολία ο ψηφιακός παλμογράφος θα είναι ενός καναλιού και όχι δύο, όπως συνηθίζεται στην αγορά.

Αντικείμενα

Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV, το πρόγραμμα LabVIEW και το πρόγραμμα TERM95.

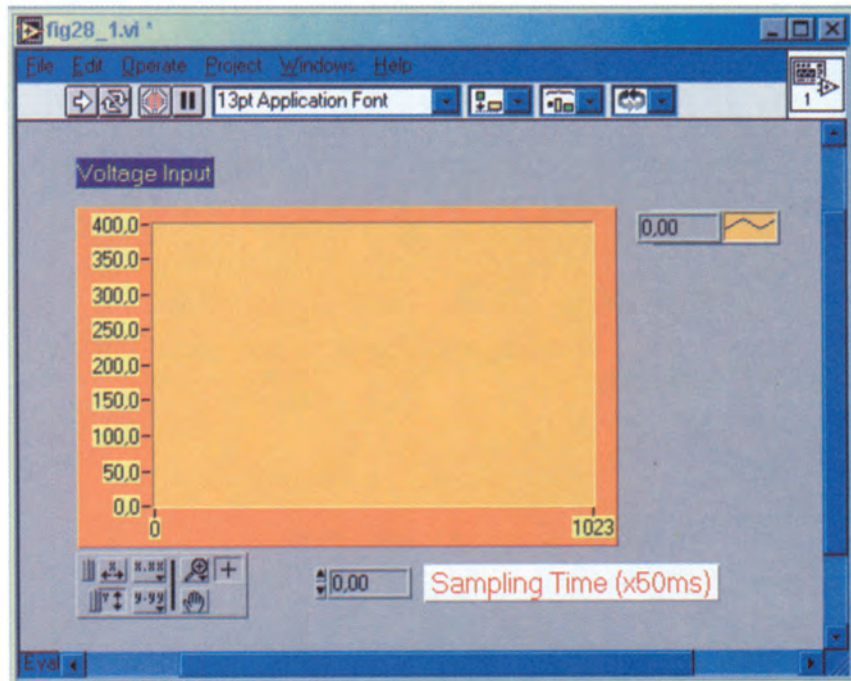
Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

1. Συνδέστε το καταγραφικό με τον υπολογιστή και ανοίξτε το περιβάλλον του LabVIEW.
2. Δημιουργήστε, σύμφωνα με τα όσα έχετε μάθει ως σήμερα από τις προηγούμενες ασκήσεις, όλες τις απαραίτητες ρουτίνες στο LabVIEW, ώστε να διαβάζετε διαρκώς την αναλογική είσοδο τάσης του καταγραφικού. Αυτό μπορείτε, όπως έχετε ήδη μάθει, να το πετύχετε με τη διαρκή εγγραφή στη σειριακή θύρα της εντολής I του καταγραφικού. Έτσι, θα διαβάζετε διαρκώς την τρέχουσα τιμή, που ισχύει στο αναλογικό κανάλι μέτρησης τάσης του καταγραφικού.
3. Στο front panel του LabVIEW δημιουργήστε περιβάλλον παρόμοιο με αυτό, που φαίνεται στο σχήμα A.28.1. Οι μετρήσεις θα απεικονίζονται σε chart. Τοποθετήστε digital control, για να εισάγετε εσείς το ρυθμό δειγματοληψίας. Χρησιμοποιείτε σε οποιοδήποτε σημείο θέλετε ετικέτες (labels) για την καλύτερη εμφάνιση του προγράμματός σας. Για τη διευκόλυνσή σας παρατίθεται στο σχήμα A.28.2 η μορφή που πρέπει να έχει το block diagram.
4. Όταν τελειώσετε την υλοποίηση και τρέξετε το πρόγραμμα, πρέπει να δείτε το γράφημα να ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο και να ανταποκρίνεται σε οποιαδήποτε μεταβολή κάνετε στο ποτενσιόμετρο της πρόσοψης του καταγραφικού.

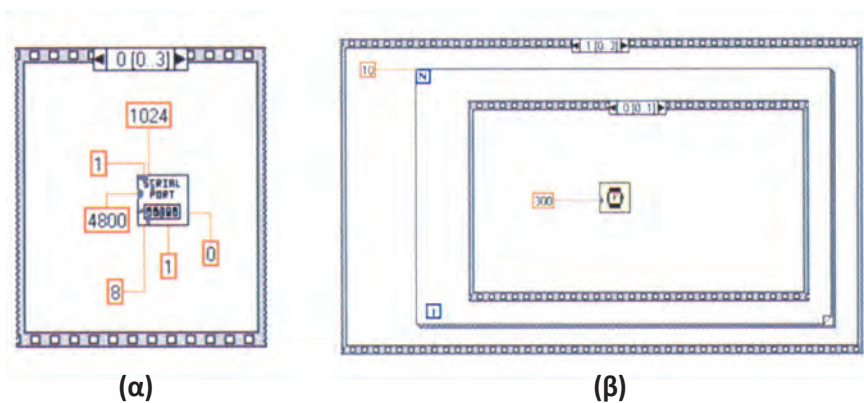
Διαδικασία

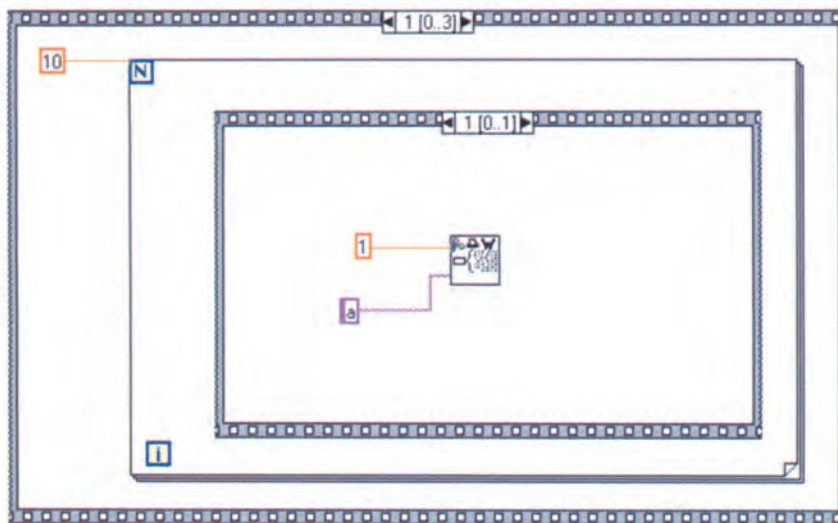
5. Μόλις δημιουργήσετε το πρώτο σας εικονικό όργανο (virtual instrument), ψηφιακό παλμογράφο στην οθόνη του υπολογιστή σας. Δείτε, πως επηρεάζει τη γραφική παράσταση η αλλαγή του χρόνου δειγματοληψίας.

Προτεινόμενη εργασία Προσπαθήστε να αναβαθμίσετε το ψηφιακό παλμογράφο σε δικάναλο και επιδείξτε την εργασία σας στο εργαστήριο.

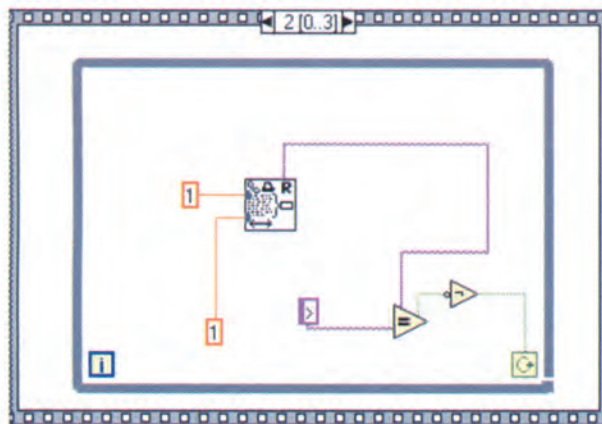


Σχήμα A.28.1.

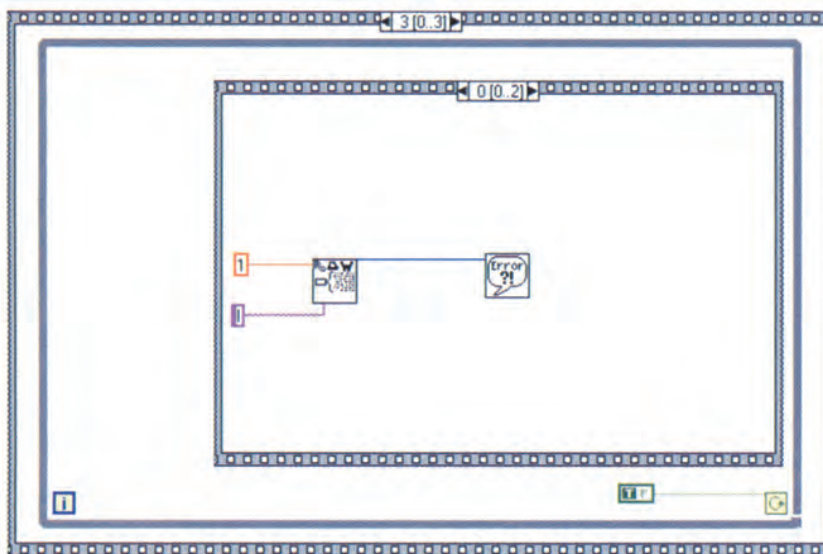




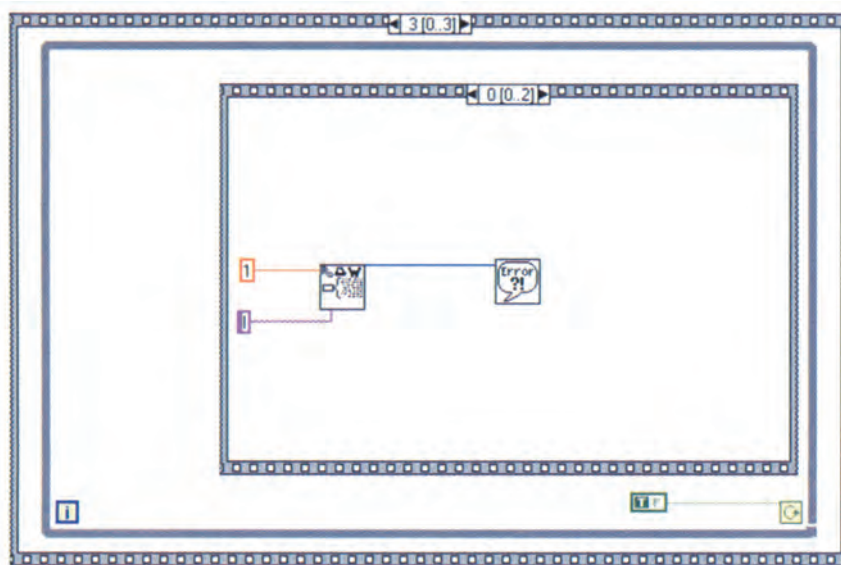
(γ)



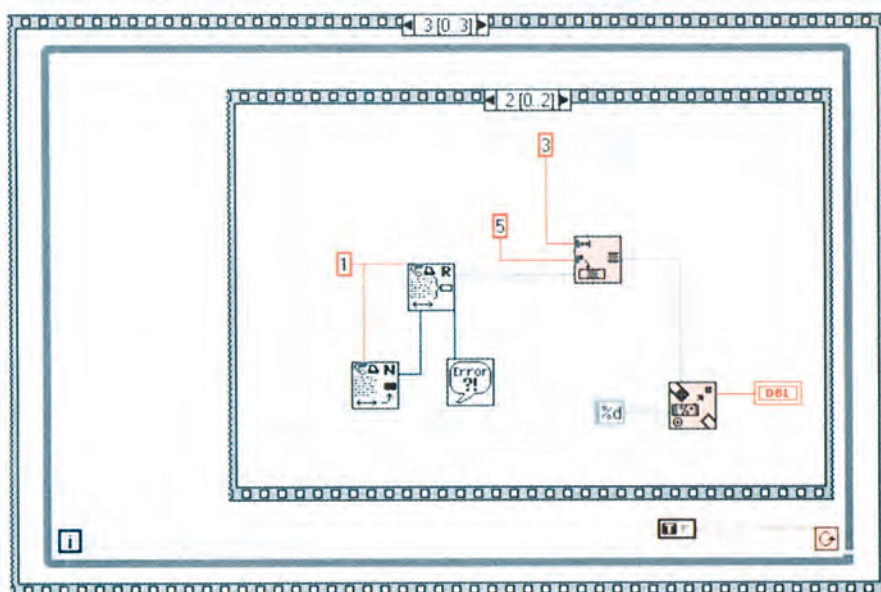
(δ)



(ε)



(7)



(n)

Σχήμα Α.28.2.

Άσκηση 29

Ψηφιακό Θερμόμετρο

1. Δημιουργία ψηφιακού θερμομέτρου στην οθόνη του υπολογιστή σας.
2. Σειριακή επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ υπολογιστή και καταγραφικού, αλλά και κατανόηση της λειτουργίας καταγραφής θερμοκρασίας από το καταγραφικό.

Αντικείμενα

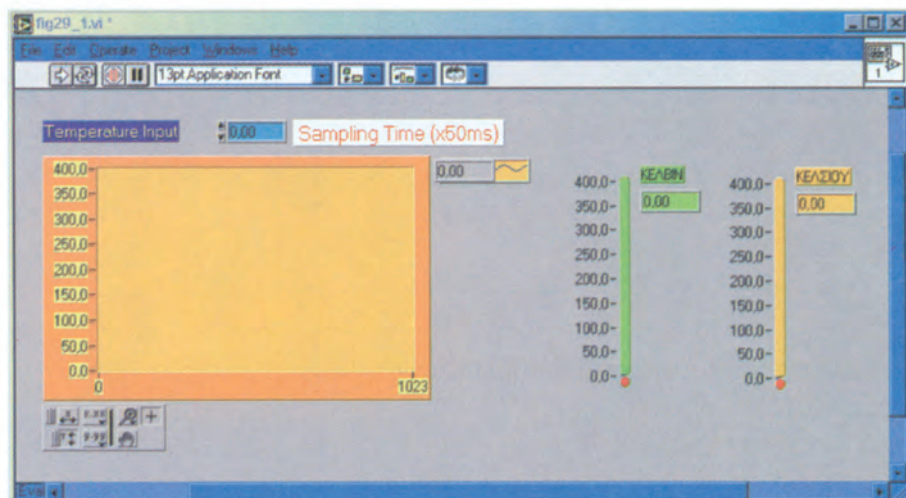
Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV, το πρόγραμμα Lab VIEW και το πρόγραμμα TERM95.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

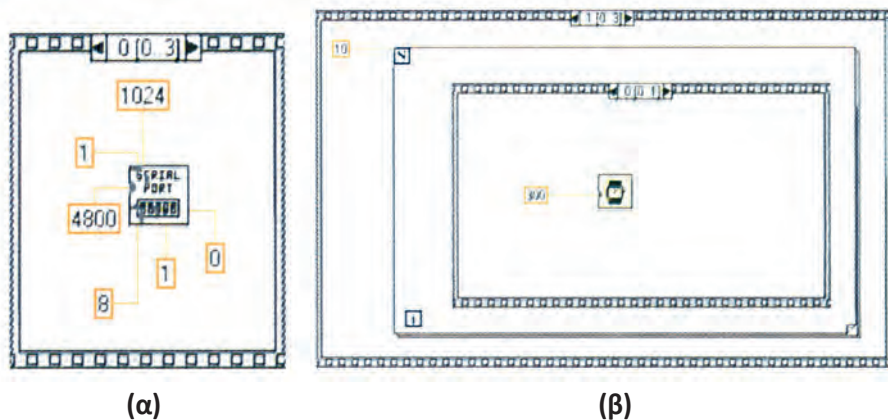
1. Συνδέστε το καταγραφικό με τον υπολογιστή και ανοίξτε το περιβάλλον του LabVIEW.
2. Δημιουργήστε, σύμφωνα με τα όσα έχετε μάθει μέχρι σήμερα από τις προηγούμενες ασκήσεις, όλες τις απαραίτητες ρουτίνες στο LabVIEW, ώστε να διαβάσετε διαρκώς την αναλογική είσοδο τάσης του καταγραφικού. Αυτό μπορείτε, όπως έχετε ήδη μάθει, να το πετύχετε με τη διαρκή εγγραφή στη σειριακή θύρα της εντολής I του καταγραφικού. Έτσι, θα διαβάσετε διαρκώς την τρέχουσα τιμή, που ισχύει στο αναλογικό κανάλι μέτρησης τάσης του καταγραφικού.
3. Στο front panel του LabVIEW δημιουργήστε περιβάλλον παρόμοιο με αυτό που φαίνεται στο σχήμα A.29.1. Οι μετρήσεις θα απεικονίζονται σε chart. Τοποθετήστε digital control, για να εισάγετε εσείς το ρυθμό δειγματοληψίας. Χρησιμοποιείτε σε οποιοδήποτε σημείο θέλετε ετικέτες (labels) για την καλύτερη εμφάνιση του προγράμματός σας. Στο σχήμα A.29.2 απεικονίζεται το αντίστοιχο block diagram.
4. Η τιμή, που διαβάσετε από το καταγραφικό, είναι σε βαθμούς Κέλβιν. Οι 273 βαθμοί Κέλβιν αντιστοιχούν σε 0 βαθμούς της κλίμακας Κελσίου. Τοποθετήστε στο front panel δύο indicators σε μορφή θερμόμετρου, οι οποίοι θα απεικονίζουν την τιμή της θερμοκρασίας και στις δύο κλίμακες.

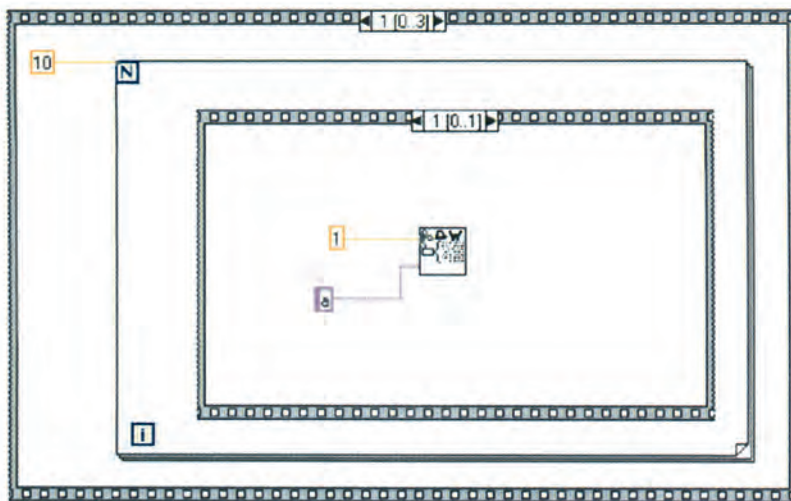
Διαδικασία

5. Όταν τελειώσετε την υλοποίηση και τρέξετε το πρόγραμμα, πρέπει να δείτε το γράφημα και τα θερμόμετρα να ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο και να ανταποκρίνονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της θερμοκρασίας. Για να μεταβάλλετε τη θερμοκρασία, αρκεί να πλησιάσετε ένα αναπτήρα αναμμένο κοντά στον ακροδέκτη, που βρίσκεται στο αριστερό μέρος της συσκευής. Προσέξτε τη χρήση του αναπτήρα. Δεν πρέπει να πλησιάσει σε καμία περίπτωση το πλαστικό κάλυμμα της συσκευής. Παρατεταμένη επαφή της φλόγας με τον ακροδέκτη του ολοκληρωμένου LM335, το οποίο μετρά θερμοκρασία, μπορεί να το καταστρέψει ανεπανόρθωτα.
6. Το ποτενσιόμετρο, που βρίσκεται στην πλακέτα του καταγραφικού κοντά στο LM335, χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση (calibrate) της εξόδου του ολοκληρωμένου στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να γίνει παίρνοντας τη θερμοκρασία χώρου με απλό θερμόμετρο χώρου και ρυθμίζοντας το ποτενσιόμετρο, ώστε να πάρουμε ένδειξη στην οθόνη του καταγραφικού (ή στον υπολογιστή αν τρέχουμε την παρούσα άσκηση) ίση με τη θερμοκρασία του θερμομέτρου συν τους 273 βαθμούς της κλίμακας Κέλβιν.

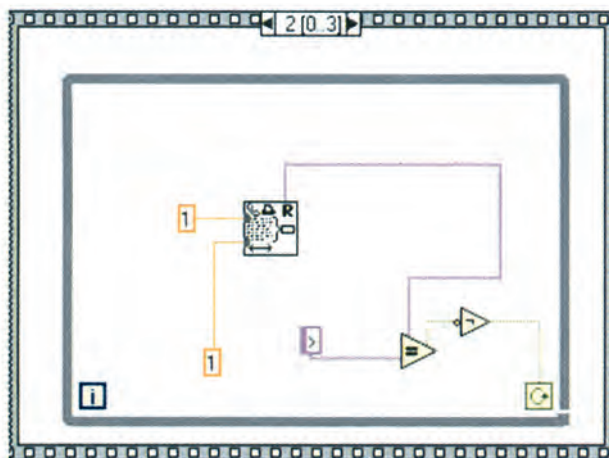


Σχήμα A.29.1.

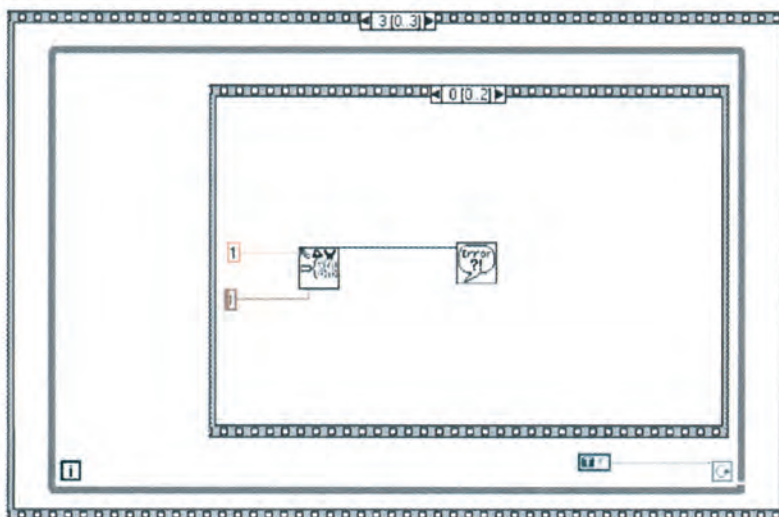




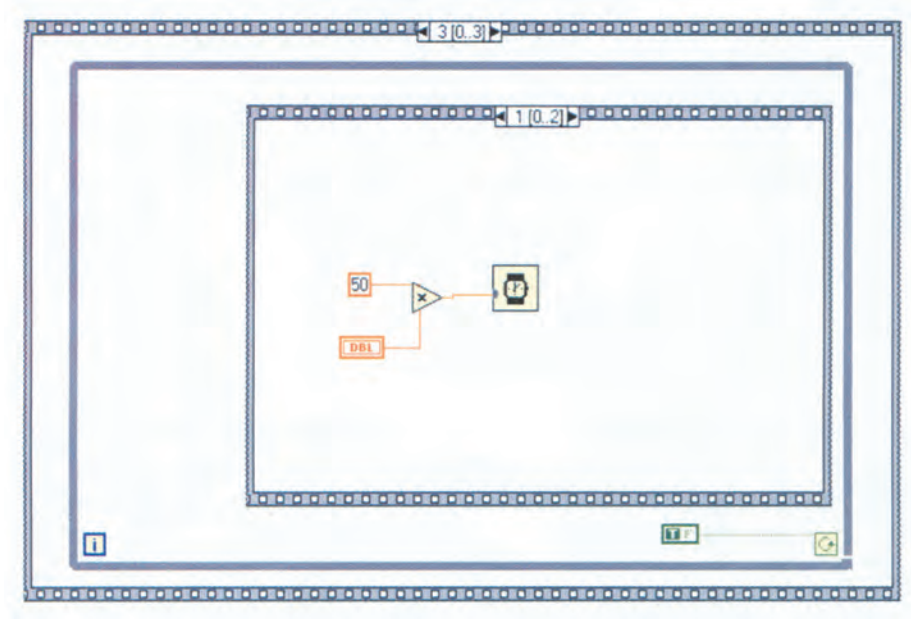
(γ)



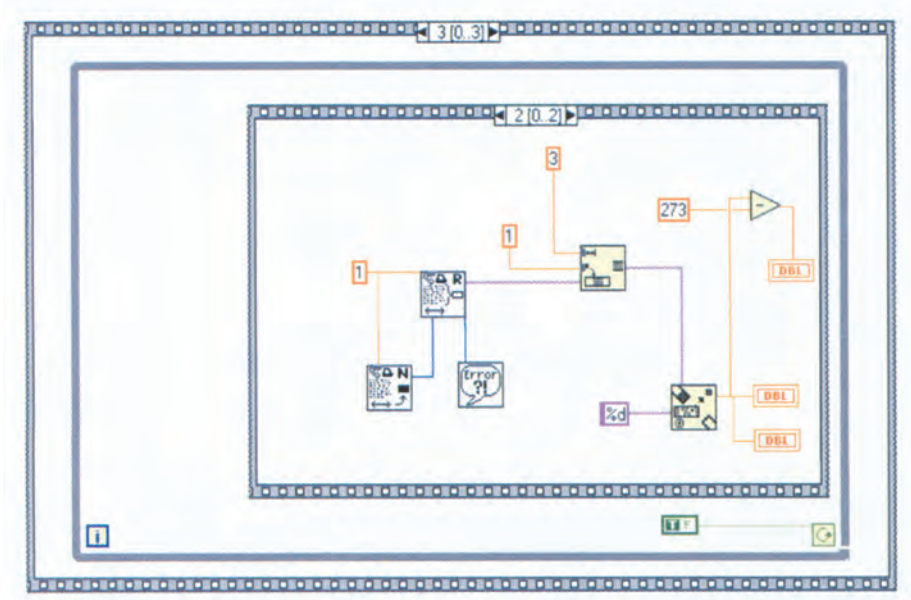
(δ)



(ε)



(z)



(η)

Σχήμα Α.29.2.

Άσκηση 30

Δημιουργία Αρχείου Μετρήσεων στον Υπολογιστή

1. Δημιουργία ενός ή περισσότερων αρχείων δεδομένων σε ένα από τα αποθηκευτικά μέσα του υπολογιστή, όπου θα καταγράφονται οι τιμές, που διαβάζονται από εξωτερική συσκευή λήψης μετρήσεων και ελέγχου, όπως είναι το Logger-IV.

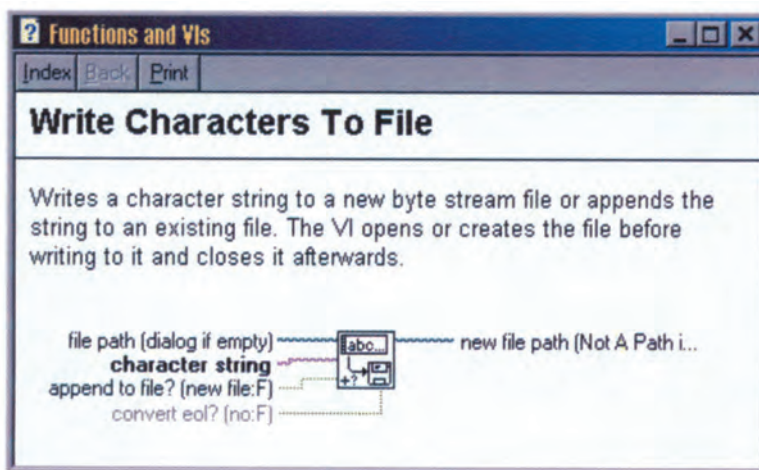
Αντικείμενα

Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV, το πρόγραμμα LabVIEW και το πρόγραμμα TERM95.

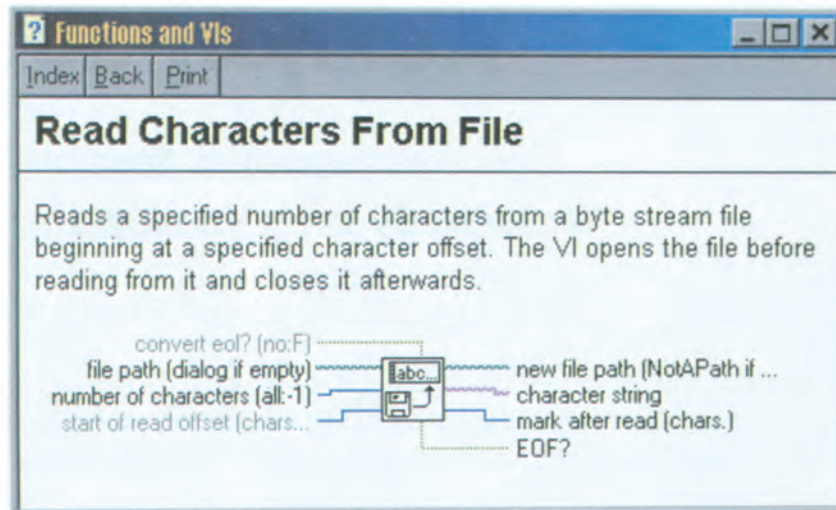
**Απαιτούμενα
υλικά, όργανα
και εργαλεία
λογισμικού**

Για τη δημιουργία και το χειρισμό αρχείων δεδομένων στο LabVIEW χρειάζονται οι συναρτήσεις **write characters to file** και **read characters from file**, οι οποίες βρίσκονται στον πίνακα των functions και στον υποπίνακα file I/O. Στο σχήμα A.30.1 μπορείτε να δείτε τι παραμέτρους χρειάζεται να δώσετε στη συνάρτηση write characters to file, ενώ στο σχήμα A.30.2 μπορείτε να δείτε τι παραμέτρους πρέπει να δώσετε, ώστε να διαβάσετε χαρακτήρες (δεδομένα) από δημιουργημένο αρχείο δεδομένων.

**Απαιτούμενες
θεωρητικές
γνώσεις**



Σχήμα A.30.1.



Σχήμα A.30.2.

- Διαδικασία**
1. Αφού μελετήσετε τα παραπάνω, δημιουργήστε αρχείο με όποιο όνομα εσείς θέλετε.
 2. Διαβάστε μέσω της σειριακής θύρας μερικές τιμές από την τοπική μνήμη του καταγραφικού και σώστε τις τιμές αυτές στο αρχείο, που δημιουργήσατε.
 3. Βεβαιωθείτε με τη βοήθεια κειμενογράφου (π.χ. Notepad των Windows), ότι υπάρχει το αρχείο, που φτιάξατε και ότι περιέχει τις τιμές μετρήσεων.
 4. Δοκιμάστε να ανοίξετε το αρχείο, που φτιάξατε μέσω του Excel για περαιτέρω επεξεργασία.

Άσκηση 31

Ψηφιακός Παλμογράφος ενός Καναλιού με Μνήμη

1. Δημιουργία ολοκληρωμένου εικονικού οργάνου (virtual instrument). Συγκεκριμένα θα δημιουργηθεί παλμογράφος με ψηφιακή μνήμη. Δηλαδή, το όργανο όχι μόνο θα μπορεί να απεικονίσει τις τρέχουσες τιμές του καναλιού τάσης του καταγραφικού, αλλά θα μπορεί και να αναπαράγει τμήμα αυτών των μετρήσεων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παρακολούθηση (play back) των τιμών, που πέρασαν.

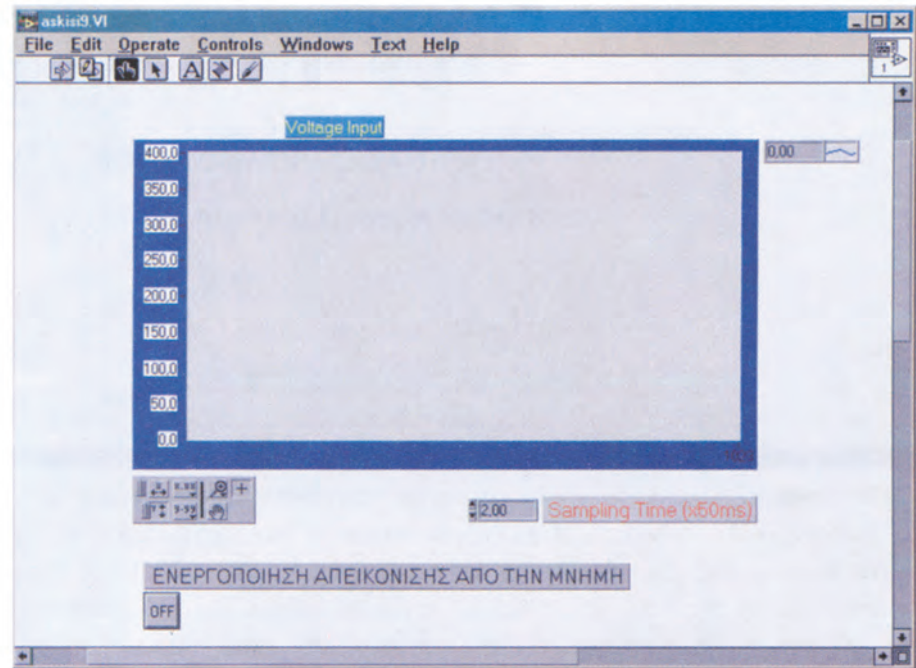
Αντικείμενα

Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV, το πρόγραμμα LabVIEW και το πρόγραμμα TERM95.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

1. Για τη δημιουργία του παλμογράφου καναλιού θυμηθείτε την άσκηση 28.
2. Δημιουργήστε τις απαραίτητες ρουτίνες για την ανάγνωση μέσω σειριακής θύρας, των τρεχουσών τιμών μέτρησης στο αναλογικό κανάλι μέτρησης τάσης του καταγραφικού.
3. Απεικονίστε τις τιμές σε γράφημα στην οθόνη του υπολογιστή, ενώ ταυτόχρονα σώζετε τις μετρήσεις σε αρχείο στο δίσκο του υπολογιστή.
4. Τοποθετήστε digital control, το οποίο, όταν θα πατιέται, θα σταματά η ανάγνωση τιμών από το καταγραφικό και θα αρχίζει η ανάγνωση των τιμών μέτρησης, που έχετε φυλάξει μέχρι εκείνη τη στιγμή στο δίσκο του υπολογιστή. Οι τιμές αυτές θα απεικονιστούν στο γράφημα.
5. Όταν το digital control ξεπατηθεί, τότε το γράφημα αρχίζει να απεικονίζει πάλι τις τρέχουσες τιμές μέτρησης από το καταγραφικό.
6. Το front panel θα πρέπει να μοιάζει με αυτό του σχήματος A.31.1.

Διαδικασία



Σχήμα Α.31.1.

Άσκηση 32

Σενάριο Ελέγχου (Δεξαμενή Υγρών)

1. Χρησιμοποίηση όλων των γνώσεων, που έχετε αποκτήσει μέχρι τώρα από τις προηγούμενες ασκήσεις, αλλά και χρήση της δυνατότητας ρύθμισης άνω και κάτω ορίου στις τιμές μέτρησης των αναλογικών εισόδων του καταγραφικού.

Αντικείμενα

Θα χρησιμοποιηθεί το καταγραφικό Logger-IV, το πρόγραμμα LabVIEW και το πρόγραμμα TERM95.

Απαιτούμενα υλικά, όργανα και εργαλεία λογισμικού

1. Δημιουργείστε στο front panel του LabVIEW περιβάλλον όμοιο με αυτό, που απεικονίζεται στο σχήμα A.32.1.
2. Η άσκηση αυτή περιλαμβάνει πολλές από τις λειτουργίες, που συναντήσατε στις ασκήσεις 28 και 29.
3. Τοποθετήστε digital controls και digital indicators, για να ορίζετε, όταν θα τρέχετε το πρόγραμμα, το άνω όριο στα δύο κανάλια μέτρησης: αυτό της τάσης και αυτό της θερμοκρασίας.
4. Τοποθετήστε δεξαμενή για την απεικόνιση της τάσης, υποθέτοντας, πως η τάση, που μετράτε, προέρχεται από την έξοδο αισθητηρίου μέτρησης στάθμης υγρών.
5. Τοποθετήστε δύο θερμόμετρα για την απεικόνιση της θερμοκρασίας: ένα για την απεικόνιση σε βαθμούς Κέλβιν και ένα σε βαθμούς Κελσίου, υποθέτοντας πως η θερμοκρασία, που μετράτε, προέρχεται από την έξοδο θερμόμετρου μέτρησης της θερμοκρασίας του υγρού, που περιέχεται στη δεξαμενή.
6. Μόλις ένα από τα δύο όρια, που έχετε θέσει για τα δύο αναλογικά σήματα, ξεπεραστεί από τις τρέχουσες τιμές των εισόδων του καταγραφικού, τότε θα ανάβουν κόκκινο τα αντίστοιχα digital indicators, που έχετε τοποθετήσει για κάθε είσοδο.

Διαδικασία



Σχήμα A.32.1.

Βιβλιογραφία

- [1] Analog Devices, Analog-Digital Conversion Notes, 1980.
- [2] Analog Devices, Applications Reference Manual, 1993.
- [3] Bateman A., Digital Communications, Addison Wesley Longman, 1999.
- [4] Bentley J. P., Principles of Measurement Systems (3rd Edition), Longman Group Ltd, 1995.
- [5] Berlin H. M., Design of Op-Amp Circuits With Experiments, H. W. Sams & Co., Inc., 1979.
- [6] Berube R. H., Computer Simulated Experiments for Electronics Devices Using ELECTRONICS WORKBENCH, Prentice-Hall, Inc., 1996.
- [7] Borris J. P., Linear Integrated Circuit Applications - Hardware and Simulation Exercises Using Electronics Workbench, Prentice-Hall, Inc., 2000.
- [8] Γιαννακόπουλος Κ., Συμπληρωματικός Μετασχηματισμός, M.Sc. Thesis, Πανεπιστήμιο Πατρών - Τμήμα Φυσικής (No. UOP-DOP-EL.EEE002), Πάτρα, Ιανουάριος 1998.
- [9] Collins D. & Lane E., Μετάφραση Κωνσταντινίδης Ν. Κ., Προγραμματιζόμενοι Ελεγκτές, Εκδόσεις Α. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 1997.
- [10] Crispin A. J., Programmable Logic Controllers and Their Engineering Applications, McGraw-Hill, 1997.
- [11] Δεληγιάννης Θ., Ηλεκτρονικά Αναλογικά Κυκλώματα (Τόμος Β), Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα, 1989.
- [12] Δεληγιάννης Θ. & Χαριτάντης Ι., Εργαστηριακές Ασκήσεις Αναλογικών Ηλεκτρονικών, Πάτρα, 2000.
- [13] Deliyannis T., Sun Y. & Fidler J. K., Continuous-Time Active Filter Design, CRC Press LLC, 1999.
- [14] Dunning G., Introduction to Programmable Logic Controllers, Delmar Publishers, Inc., 1998.
- [15] Ζυγούρης Ε., Αρχιτεκτονική Υπολογιστών, Πάτρα, 1999.
- [16] Ζυγούρης Ε., Εισαγωγή στους μΡς, Αρχιτεκτονική, Προγραμματισμός, Διασύνδεση, Πάτρα, 1999.
- [17] Gaonkar R. S., Microprocessor Architecture, Programming and Applications With the 8085 (4th Edition), Prentice Hall, Inc., 1999.
- [18] Gardner J. W., Microsensors - Principles and Applications, John Wiley & Sons Ltd, 1994.
- [19] Garrett P. H., Advanced Instrumentation and Computer I/O Design: Real-Time System Computer Interface Engineering, IEEE Press, Inc., 1994.
- [20] Held G., The Complete MODEM Reference (2nd Edition), John Wiley & Sons, Inc., 1994.
- [21] Hnatek R. E., A User's Handbook of D/A and A/D Converters, John Wiley & Sons, Inc., 1976.
- [22] Kleitz W., Digital Electronics - A Practical Approach (5th Edition), Prentice Hall, Inc., 1999.
- [23] Μουσουρούλης Ν., Λιβανός Ν., Νικηταρής Ν. & Ζυγούρης Ε., Σχεδίαση και Ανάπτυξη Συστήματος Αυτοματοποιημένης Συλλογής Μετρήσεων, Υψηλών Προδιαγραφών, για Περιβαλλοντικές Εφαρμογές, Εσωτερική Αναφορά, Εργαστήριο Ηλεκτρονικής, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών, 1999.
- [24] Ohba R., Intelligent Sensor Technology, John Wiley & Sons Ltd, 1992.
- [25] Πακτίτης Σ. Α., Φίλτρα - LC, Ενεργά, Διακοπτόμενων Πυκνωτών (2η Έκδοση), Εκδόσεις ΙΩΝ, 1995.

- [26] Pallas-Areny R. & Webster J. G., Sensors and Signal Conditioning, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [27] Πυρομάλης Δ., Τσελές Δ. & Μελίδης Ι., RISC Technology Microcontroller -Based Smart Measurement and Control Device, IEEE MELECON '96, 13-16 Μαΐου, Μπάρι, Ιταλία, 1996.
- [28] Πυρομάλης Δ. & Τσελές Δ., RISC Technology into Measurement and Control Devices, Circuits, Systems and Computers '96 International Conference, 15-17 Ιουλίου, Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, Πειραιάς, 1996.
- [29] Πυρομάλης Δ., LOGGERS IV: A Flexible Educational Toolkit of Measuring and Control Systems, Γ' Συνέδριο Τεχνολογίας & Αυτοματισμού, Πειραιάς, 14-16 Οκτωβρίου 2000.
- [30] Rashid M. H., Electronics Circuit Design Using ELECTRONICS WORKBENCH, PWS Publishing Company, 1998.
- [31] Sedra A. S. & Smith K. C., Microelectronic Circuits (3rd Edition), Oxford University Press, Inc. - New York, Oxford, 1991.
- [32] Siemens, LOGO! Manual.
- [33] Siemens, S7-200 Programmable Controller System Manual.
- [34] Siemens, TD-200 Operator Interface User Manual.
- [35] Staugaard A. C., Jr, Microprocessor Applications, Heathkit Educational Systems, Heath Company, Michigan, 1983.
- [36] Τσελές Δ. Ι., Συλλογή και Μεταφορά Δεδομένων, Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα, 1992.
- [37] Χαριτάντης Ι., Αναλογικά Ηλεκτρονικά - Κυκλώματα, Τεχνικές Σχεδιασμού και Εξομοίωσης, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 2000.
- [38] Χαριτάντης Ι., SC Filters, Πάτρα, 1993

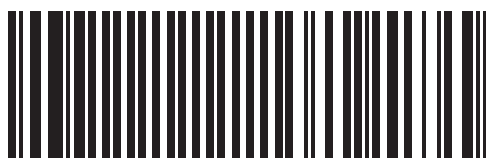
Στη συγγραφή του βιβλίου χρησιμοποιήθηκαν πληροφορίες και φωτογραφίες που πάρθηκαν από το διαδίκτυο και συγκεκριμένα από τις διευθύνσεις:

- [1] <http://www.flinthills.com/ramsdale/EngZone/...>
- [2] <http://www.precisioneng.demon.co.uk> (Precision Engineering Ltd, 1998)
- [3] <http://www.watlow.com> (Watlow Gordon)
- [4] <http://www.wako-usa.com> (Wako Electronics (USA), Inc.)
- [5] <http://www.thermodisc.com> (Therm-O-Disc)
- [6] <http://www.tradeserv.com.tw/ee/fineco/...> (Fine Automation Co., Ltd, 1999)
- [7] <http://www.softplc.com> (SoftPLC Corporation)
- [8] <http://www.tic.toshiba.com> (Toshiba)
- [9] <http://www.omron.com> (Omron)
- [10] <http://www.intel.com> (Intel)
- [11] <http://www.okisemi.com> (OKI)
- [12] <http://www.philips.com> (Philips Semiconductor)
- [13] <http://www.siemens.com> (Siemens)
- [14] <http://www.maxim-ic.com> (Maxim Integrated Products)
- [15] <http://www.mot.com> (Motorola)
- [16] <http://www.national.com> (National Semiconductor)
- [17] <http://www.st.com> (SGS-Thomson)
- [18] <http://www.ti.com> (Texas Instruments)
- [19] <http://www.analog.com> (Analog Devices)
- [20] <http://www.burr-brown.com> (Burr-Brown Co.)
- [21] <http://www.intersil.com> (Intersil)
- [22] <http://www.linear-tech.com> (Linear Technology Co.)
- [23] <http://www.ellab.physics.upatras.gr> (Εργαστήριο Ηλεκτρονικής Τμήματος Φυσικής Πανεπιστημίου Πατρών)

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0321
ISBN Set 978-960-06-3150-0
Τ.Β´ 978-960-06-3152-4



(01) 000000 0 24 0321 2