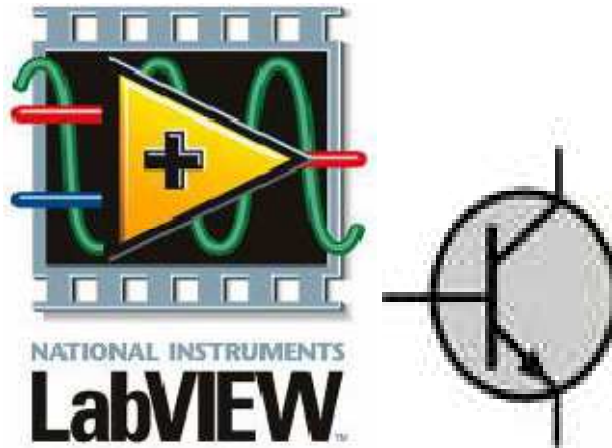


2013



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ (ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ) ΓΙΑ ΤΗΝ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΗΣ ΒΑΘΜΙΔΑΣ ΕΝΟΣ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΣΕ
ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΟΙΝΟΥ ΕΚΠΟΜΠΟΥ



ΕΠΙΒΛΕΤΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
Κ^{ΟΣ} ΠΟΥΛΗΣ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΣΤΟΥΔΑΣΤΗΣ:
ΝΟΥΧΑΪ ΓΙΟΛΑΝΤ
ΑΜ:4429

Περίληψη

Ο ενισχυτής σήματος κοινού εκπομπού (CE) είναι μια τυπική ενισχυτική βαθμίδα. Στο εργαστήριο και τη θεωρία αναλύεται η συμπεριφορά στο συνεχές (πόλωση) και στο εναλλασσόμενο (ενίσχυση, απόκριση συχνότητας). Αντικείμενο της πτυχιακής είναι να κατασκευαστούν προγράμματα προσομοίωσης με σκοπό να δοθούν στους φοιτητές ως βοηθήματα προπαρασκευής για την εργαστηριακή εργασία. Πραγματοποιήθηκαν 2 προγράμματα ένα για την πόλωση και ένα για την ενίσχυση. Το πρώτο θα έχει δικό του user interface το δεύτερο θα χρησιμοποιεί μια υπάρχουσα πτυχιακή παλμογράφου στην οποία θα προσθέσει την συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση.

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| Περίληψη | 2 |
| Κεφάλαιο 1 ^ο | 5 |
| Διπολικό Τρανζίστορ..... | 5 |
| 1.1. Εισαγωγή | 5 |
| 1.2. Δομή του διπολικού τρανζίστορ | 5 |
| 1.3. Αρχή λειτουργίας του διπολικού τρανζίστορ..... | 8 |
| 1.4. Βασικές συνδεσμολογίες διπολικού τρανζίστορ | 10 |
| 1.5. Συνδεσμολογία κοινού εκπομπού | 11 |
| 1.5.1. DC ανάλυση του κυκλώματος πόλωσης με διαιρέτη τάσης | 13 |
| 1.5.2. AC ανάλυση του κυκλώματος..... | 14 |
| Κεφάλαιο 2 ^ο | 18 |
| Εισαγωγή στο περιβάλλον του LabVIEW..... | 18 |
| 2.1. Το περιβάλλον του LabVIEW..... | 18 |
| 2.1.1. Pull-Down Menus..... | 20 |
| 2.1.2. Palettes..... | 27 |
| 2.2. Τα κυριότερα στοιχεία του LabVIEW | 30 |
| 2.2.1. Structures | 30 |
| 2.2.2. Τα κυριότερα στοιχεία του Front Panel..... | 34 |
| 2.2.3. Τύποι δεδομένων..... | 36 |
| Κεφάλαιο 3 ^ο | 38 |
| Γεννήτρια σημάτων..... | 38 |
| 3.1. Εισαγωγικά για την γεννήτρια σημάτων..... | 38 |
| 3.2. Front panel | 39 |
| 3.3. Block diagram | 40 |
| 3.2.1. Ημιτονοειδή κυματομορφή | 41 |
| 3.2.2. Τετραγωνικός παλμός..... | 42 |
| Κεφάλαιο 4 ^ο | 43 |
| Παλμογράφος..... | 43 |
| 4.1. Γενικά..... | 43 |
| 4.2. Αναλογικός Παλμογράφος | 43 |
| 4.3. Ψηφιακός Παλμογράφος | 47 |

| | |
|---|----|
| 4.4. Χαρακτηριστικά παλμογράφων | 47 |
| 4.5. Δειγματοληψία | 48 |
| 4.6. Παραδείγματα απλών μετρήσεων με παλμογράφο..... | 49 |
| 4.6.1. Μέτρηση συνεχούς τάσης | 50 |
| 4.6.2. Μέτρηση εναλλασσόμενης τάσης | 50 |
| 4.6.3. Μέτρηση συχνότητας..... | 51 |
| 4.6.4. Μέτρηση διαφοράς φάσης..... | 52 |
| 4.7. Παράδειγμα αναλογικού παλμογράφου | 52 |
| 4.8. Υλοποίηση παλμογράφου με LabVIEW..... | 55 |
| 4.8.1. Front Panel | 55 |
| 4.8.2. Block Diagram | 58 |
| Κεφάλαιο 5 ^ο | 59 |
| DC προσομοίωση του ενισχυτή κοινού εκπομπού (CE) | 59 |
| 5.1. Front Panel | 59 |
| 5.2. Block Diagram..... | 60 |
| 5.3. Παράδειγμα..... | 60 |
| Κεφάλαιο 6 ^ο | 63 |
| AC προσομοίωση του ενισχυτή κοινού εκπομπού (CE) | 63 |
| 5.1. Front Panel | 63 |
| 5.2. Block Diagram..... | 64 |
| 5.3. Παράδειγμα..... | 66 |
| Κεφάλαιο 7 ^ο | 69 |
| AC προσομοίωση του ενισχυτή κοινού εκπομπού (CE) με παλμογράφο..... | 69 |
| 7.1. Front Panel | 69 |
| 7.2. Block Diagram..... | 70 |
| Εργαστηριακή εργασία | 71 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 73 |

Κεφάλαιο 1^ο

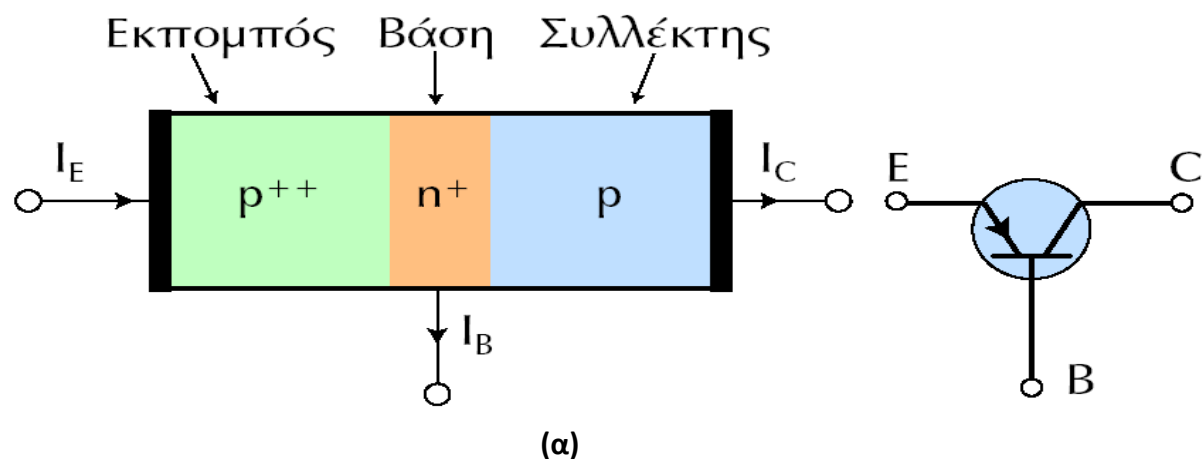
Διπολικό τρανζίστορ

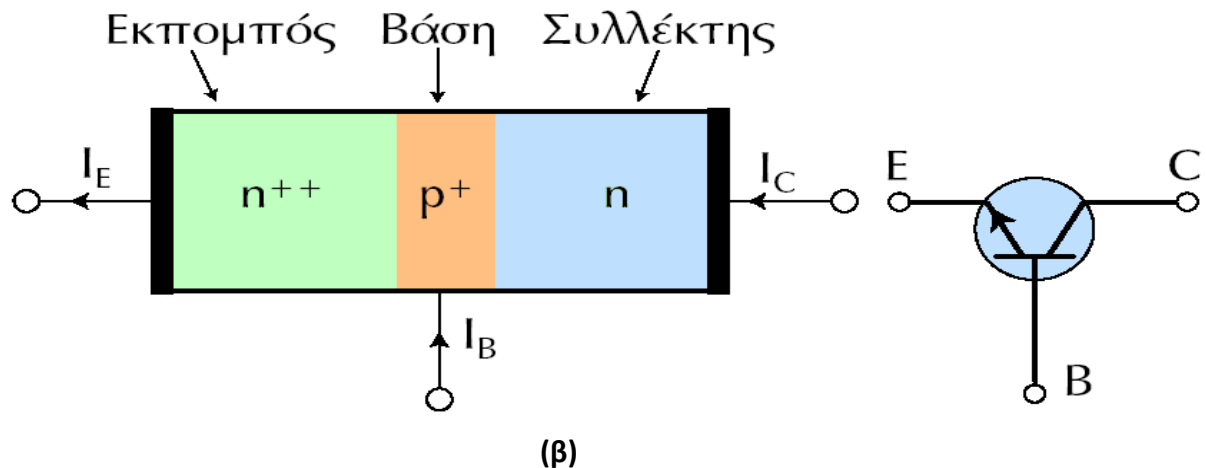
1.1. Εισαγωγή

Το **τρανζίστορ** είναι διάταξη ημιαγωγών στερεάς κατάστασης, η οποία βρίσκει διάφορες εφαρμογές στην ηλεκτρονική, μερικές εκ των οποίων είναι η ενίσχυση, η σταθεροποίηση τάσης, η διαμόρφωση συχνότητας, η λειτουργία ως διακόπτης και ως μεταβλητή ωμική αντίσταση. Το τρανζίστορ μπορεί, ανάλογα με την τάση με την οποία πολώνεται, να ρυθμίζει την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος που απορροφά από συνδεδεμένη πηγή τάσης. Τα τρανζίστορ κατασκευάζονται είτε ως ξεχωριστά ηλεκτρονικά εξαρτήματα είτε ως τμήματα κάποιου ολοκληρωμένου κυκλώματος.

1.2. Δομή του διπολικού τρανζίστορ

Το *διπολικό τρανζίστορ* (bipolar junction transistor-BJT) είναι ένας κρύσταλλος με τρεις περιοχές εμπλουτισμένες με προσμίξεις, δηλ. αποτελείται από τρία διαδοχικά εναλλασσόμενα στρώματα ημιαγωγού υλικού (sandwich υλικό), εκ των οποίων το ενδιάμεσο υλικό είναι είτε τύπου -n (τρανζίστορ τύπου-pnp) ή τύπου-p (τρανζίστορ τύπου-npn), βλ. Σχ. 1.





Σχήμα 1: Δομή και κυκλωματικό σύμβολο τρανζίστορ

(α) τρανζίστορ-pnp, (β) τρανζίστορ-npn

(Σημείωση: Στο κυκλωματικό σύμβολο, το βέλος βρίσκεται πάντα στον εκπομπό και δείχνει τη συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος, ενώ η φορά του βέλους δείχνει τον ημιαγωγό-n)

Ένα τρανζίστορ αποτελείται από 3 περιοχές με διακεκριμένη λειτουργία η καθεμία:

- *Εκπομπός* (emitter): Είναι μια έντονα εμπλουτισμένη περιοχή (τονίζεται με δύο ++ στο Σχ. 1) και εκπέμπει φορτία προς τη βάση.
- *Βάση* (base): Είναι μια πολύ λεπτή περιοχή λιγότερο εμπλουτισμένη (τονίζεται με ένα + στο Σχ. 1), που επιτρέπει στα περισσότερα φορτία που εκπέμπονται από τον εκπομπό να φθάνουν στο συλλέκτη
- *Συλλέκτης* (collector): Συλλέγει τα φορτία που καταφθάνουν από τον εκπομπό. Το επίπεδο εμπλουτισμού του βρίσκεται μεταξύ αυτών του εκπομπού και της βάσης, ενώ η ισχύς που καταναλώνεται σ' αυτόν είναι μεγαλύτερη από εκείνες που καταναλώνονται στη βάση και στον εκπομπό, γι' αυτό και η περιοχή που καταλαμβάνει ο συλλέκτης είναι μεγαλύτερη.

Μπορεί να θεωρηθεί ότι το διπολικό τρανζίστορ αποτελείται από δύο διόδους συνδεδεμένες σε αντίθετη φορά, μια μεταξύ βάσης και εκπομπού (*δίοδος ή επαφή εκπομπού*) και μια μεταξύ βάσης και συλλέκτη (*δίοδος ή επαφή συλλέκτη*).

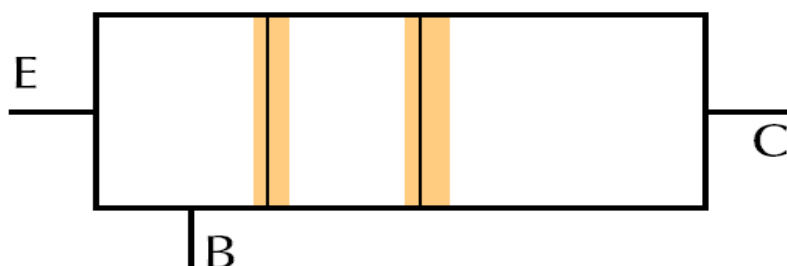
Οι φορείς πλειονότητας σε εκπομπό και συλλέκτη στο τρανζίστορ-pnp είναι οπές, ενώ στο τρανζίστορ-npn είναι ηλεκτρόνια. Αυτό σημαίνει ότι ο ένας τύπος τρανζίστορ είναι *συμπληρωματικός* του άλλου ή *ισοδύναμα*

ότι κατά τη λειτουργία τους θα έχουν ρεύματα και πολώσεις με αντίθετη φορά. Στη συνέχεια, η μελέτη αναφέρεται στο τρανζίστορ-npn και αντίστοιχα συμπεράσματα θα εξάγονται – κατ’ αναλογία – για το τρανζίστορ-pnp.

Όταν δεν εφαρμόζεται πόλωση, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του εκπομπού και του συλλέκτη διαχέονται προς τη βάση, ενώ μέρος των οπών της βάσης από κάθε άκρο της διαχέονται αντίστοιχα προς τον εκπομπό και το συλλέκτη, με αποτέλεσμα να δημιουργείται περιοχή απογύμνωσης σε κάθε επαφή (επαφή εκπομπού και επαφή συλλέκτη).

Κατά μήκος κάθε επαφής αναπτύσσεται φράγμα δυναμικού, το οποίο στους 23°C έχει ύψος 0.3V σε ημιαγωγό Ge και 0.7V σε ημιαγωγό Si (ευρύτερης χρήσης, λόγω των μεγαλύτερων περιορισμών τάσης και έντασης και της μικρότερης εξάρτησης των χαρακτηριστικών του από τη θερμοκρασία). Στη συνέχεια, η μελέτη θα επικεντρωθεί στα τρανζίστορ πυριτίου.

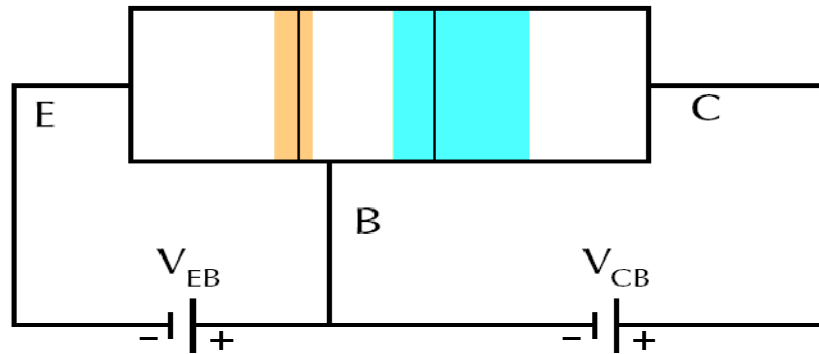
Τα επίπεδα εμπλουτισμού είναι διαφορετικά στις 3 περιοχές του τρανζίστορ, με αποτέλεσμα καθεμία *περιοχή φορτίου χώρου* να εκτείνεται σε διαφορετικό βάθος. Έτσι, στη δίοδο εκπομπού το μικρότερο εύρος περιοχής φορτίου χώρου συναντάται στον εκπομπό, ενώ στη δίοδο συλλέκτη, το μικρότερο εύρος περιοχής φορτίου χώρου συναντάται στη βάση, βλ. Σχ. 2.



Σχήμα 2: Περιοχές φορτίου χώρου σε τρανζίστορ-npn χωρίς πόλωση

Είναι προφανές ότι, για να είναι σε θέση ο εκπομπός να εκπέμπει φορτία προς τη βάση, πρέπει η δίοδος εκπομπού να είναι ορθά πολωμένη και, αντίστοιχα, για να είναι εφικτή η συλλογή φορτίων από τον συλλέκτη, πρέπει η δίοδος συλλέκτη να είναι ανάστροφα πολωμένη.

Στο Σχ. 3 παρουσιάζεται ένα πολωμένο τρανζίστορ, στο οποίο παρατηρείται ελάττωση του εύρους της περιοχής φορτίου χώρου του εκπομπού και αύξηση του εύρους της περιοχής φορτίου χώρου του συλλέκτη σε σύγκριση με τα αντίστοιχα μεγέθη χωρίς πόλωση.



Σχήμα 3: Περιοχές φορτίου χώρου σε τρανζίστορ-npn με πόλωση

1.3. Αρχή λειτουργίας του διπολικού τρανζίστορ

Η λειτουργία ενός *διπολικού τρανζίστορ* (bipolar ή BJT), βασίζεται στην εκπομπή φορέων από το εκπομπό και τη συλλογή τους από τον συλλέκτη. Σε κανονική λειτουργία, η επαφή εκπομπού είναι πάντα ορθά πολωμένη και η επαφή συλλέκτη ανάστροφα πολωμένη (σε κάποιες ειδικές περιπτώσεις μόνο η επαφή συλλέκτη είναι ορθά πολωμένη), βλ. Σχ. 4. Ανάλογα με την τιμή της τάσης βάσης-εκπομπού (V_{BE}), είναι δυνατές οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- Όταν είναι $V_{BE} < 0.7V$ (για τρανζίστορ Si), πρακτικά δεν διέρχεται ρεύμα από τη βάση προς τον εκπομπό.
- Όταν γίνει $V_{BE} > 0.7$, υπάρχει αισθητή ροή ελεύθερων ηλεκτρονίων από τον εκπομπό προς τη βάση και ελεύθερων οπών από τη βάση προς τον εκπομπό.

Η επαφή του συλλέκτη (ανάστροφα πολωμένη) περιορίζει σημαντικά το εύρος της βάσης, με αποτέλεσμα την αύξηση του ποσοστού των ηλεκτρονίων που δεν θα παραμείνουν στο χώρο της βάσης αλλά θα εισέλθουν στο χώρο της επαφής του συλλέκτη. Το ηλεκτρικό πεδίο στην περιοχή φορτίου χώρου του συλλέκτη έχει φορά που ωθεί τα ηλεκτρόνια, που έχουν εισέλθει, προς τον συλλέκτη. Αυτά τα ηλεκτρόνια συλλέγονται από την επαφή του συλλέκτη και δίδουν το *ρεύμα συλλέκτη* (I_C) (υπάρχει και το ρεύμα ανάστροφης πόλωσης της διόδου συλλέκτη, που θεωρείται αμελητέο).

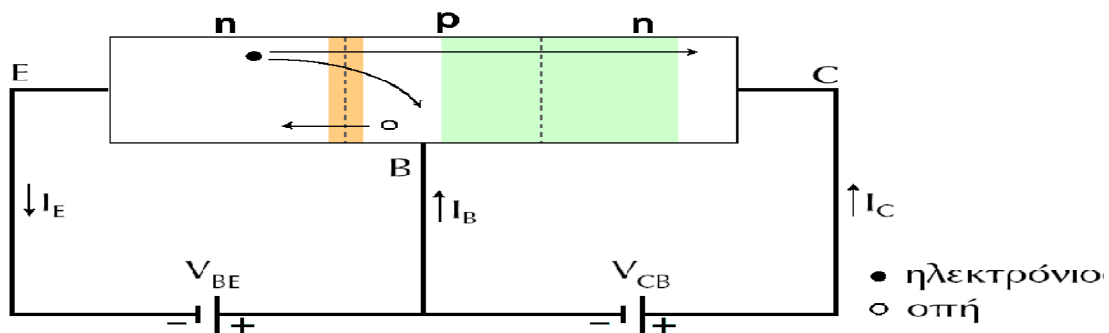
Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία παραμένουν στο χώρο της βάσης, μαζί με τις ελεύθερες οπές, οι οποίες εισέρχονται στην περιοχή του

εκπομπού, δίνουν το ρεύμα βάσης (I_B). Επειδή το ρεύμα αυτό προκύπτει από αλληλεξουδετέρωση ελεύθερων ηλεκτρονίων με ελεύθερες οπές, ονομάζεται και *ρεύμα επανασύνδεσης* (recombination current).

Στα περισσότερα τρανζίστορ, περισσότερο από το 95% των φορτίων, που εκπέμπονται από τον εκπομπό, φθάνουν στο συλλέκτη και λιγότερο από το 5% παραμένουν στη βάση και συμβάλλουν στο ρεύμα της βάσης.

Σε γενικές γραμμές:

- Το ρεύμα συλλέκτη (I_C) είναι περίπου ίσο με το ρεύμα του εκπομπού (I_E).
- Το ρεύμα βάσης (I_B) είναι πολύ μικρό.



Σχήμα 4: Πόλωση του τρανζίστορ και ροή των ελεύθερων ηλεκτρονίων και οπών.

Από τον πρώτο νόμο του Kirchhoff (κόμβος το τρανζίστορ) προκύπτει:
 $I_E = I_B + I_C$.

Ο **συντελεστής α_{DC}** εκφράζει το ποσοστό των ελεύθερων φορέων του εκπομπού που φτάνει στο συλλέκτη και δίνει το ρεύμα συλλέκτη και ορίζεται ως το πηλίκο του ρεύματος του συλλέκτη προς το ρεύμα του εκπομπού, δηλ. ισχύει: $\alpha_{DC} = \frac{I_C}{I_E}$.

$$\alpha_{DC} = \frac{I_C}{I_E}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής α_{DC} , τόσο περισσότερα ηλεκτρόνια φθάνουν στο συλλέκτη και τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα της βάσης.
2. Το ρεύμα της βάσης μπορεί να ελαττωθεί αν η βάση γίνει λεπτότερη και μειωθεί ο εμπλουτισμός της.
3. Ο συντελεστής α_{DC} δεν μπορεί να γίνει ίσος με τη μονάδα διότι στο ρεύμα της βάσης συνεισφέρουν: (i) στα μεν τρανζίστορ-ρη και οι ελεύθερες οπές της βάσης, (ii) στα δε 3 τρανζίστορ-ρη

και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της βάσης, με αποτέλεσμα την αύξηση του ρεύματος βάσης χωρίς αντίστοιχη αύξηση του ρεύματος συλλέκτη. Εάν σε ένα τρανζίστορ αυξηθεί η τάση της διόδου εκπομπού του, θα αυξηθεί το ρεύμα βάσης (I_B) και πειραματικά έχει διαπιστωθεί ότι σημειώνεται αναλογική αύξηση του ρεύματος συλλέκτη (I_C). Άρα, υπάρχει δυνατότητα ελέγχου του ρεύματος συλλέκτη μέσω του ρεύματος βάσης. Επειδή το ρεύμα βάσης είναι μικρό ενώ το ρεύμα του συλλέκτη μεγάλο, ορίζεται ο συντελεστής:

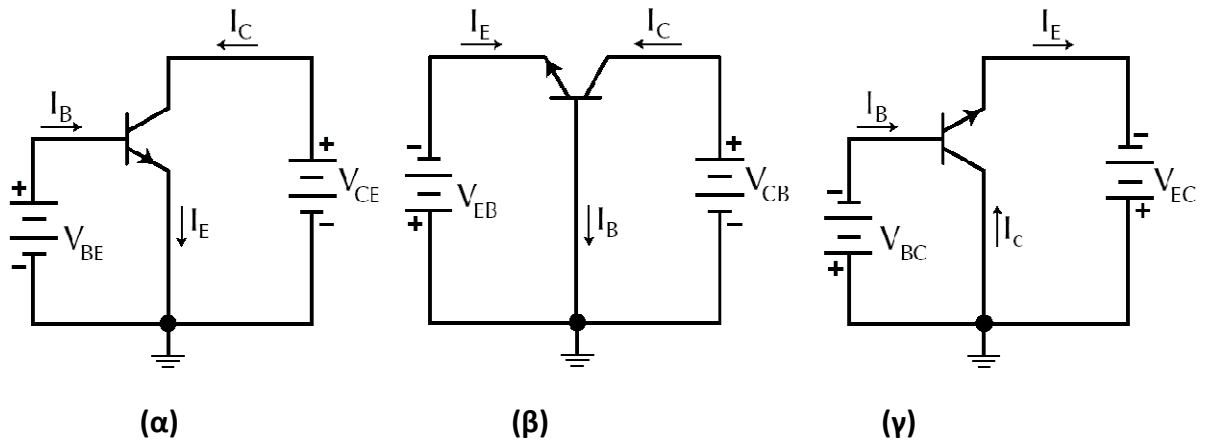
- **DC κέρδος ή απολαβή ρεύματος (β_{DC})**, ως το πηλίκο του ρεύματος συλλέκτη προς το ρεύμα βάσης, δηλ. είναι $\beta_{DC} = \frac{I_C}{I_B}$.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Σε τρανζίστορ χαμηλής ισχύος, ο συντελεστής β_{DC} λαμβάνει τιμές στην περιοχή 100-300, ενώ σε τρανζίστορ ισχύος οι τιμές του κυμαίνονται από 30-150.
2. Τα μεγέθη β_{DC} και α_{DC} συνδέονται με τις σχέσεις: $\alpha_{DC} = \frac{\beta_{DC}}{1+\beta_{DC}}$
και $\beta_{DC} = \frac{\alpha_{DC}}{1-\alpha_{DC}}$.
3. Για περαιτέρω ελάττωση της συνεισφοράς των ελεύθερων φορέων της περιοχής της βάσης στο ρεύμα της βάσης, δηλ. για αύξηση του συντελεστή α_{DC} , έχουν αναπτυχθεί σήμερα (με σχετικά περιορισμένες εφαρμογές) τα *διπολικά τρανζίστορ ετεροεπαφής* (heterojunction bipolar transistor), στα οποία εφαρμόζονται διαφορετικοί ημιαγωγοί για τον εκπομπό και τη βάση, π.χ. στερεά διαλύματα πυριτίου-γερμανίου (SiGe) ή αρσενικούχου γαλλίου-αργιλίου (AlGaAs).

1.4. Βασικές συνδεσμολογίες διπολικού τρανζίστορ

Στο Σχ. 5 παρουσιάζονται οι βασικές συνδεσμολογίες διπολικού τρανζίστορ. Σημειώνεται ότι για την πόλωση ενός τρανζίστορ απαιτούνται δύο πηγές τάσης, μια για το βρόγχο ορθής πόλωσης της διόδου εκπομπού και μια για την ανάστροφη πόλωση του βρόχου της διόδου συλλέκτη.



**Σχήμα 5: Βασικές συνδεσμολογίες τρανζίστορ
(α) κοινού εκπομπού (CE), (β) κοινής βάσης (CB) και (γ) κοινού συλλέκτη (CC)**

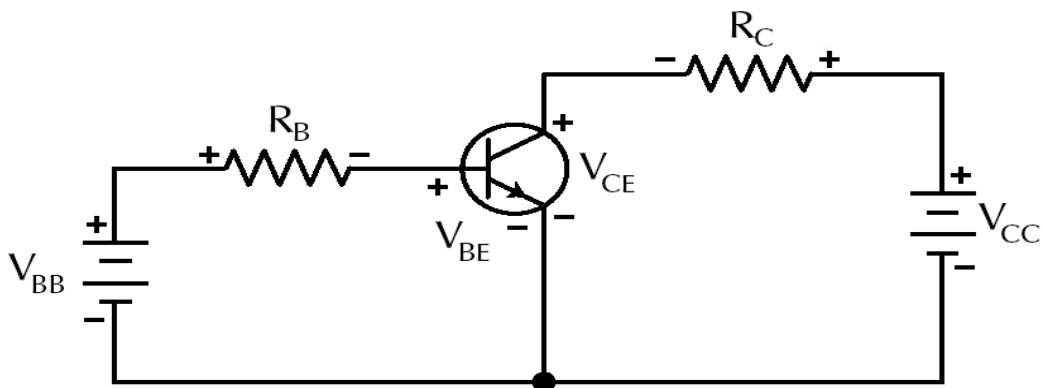
Διακρίνουμε:

- (α) *Συνδεσμολογία κοινού εκπομπού (Common Emitter, CE):* Οι βρόχοι έχουν ως κοινό σημείο τον εκπομπό, ο οποίος είναι γειωμένος.
- (β) *Συνδεσμολογία κοινής βάσης (Common Base, CB):* Οι βρόχοι έχουν ως κοινό σημείο τη βάση, η οποία είναι γειωμένη.
- (γ) *Συνδεσμολογία κοινού συλλέκτη (Common Collector, CC):* Οι δύο βρόχοι έχουν ως κοινό σημείο τους το συλλέκτη, ο οποίος είναι γειωμένος.

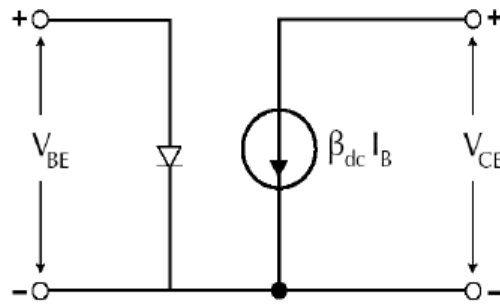
Η μεταβολή της συνδεσμολογίας ενός τρανζίστορ από κοινή βάση σε κοινό εκπομπό ή κοινό συλλέκτη, δεν μεταβάλλει την εσωτερική λειτουργία του.

1.5. Συνδεσμολογία κοινού εκπομπού

Στη συνέχεια, η μελέτη θα γίνει για τη συνδεσμολογία κοινού εκπομπού, που είναι και το θέμα μας, βλ. Σχ. 6.



Σχήμα 6: Συνδεσμολογία κοινού εκπομπού



Ισοδύναμο κύκλωμα τρανζίστορ



Χαρακτηριστική
ρεύματος βάσης

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$$

Χαρακτηριστικές καμπύλες συλλέκτη

Περιοχές λειτουργίας τρανζίστορ

- **Περιοχή κόρου** (saturation region): Είναι η περιοχή μικρών τάσεων V_{CE} ($V_{CE}=0-1V$), στην οποία το ρεύμα συλλέκτη αυξάνεται απότομα. Σ' αυτή την περιοχή η διάταξη δεν είναι ανάστροφα πολωμένη.
- **Ενεργός περιοχή** (active region): Είναι περιοχή κανονικής λειτουργίας με $V_{CE}=1-30V$. Σ' αυτή την περιοχή η διάταξη εκπομπού είναι ορθά πολωμένη και η διάταξη συλλέκτη ανάστροφα πολωμένη, το δε ρεύμα συλλέκτη καθορίζεται μόνο από το ρεύμα βάσης. Η διάταξη συμπεριφέρεται ως πηγή ρεύματος ($I_C = \beta_{DC} \cdot I_B$).
- **Περιοχή διάσπασης** (breakdown region): Στην περιοχή αυτή, η τάση συλλέκτη έχει υπερβεί την τάση διάσπασης συλλέκτη-εκπομπού και η διάταξη παύει να λειτουργεί ως τρανζίστορ.
- **Περιοχή αποκοπής** (cutoff region): Είναι η περιοχή που αντιστοιχεί σε χαρακτηριστική με ρεύμα βάσης μηδέν και ρεύμα συλλέκτη πολύ μικρό (ρεύμα αποκοπής συλλέκτη).

Σχήμα 7: Χαρακτηριστικά της λειτουργίας τρανζίστορ

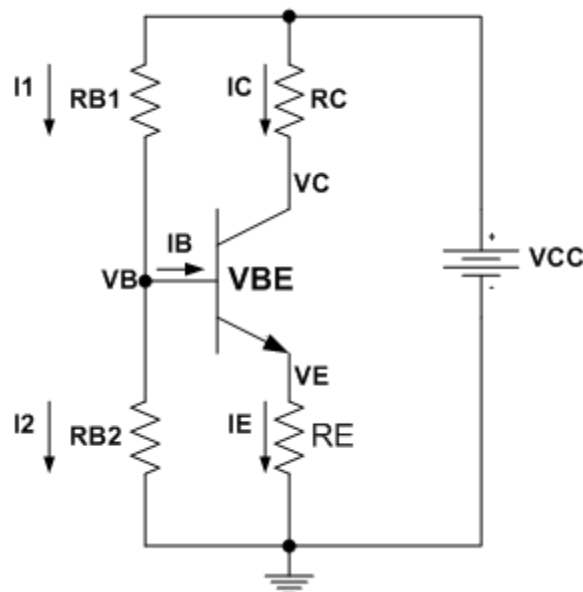
Η συνολική εικόνα των δυνατοτήτων λειτουργίας του διπολικού τρανζίστορ συνοψίζεται στον Πίν. 1.

Πίνακας 1: Δυνατότητες λειτουργίας του διπολικού τρανζίστορ

| | | Πόλωση επαφής συλλέκτη | |
|------------------------|-----------|--|---|
| | | Ορθή | ανάστροφη |
| Πόλωση επαφής εκπομπού | ορθή | Περιοχή κόρου (κλειστός διακόπτης) | Ενεργός περιοχή ορθής λειτουργίας (καλός ενισχυτής) |
| | ανάστροφη | Ενεργός περιοχή ανάστροφης λειτουργίας (κακός ενισχυτής) | Περιοχή αποκοπής (ανοιχτός διακόπτης) |

1.5.1. DC ανάλυση του κυκλώματος πόλωσης με διαιρέτη τάσης

Το κύκλωμα τρανζίστορ NPN πολωμένο με διαιρέτη τάσης φαίνεται στο παρακάτω κύκλωμα.



Σχήμα 8: DC ισοδύναμο με διαιρέτη τάσης

Αρχίζοντας την ανάλυση με καθορισμό της τάσης στην βάση χρησιμοποιώντας τον τύπο διαιρέτη τάσης ο οποίος είναι ανεπτυγμένος όπως παρακάτω.

Η αντίσταση εισόδου στην βάση είναι: $R_{IN}(\text{base}) = \beta_{DC} R_E$.

Η αντίσταση από την βάση στη γη είναι: $R_2 \parallel \beta_{DC} R_E$.

Ο διαιρέτης τάσης σχηματίζεται με την αντίσταση από την βάση στη γη και την R_2 . Έτσι εφαρμόζοντας κυρίως τον διαιρέτη τάσης οδηγούμαστε στην:

$$V_B = \frac{R_2 \parallel \beta_{DC} R_E}{R_1 + (R_2 \parallel \beta_{DC} R_E)} V_{CC} \text{ εάν } \beta_{DC} R_E \gg R_2 \text{ τότε } V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC}.$$

Όταν η τάση βάσης είναι γνωστή η τάση του εκπομπού είναι V_B μικρότερη της V_{BE} .

$$V_E = V_B - V_{BE}$$

Το ρεύμα εκπομπού σύμφωνα με τον νόμο του Ohm:

$$I_E = \frac{V_E}{R_E}, \quad \alpha_{DC} = \frac{\beta_{DC}}{1 + \beta_{DC}}, \quad I_C = I_E \alpha_{DC}.$$

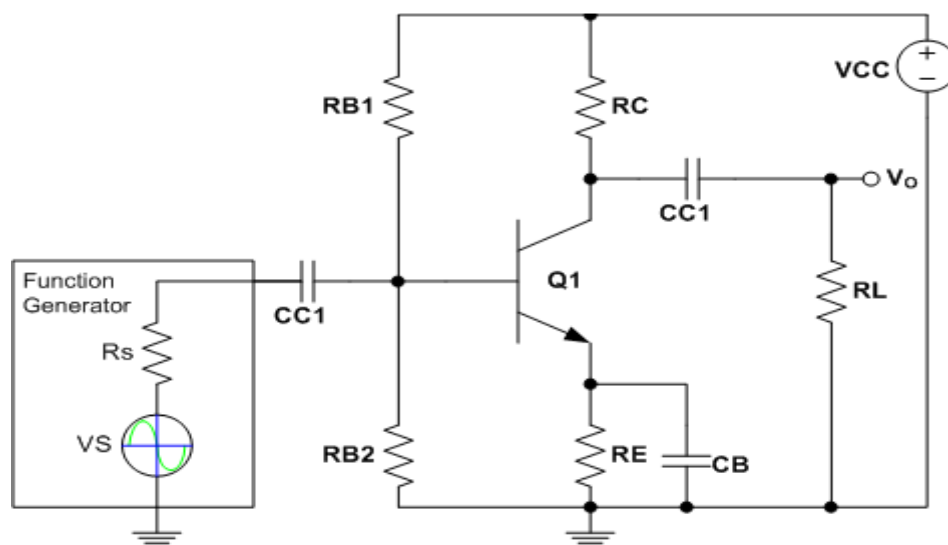
Με γνωστό το I_C τότε οι άλλες τιμές του κυκλώματος μπορούν να ευρεθούν

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{DC}}$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

1.5.2. AC ανάλυση του κυκλώματος



Σχήμα 9: Κύκλωμα κοινού εκπομπού

Ο πυκνωτής παράκαμψης

Ο πυκνωτής παράκαμψης C_B του εκπομπού αυξάνει το κέρδος και είναι συνδεδεμένος στα άκρα της R_E . Τότε η αντίσταση εκπομπού R_E θεωρείται βραχυκυκλωμένη από τον πυκνωτή.

Ο πυκνωτής είναι επιλεγμένος αρκετά μεγάλος έτσι η X_C είναι πολύ μικρή από την R_E και ενεργεί σαν βραχυκύκλωμα στην συχνότητα του σήματος. Αυτό είναι σημαντικό να παραδεχτούμε ότι ο πυκνωτής παράκαμψης δεν τροποποιεί την DC πόλωση του τρανζίστορ επειδή αυτός είναι ανοικτός στο DC.

Εσωτερική ac αντίσταση εκπομπού

Η εσωτερική ac αντίσταση εκπομπού του τρανζίστορ ονομάζεται r_e και υπολογίζεται:

$$r_e = \frac{VT}{I_E} \quad \text{όπου } VT = 25\text{mV} \text{ και } I_E: \text{ DC ρεύμα εκπομπού.}$$

Αντίσταση εισόδου

Η αντίσταση εισόδου στην ac ανάλυση είναι $R_{in(base)} = \beta_{ac}(r_e + R_E)$ χωρίς τον πυκνωτή παράκαμψης του εκπομπού. Ενώ με τον πυκνωτή παράκαμψης είναι $R_{in(base)} = \beta_{ac}r_e$

AC σήμα τάσης στην βάση

Η DC πηγή αντικαθίσταται με γη. Αυτό είναι βασικό με την προϋπόθεση ότι η πηγή τάσης έχει εσωτερική αντίσταση περίπου 0Ω , οπότε η V_{CC} τελικά είναι σε 0 volt AC δυναμικό και ονομάζεται ac ground.

Στην ac ανάλυση η ac γη και η πραγματική γη είναι το ίδιο σημείο.

Εάν η εσωτερική αντίσταση της ac πηγής είναι 0Ω τότε όλη η τάση του σήματος εισόδου εμφανίζεται στον ακροδέκτη της βάσης.

Εάν, ωστόσο, η ac πηγή έχει μη μηδενική εσωτερική αντίσταση, τότε τρεις παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπ' όψη για να προσδιορίσουν το πραγματικό σήμα στην βάση.

Αυτοί είναι:

- α) η αντίσταση της πηγής.
- β) η αντίσταση πόλωσης.
- γ) η αντίσταση εισόδου στην βάση.

και είναι απλά ο συνδυασμός των R_1 , R_2 και $R_{in(base)}$ παράλληλα μας δίνει την ολική αντίσταση εισόδου R_{in} .

Η συνολική αντίσταση βλέποντας από την πηγή τον παράλληλο συνδυασμό των $R_1, R_2, R_{in(base)}$ είναι: $R_{in} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_{in(base)}$

Το σήμα τάσης στην βάση του τρανζίστορ είναι:

$$V_b = \frac{R_{in}}{R_S + R_{in}} V_s$$

Αντίσταση εξόδου

Η αντίσταση εξόδου, με το φορτίο συνδεδεμένο κοιτάζοντας στο συλλέκτη είναι κατά προσέγγιση ίση με την αντίσταση του συλλέκτη.

$$R_{out} = R_C$$

Πραγματικά, $R_{out} = R_C \parallel r_C$, αλλά αφού η εσωτερική ac αντίσταση του συλλέκτη του τρανζίστορ r_C είναι τυπικά πολύ μικρή από την R_C η προσέγγιση είναι έγκυρη.

Κέρδος τάσης

Όταν το φορτίο είναι συνδεδεμένο στην έξοδο μέσω του πυκνωτή σύζευξης CC_1 .

Η αντίσταση του συλλέκτη στην συχνότητα του σήματος είναι πραγματικά R_C παράλληλα με την R_L .

Η συνολική ac αντίσταση του συλλέκτη είναι:

$$R_C = \frac{R_C R_L}{R_C + R_L}$$

Χωρίς τον πυκνωτή παράκαμψης:

$$\begin{aligned} I_e &= \frac{V_b}{r_e + R_E}, & I_e &= I_c, & I_b &= \frac{I_e}{\beta_{ac}} \\ V_c &= I_e R_C, & V_b &= I_e (r_e + R_E), & V_b &= V_e \\ A_v &= \frac{V_c}{V_b}, & A_v &= \frac{I_e R_C}{I_e (r_e + R_E)}, & A_v &= \frac{R_C}{r_e + R_E} \end{aligned}$$

Με τον πυκνωτή παράκαμψης:

$$\begin{aligned} I_e &= \frac{V_b}{r_e}, & I_e &= I_c, & I_b &= \frac{I_e}{\beta_{ac}} \\ V_c &= I_e R_C, & V_b &= I_e r_e, & V_b &= V_e \\ A_v &= \frac{V_c}{V_b}, & A_v &= \frac{I_e R_C}{I_e r_e}, & A_v &= \frac{R_C}{r_e} \end{aligned}$$

Η παραπάνω εξίσωση είναι το κέρδος τάσης από την βάση στον συλλέκτη.

Περνούμε το συνολικό κέρδος του ενισχυτή από το σήμα εισόδου στο συλλέκτη, η εξασθένηση του κυκλώματος εισόδου πρέπει να συμπεριλαμβάνετε. Η εξασθένηση (μείωση σήματος) από την είσοδο στη

βάση πολλαπλασιασμένη με το κέρδος από την βάση στο συλλέκτη είναι το συνολικό κέρδος του ενισχυτή.

Η έκφραση για την εξασθένηση στη βάση του κυκλώματος όπου R_S και R_{in} ενεργούν σαν διαιρέτης τάσης είναι:

$$\frac{V_b}{V_s} = \frac{R_{in}}{R_S + R_{in}}$$

Το ολικό κέρδος AV είναι:

$$AV = \frac{V_c}{V_s}, \quad AV = A_v \frac{V_b}{V_s}$$

Κέρδος ρεύματος

Το κέρδος ρεύματος από την βάση στο συλλέκτη είναι I_c/I_{in} η β_{ac} . Ωστόσο το γενικό κέρδος ρεύματος του ενισχυτή είναι:

$$A_i = \frac{I_c}{I_{in}} \quad \text{όπου} \quad I_{in} = \frac{V_s}{R_{in}}$$

Κέρδος ισχύος

Το κέρδος ισχύος είναι το γινόμενο του ολικού κέρδους τάσης και του κέρδους ρεύματος:

$$A_p = AV A_i$$

Κεφάλαιο 2^ο

Εισαγωγή στο περιβάλλον του LabVIEW

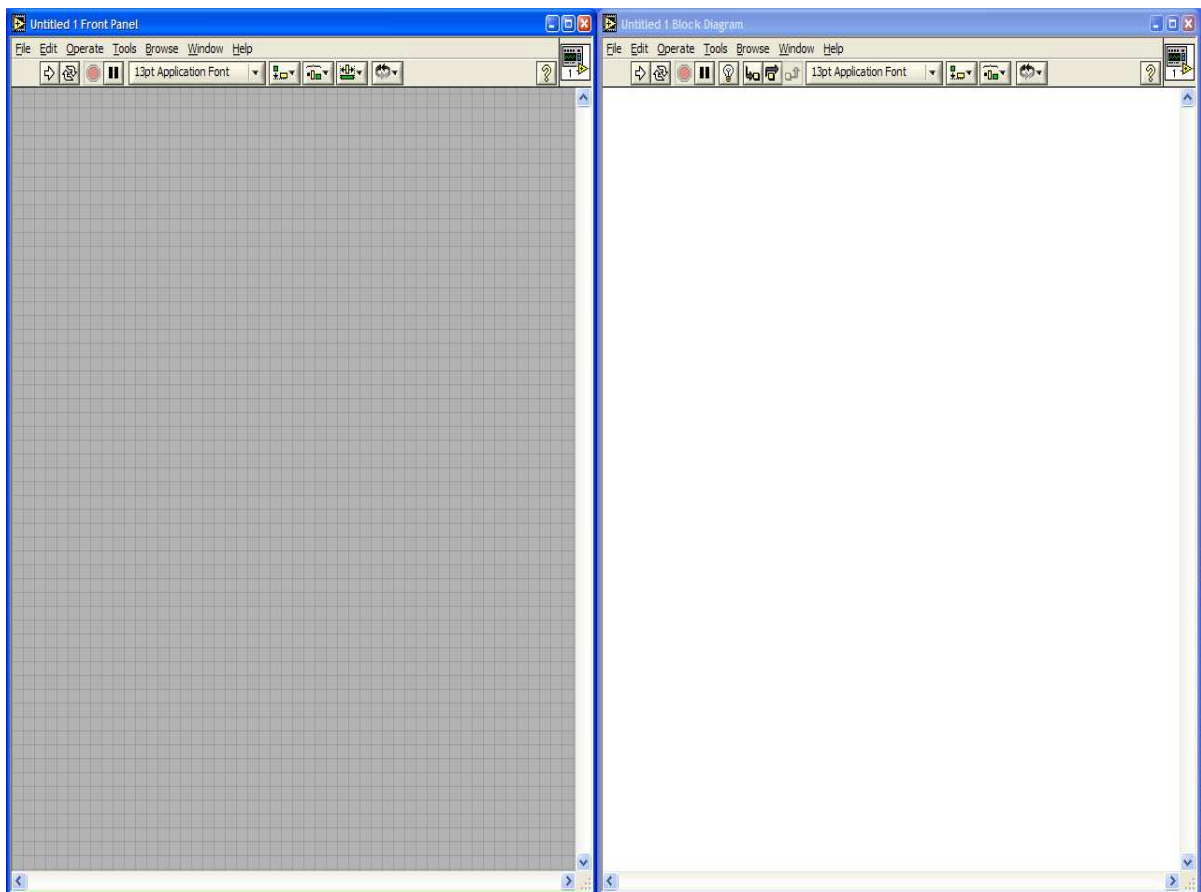
2.1. Το περιβάλλον του LabVIEW

LabVIEW είναι το εμπορικό όνομα και η συντομογραφία του όρου **L**aboratory **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench. Πρόκειται για μια πλατφόρμα η οποία δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει προγράμματα όπως και σε πλατφόρμες της γλώσσας C ή της BASIC. Η μεγάλη διαφορά όμως είναι ότι ενώ άλλες πλατφόρμες χρησιμοποιούν γλώσσες προγραμματισμού που αναπτύσσουν τα προγράμματα τους με κείμενα, το LabVIEW χρησιμοποιεί μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού η οποία ονομάζεται G. Η ορολογία, τα εικονίδια και η γενικότερη φιλοσοφία που χρησιμοποιεί το LabVIEW και η γλώσσα G είναι οικεία σε επιστήμονες και μηχανικούς. Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης δημιουργεί προγράμματα με μεγαλύτερη ευκολία χωρίς να παγιδεύεται σε μια πληθώρα συντακτικών λεπτομερειών. Έτσι είναι πιο φιλικό προς τον χρήστη και μπορεί ακόμα και κάποιος χωρίς καμία εμπειρία στον προγραμματισμό να μάθει εύκολα να το χρησιμοποιεί. Το LabVIEW περιέχει επίσης βιβλιοθήκες με πληθώρα έτοιμων εφαρμογών οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν το χρήστη σε οποιαδήποτε προγραμματιστική εφαρμογή. Τα προγράμματα του LabVIEW ονομάζονται virtual instruments (για συντομία VIs) και αυτό γιατί η εμφάνισή τους και η λειτουργία τους μιμούνται πραγματικά όργανα. Ένα VI αποτελείται από τρία κύρια μέρη:

- Το front panel που είναι ουσιαστικά το user interface. Μπορεί να περιέχει διακόπτες, οθόνες που να παρουσιάζουν γραφικές παραστάσεις, διάφορα όργανα επιλογής εισόδων και ένδειξης εξόδων. Είναι ουσιαστικά ένας συνδυασμός από controls και indicators. Ο χρήστης μπορεί να εισάγει δεδομένα χρησιμοποιώντας το πληκτρολόγιο ή το ποντίκι μέσω των controls και στη συνέχεια να δει τα αποτελέσματα που παράγονται από το πρόγραμμα στην οθόνη μέσω των indicators. Η εισαγωγή των controls και των indicators γίνεται μέσα από το Control Palette. Μόλις τοποθετήσουμε ένα αντικείμενο στο front panel τότε μπορούμε να προσαρμόσουμε το μέγεθος, το σχήμα και τη θέση του. Είναι by default χρωματισμένο γκρι αλλά μας δίνεται η

δυνατότητα να επιλέξουμε ένα χρώμα της αρεσκείας μας μέσω του tools palette όπως θα δούμε στη συνέχεια.

- Το block diagram είναι ουσιαστικά ο πηγαίος κώδικας του VI, και το εκτελέσιμο πρόγραμμα. Τα στοιχεία που το αποτελούν είναι εικονίδια τα οποία αντιπροσωπεύουν χαμηλότερης στάθμης VIs, έτοιμες συναρτήσεις του LabVIEW και δομές ελέγχου του προγράμματος. Ο χρήστης πρέπει να συνδέσει καλώδια για να ενώσει τα εικονίδια υποδεικνύοντας έτσι τη ροή των δεδομένων. Είναι by default λευκό.
- Το εικονίδιο και οι σύνδεσμοι του VI που του επιτρέπουν να ανταλλάσσει δεδομένα με άλλα VIs. Το εικονίδιο είναι τοποθετημένο στην πάνω-δεξιά γωνία του front panel και του block diagram. Το εικονίδιο εμφανίζεται επίσης στο block diagram όταν χρησιμοποιούμε το συγκεκριμένο VI ως subVI. Με διπλό click πάνω στο εικονίδιο του ενεργού VI (όχι ενός subVI), εμφανίζεται Icon Editor ο οποίος δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να διαμορφώσει το εικονίδιο όπως αυτός επιθυμεί.



Εικόνα 1. Το front panel καταλαμβάνει το αριστερό μισό της οθόνης και είναι χρωματισμένο γκρι ενώ το block diagram καταλαμβάνει το δεξί μισό της οθόνης και είναι λευκό.

2.1.1. Pull-Down Menus

Το LabVIEW έχει δύο τύπους μενού, pull-down και pop-up, τα οποία ο χρήστης θα πρέπει να χρησιμοποιήσει εκτενώς στην ανάπτυξη των προγραμμάτων του. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τα pull-down menus τα οποία και βρίσκονται στο menu bar του front panel και του block diagram. Το ίδιο δεν μπορούμε να κάνουμε για τα pop-up menus μιας και σχεδόν κάθε αντικείμενο έχει το δικό του μενού αποτελούμενο από διαφορετικές εντολές και επιλογές, και ως εκ τούτου η καταγραφή και η παρουσίαση τους γίνεται αδύνατη.

File Menu

Σε αυτό το μενού βρίσκουμε συνηθισμένες εντολές διαχείρισης αρχείων. Οι εντολές που περιλαμβάνονται είναι οι παρακάτω:

- **New VI** δημιουργεί ένα νέο VI.
- **New** εμφανίζει ένα dialog box το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία διαφόρων στοιχείων του LabVIEW που βοηθούν στο χτίσιμο μιας εφαρμογής.
- **Open** εμφανίζει ένα dialog box από το οποίο μπορούμε να επιλέξουμε το αρχείο που θέλουμε να ανοίξουμε.
- **Close** κλείνει το τρέχον αρχείο αφού πρώτα ρωτήσει το χρήστη αν θέλει να αποθηκεύσει τυχούσες αλλαγές που έχουν γίνει.
- **Close All** κλείνει όλα τα ανοιχτά αρχεία.
- **Save** αποθηκεύει το τρέχον αρχείο. Αν το αρχείο αποθηκεύεται για πρώτη φορά τότε εμφανίζεται ένα dialog box το οποίο ζητάει από τον χρήστη να ονομάσει το αρχείο και να καθορίσει την θέση στην οποία επιθυμεί να τοποθετήσει.
- **Save As** επιτρέπει στον χρήστη να αποθηκεύσει το τρέχον αρχείο με ένα διαφορετικό όνομα, προέκταση αρχείου ή σε διαφορετική θέση.
- **Save All** αποθηκεύει όλα τα ανοιχτά αρχεία.
- **Save with Options** εμφανίζει ένα dialog box το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αποθηκευθεί ένα VI χρησιμοποιώντας διάφορες επιλογές.
- **Revert** επαναφέρει το αρχείο στην κατάσταση που βρισκόταν όταν είχε αποθηκευθεί για τελευταία φορά.
- **Page Setup** εμφανίζει ένα dialog box το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για να αλλάξουμε τις ρυθμίσεις του

εκτυπωτή είτε για να διαμορφώσουμε την εικόνα του αρχείου.

- **Print** εμφανίζει ένα dialog box το οποίο δίνει στο χρήστη διάφορες επιλογές που αφορούν την εκτύπωση ενός αρχείου.
- **Print Window** εμφανίζει ένα dialog box το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτύπωση του τρέχοντος front panel ή block diagram window.
- **VI Properties** εμφανίζει ένα dialog box που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να σεταριστούν κάποιες γενικές επιλογές και για σεταριστούν ή απλώς να ειδοθούν κάποιες επιλογές που αφορούν memory usage, documentation, revision history, security, window appearance, window size, execution και printing.
- **Recently Opened Files** επιτρέπει στο χρήστη να ανοίξει αρχεία τα οποία έχουν προσπελαστεί πρόσφατα.
- **Exit** κλείνει το LabVIEW αφού πρώτα ερωτηθεί ο χρήστης αν επιθυμεί να αποθηκεύσει αλλαγές που έχουν γίνει στα αρχεία που έχει ανοίξει.

Edit Menu

Περιέχει εντολές οι οποίες μας επιτρέπουν να ψάξουμε για LabVIEW αρχεία και να τροποποιήσουμε το περιεχόμενό τους. Οι εντολές που περιλαμβάνονται είναι οι παρακάτω:

- **Undo** ακυρώνει την τελευταία ενέργεια του χρήστη.
- **Redo** ακυρώνει την τελευταία Undo ενέργεια.
- **Cut** απομακρύνει το επιλεγμένο αντικείμενο και το αποθηκεύει στο clipboard.
- **Copy** αντιγράφει το επιλεγμένο αντικείμενο και το αποθηκεύει στο clipboard.
- **Paste** τοποθετεί τα αντικείμενα του clipboard στο ενεργό παράθυρο.
- **Clear** απομακρύνει το επιλεγμένο αντικείμενο χωρίς να το αποθηκεύει στο clipboard.
- **Find** εμφανίζει το Find dialog box το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση VIs, functions, type definitions, text, front panel objects και terminals στο block diagram.
- **Show Search Results**
- **Customize Control** επιτρέπει στον χρήστη να τροποποιήσει το επιλεγμένο front panel control αντικείμενο και να αποθηκεύσει το αρχείο που προκύπτει με την .ctl επέκταση.

- **Scale Object With Panel** κάνει το επιλεγμένο αντικείμενο του front panel να αναπροσαρμόζει το μέγεθος του ανάλογα με το μέγεθος του front panel, κάθε φορά που αλλάζει το μέγεθος του front panel.
- **Set Tabbing Order** επιτρέπει στον χρήστη να επιλέξει την σειρά αρίθμησης των αντικειμένων του front panel.
- **Import Picture from File** εισάγει μια εικόνα στο VI του χρήστη.
- **Remove Broken Wires** διαγράφει όλα τα καλώδια που εμφανίζονται με μια διακεκομμένη γραμμή και συνεπώς είναι κακώς τοποθετημένα, από το ενεργό VI.
- **Create SubVI** δημιουργεί ένα νέο subVI από τα επιλεγμένα αντικείμενα.
- **Run-Time Menu** εμφανίζει το Menu Editor dialog box το οποίο μπορεί να αξιοποιήσει ο χρήστης για να δημιουργήσει και να επεξεργαστεί run-time menu (RTM) αρχεία και να τα συσχετίσει με ένα VI.

Operate Menu

Περιέχει εντολές οι οποίες χρησιμεύουν στον έλεγχο της λειτουργίας των VIs. Οι εντολές που περιλαμβάνονται είναι οι παρακάτω:

- **Run** εκτελεί το VI. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί το κουμπί **Run** που βρίσκεται στο toolbar.
- **Stop** σταματάει την εκτέλεση του VI πριν αυτή ολοκληρωθεί. Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση του **Stop** για την έξοδο από ένα VI γιατί απορεί να αφήσει το σύστημα σε μια ασταθή κατάσταση. Πρέπει να χρησιμοποιείται ένας Boolean διακόπτης για αν σταματάει ένα VI που εκτελείται συνεχώς.
- **Suspend when Called** έχει σαν συνέπεια να ανασταλεί η εκτέλεση του VI όταν αυτό καλείται ως subVI.
- **Print at Completion** εκτυπώνει την εικόνα του front panel όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεση του VI.
- **Log at Completion** εκτελεί data logging όταν ολοκληρώνεται η εκτέλεση του VI.
- **Data Logging** επιτρέπει στον χρήστη να αποκτήσει πρόσβαση στις παρακάτω data logging λειτουργίες **Log**, **Retrieve**, **Purge Data**, **Change Log File Binding** και **Clear Log File Binding**.

- **Make Current Values Default** αποθηκεύει τις τρέχουσες τιμές των controls και των σταθερών σαν τις default τιμές τους.
- **Reinitialize All to Default** επιστρέφει σε όλα τα controls και τις σταθερές στις default τιμές τους.
- **Change to Run Mode** θέτει το VI σε Run mode. Όταν αυτό βρίσκεται σε Run mode, η εντολή αλλάζει σε **Change to Edit Mode**.
- **Connect to Remote Panel** επιτρέπει στον χρήστη να συνδεθεί και να ελέγξει ένα front panel που βρίσκεται σε ένα απομακρυσμένο υπολογιστή.

Window Menu

Περιέχει εντολές οι οποίες επιτρέπουν στο χρήστη να διαμορφώσει την εμφάνιση των παραθύρων και των palettes. Ο χρήστης μπορεί επίσης να προσπελάσει το Error List window και να δει τα περιεχόμενα του clipboard. Οι εντολές που περιλαμβάνονται είναι οι παρακάτω:

- **Show Diagram/Show Panel** ενεργοποιεί το παράθυρο του block diagram και του front panel του VI, αντίστοιχα.
- **Show Controls Palette** εμφανίζει την **Controls** palette. Στο block diagram αυτή η εντολή αντικαθίσταται από την **Show Functions Palette** η οποία και εμφανίζει την **Functions** palette.
- **Show Tools Palette** εμφανίζει την **Tools** palette στην οθόνη.
- **Show Clipboard** εμφανίζει τα περιεχόμενα του clipboard.
- **Show Error List** δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να προσπελάσει το **Error List window**, στο οποίο υπάρχει η λίστα λαθών του τρέχοντος VI.
- **Tile Left and Right** χωρίζει την οθόνη καθέτως και ισομερώς τοποθετώντας το front panel στην αριστερή πλευρά της οθόνης και το block diagram στη δεξιά.
- **Tile Up and Down** χωρίζει την οθόνη οριζοντίως και ισομερώς τοποθετώντας το front panel στην πάνω πλευρά της οθόνης και το block diagram στο κάτω.
- **Full Size** το ενεργό παράθυρο (front panel ή block diagram) εξαπλώνεται έτσι ώστε να καταλάβει όλη την οθόνη του υπολογιστή.

Μια λίστα όλων των ανοιχτών παραθύρων εμφανίζεται στο τέλος του Window Menu. Επιλέγοντας ένα από τα παράθυρα που βρίσκονται στη λίστα αυτό ενεργοποιείται και εμφανίζεται στην οθόνη.

Tools Menu

Περιέχει εντολές οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση του LabVIEW, των projects του χρήστη και των VIs. Οι εντολές που περιλαμβάνονται είναι οι παρακάτω:

- **Windows Measurement & Automation Explorer** δίνει πρόσβαση στον Measurement & Automation Explorer, τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης για να διαμορφώσει το instruments and data acquisition hardware που είναι συνδεδεμένο στο σύστημα του.
- **Instrumentation** δίνει πρόσβαση στις **Instrument Driver Network, Import CVI Instrument Driver, Update VXI plug & play Drivers** εντολές.
- **Data Acquisition** δίνει πρόσβαση στο **DAQ Channel Viewer** και στο **DAQ Solution Wizard**.
- **Datalogging and Supervisory Control** δίνει πρόσβαση σε εργαλεία από το LabVIEW Datalogging and Supervisory Control module σε συστήματα που έχουν εγκατεστημένο τα συγκεκριμένα module.
- **Real-Time** δίνει πρόσβαση σε εργαλεία από το LabVIEW RT module σε συστήματα που έχουν εγκατεστημένο το συγκεκριμένο module.
- **IMAQ Vision** δίνει πρόσβαση σε εργαλεία από το IMAQ Vision module σε συστήματα που έχουν εγκατεστημένο το συγκεκριμένο module on.
- **Compare** δίνει πρόσβαση στις λειτουργίες Compare VIs, Show Differences, Compare VI Hierarchies, and Compare Files. Είναι διαθέσιμη μόνο στους χρήστες που διαθέτουν το Professional Development System του LabVIEW.
- **Source Code Control** δίνει πρόσβαση στις source code control functions. Είναι διαθέσιμη μόνο στους χρήστες που διαθέτουν το Professional Development System του LabVIEW.
- **VI Revision History** εμφανίζει ένα παράθυρο μέσω του οποίου μπορεί ο χρήστης να καταγράψει τις αλλαγές κάνει στο τρέχον VI.
- **User Name** εμφανίζει ένα dialog box μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να αλλάξει το LabVIEW user name του.
- **VI Library Manager** εμφανίζει ένα dialog box μέσω του οποίου ο χρήστης μπορεί να αντιγράψει, να αλλάξει το

- όνομα και να διαγράψει αρχεία που βρίσκονται στις VI libraries.
- **Edit VI Library** επιτρέπει στο χρήστη να διαμορφώσει τα περιεχόμενα της VI library ή ακόμα και να δημιουργήσει μια νέα.
 - **Remote Panel Connection Manager** επιτρέπει στο χρήστη να παρακολουθεί όλο το client traffic προς τον server.
 - **Web Publishing Tool** δίνει πρόσβαση στο Web Publishing Tool VI.
 - **Advanced** δίνει πρόσβαση σε **Mass Compile**, VI Metrics, Profile VIs, **Export Strings**, **Import Strings**, Import ActiveX Controls, and **ActiveX Property Browser**. Use **Export Strings** and **Import Strings** to localize a VI.
 - **Options** εμφανίζει ένα dialog box το οποίο μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης για να customize την εμφάνιση και τη συμπεριφορά των εφαρμογών του LabVIEW.

Browse Menu

Περιέχει τις παρακάτω εντολές:

- **Show VI Hierarchy** εμφανίζει ένα Hierarchy window το οποίο χρησιμοποιείται για να ειπωθούν τα subVIs και άλλοι κόμβοι οι οποίοι αποτελούν το ενεργό VI.
- **This VI's Callers** επιτρέπει στον χρήστη να αποκτήσει πρόσβαση σε μια λίστα η οποία περιλαμβάνει όλα τα VIs τα οποία καλούν το τρέχον VI σαν subVI.
- **This VI's SubVIs** επιτρέπει στον χρήστη να αποκτήσει πρόσβαση σε μια λίστα η οποία περιλαμβάνει όλα τα subVIs τα οποία υπάρχουν στο τρέχον VI.
- **Unopened SubVIs** επιτρέπει στον χρήστη να αποκτήσει πρόσβαση σε μια λίστα η οποία περιλαμβάνει όλα τα unopened subVIs του τρέχοντος VI.
- **Unopened Type Defs** επιτρέπει στον χρήστη να αποκτήσει πρόσβαση σε μια λίστα η οποία περιλαμβάνει όλα τα unopened type definitions του τρέχοντος VI.
- **Breakpoints** ψάχνει τα breakpoints του τρέχοντος VI και τα εμφανίζει στο Search Results window.

Help Menu

Περιέχει τις παρακάτω εντολές:

- **Show Context Help** εμφανίζει το **Context Help** window, το οποίο παρέχει βασικές πληροφορίες για οποιοδήποτε VI, function ή control. Για να εμφανιστεί στο παράθυρο η βοήθεια ενός συγκεκριμένου αντικειμένου το πρέπει να μετακινήσουμε τον κέρσορα πάνω σε αυτό.
- **Lock Context Help** κλειδώνει το τρέχον περιεχόμενο του **Context Help** window. Όταν αυτή η εντολή είναι ενεργοποιημένη τότε η μετακίνηση του κέρσορα πάνω σε ένα άλλο αντικείμενο είτε του block diagram είτε του front panel, δεν αλλάζει το περιεχόμενο του **Context Help** window.
- **VI, Function, & How-To Help** εμφανίζει το πλήρες περιεχόμενο της βοήθειας που διαθέτει το LabVIEW σε ηλεκτρονική μορφή. Ο χρήστης μπορεί να πάρει πληροφορίες και βοήθεια για οποιοδήποτε αντικείμενο που υπάρχει στο LabVIEW συμπεριλαμβανομένου και των παρακάτω: palettes, menus, tools, VIs, και functions. Επίσης περιέχει βήμα προς βήμα οδηγίες για την χρήση του LabVIEW.
- **Search the LabVIEW Bookshelf** εμφανίζει την PDF (Portable Documentation Format) version του εγχειριδίου του LabVIEW.
- **Help for This VI** δίνει την πλήρη βοήθεια για το συγκεκριμένο VI η οποία και προέρχεται από το *LabVIEW Help*.
- **Find Examples** επιτρέπει στο χρήστη να ψάξει και να επιλέξει εκατοντάδες παραδείγματα από VIs. Ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει ένα παράδειγμα έτσι ώστε να μπορεί να το χρησιμοποιήσει στις εφαρμογές του.
- **Web Resources** δίνει στο χρήστη πρόσβαση σε Internet links τα οποία και παραπέμπουν σε National Instruments Technical Support, την LabVIEW KnowledgeBase, NI Developer Zone, και άλλες online National Instruments πηγές.
- **Explain Error** δίνει όλες τις πληροφορίες που αφορούν τα λάθη του τρέχοντος VI.
- **About LabVIEW** δίνει πρόσβαση σε γενικές πληροφορίες που αφορούν την εγκατεστημένη έκδοση του LabVIEW, συμπεριλαμβανομένου version number και serial number.

2.1.2. Palettes

Το LabVIEW περιέχει τρεις παλέτες την control palette, την functions palette και την tools palette τις οποίες και παρουσιάζουμε στη συνέχεια. Από τις δύο πρώτες αντλούμε τα στοιχεία για να σχεδιάσουμε το front panel και το block diagram ενώ η tools palette περιέχει κάποια εργαλεία μορφοποίησης.

Control Palette

Για να ενεργοποιήσουμε την control palette πατάμε δεξί click στο χώρο του front panel, όταν αυτό είναι ενεργοποιημένο ή επιλέγουμε την εντολή **Show Control Palette** από το **Windows Menu** του front panel. Κατόπιν εμφανίζεται η παλέτα η οποία είναι πολύ εύχρηστη και βοηθάει τον προγραμματιστή να επιλέξει controls και indicators, όλων των μορφών, για το πρόγραμμα του. Οι κατηγορίες των controls που περιλαμβάνονται στην παλέτα είναι οι παρακάτω: numeric, Boolean, string & path, array & cluster, list & tables, graph, ring & enum, I/O, refnum, dialog control, classic controls, activex, decorations, select a control και user controls.



Εικόνα 2. Control Palette του Front panel

Functions Palette

Για να ενεργοποιήσουμε την functions palette πατάμε δεξί click στο χώρο του block diagram, όταν αυτό είναι ενεργοποιημένο ή επιλέγουμε την εντολή **Show Functions Palette** από το **Windows Menu** του block diagram. Από αυτήν την παλέτα μπορούμε να επιλέξουμε μια build-in

function του LabVIEW ή ένα VI και να χτίσουμε το block diagram του δικού μας VI. Οι κατηγορίες των functions που περιλαμβάνονται στην παλέτα είναι οι παρακάτω: structures, numeric, Boolean, string, array, cluster, comparison, time & dialog, file I/O, data acquisition, analyze, waveform, instrument I/O, motion & vision, mathematics, communication, application control, graphics & sound, tutorial, report generation, advanced, select a VI και user libraries.



Εικόνα 3. Η Functions Palette του block diagram


Tools Palette

Για να ενεργοποιήσουμε την tools palette επιλέγουμε την εντολή **Show Tools Palette** από το **Windows Menu** είτε του front panel είτε του block diagram.













Εικόνα 4. Η Tools Palette του LabVIEW

Τα σημαντικότερα εργαλεία αυτή της παλέτας είναι τα παρακάτω:

-  **Automatic Tool Selection.** Αν είναι ενεργοποιημένο αυτό το εργαλείο τότε όταν ο χρήστης

μετακινώντας τον κέρσορα πάνω από ένα αντικείμενο είτε του front panel είτε του block diagram, το LabVIEW επιλέγει αυτόματα το κατάλληλο tool το οποίο πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

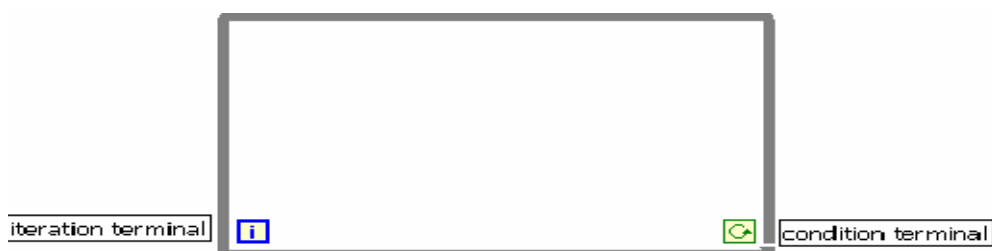
-  Το **Operating** tool που μας επιτρέπει να αλλάζουμε τις τιμές των controls που βρίσκονται στο front panel αλλά και να χειριζόμαστε όλα τα όργανα που θα χρειαζόταν και στον αληθινό κόσμο την παρέμβαση του ανθρώπινου χεριού για τη λειτουργία τους όπως για παράδειγμα ένας διακόπτης. Είναι το μόνο tool που είναι διαθέσιμο στο run mode.
-  Το **Positioning** tool επιλέγει, μετακινεί και αλλάζει τις διαστάσεις των αντικειμένων.
-  Το **Labeling** tool μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε και να επεξεργαστούμε ετικέτες με κείμενο.
-  Το **Wiring** tool μας επιτρέπει να συνδέουμε τα διάφορα αντικείμενα που είναι τοποθετημένα στο block diagram μεταξύ τους.
-  Το **Object Shortcut Menu** tool εμφανίζει το μενού ενός αντικειμένου χωρίς να χρειαστεί να κάνουμε right click σε αυτό.
-  Το **Scrolling** tool μας επιτρέπει να κάνουμε scroll στην οθόνη χωρίς να χρησιμοποιούμε τα scrolling bars.
-  Το **Breakpoint** tool μας επιτρέπει να θέτουμε breakpoints σε VIs, κόμβους, καλώδια με σκοπό να σταματάμε την εκτέλεση του προγράμματος σε εκείνο το σημείο.
-  Το **Probe** tool μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε ένα probe πάνω σε ένα καλώδιο με σκοπό να ελέγχουμε τις ενδιάμεσες τιμές σε ένα VI σε περίπτωση που αυτό παράγει μη αναμενόμενες τιμές.
-  Το **Color Copying** tool μας επιτρέπει να αντιγράψουμε ένα χρώμα και στη συνέχεια να το χρησιμοποιήσουμε με το coloring tool.
-  Το **Coloring** tool μας επιτρέπει να αλλάζουμε το χρώμα ενός αντικειμένου ή του φόντου.

2.2. Τα κυριότερα στοιχεία του LabVIEW

2.2.1. Structures

While Loop

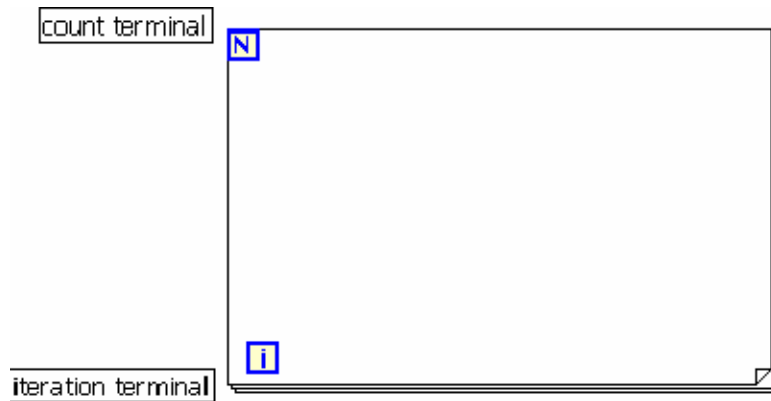
Το while loop είναι μια δομή που επαναλαμβάνει ένα μέρος του κώδικα του προγράμματος μέχρι να εκπληρωθεί μια συνθήκη. Στο LabVIEW ένα while loop παριστάνεται με ένα ορθογώνιο σχήμα του οποίου τις διαστάσεις μπορεί να αλλάξει ο χρήστης. Εντός του loop υπάρχει το iteration terminal που περιέχει ανά πάσα στιγμή τον αριθμό των επαναλήψεων του βρόγχου. Πρέπει να ληφθεί υπόψιν ότι επειδή η αρχική του τιμή είναι πάντα μηδενική αν ο βρόγχος εκτελεστεί μια φορά το iteration terminal περιέχει την τιμή 0. Εντός του βρόγχου επίσης υπάρχει και το conditional terminal το οποίο λειτουργεί σαν είσοδος και αποτελεί ουσιαστικά τη συνθήκη ελέγχου του βρόγχου. Πρόκειται για μια Boolean μεταβλητή εισόδου η οποία όταν πάρει την τιμή FALSE τερματίζεται η λειτουργία του while loop. Το επιλέγουμε από το functions palette<structures<while loop.



Εικόνα 5. While Loop

For Loop

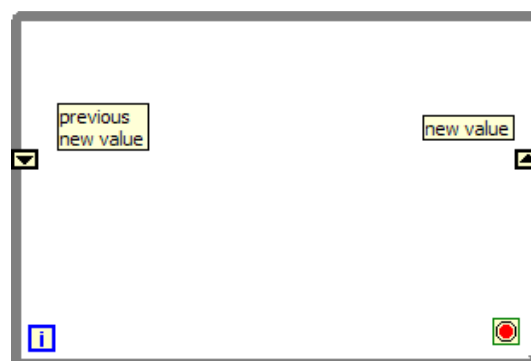
Το for loop είναι μια δομή η οποία εκτελεί ένα μέρος του προγράμματος για έναν καθορισμένο αριθμό επαναλήψεων. Όπως το while loop παριστάνεται με ένα ορθογώνιο σχήμα του οποίου οι διαστάσεις μπορούν να αλλαχθούν. Περιλαμβάνει δύο terminals, το count terminal το οποίο λειτουργεί σαν είσοδος και καθορίζει τον αριθμό των επαναλήψεων και το iteration terminal που περιέχει τον αριθμό των επαναλήψεων που έχουν εκτελεστεί. Το επιλέγουμε από το functions palette<structures<for loop.



Εικόνα 6. For Loop

Shift Registers

Οι shift registers χρησιμοποιούνται στο while και στο for loop και μεταφέρουν τιμές από μία επανάληψη του βρόγχου στην επόμενη. Για να δημιουργήσουμε ένα νέο shift register κάνουμε left click στην δεξιά ή αριστερή πλευρά των loops και από το μενού που εμφανίζεται επιλέγουμε **Add Shift Register**. Ένας shift register αποτελείται από δύο terminals τα οποία είναι τοποθετημένα το ένα στη δεξιά και το άλλο στην αριστερή πλευρά του βρόγχου. Το δεξί terminal αποθηκεύει την τιμή μιας μεταβλητής κατά την ολοκλήρωση μιας επανάληψης του βρόγχου. Η τιμή αυτή εμφανίζεται στη συνέχεια στο αριστερό terminal κατά την έναρξη της επόμενης επανάληψης του βρόγχου. Μπορεί να αποθηκεύσει όλων των ειδών τα δεδομένα – αριθμητικά, Boolean, string, array κ.α.

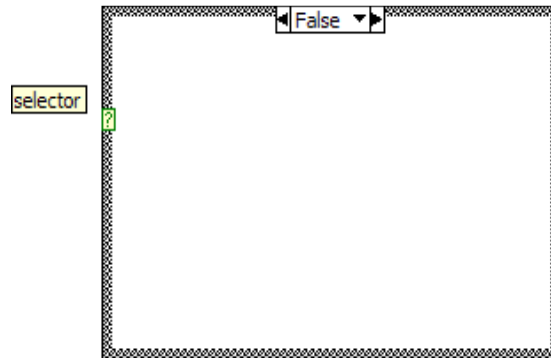


Εικόνα 7. Shift Registers

Case Structure

Η δομή Case εμπεριέχει δύο ή περισσότερα subdiagrams ή αλλιώς cases από τα οποία εκτελείται μόνο το ένα κάθε φορά που εκτελείται η δομή. Στην αριστερή πλευρά του συμβόλου της δομής case υπάρχει ένας επιλογέας που ανάλογα με την τιμή που παίρνει σαν είσοδο διαλέγει και

εκτελεί το ανάλογο subdiagram. Η τιμή της εισόδου μπορεί να είναι ακέραια, Boolean ή string. Για να προσθέσουμε cases πατάμε δεξί click στις πλευρές της case structure και επιλέγουμε **Add Case**. Το επιλέγουμε από το functions palette<structures<case.



Εικόνα 8. Case Structure

Sequence Structure

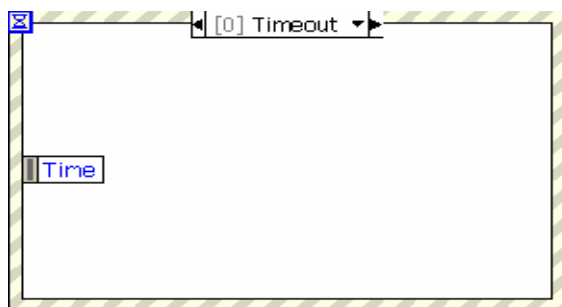
Η sequence structure εκτελεί ακολουθιακά έναν αριθμό block diagrams. Μοιάζει με τη δομή case διότι περιέχει πολλά στιγμιότυπα. Σε αυτή την περίπτωση όμως δεν εκτελείται μόνο το diagram που περιέχεται στο στιγμιότυπο που επιλέχθηκε αλλά όλα τα diagrams με την σειρά που τα έχουμε τοποθετήσει. Έτσι πρώτα θα εκτελεστεί το diagram που περιέχεται στο στιγμιότυπο 0, ακολούθως αυτό που περιέχεται στο στιγμιότυπο 1 κ.ο.κ. Η δομή αυτή είναι χρήσιμη στον έλεγχο της ροής των δεδομένων αποφεύγοντας έτσι πιθανά λάθη από την εκτέλεση κάποιου κόμβου πριν την επιθυμητή σειρά εκτέλεσης του. Για να προσθέσουμε ένα frame πατάμε δεξί click στις πλευρές του sequence structure και στη συνέχεια επιλέγουμε **Add Frame Before** ή **Add Frame After** ανάλογα με την θέση που θέλουμε να το τοποθετήσουμε. Το επιλέγουμε από το functions palette<structures<sequence.



Εικόνα 9. Sequence structure

Event Structure

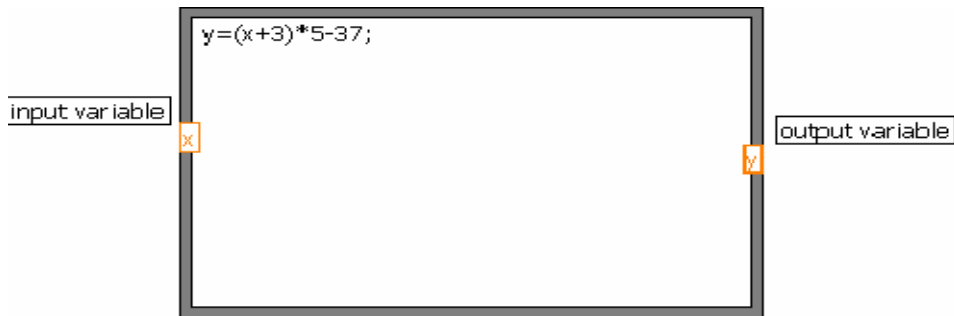
Έχει ένα ή περισσότερα subdiagrams, ή αλλιώς event cases, από τις οποίες εκτελείται μία μόνο όταν εκτελείται η δομή. Το Event structure περιμένει μέχρι να συμβεί ένα συγκεκριμένο γεγονός στο front panel, και στη συνέχεια εκτελεί την κατάλληλη. Πατώντας δεξί click στο σύνορο της δομής προστίθενται νέα event cases καθώς επίσης και με ποια γεγονότα θα συσχετιστεί η δομή. Το επιλέγουμε από το functions palette<structures<event structure.



Εικόνα 10. Event structure

Formula Node

Πρόκειται για μια δομή μέσα στην οποία μπορούμε να εισάγουμε απ' ευθείας αλγεβρικές φόρμουλες. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο γιατί όταν έχουμε μια πολύπλοκη έκφραση ή υλοποίηση της με τα αριθμητικά functions που περιέχει το LabVIEW καταλαμβάνει μεγάλη έκταση στο χώρο και γενικά κάνει το block diagram περίπλοκο. Επίσης υποστηρίζει και εκφράσεις παρόμοιες με αυτές της C. Οι built-in συναρτήσεις που υποστηρίζει είναι οι παρακάτω: abs, acos, acosh, asin, asinh, atan, atanh, ceil, cos, cosh, cot, csc, exp, expm1, floor, getexp, getman, int, intrz, In, Inp1, log, log2, max, min, mod, rand, rem, sec, sign, sin, sinc, sinh, sqrt, tan, tanh. Για να δημιουργήσουμε τα input και output terminals αρχικά πατάμε δεξί click στις πλευρές του Formula Node και στη συνέχεια επιλέγουμε **Add Input** ή **Add Output**. Κατόπιν βάζουμε τις ονόματα των μεταβλητών στα input και output boxes. Ο μέγιστος αριθμός των χαρακτήρων από τους οποίους μπορεί να αποτελείται το όνομα μιας μεταβλητής είναι δύο. Ακολούθως συνδέουμε το control το οποίο επιθυμούμε στο input box καθώς και ένα indicator στο output box για να λαμβάνουμε τα αποτελέσματα. Το επιλέγουμε από το functions palette<structures<formula node.

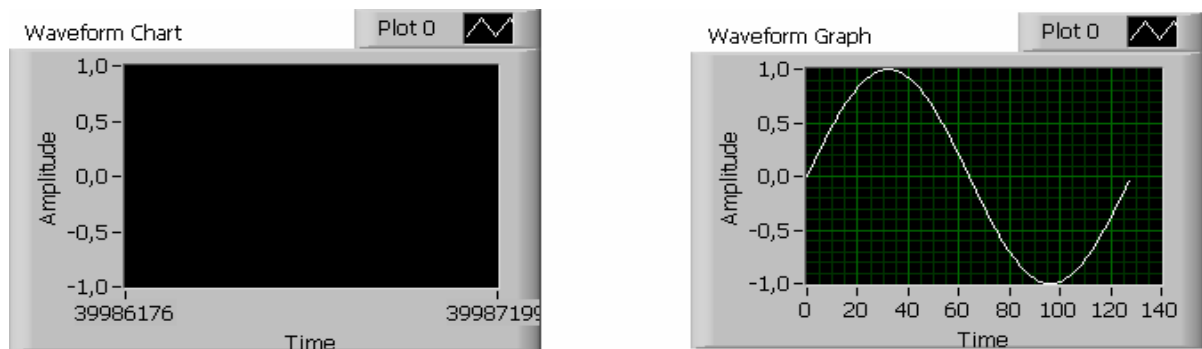


Εικόνα 11. Formula Node

2.2.2. Τα κυριότερα στοιχεία του Front Panel

Charts and Graphs

Το LabVIEW μας δίνει τη δυνατότητα να παραστήσουμε γραφικά μια σειρά από δεδομένα με εργαλεία που ονομάζονται charts και graphs. Η βασική διαφορά ανάμεσα σε charts και graphs έγκειται στον τρόπο με τον οποίο συλλέγουν και αποτυπώνουν τα δεδομένα. Έτσι VIs που διαθέτουν graphs συνήθως συλλέγουν τα δεδομένα σε ένα πίνακα και στη συνέχεια τα αποτυπώνουν στην οθόνη του graph μονομιάς. Αντίθετα τα charts προσθέτουν στην ήδη υπάρχουσα απεικόνιση τα νέα δεδομένα που έρχονται. Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι υπάρχουν δύο τύποι graphs, το waveform graph και το XY graph. Η διαφορά ανάμεσα στα δύο είναι ότι το μεν πρώτο αποτυπώνει μονοσήμαντες συναρτήσεις, ενώ το δεύτερο είναι ένα γενικότερης χρήσης εργαλείο το οποίο μπορεί να απεικονίσει ακόμα και πολυσήμαντες συναρτήσεις.

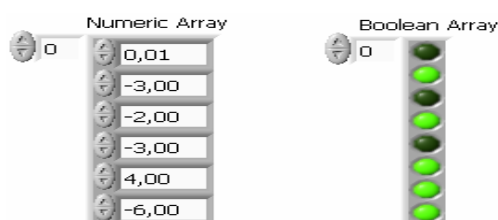


Εικόνα 12. Chart και Graph

Arrays

Οι πίνακες (arrays) είναι ένα σύνολο στοιχείων του ίδιου τύπου. Μπορεί να έχουν μια ή περισσότερες διαστάσεις και μέχρι 231 στοιχεία ανά διάσταση. Τα στοιχεία του πίνακα μπορούν να είναι οποιουδήποτε τύπου εκτός από array, chart και graph. Για να δημιουργήσουμε ένα array

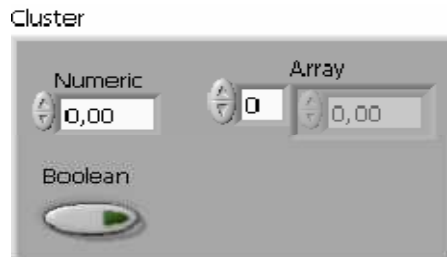
επιλέγουμε το Array & Graph Menu από το Control Palette. Στη συνέχεια εμφανίζεται στο front panel το array shell ενώ για να καθορίσουμε τον τύπο των στοιχείων του πίνακα, επιλέγουμε αρχικά από το Control Menu ένα data object και στη συνέχεια το σέρνουμε μέσα στο array shell. Ένας εναλλακτικός τρόπος επιλογής του τύπου των δεδομένων είναι μέσω του pop-up menu του πίνακα. Αν θέλουμε να προσθέσουμε μια νέα διάσταση στον πίνακα τότε επιλέγουμε από το pop-up menu **Add Dimension** και έτσι εμφανίζεται ένα επιπλέον index display που αναφέρεται στην καινούρια διάσταση. Το LabVIEW περιλαμβάνει πολλές λειτουργίες που σχετίζονται με τους πίνακες και ονομάζονται array functions. Οι λειτουργίες αυτές διευκολύνουν την και αξιοποιούν τη χρήση των πινάκων και βρίσκονται στη **Functions Palette** και συγκεκριμένα στο μενού **Array**.



Εικόνα 13. Δύο μονοδιάστατα arrays, ένα με αριθμητικές και ένα με Boolean τιμές

Clusters

Το cluster είναι ένας τύπος δεδομένου ο οποίος περιέχει πολλαπλά στοιχεία δεδομένων τα οποία μπορούν να είναι διαφορετικού τύπου. Αυτό είναι και το στοιχείο που διαφοροποιεί ένα cluster από ένα array μιας και το δεύτερο ενώ περιλαμβάνει πολλαπλά στοιχεία αυτά θα πρέπει να είναι του ίδιου τύπου. Ο μόνος περιορισμός που υπάρχει ως προς τα στοιχεία του cluster είναι ότι θα πρέπει να είναι όλα ή controls ή indicators. Μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα cluster επιλέγοντας το από το Array&Graph Menu του Control Palette. Τα στοιχεία που περιέχονται σε ένα cluster έχουν μια αρίθμηση που έχει σχέση με τη σειρά που εισήχθησαν σε αυτό. Έτσι το πρώτο στοιχείο έχει τον αριθμό 0, το δεύτερο τον αριθμό 1 κ.ο.κ. Αν κάποιο από τα στοιχεία διαγραφεί τότε η σειρά αναπροσαρμόζεται αυτόματα. Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την αρίθμηση επιλέγοντας **Cluster Order** από το pop-up menu του cluster. Η αρίθμηση μέσα σε ένα cluster είναι πολύ σημαντική μιας και η προσπέλαση ενός στοιχείου γίνεται με βάση τον αριθμό του και όχι με βάση το όνομά του.



Εικόνα 14. Cluster αποτελούμενο από ένα numeric control, ένα Boolean control και ένα array

2.2.3. Τύποι δεδομένων

Το LabVIEW υποστηρίζει ένα μεγάλο αριθμό από τύπους δεδομένων. Την πλήρη λίστα των τύπων δεδομένων την παραθέτουμε στον πίνακα 1. Μεγάλο ενδιαφέρον έχει ο τρόπος που αναπαρίστανται όλοι αυτοί οι διαφορετικοί τύποι δεδομένων στο γραφικό περιβάλλον προγραμματισμού του LabVIEW. Προς μεγάλη διευκόλυνση του χρήστη κάθε κατηγορία τύπων δεδομένων έχει το δικό της διαφορετικό χρώμα, ενώ μέσα στη γραφική αναπαράσταση του κάθε δεδομένου αναφέρεται με χαρακτηριστική συντομογραφία ο τύπος του. Να σημειώσουμε ότι με πορτοκαλί χρώμα παριστάνονται οι floating point αριθμοί, με μπλε οι ακέραιοι, με ροζ τα string, και με πράσινο οι Boolean. Για τα arrays ισχύει ότι το χρώμα τους εξαρτάται από τον τύπο των δεδομένων τους. Έτσι αν έχουμε ένα array που αποτελείται από ακέραιους αυτό θα είναι χρώματος μπλέ, αν αποτελείται από floating point αριθμούς θα είναι πράσινο κ.ο.κ.

| Symbol | Data Type |
|--------|---|
| | Floating point-Extended-precision (EXT) |
| | Floating point-Double-precision (DBL) |
| | Floating point-Single-precision (SGL) |
| | Integer-Long (I32) |
| | Integer-Word (I16) |
| | Integer-Byte (I8) |
| | Unsigned integer-Long (U32) |
| | Unsigned integer-Word (U16) |
| | Unsigned integer-Byte (U8) |
| | Boolean |
| | String |
| | Refnum |
| | Array αποτελούμενο από στοιχεία οποιοδήποτε από τους προηγούμενους τύπους δεδομένων |
| | Cluster |

Πίνακας 1. Συνοπτική παράθεση των τύπων δεδομένων που υποστηρίζει το LabVIEW και το σύμβολο με το οποίο εμφανίζονται στο block diagram.

Ο ίδιος κανόνας ισχύει και στη χρωματική αναπαράσταση των καλωδίων τα οποία με τη σειρά τους παίρνουν ανάλογο χρώμα με αυτό των δεδομένων που μεταφέρουν. Εκτός όμως από το χρώμα ο τύπος των δεδομένων που μεταφέρουν τα καλώδια επηρεάζει και το πάχος τους. Έτσι αν μεταφέρουν απλούς αριθμούς εμφανίζονται λεπτότερα από ότι όταν μεταφέρουν arrays. Διαφορετική είναι επίσης η αναπαράσταση ενός καλωδίου όταν μεταφέρει πολυδιάστατα arrays καθώς και διαφορετική όταν μεταφέρει clusters.

Πρέπει να αναφέρουμε επίσης και τη διαφορά που υπάρχει στην αναπαράσταση των controls και των indicators. Η διαφορά αυτή είναι απλή και ταυτόχρονα πολύ χαρακτηριστική μιας και το μόνο που αλλάζει σε ένα control και ένα indicator που υποστηρίζουν ίδιο τύπο δεδομένων είναι το περίγραμμά τους το οποίο σε ένα control είναι χρωματισμένο ενώ σε ένα indicator όχι. Παράλληλα ένα μικρό βελάκι υποδεικνύει ότι το control μεταδίδει δεδομένα ενώ ένα indicator δέχεται δεδομένα.



Εικόνα 15. Το αριστερό ζευγάρι δείχνει ένα control και ένα indicator που υποστηρίζουν floating point- double precision αριθμούς, ενώ το δεξί ζευγάρι δείχνει ένα control και ένα indicator που υποστηρίζουν arrays αποτελούμενα από integer-long(I32) αριθμούς.

Τέλος αν θέλουμε να αλλάξουμε τον τύπο δεδομένου ενός control ή ενός indicator επιλέγουμε από το pop-up menu του την επιλογή **representation** και κατόπιν τον τύπο που επιθυμούμε.

Κεφάλαιο 3^ο

Γεννήτρια σημάτων

3.1. Εισαγωγικά για την γεννήτρια σημάτων



Εικόνα 1. Γεννήτρια σημάτων

Μία γεννήτρια σημάτων είναι συνήθως ένα κομμάτι του ηλεκτρονικού εξοπλισμού δοκιμής ή το λογισμικό που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία διαφορετικών τύπων ηλεκτρικών κυματομορφών σε μία ευρεία περιοχή συχνοτήτων. Είναι όργανο που παρέχει σήμα (πληροφορία) συνήθως με την μορφή τάσης ή ρεύματος στο κύκλωμα. Έχει την δυνατότητα να παράγει σήματα με ποικίλα χαρακτηριστικά τα οποία ελέγχονται από τον χρήστη.

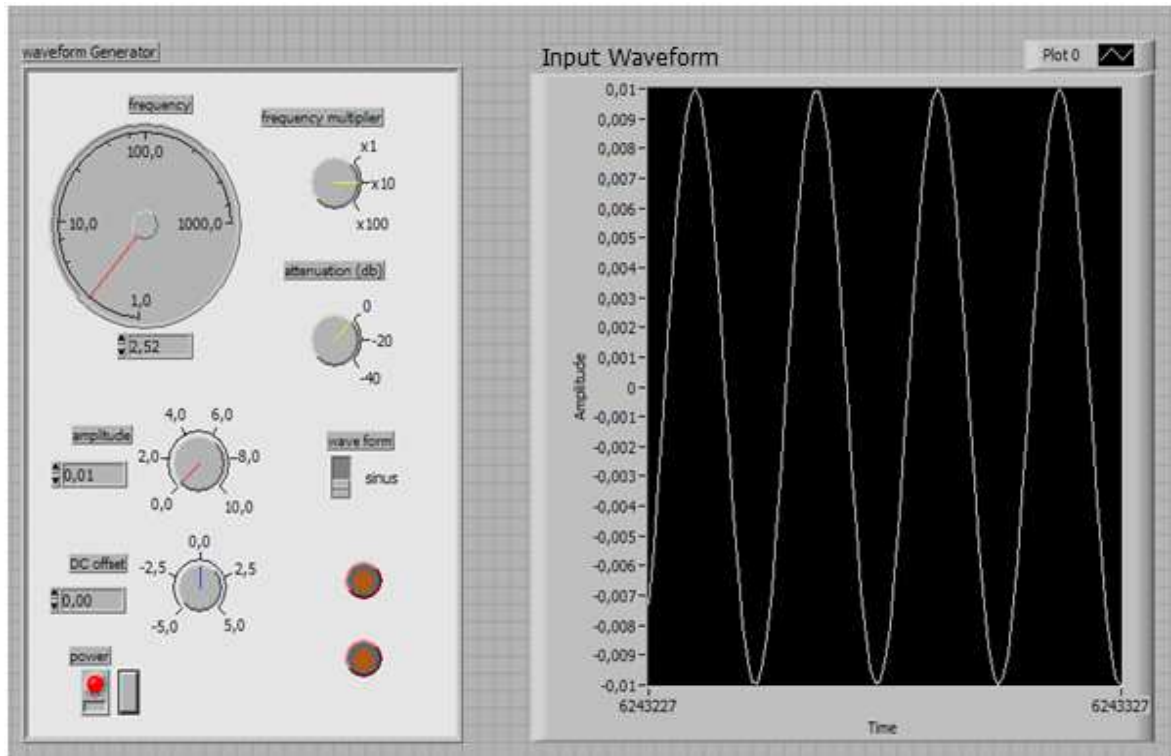
Τα σήματα μπορεί να είναι:

1. αρμονικά (ημιτονοειδή)
2. τετραγωνικά
3. τριγωνικά.

Οι παράμετροι που μπορούν να ρυθμιστούν είναι:

1. η συχνότητα (frequency)
2. το πλάτος (V_{pp} , V_{rms} , V_p)
3. το επίπεδο συνεχούς τάσης (DC offset)

3.2. Front Panel

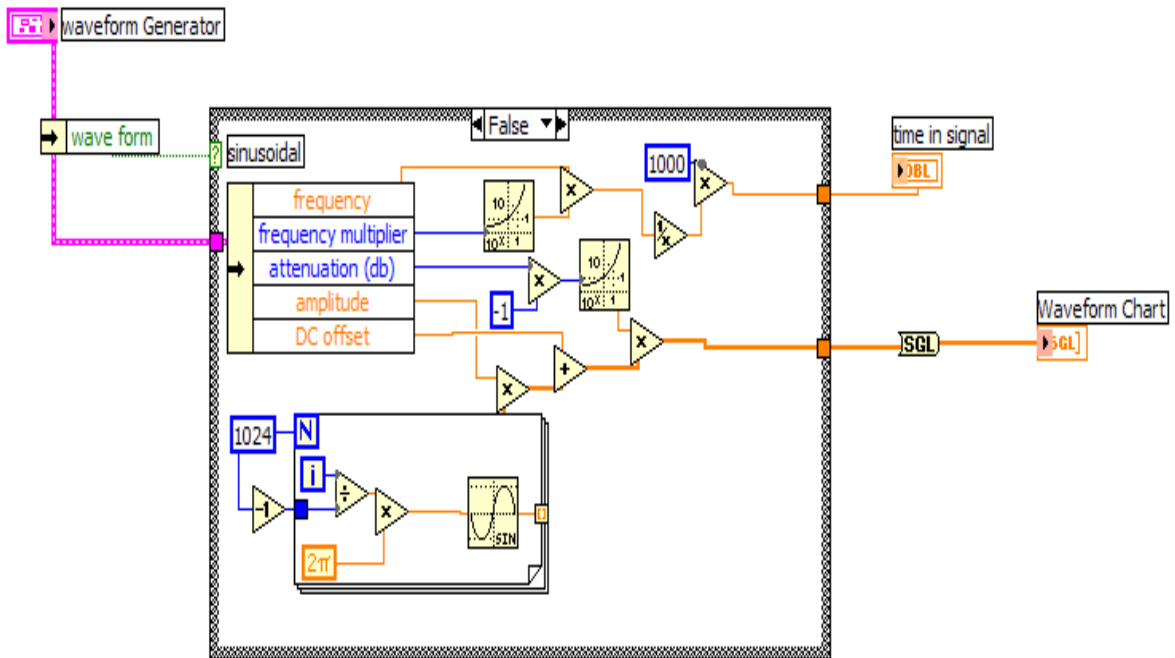


Εικόνα 2. Το front panel της γεννήτριας σημάτων

Το υποπρόγραμμα γεννήτρια σημάτων είναι εκείνο που παράγει το ημιτονοειδές σήμα ή τον τετραγωνικό παλμό που θέλουμε να παράγουμε. Από το front panel μπορούμε να επιλέξουμε τη συχνότητα (από 1 έως 100kHz), το πλάτος του σήματος, το dc offset και στο τέλος μας παρουσιάζει το αποτέλεσμα σε κυματομορφή.

Το υποπρόγραμμα αυτό στην ουσία θα χρησιμοποιείται στην AC προσομοίωση του ενισχυτή κοινού εκπομπού και από το κεντρικό πρόγραμμα παλμογράφου για την προσομοίωση του ενισχυτή κοινού εκπομπού. Η μορφή του χειριστηρίου παράγωγης παλμών δεν αλλάζει σε όποιο μέρος του προγράμματος εμφανιστεί.

3.3. Block diagram



Εικόνα 3. Το block diagram της γεννήτριας σημάτων

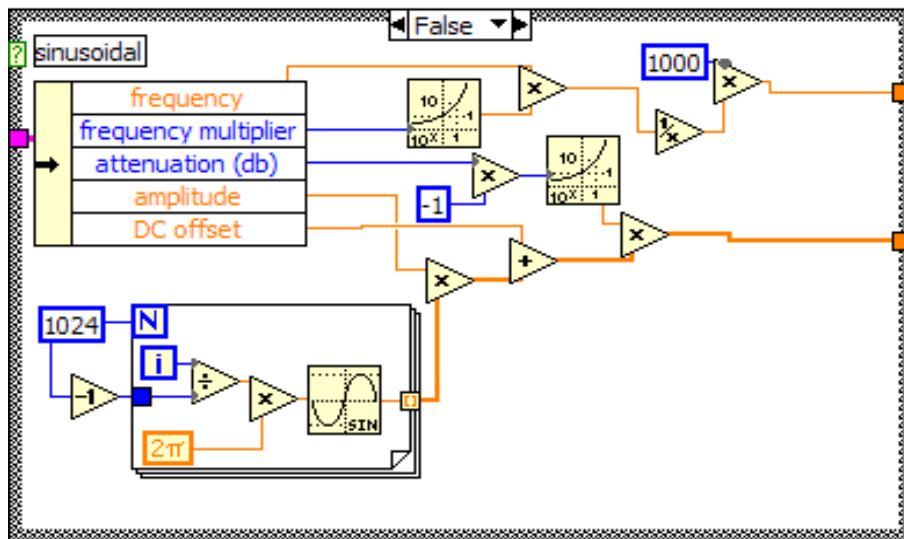
Το block diagram μας φανερώνει τις συνδέσεις και τις διεργασίες που γίνονται σε αυτό το υποπρόγραμμα. Στο παρακάτω πινάκα βλέπουμε τις εισόδους και τις εξόδους που έχουμε εδώ:

| Είσοδος | Περιγραφή |
|----------------------|--|
| Wave form | Επιλογέας τετραγωνικού ή ημιτονοειδούς σήματος |
| Frequency | Επιλογέας συχνότητας |
| Frequency multiplier | Επιλογέας πολ/στη συχνότητας |
| Attenuation (db) | Εξασθένηση σήματος σε db |
| Amplitude | Επιλογέας πλάτους σήματος |
| DC Offset | Επιλογέας μετατόπισης DC |
| Έξοδος | Περιγραφή |
| Waveform Chart | Διάγραμμα εξόδου |
| Time in signal | Χρονικό σήμα |

Πίνακας 1. Είσοδοι, έξοδοι και περιγραφή τους
Ξεκινάμε στην αρχή με ένα **Case Structure** όπου:

- Στην περίπτωση που ο επιλογέας waveform είναι στην θέση false μας παράγει ημιτονοειδή κυματομορφή.
- Στην περίπτωση που ο επιλογέας waveform είναι στην θέση true μας παράγει τετραγωνικό παλμό.

3.3.1. Ημιτονοειδή κυματομορφή



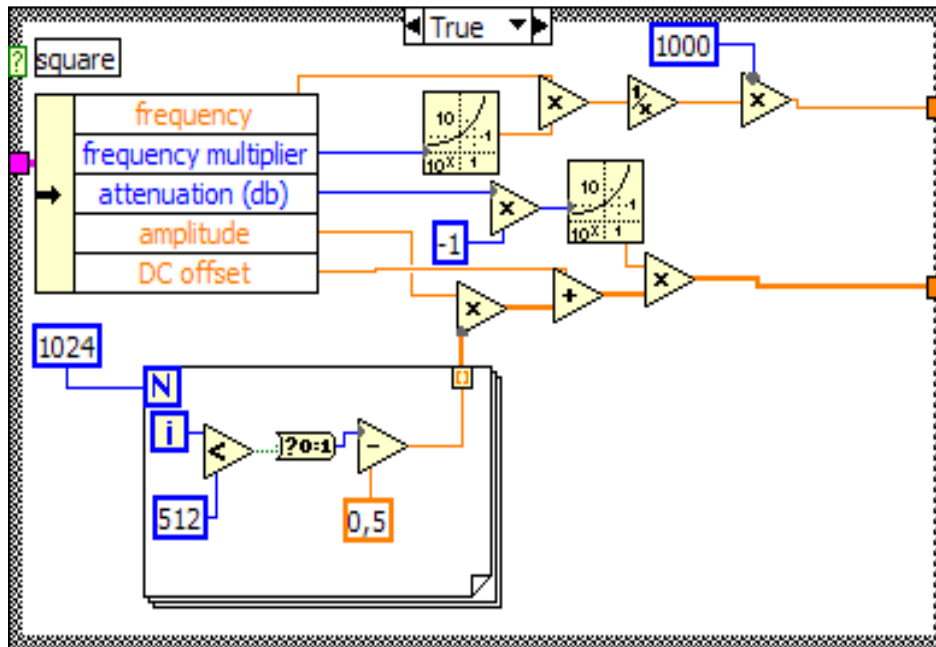
Εικόνα 4. Το block diagram της ημιτονοειδούς κυματομορφής

Με το For Loop παράγουμε την τιμή του ημιτόνιου σε rad σε κάθε σημείο του κύκλου του. Αυτό το επιτυγχάνουμε διαιρώντας το i του For Loop με το N , ώστε να έχουμε το ποσοστό του κύκλου που έχει φτάσει το For Loop με κάθε βήμα, επί 2π για να το κάνουμε σε rad.

Για να δώσουμε το επιθυμητό πλάτος πολλαπλασιάζουμε επί το amplitude και προσθέτουμε την DC Offset. Έπειτα πολλαπλασιάζουμε επί την εξασθένιση και έχουμε το τελικό σήμα.

Για να ορίσουμε στην έξοδο μας την περίοδο του σήματος πολλαπλασιάζουμε τη συχνότητα επί τον πολλαπλασιαστή της, και στην συνέχεια το περνάμε από τη $1/x$ για να λάβουμε την περίοδο.

3.3.2. Τετραγωνικός παλμός



Εικόνα 5. Το block diagram του τετραγωνικού παλμού

Με το For Loop παράγουμε τον τετραγωνικό παλμό. Χωρίζουμε τον κύκλο του στην μέση συγκρίνοντας το i με το βήμα 512 που αποτελεί τη μέση του κύκλου. Όταν το i είναι μικρότερο του 512 τότε έχω έξοδο 1. Με το πέρας του κύκλου έχω έξοδο 0.

Για να δώσουμε το επιθυμητό πλάτος πολλαπλασιάζουμε επί το amplitude και προσθέτουμε την DC Offset. Έπειτα πολλαπλασιάζουμε επί την εξασθένηση και έχουμε το τελικό σήμα.

Για να ορίσουμε στην έξοδο μας την περίοδο του σήματος πολλαπλασιάζουμε τη συχνότητα επί τον πολλαπλασιαστή της, και στην συνέχεια το περνάμε από τη $1/\chi$ για να λάβουμε την περίοδο.

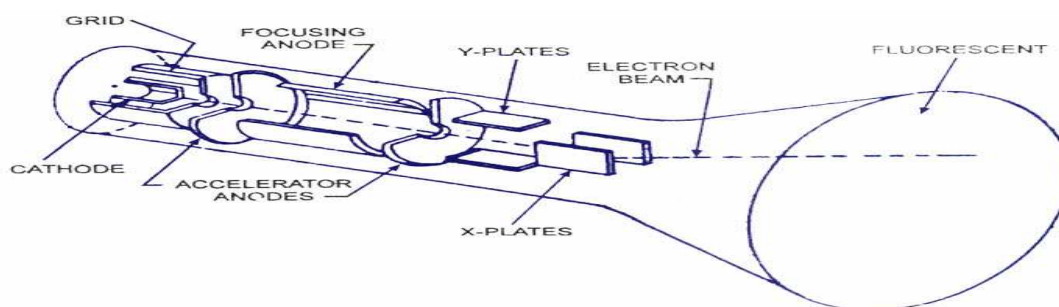
Κεφάλαιο 4ο

Παλμογράφος

4.1. Γενικά

Ο παλμογράφος αποτελεί από μόνος του μια ξεχωριστή κατηγορία ηλεκτρικού οργάνου καθώς είναι ένα ισχυρό εργαλείο για την μέτρηση όχι μόνο της τιμής μεγεθών σε ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά κυκλώματα αλλά και της χρονικής τους εξέλιξης. Επομένως, η συνεισφορά του είναι μοναδική για την καταγραφή αλλά και την απεικόνιση περιοδικών ή παλμικών σημάτων ακόμα και πολύ μικρής χρονικής διάρκειας (ns). Βασικά χαρακτηριστικά του είναι η οπτική απεικόνιση του σήματος, οπότε μπορεί να μετρηθεί πλάτος και περίοδος ή χρονική διάρκεια παλμού, η δυνατότητα για ανάλυση και επεξεργασία του σήματος, από ομαλοποίηση έως μαθηματικές πράξεις και μετασχηματισμό Fourier, η μεγάλη αντίσταση εισόδου και το μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων (διαφορά μεταξύ της ελάχιστης και μέγιστης συχνότητας που μπορεί να απεικονιστεί με ακρίβεια). Ο κλασικός παλμογράφος ήταν αναλογικός με περιορισμένες δυνατότητες, σε αντίθεση με τους σύγχρονους ψηφιακούς, οι οποίοι εκτός από πολύ μεγάλο εύρος συχνοτήτων προσφέρουν πολλές δυνατότητες για ανάλυση και επεξεργασία σήματος. Οι ελεγκτές συχνότητας είναι εξαιρετικά σημαντικοί στα ΣΗΕ και στις διατάξεις που συνδέονται σε αυτά. Εμφανίζονται σαν τμήματα διατάξεων ρύθμισης και ελέγχου της ισχύος ή της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα της γεννήτριας και όχι σαν ξεχωριστές διατάξεις.

4.2. Αναλογικός Παλμογράφος



Cathode Ray Tube

Σχήμα 1: Λειτουργία αναλογικού παλμογράφου

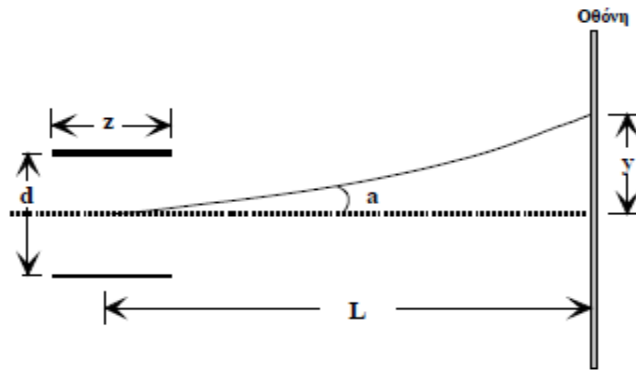
Ο κλαστικός αναλογικός παλμογράφος αποτελείται από τα παρακάτω επιμέρους συστήματα:

i) Καθοδικός σωλήνας (CRT)

Η λειτουργία του αναλογικού παλμογράφου βασίζεται σε ένα καθοδικό σωλήνα, εντός του οποίου κινούνται ηλεκτρόνια, από την θερμαινόμενη κάθοδο (η οποία τα εκπέμπει) έως την οθόνη. Η βασική διαμόρφωση της δέσμης των ηλεκτρονίων επιτυγχάνεται με: ρυθμιστικό ηλεκτρόδιο (οπή) που καθορίζει τον αριθμό των ηλεκτρονίων άρα και την ένταση του σήματος στην οθόνη, σύστημα προ-επιτάχυνσης σε τάση μερικών kV και σύστημα εστίασης με βάση ηλεκτρονικό φακό (ένα ηλεκτροστατικό πεδίο μεταξύ δύο κυλίνδρων εστιάζει την αποκλίνουσα δέσμη). Τα τμήματα αυτά μαζί με την θερμαινόμενη κάθοδο αποτελούν το ηλεκτρονικό πυροβόλο του παλμογράφου.

ii) Πλακίδια κάθετης και οριζόντιας εκτροπής

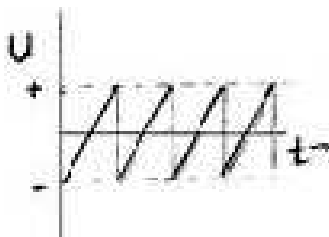
Η δέσμη των ηλεκτρονίων, μετά την έξοδο της από το ηλεκτρονικό πυροβόλο περνά από τα πλακίδια κάθετης και οριζόντιας εκτροπής. Αυτά είναι ζεύγη πλακιδίων, με επίπεδα κάθετα μεταξύ τους, στα οποία εφαρμόζεται κατάλληλη τάση που προκαλεί μετακινήσεις της δέσμης ηλεκτρονίων σε οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα. Έτσι, η θέση της κηλίδας στην οθόνη καθορίζεται από την συνισταμένη των επιμέρους κινήσεων που αντιστοιχούν στους δύο άξονες. Ας δούμε την μετακίνηση της δέσμης σε πλακίδια εκτροπής. Υποθέτοντας ότι η αρχική ταχύτητα των ηλεκτρονίων είναι u , εφαρμόζουμε τάση V , τα πλακίδια απέχουν d και έχουν μήκος z , ενώ η οθόνη βρίσκεται σε απόσταση L από τα πλακίδια, τότε η απόκλιση της δέσμης y δίνεται από την σχέση $y = Le_{\phi a}$, όπου $e_{\phi a} = (Vz)/(du^2)$. Δηλαδή, η απόκλιση της δέσμης ηλεκτρονίων είναι ανάλογη της τάσης. Πρακτικά, στα πλακίδια κάθετης εκτροπής εφαρμόζεται η τάση του υπό μέτρηση σήματος, τότε η απόκλιση θα δίνει το μέτρο της τάσης. Αντίστοιχα, στα πλακίδια οριζόντιας εκτροπής εφαρμόζεται μία πριονωτή τάση, στην οποία θα αναφερθούμε παρακάτω. Σε πολλές εφαρμογές όμως, τα σήματα είναι είτε πολύ μικρά, είτε πολύ μεγάλα σε σχέση με την τάση που προκαλεί μέγιστη κάθετη απόκλιση της δέσμης, με αποτέλεσμα να υπάρχει δυσκολία στη σωστή απεικόνιση τους πάνω στην οθόνη του παλμογράφου. Για το σκοπό αυτό, ο παλμογράφος διαθέτει ενισχυτές και εξασθενητές σήματος μεταξύ της εισόδου του και των πλακιδίων κάθετης απόκλισης. Με τη βοήθεια κατάλληλων επιλογών, μπορεί να ρυθμιστεί η απολαβή των διατάξεων αυτών, έτσι ώστε να δίνουν μια καθορισμένη απόκλιση για δεδομένη τάση εισόδου. Σε κάθε περίπτωση, η ένδειξη του επιλογέα για την ενίσχυση/εξασθένιση στα πλακίδια κάθετης απόκλισης μας δείχνει την τάση ανά κατακόρυφη υποδιαίρεση στην οθόνη του παλμογράφου.



Σχήμα 2: Απόκλιση δέσμης στα πλακίδια

iii) Κυκλώματα σάρωσης.

Όταν η μέτρηση στον παλμογράφο αφορά μια χρονομεταβαλλόμενη τάση, στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης εφαρμόζεται το υπό μέτρηση σήμα, ενώ στα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης μια εσωτερικά παραγόμενη πριονωτή τάση (όπως αυτή στο διπλανό σχήμα), η οποία ωθεί την δέσμη ηλεκτρονίων (άρα και το αποτύπωμα της στην οθόνη) να κινηθεί προς τα δεξιά. Η κίνηση αυτή είναι περιοδική, οπότε μετά από χρόνο T , περίοδος σάρωσης, το αποτύπωμα της δέσμης ηλεκτρονίων επιστρέφει στο σημείο από το οποίο ξεκίνησε. Η περίοδος σάρωσης πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την περίοδο του σήματος και καθορίζει τον αριθμό των περιόδων σήματος που εμφανίζονται στην οθόνη του παλμογράφου. Αν T είναι διπλάσιο από την περίοδο του σήματος, τότε στην οθόνη θα φανούν δύο περίοδοι από το σήμα. Η επιλογή της περιόδου σάρωσης, άρα και της ταχύτητας οριζόντιας σάρωσης πραγματοποιείται με τον επιλογέα χρόνου, οι ενδείξεις του οποίου είναι σε s/div , με τη μέγιστη τιμή να καθορίζεται από το εύρος ζώνης συχνοτήτων του παλμογράφου. Πρακτικά, η ένδειξη του επιλογέα χρόνου μας δείχνει τον χρόνο ανά οριζόντια υποδιαίρεση στην οθόνη του παλμογράφου.

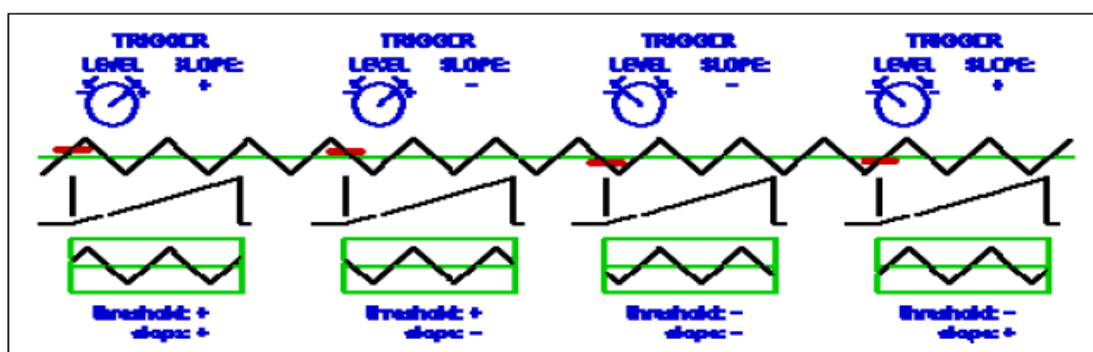


Σχήμα 3: Πριονωτή τάση

iv) Κύκλωμα σκανδαλισμού

Όπως είδαμε, το κύκλωμα σάρωσης επιτρέπει την οριζόντια μετακίνηση του αποτυπώματος της δέσμης πάνω στην οθόνη, οπότε μπορούμε με τον τρόπο αυτό να παρακολουθήσουμε την χρονική εξέλιξη ενός σήματος. Η σωστή όμως απεικόνιση απαιτεί τον συγχρονισμό του σήματος με την πριονωτή τάση, καθώς σε διαφορετική περίπτωση, η απεικόνιση του σήματος δεν θα είναι σταθερή (τρεμούλιασμα). Ο συγχρονισμός

επιτυγχάνεται με το κύκλωμα σκανδαλισμού, το οποίο φροντίζει έτσι ώστε η σάρωση να αρχίζει πάντοτε την ίδια χρονική στιγμή στην περίοδο του σήματος (δηλαδή στην ίδια φάση ή τάση του σήματος). Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να καθοριστεί είτε αυτόματα από τον παλμογράφο (AUTO) είτε από εμάς (NORM) μέσω εσωτερικού (INT) ή εξωτερικού παλμού (EXT) το πότε και σε σημείο του σήματος θα αρχίσει η σάρωση της οθόνης. Σε ένα περιοδικό σήμα, μπορεί να οριστεί η τάση του σήματος (trigger level) για την οποία θα γίνει η σκανδαλισμός αλλά και το αν την στιγμή εκείνη το σήμα αυξάνει ή ελαττώνεται (slope).



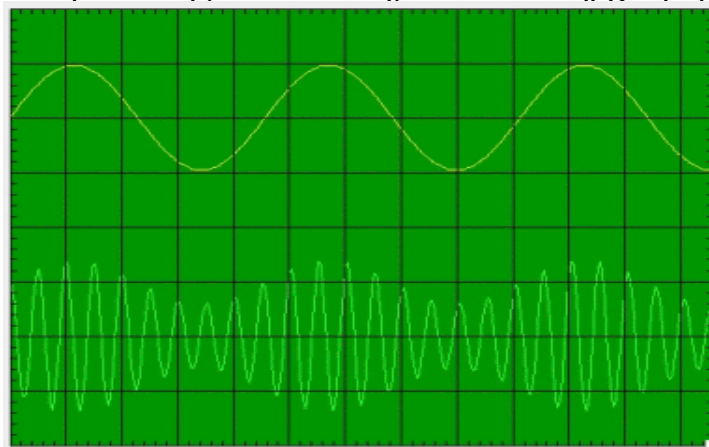
Σχήμα 4: Διαδικασία σκανδαλισμού σε διαφορετικές συνθήκες

Ας δούμε το παράδειγμα του Σχήματος 4, όπου πρέπει να απεικονιστεί μια πριονωτή τάση. Με βάση τα στοιχεία ελέγχου του παλμογράφου, επιλέγουμε διαφορετικά σημεία για τον σκανδαλισμό, με τα σημεία αυτά να επιδεικνύονται με μία κόκκινη γραμμή. Σε κάθε περίπτωση βλέπουμε ότι το σήμα ξεκινά από αριστερά στην οθόνη από το σημείο στο οποίο ορίσαμε να γίνει ο σκανδαλισμός.

ν) Οθόνη

Η απεικόνιση του σήματος χαρακτηρίζεται από το μέγεθος της οθόνης, την φωτεινότητα της δέσμης και τις υποδιαίρεσεις που υπάρχουν στην οθόνη για ευκολία μέτρησης (Σχήμα 5). Η απεικόνιση του ίχνους της δέσμης ηλεκτρονίων βασίζεται στην ύπαρξη φθορίζουσας ουσίας στο πίσω μέρος της οθόνης, η οποία εκπέμπει φως μετά την απορρόφηση ηλεκτρονίων. Με κατάλληλες ρυθμίσεις επιλέγεται η εστίαση και η φωτεινότητα της δέσμης στην οθόνη άρα και του σήματος. Η ευαισθησία και ποιότητα της φθορίζουσας ουσίας είναι πολύ σημαντική καθώς καθορίζει και την διακριτική ικανότητα της μέτρησης, αλλά και την ικανότητα για φωτογράφιση του σήματος. Παράλληλα όμως, σε κλασσικούς αναλογικούς παλμογράφους, μια σημαντική διαδικασία της οθόνης αφορά την μνήμη τους. Στην περίπτωση αυτή, πριν την οθόνη έχουν τοποθετηθεί δύο πλέγματα, ένα συλλογής και ένα μνήμης. Το πλέγμα μνήμης, που βρίσκεται ακριβώς πίσω από την οθόνη, είναι

καλυμμένο με διηλεκτρικό, έτσι ώστε η δέσμη ηλεκτρονίων να αφήνει σε αυτό ίχνη από θετικά φορτία. Με τον τρόπο αυτό αποθηκεύεται η διαδρομή της δέσμης. Η επαναφορά του σήματος πραγματοποιείται με δευτερεύουσα δέσμη ηλεκτρονίων μεγάλου πλάτους έτσι ώστε να καλύπτεται όλο το πλέγμα συλλογής. Όμως, μέσα από αυτό περνάνε μόνο όσα ηλεκτρόνια έλκονται από το πλέγμα μνήμης, λόγω των υπαρχόντων θετικών φορτίων. Άρα, η δευτερεύουσα δέσμη αφήνει αποτυπώματα στην οθόνη μόνο στα σημεία που υπήρχε η αρχική δέσμη.



Σχήμα 5: Οθόνη παλμογράφου

4.3. Ψηφιακός Παλμογράφος

Όπως είδαμε, ένας αναλογικός παλμογράφος καταγράφει ένα σήμα σε πραγματικό χρόνο μέσω της μετακίνησης στην οθόνη του μιας δέσμης ηλεκτρονίων. Αντίθετα, σε ένα ψηφιακό παλμογράφο, το σήμα μετά την είσοδο του στη συσκευή, υπόκειται σε δειγματοληψία, μετατρέπεται σε ψηφιακό (με ένα A/D converter) και αποθηκεύεται. Οπότε, η περαιτέρω διαχείριση αφορά μία αποθηκευμένη ψηφιακή πληροφορία, γεγονός που επιτρέπει αφενός την παρουσίαση και μελέτη του οποιαδήποτε στιγμή θέλει ο χρήστης και αφετέρου είναι εφικτή μια τεράστια ποικιλία από επεμβάσεις και απεικονίσεις.

4.4. Χαρακτηριστικά παλμογράφων

(α) Αριθμός δεσμών ηλεκτρονίων ή αριθμός καναλιών: υπάρχουν παλμογράφοι με ένα, δύο ή τέσσερα κανάλια. Η πλέον συνηθισμένη επιλογή είναι τα δυο κανάλια.

(β) Ευαισθησία εισόδου (τάσης): δίνεται σε μονάδες τάσης ανά υποδιαίρεση της οθόνης και κυμαίνεται από V σε mV ή και μV ανάλογα με την επιλογή στο σχετικό κουμπί αλλά και τον υπό χρήση παλμογράφο. Οι ψηφιακοί παλμογράφοι μπορούν να δώσουν μεγαλύτερη ευαισθησία λόγω των δυνατοτήτων για ενίσχυση σε ένα ψηφιακό σήμα. Η είσοδος είναι συνήθως σε $1\text{ M}\Omega$, επιτρέπεται όμως σε πολλούς παλμογράφους είσοδος $50\ \Omega$. Για μετρήσεις γρήγορων σημάτων ($<\mu\text{s}$) απαιτείται η χρήση των $50\ \Omega$ καθώς στο $1\text{ M}\Omega$, η σταθερά RC δεν επιτρέπει την απαιτούμενη διακριτική ικανότητα.

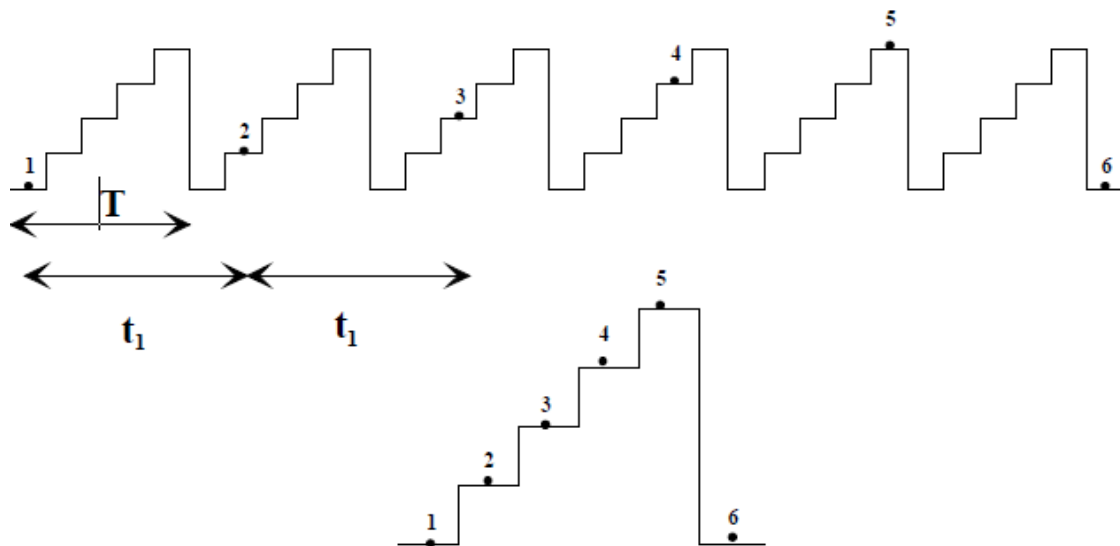
(γ) Ταχύτητα σάρωσης (ευαισθησία χρόνου): δίνεται σε μονάδες χρόνου ανά υποδιαίρεση της οθόνης και κυμαίνεται από s σε ms ή μs ή και ns ανάλογα με την επιλογή στο σχετικό κουμπί αλλά και τον υπό χρήση παλμογράφο. Σε σύγχρονους παλμογράφους, ταχύτητες σάρωσης 5 ns ανά υποδιαίρεση είναι άνετα εφικτές. Αν όμως κατέβουμε στα 1 ns , τότε απαιτείται δειγματοληψία. Σαν παράδειγμα, ένας παλμογράφος 10 MHz με δειγματοληψία μπορεί να μετρήσει σε 1 GHz .

(δ) Εύρος ζώνης συχνοτήτων: καθορίζει το χρόνο ανόδου στον ενισχυτή κάθετης εκτροπής, με τα δύο μεγέθη να συνδέονται με την σχέση $B \approx 0.35/T_a$, όπου T_a ο χρόνος ανόδου και B το εύρος ζώνης συχνοτήτων.

(ε) Τρόποι απεικόνισης: αν για παράδειγμα έχω δύο κανάλια και δύο σήματα, επιτρέπεται να δούμε το καθένα χωριστά ή και τα δύο μαζί, αλλά και σε κάποιες περιπτώσεις το άθροισμα ή την διαφορά τους. Φυσικά, σε ψηφιακούς παλμογράφους, υπάρχουν τεράστιες δυνατότητες για την επεξεργασία και απεικόνιση ενός σήματος, λόγω της ψηφιακής τεχνολογίας.

4.5. Δειγματοληψία

Αν η χρονική διάρκεια του σήματος είναι πολύ μικρή, οπότε απαιτείται μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, η καταγραφή και παρουσίαση του σήματος γίνεται καλύτερα με την τεχνική της δειγματοληψίας. Αποτέλεσμα της δειγματοληψίας είναι η ικανότητα απόκρισης έως και 10 GHz , χωρίς όμως οι παλμογράφοι να λειτουργούν σε τόσο υψηλές συχνότητες. Η ιδέα της δειγματοληψίας βασίζεται στη λήψη στιγμιότυπων από το σήμα σε χρονικές περιόδους λίγο μεγαλύτερες από την περίοδο του σήματος.

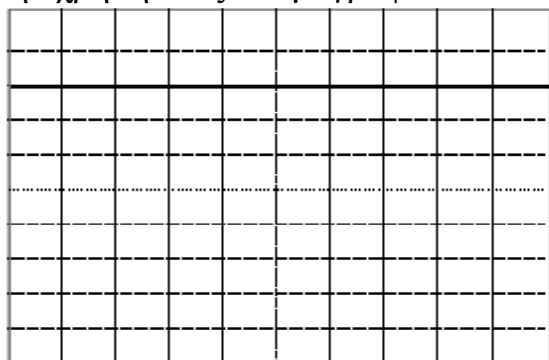


Σχήμα 6: Διαδικασία δειγματοληψίας

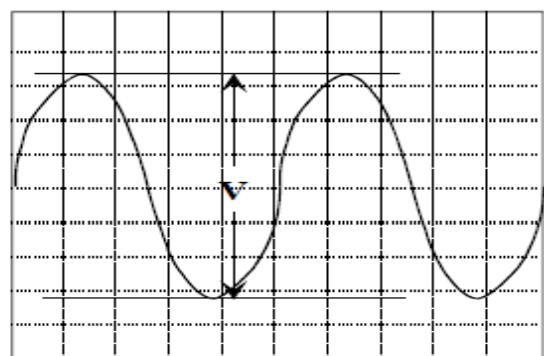
Στη συνέχεια, γίνεται ανασύνθεση του σήματος από τα επιμέρους στιγμιότυπα. Για να γίνει αυτό καλύτερα κατανοητό, ας εξετάσουμε την διαδικασία στο Σχήμα 5.6, όπου η περίοδος σήματος είναι T και η περίοδος δειγματοληψίας t_1 . Στο πρώτο στιγμιότυπο λαμβάνουμε το σήμα στη θέση 1, στο δεύτερο στη θέση 2, στο τρίτο στη θέση 3 κλπ. Κατά την ανασύνθεση, το κάθε μέρος του σήματος προέρχεται από το αντίστοιχο στιγμιότυπο. Με τον τρόπο αυτό, μετράμε πολύ γρήγορα σήματα με πιο αργές διαδικασίες μέτρησης. Για παράδειγμα, μετράμε χρονικές μεταβολές από την θέση (1) στη θέση (2), που αντιστοιχούν σε χρόνο $T/5$, ενώ η μέτρηση μας έχει χρονική διακριτική ικανότητα $t_1 < T$.

4.6. Παραδείγματα απλών μετρήσεων με παλμογράφο

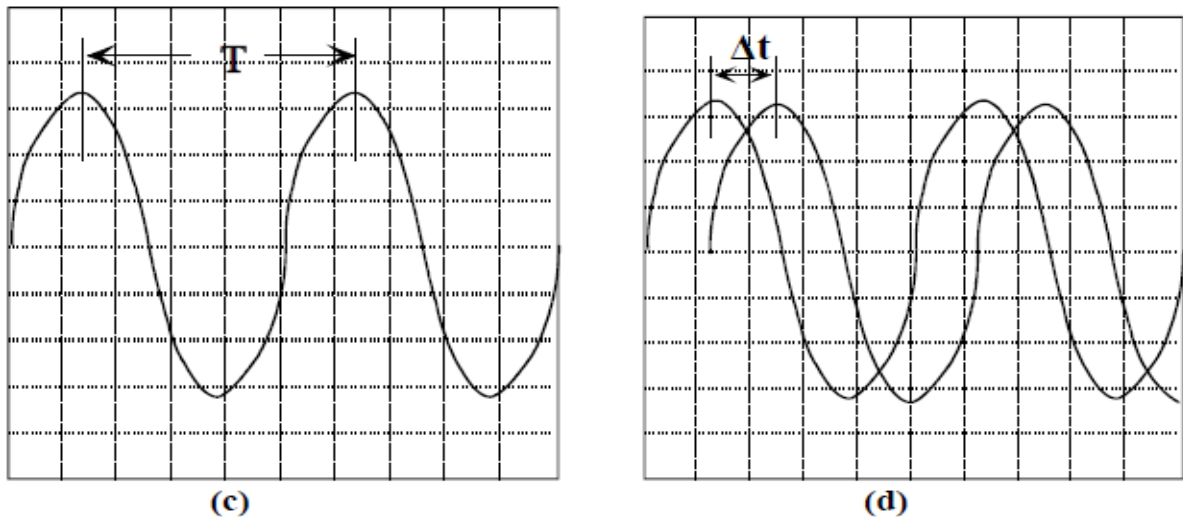
Ας δούμε τώρα μερικά παραδείγματα απλών ηλεκτρικών μετρήσεων με την χρήση ενός παλμογράφου:



(a)



(b)



Σχήμα 7: Απλές μετρήσεις με χρήση παλμογράφου

4.6.1. Μέτρηση συνεχούς τάσης

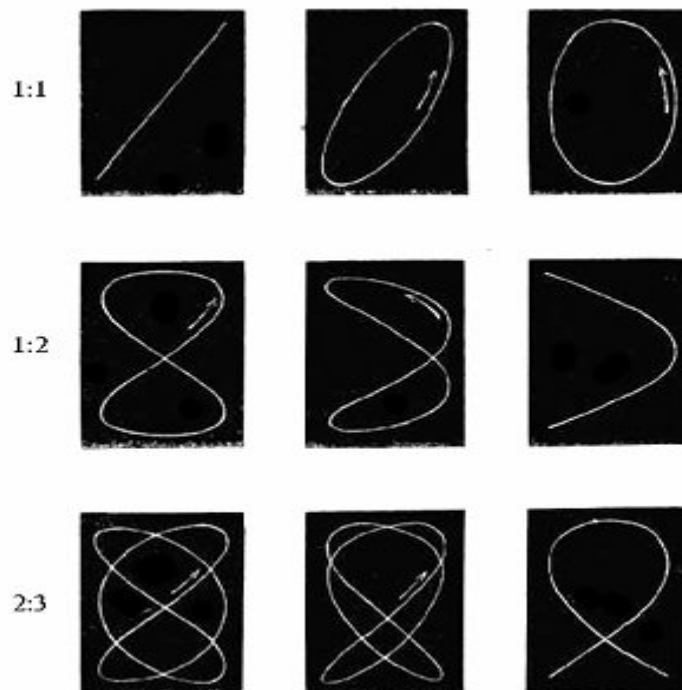
Για τη μέτρηση μιας συνεχούς τάσης με ένα παλμογράφο, αρχικά συνδέουμε το σήμα στη είσοδο (συνήθως με ένα δειγματολήπτη 10:1), θέτουμε το παλμογράφο σε λειτουργία DC και ρυθμίζουμε κατάλληλα την ευαισθησία σε τάση. Στη συνέχεια, θέτουμε τον παλμογράφο σε λειτουργία GND έτσι ώστε να μπορούμε να ορίσουμε τη θέση 0. Στη συνέχεια, μετράμε τις υποδιαίρεσεις της οθόνης μεταξύ σήματος και 0 (Σχήμα 7α).

4.6.2. Μέτρηση εναλλασσόμενης τάσης

Ο παλμογράφος τίθεται σε λειτουργία AC, το σήμα συνδέεται στην είσοδο και ρυθμίζουμε κατάλληλα την ευαισθησία σε τάση και χρόνο αλλά και τη διαδικασία σκανδαλισμού έτσι ώστε η απεικόνιση του σήματος να καλύπτει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος στην οθόνη. Στην συνέχεια μετράμε την απόσταση V από μέγιστο σε ελάχιστο (μέτρηση peak-to peak), λαμβάνοντας υπόψη την τάση ανά υποδιαίρεση της οθόνης (Σχήμα 5.7β). Τότε θα ισχύει: πλάτος $V_0 = V/2$ και ενεργός τιμή $V_{rms} = V/2\sqrt{2}$.

4.6.3. Μέτρηση συχνότητας

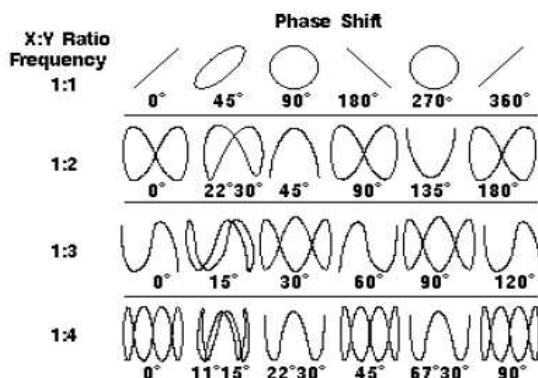
Για την μέτρηση της συχνότητας υπάρχουν δύο προσεγγίσεις: (α) η σάρωση και (β) οι εικόνες Lissajous. Στην πρώτη περίπτωση, το σήμα συνδέεται στον παλμογράφο και γίνονται οι κατάλληλες ρυθμίσεις σε τάση και χρόνο ανά υποδιαίρεση, έτσι ώστε το σήμα να εμφανίζεται σωστά στην οθόνη. Η συχνότητα f υπολογίζεται από την περίοδο του σήματος T (Σχήμα 7γ) μέσω της σχέσης $f(\text{Hz})=1/T(\text{s})$. Για τον υπολογισμό της περιόδου λαμβάνουμε υπόψη την ευαισθησία χρόνου ανά υποδιαίρεση της οθόνης. Στην διαδικασία εικόνων Lissajous, ο παλμογράφος τίθεται σε λειτουργία XY (το κύκλωμα σάρωσης βγαίνει εκτός λειτουργίας), το σήμα άγνωστης συχνότητας f_x συνδέεται στο X, ένα σήμα γνωστής συχνότητας f_y στο Y, ενώ παράλληλα, ρυθμίζονται οι ευαισθησίες των δύο εισόδων έτσι ώστε να υπάρχει μια ικανοποιητική μορφή στην οθόνη. Στο Σχήμα 8 παρουσιάζονται διάφορες εκδοχές εικόνων Lissajous, οι οποίες προέρχονται από σήματα με διαφορετική συχνότητα. Με βάση την εικόνα ανά περίπτωση, η άγνωστη συχνότητα υπολογίζεται από την σχέση: $f_x=f_y(n_y/n_x)$, όπου n_x και n_y ο αριθμός των βρόγχων σε οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα αντίστοιχα. Δηλαδή, στο παράδειγμα του σχήματος 8, η άγνωστη συχνότητα είναι ίση, διπλάσια και μιάμιση φορά την γνωστή συχνότητα.



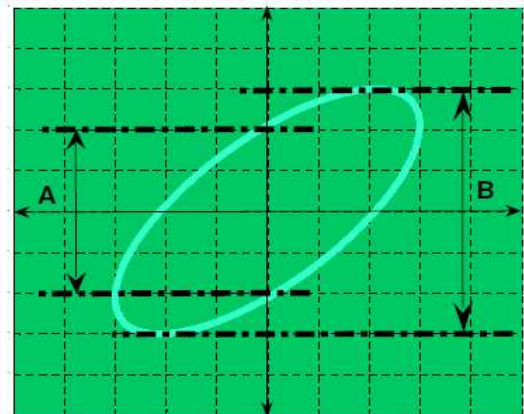
Σχήμα 8: Εικόνες Lissajous

4.6.4. Μέτρηση διαφοράς φάσης

Αντίστοιχα, η διαφορά φάσης μεταξύ δύο σημάτων μπορεί να μετρηθεί επίσης είτε με σάρωση είτε με εικόνες Lissajous. Στην πρώτη περίπτωση, απεικονίζονται ταυτόχρονα και τα δύο σήματα στην οθόνη του παλμογράφου, αφού ρυθμιστούν κατάλληλα οι ευαισθησίες τάσης και χρόνου σε κάθε κανάλι. Στην συνέχεια μετράμε τον χρόνο καθυστέρησης μεταξύ των κυματομορφών Δt (Σχήμα 7δ), οπότε η διαφορά φάσης μεταξύ των σημάτων είναι: $\Delta\phi=360^\circ(\Delta t/T)$, όπου T η περίοδος. Στην διαδικασία εικόνων Lissajous, ο παλμογράφος τίθεται σε λειτουργία XY, τα δύο σήματα συνδέονται στις εισόδους X και Y και ρυθμίζονται οι ευαισθησίες των δύο εισόδων έτσι ώστε να υπάρχει μια ικανοποιητική μορφή στην οθόνη. Στο Σχήμα 9 παρουσιάζονται διάφορες εκδοχές εικόνων Lissajous, οι οποίες προέρχονται από σήματα με διαφορετική συχνότητα και φάση. Με βάση εικόνες αυτού του τύπου για ίσες συχνότητες, η διαφορά φάσης σε μοίρες υπολογίζεται από την σχέση: $\phi=\eta\mu^{-1}(B/A)$, όπου B και A το μέγιστο και το ελάχιστο πλάτος αντίστοιχα της μορφής στον κατακόρυφο άξονα (Σχήμα 10).



Σχήμα 9: Εικόνες Lissajous



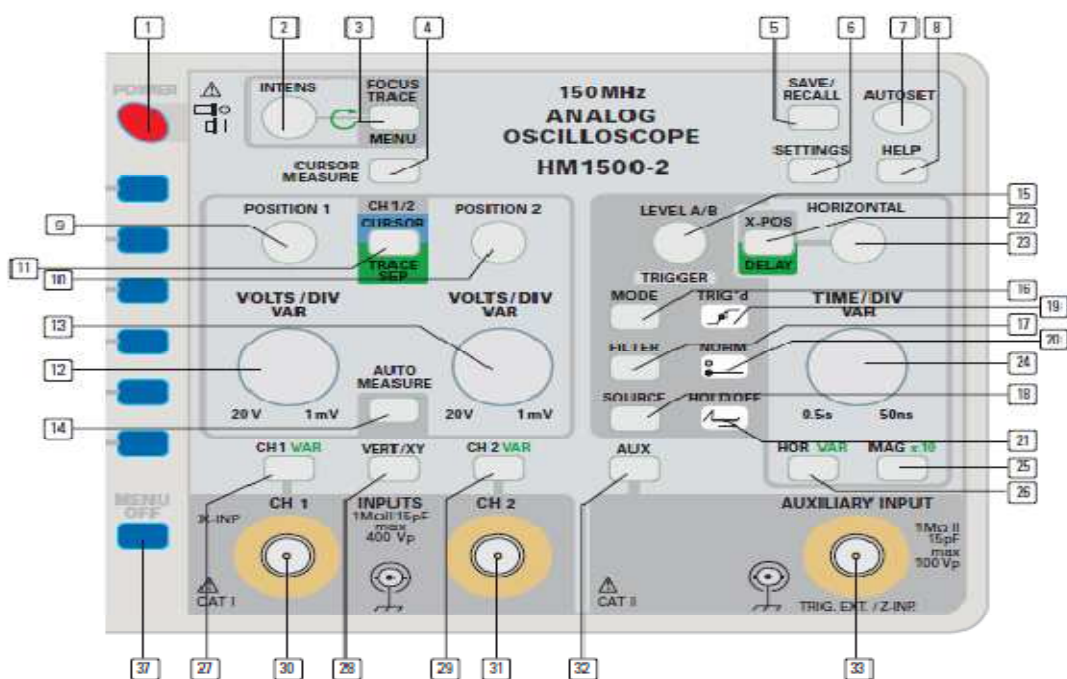
Σχήμα 10: Μέτρηση διαφοράς φάσης

4.7. Παράδειγμα αναλογικού παλμογράφου

Ας εξετάσουμε σαν παράδειγμα ένα απλό τυπικό αναλογικό παλμογράφο, το μοντέλο HM 1500 της HAMEG. Ο παλμογράφος αυτός έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Είναι παλμογράφος διπλής δέσμης, δηλαδή μπορούν να απεικονιστούν ένα ή δύο σήματα (τα δύο σήματα ταυτόχρονα η εναλλάξ).
- Απεικονίζει σήματα με συχνότητα έως 150 MHz, δηλαδή μετράει σήματα σε χρόνους 5 ns/div - 0.5 s/div.
- Η ευαισθησία του καλύπτει την περιοχή 1 mV/div-20 V/div.

Παράλληλα, διαθέτει μεγάλο αριθμό κουμπιών ελέγχου και εισόδων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 11. Μερικά από αυτά τα κουμπιά ελέγχου αφορούν απλά την βασική λειτουργία του παλμογράφου, όπως το (1) αφορά την έναρξη λειτουργίας (ON/OFF), το (2) και το (3) την ένταση της δέσμης στην οθόνη ανά επιλογή λειτουργίας, το (4) την εμφάνιση κερσόρων για μέτρηση σήματος, το (5) την αποθήκευση ή ανάκληση από την μνήμη σήματος, το (6) την εμφάνιση μενού για επιλογές σχετικά με γλώσσα, σήμα λάθους, γρήγορο ξεκίνημα, διασύνδεση κλπ, το (7) την αυτόματη επιλογή χαρακτηριστικών λειτουργίας και το (8) την εμφάνιση μενού βοήθειας. Παράλληλα όμως, υπάρχουν τα κουμπιά ελέγχου με τα οποία καθορίζεται η απεικόνιση σήματος ή σημάτων, τα οποία αφορούν:



Σχήμα 11: Έλεγχος λειτουργίας παλμογράφου

Α) Έλεγχος κατακόρυφης απόκλισης:

- Είσοδοι BNC (30) και (31). Είναι οι εισοδοί για τα δύο σήματα. Στην περίπτωση λειτουργίας XY, το (30) αντιστοιχεί στον X άξονα ενώ το (31) στον Y.
- Κουμπιά (12) και (13): Ρυθμίζουν την απολαβή των κυκλωμάτων για ενίσχυση ή εξασθένηση του εισερχόμενου σήματος, σε σχέση με την κάθετη απόκλιση της δέσμης. Ο επιλογέας έχει διάφορες

- θέσεις που καλύπτουν την περιοχή λειτουργίας του παλμογράφου, 1 mV/div-20 V/div και η θέση του επιλογέα σε μία μέτρηση δείχνει σε τι τάση αντιστοιχεί κάθε υποδιαίρεση της οθόνης.
- Κουμπιά (9) και (10): Ρυθμίζουν την κατακόρυφη θέση των σημάτων 1 και 2 αντίστοιχα. Σε λειτουργία XY, ρυθμίζουν την θέση στους άξονες X και Y αντίστοιχα.
 - Κουμπιά (27) και (29): Εισάγουν μενού για επιλογή της σύζευξης μεταξύ του σήματος εισόδου και του ενισχυτή κατακόρυφης απόκλισης, της αντιστροφής του σήματος καθώς και του πολλαπλασιασμού της ευαισθησίας. Οι επιλογές της σύζευξης είναι AC, DC και GND. Στην επιλογή AC, παρεμβάλλεται ένας πυκνωτής, οπότε επιτρέπεται απεικόνιση μόνο εναλλασσομένων σημάτων. Στην επιλογή GND, δεν εφαρμόζεται σήμα στους ενισχυτές κατακόρυφης απόκλισης, οπότε καθορίζεται η θέση αναφοράς. Τέλος, στην επιλογή DC, το σήμα εισόδου εφαρμόζεται απευθείας στους ενισχυτές κατακόρυφης απόκλισης, οπότε έχουμε απεικόνιση όλων των συνιστωσών του σήματος. Αντίστοιχα, επιλέγεται η αντιστροφή ή όχι του σήματος καθώς και ο πολλαπλασιασμός ή όχι της ευαισθησίας X10.
 - Κουμπί (28): Εισάγει μενού για επιλογή σχετικά με το σήμα ποιου καναλιού θα απεικονίζεται, αν θα εμφανίζονται και τα δύο κανάλια (είτε ταυτόχρονα είτε εναλλάξ), αν θα προστεθούν αλγεβρικά τα δύο κανάλια, αν θα τεθεί ο παλμογράφος σε λειτουργία XY και αν θα λειτουργεί σε πλήρη ζώνη συχνοτήτων (200 MHz) ή σε μικρό τμήμα της (20 MHz).

B) Έλεγχο οριζόντιας απόκλισης:

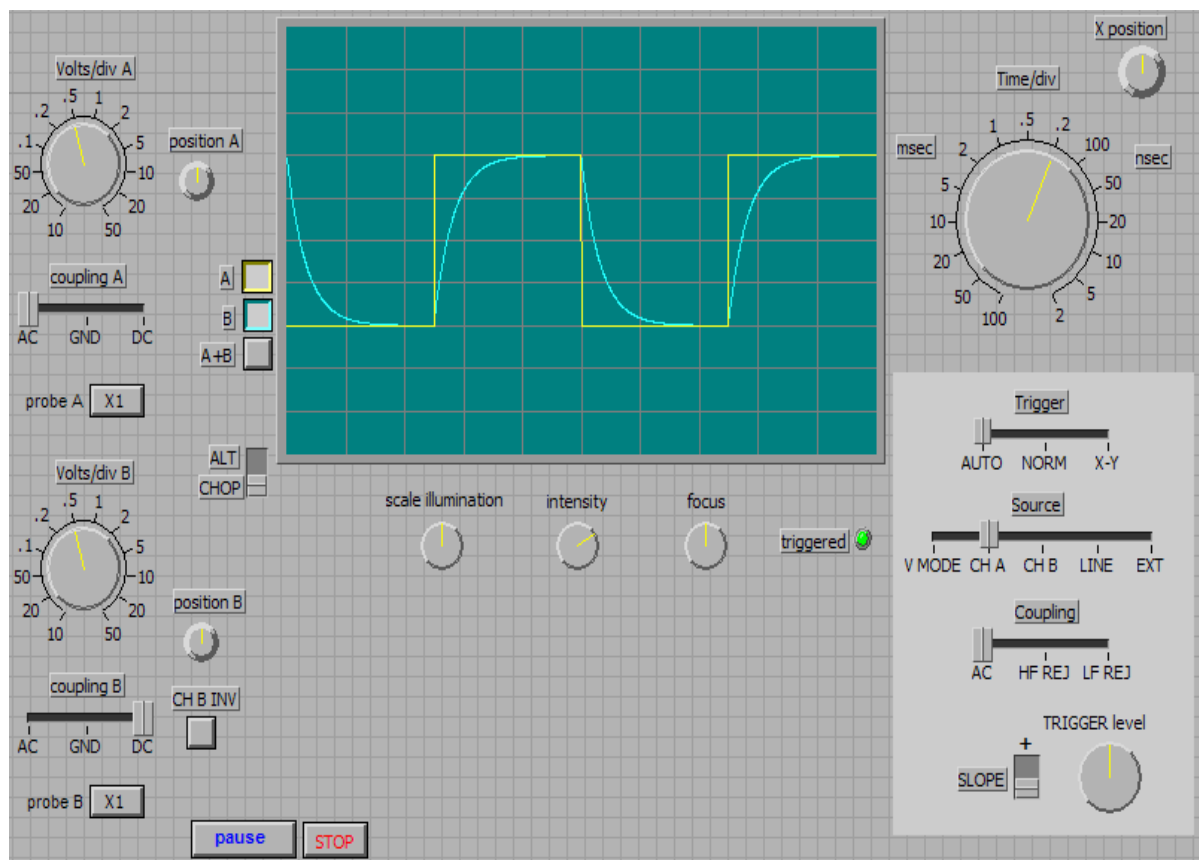
- Κουμπί (24): Ρυθμίζει την οριζόντια σάρωση της οθόνης. Ο επιλογέας έχει διάφορες θέσεις που καλύπτουν την περιοχή λειτουργίας του παλμογράφου, 0.5 s/div- 5 ns/div και η θέση του επιλογέα σε μία μέτρηση δείχνει σε τι χρόνο αντιστοιχεί κάθε υποδιαίρεση της οθόνης.
- Κουμπί (15): Ελέγχει το επίπεδο τάσης στο οποίο αρχίζει ο σκανδαλισμός.
- Κουμπί (16): Ανοίγει το μενού σκανδαλισμού με το οποίο επιλέγεται AUTO ή NORMAL. Στην πρώτη περίπτωση, η σάρωση γίνεται αυτόματα, είτε υπάρχει είτε δεν υπάρχει σήμα, οπότε στην οθόνη του παλμογράφου υπάρχει πάντα η γραμμή σάρωσης. Στην δεύτερη περίπτωση, η σάρωση γίνεται μόνο αν υπάρχει σήμα σκανδαλισμού. Παράλληλα, επιτρέπεται η επιλογή VIDEO για

τηλεοπτικά σήματα. Η επιλογή της κλίσης σκανδαλισμού (SLOPE).

- Κουμπί (18): Ανοίγει μενού με το οποίο επιλέγεται η πηγή εξωτερικού σκανδαλισμού. Υπάρχουν οι δυνατότητες για σκανδαλισμό από κανάλι 1 ή 2 ή από κάποιο εξωτερικό σήμα.
- Κουμπί (33): Είσοδος για εξωτερικό σήμα που προορίζεται για σκανδαλισμό
- Κουμπί (19): Ανάβει το φωτάκι κάθε φορά που πραγματοποιείται σκανδαλισμός
- Κουμπί (20): Ανάβει το φωτάκι όταν ο σκανδαλισμός δεν γίνεται αυτόματα (AUTO) αλλά υπάρχει κάποιο σήμα σκανδαλισμού (NORM)
- Κουμπί (23): Εισάγεται χρονική καθυστέρηση στην έναρξη του σκανδαλισμού.

4.8. Υλοποίηση παλμογράφου με LabVIEW

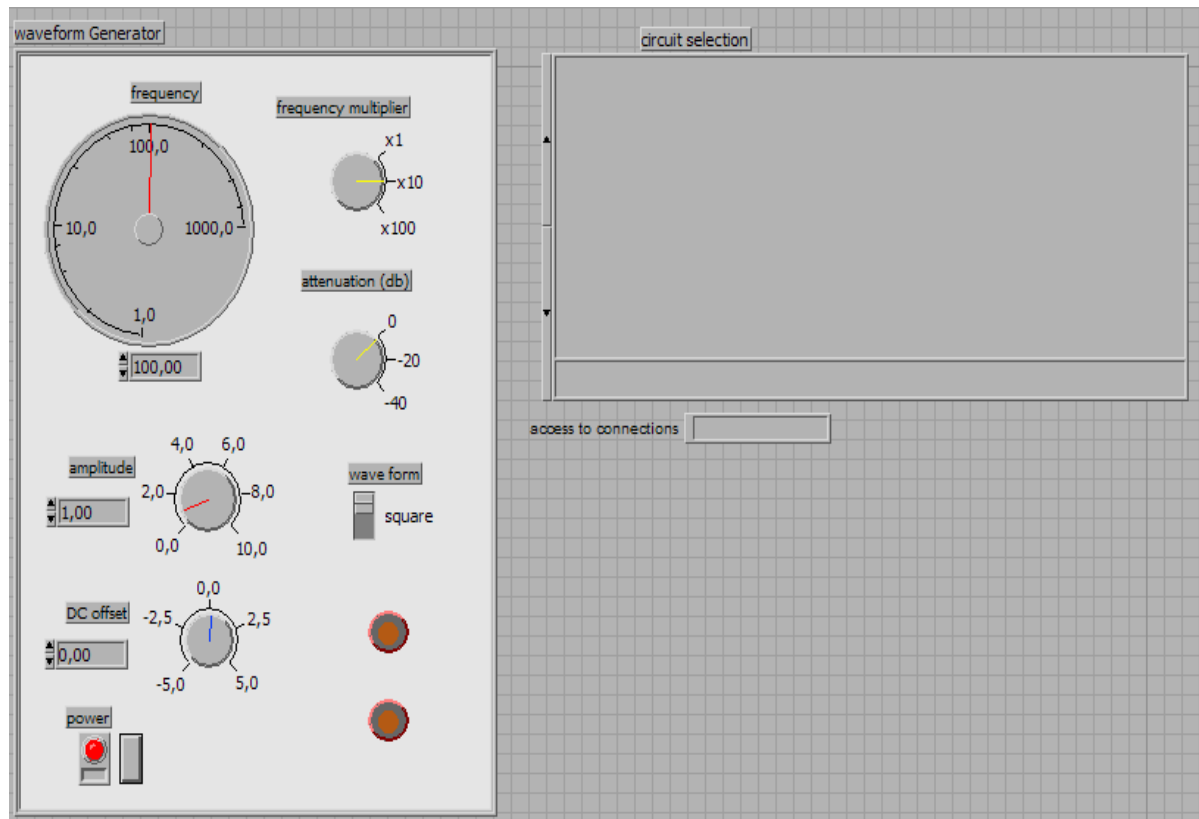
4.8.1. Front Panel



Εικόνα 1. Το front panel του παλμογράφου

Στο Front Panel βλέπουμε την επιφάνεια του παλμογράφου με την οθόνη απεικόνισης σημάτων και τα χειριστήρια του. Τα χειριστήρια είναι τα εξής:

- Επιλογέας υποδιαίρεσης πλάτους σήματος καναλιού A Volt/div
- Επιλογέας υποδιαίρεσης πλάτους σήματος καναλιού B Volt/div
- Επιλογέας υποδιαίρεσης χρόνου σημάτων Time/div
- Ρυθμιστής ύψους σήματος καναλιού A Position A
- Ρυθμιστής ύψους σήματος καναλιού B Position B
- Ρυθμιστής θέσης σημάτων καναλιών X Position
- Επιλογέας εμφάνισης καναλιού A
- Επιλογέας εμφάνισης καναλιού B
- Επιλογέας πρόσθεσης καναλιού A+B
- Επιλογέας αντιστροφής καναλιού A
- Επιλογέας αντιστροφής καναλιού B
- Επιλογέας Trigger
- Επιλογέας Source
- Επιλογέας Coupling
- Επιλογέας Sloope + -
- Ρυθμιστής Trigger level
- Ρυθμιστής Scale of illumination
- Ρυθμιστής Intensity
- Ρυθμιστής Focus
- Διακόπτες Pause και Stop

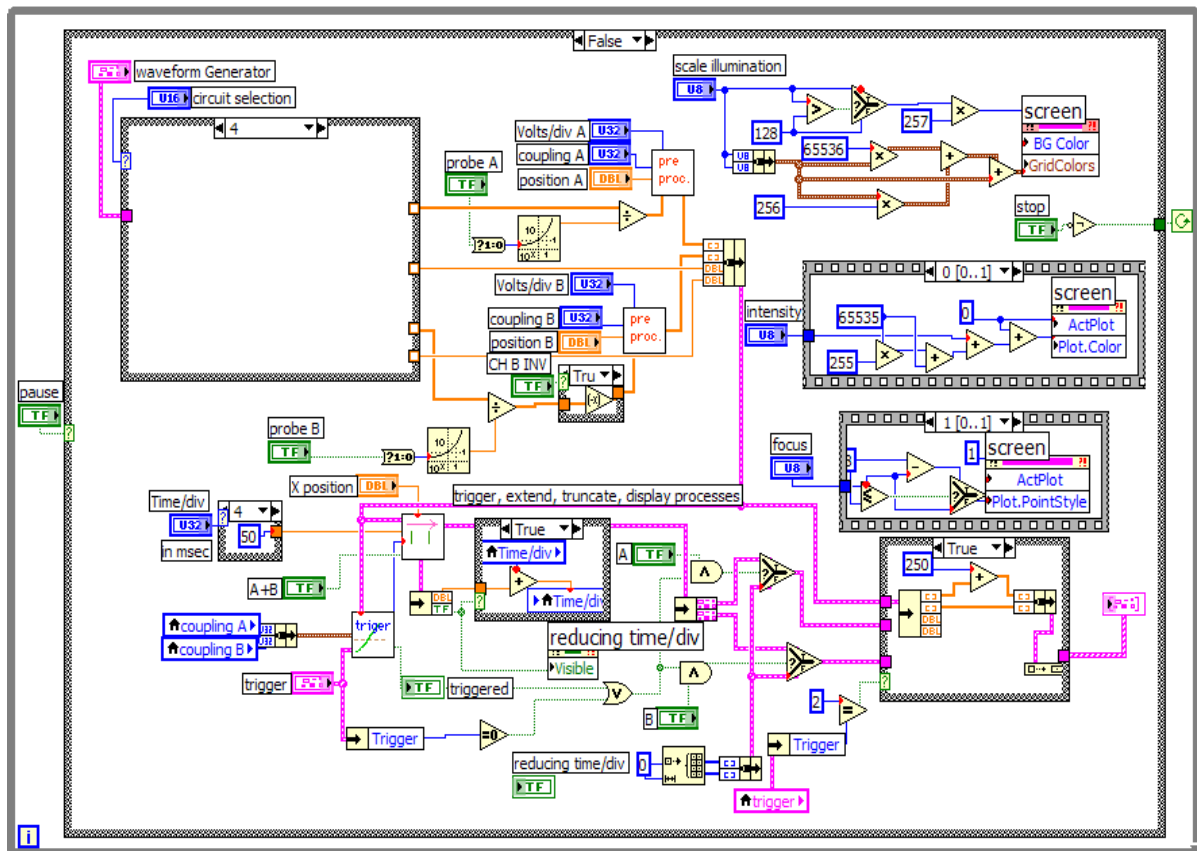


Εικόνα 1. Το front panel της γεννήτριας σημάτων και του επιλογέα κυκλωμάτων

Εκτός από την κυρία εικόνα του παλμογράφου υπάρχει και στο πάνελ το χειριστήριο της γεννήτριας σημάτων, αλλά και ο επιλογέας κυκλωμάτων. Με τον επιλογέα κυκλωμάτων μπορούμε να επιλέξουμε να εμφανίζουμε τα σήματα που θα προέκυπταν αν συνδέαμε τον παλμογράφο με κάποια κυκλώματα.

Τα χειριστήρια των κυκλωμάτων υπάρχουν στο πάνελ αλλά σε μη ορατή μορφή.

4.8.2. Block Diagram



Εικόνα 3. Το block diagram του παλμογράφου

Στο block diagram βλέπουμε ότι όλο το πρόγραμμα δουλεύει μέσα σε ένα case structure που ελέγχεται από το Pause, και αυτό το case structure είναι μέσα σε ένα while loop το οποίο σταματάει μόνο αν λάβει σήμα από το διακόπτη Stop.

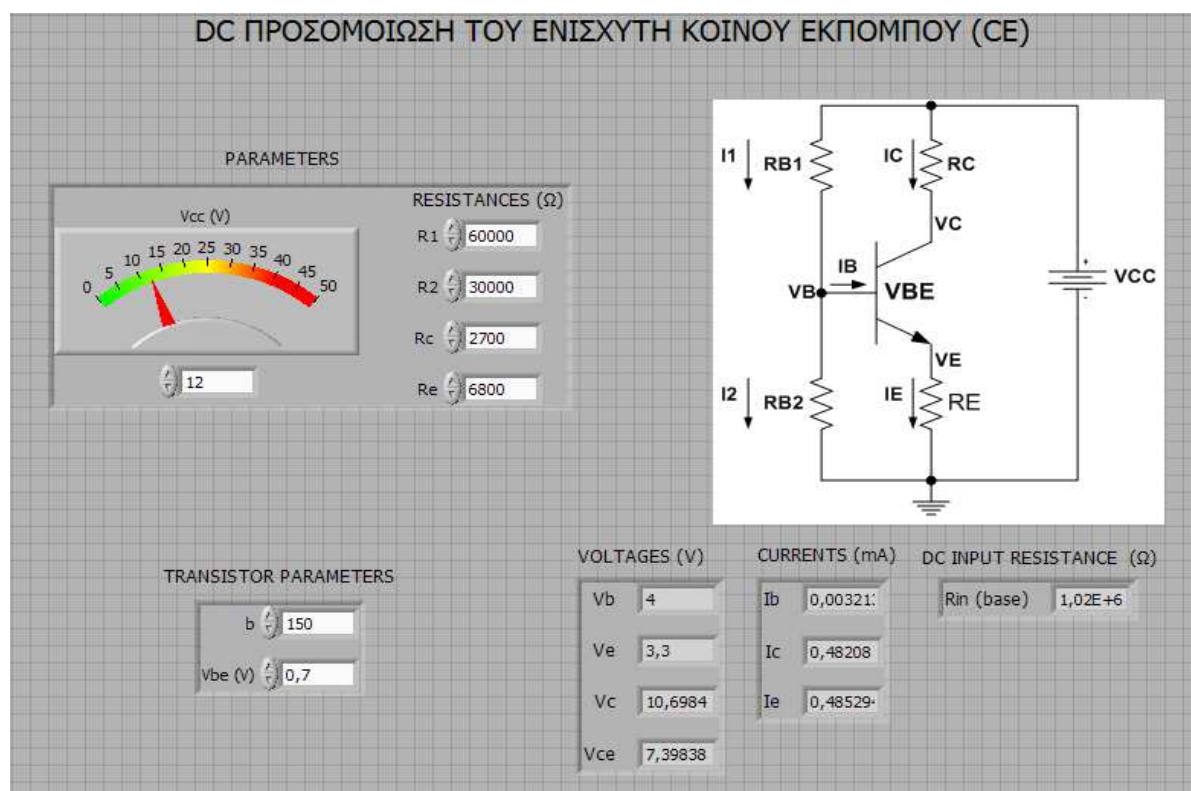
Το block diagram αποτελείται από τα εξής:

- Λειτουργία Pause και Stop
- Επιλογέας κυκλώματος, λειτουργία Probe και προεργασία σημάτων
- Λειτουργία Trigger και επιλογέας εμφάνισης καναλιών A,B
- Επεξεργασία σημάτων και αυτόματη βάση χρόνου
- Απεικόνιση σημάτων (Display), λειτουργία X-Y Mode
- Ρύθμιση φωτεινότητας οθόνης (Grid Colors, Background Color)
- Ρύθμιση χρώματος απεικόνισης σημάτων (Intensity)
- Ρύθμιση εστίασης στην απεικόνιση σημάτων (Focus)

Κεφάλαιο 5ο

DC προσομοίωση του ενισχυτή κοινού εκπομπού (CE)

5.1. Front Panel

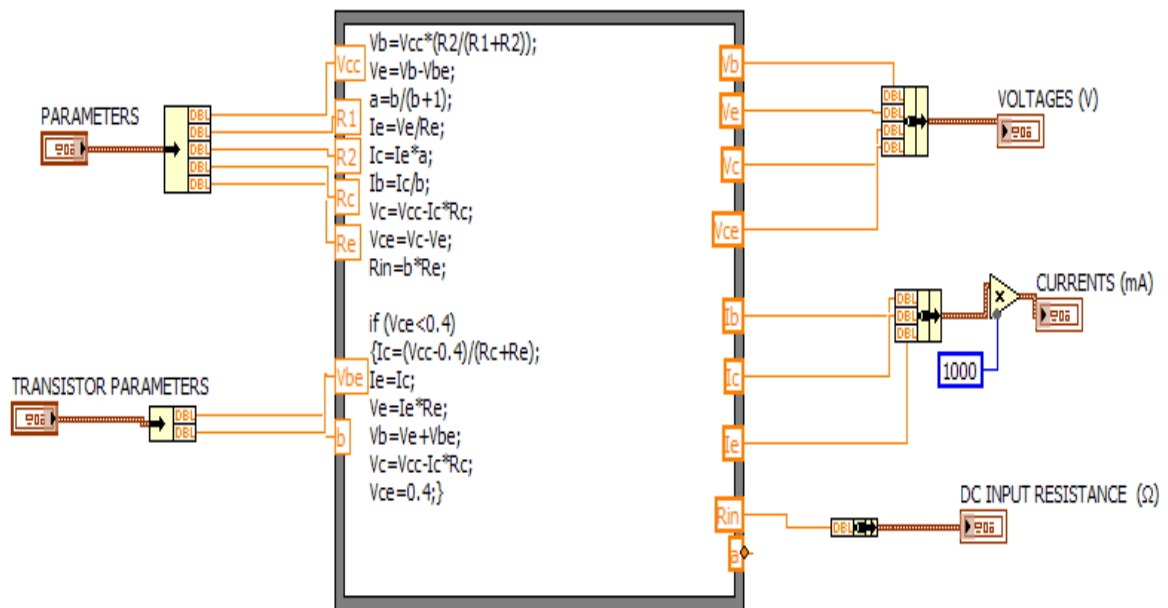


Εικόνα 1. Το front panel της DC προσομοίωσης

Στο Front Panel της DC προσομοίωσης αποτελείται από:

- Το κύκλωμα του ενισχυτή κοινού εκπομπού στην DC προσομοίωση
- Τους παραμέτρους του κυκλώματος, τάση Vcc και οι αντιστάσεις (R1,R2,Rc,Re)
- Τους παραμέτρους του τρανζίστορ (b και Vbe)
- Την απεικόνιση των τάσεων (Vb, Ve, Vc, Vce)
- Την απεικόνιση των ρευμάτων (Ib, Ic, Ie)
- Την απεικόνιση της DC αντίστασης εισόδου (DC Input Resistance)

5.2. Block Diagram



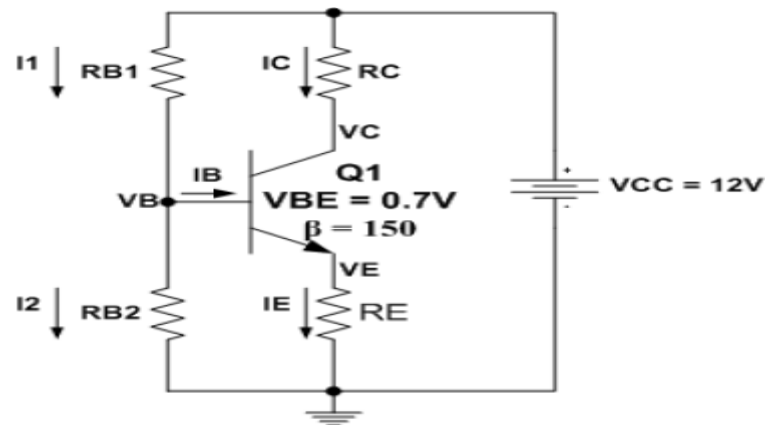
Εικόνα 2. Το block diagram της DC προσομοίωσης

Στην εικόνα αυτή δίνεται το block diagram που έχει ως εισόδους τους ελεγκτές, οι οποίοι αποτελούνται από τους παραμέτρους με τα χαρακτηριστικά του τρανζίστορ. Οι υπόλοιποι παράμετροι των ελεγκτών είναι οι κύριοι παράμετροι και οι παράμετροι τις οποίες, μπορεί να ρυθμίζει ο χρήστης να αλλάζουν από ένα ελεγκτή τύπου διακόπτη. Με βάση την επιλογή των παραμέτρων η οποία γίνεται με την χρήση ενός διακόπτη, εισέρχονται οι κατάλληλες τιμές σε μια formula node. Με τον κατάλληλο υπολογισμό που γίνεται από τις παραπάνω σχέσεις μέσα στη formula node, προκύπτουν ως έξοδοι οι τάσεις και τα ρεύματα για τη DC ανάλυση της προσομοίωσης του ενισχυτή.

5.3. Παράδειγμα

Παρακάτω σας δίνουμε ένα παράδειγμα DC προσομοίωσης για να το επαληθεύσετε με το πρόγραμμα στο LabVIEW.

DC ανάλυση του κυκλώματος πόλωσης με διαιρέτη τάσης



Σχήμα 1: NPN διαιρέτη τάσης

ΔΙΝΟΝΤΑΙ:

$$\begin{array}{llll}
 V_{CC} := 12V & R_{B2} := 30k\Omega & \beta := 150 \frac{A}{A} & R_C := 2.7k\Omega \\
 V_{BE} := 0.7V & R_{B1} := 60k\Omega & R_E := 6.8k\Omega &
 \end{array}$$

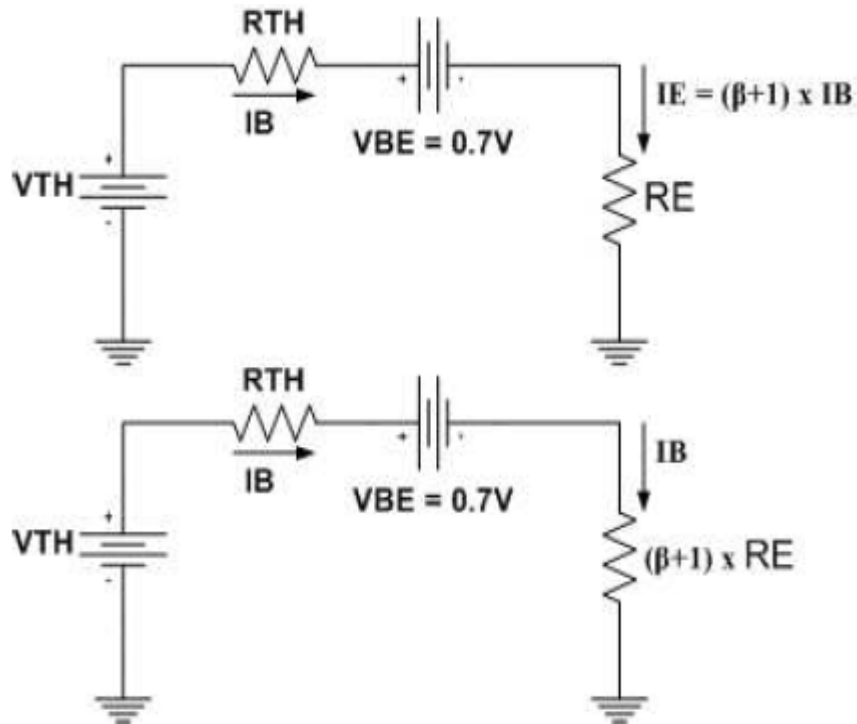
ΝΑ ΒΡΕΙΤΕ: Όλες της τάσεις και ρεύματα για τον ενισχυτή
 Βρίσκουμε την τάση Thevenin στην βάση του NPN.

$$V_{TH} := V_{CC} \cdot \left(\frac{R_{B2}}{R_{B2} + R_{B1}} \right) \quad V_{TH} = 4 \text{ V}$$

Στη συνέχεια, θα βρούμε την αντίσταση Thevenin στη βάση του NPN:

$$R_{TH} := \left(\frac{1}{R_{B1}} + \frac{1}{R_{B2}} \right)^{-1} \quad R_{TH} = 20k\Omega$$

Στη συνέχεια, θα αναδιατυπώσουμε το κύκλωμα NPN χρησιμοποιώντας την τάση Thevenin και αντίσταση και εισάγοντας την V_{BE} τάση και το φορτίο της R_E στο βρόχο βάσης-εκπομπού. Έχουμε I_B εισόδου της βάσης και $I_E = (\beta + 1) \times I_B$. Για τον προσδιορισμό I_B , εμείς απλά πολλαπλασιάζουμε R_E με $(\beta + 1)$ με αποτέλεσμα το δεύτερο κύκλωμα στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2: Ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin

Επίλυση για το I_B , I_E και I_C :

$$I_B := \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1) \cdot R_E} \quad I_B = 3.152 \mu A$$

$$I_E := (\beta + 1) \cdot I_B \quad I_E = 476.022 \mu A$$

$$I_C := \beta \cdot I_B \quad I_C = 472.87 \mu A$$

Επίλυση για της τάσεις:

$$V_E := I_E \cdot R_E \quad V_E = 3.237 \text{ V}$$

$$V_B := V_E + V_{BE} \quad V_B = 3.937 \text{ V}$$

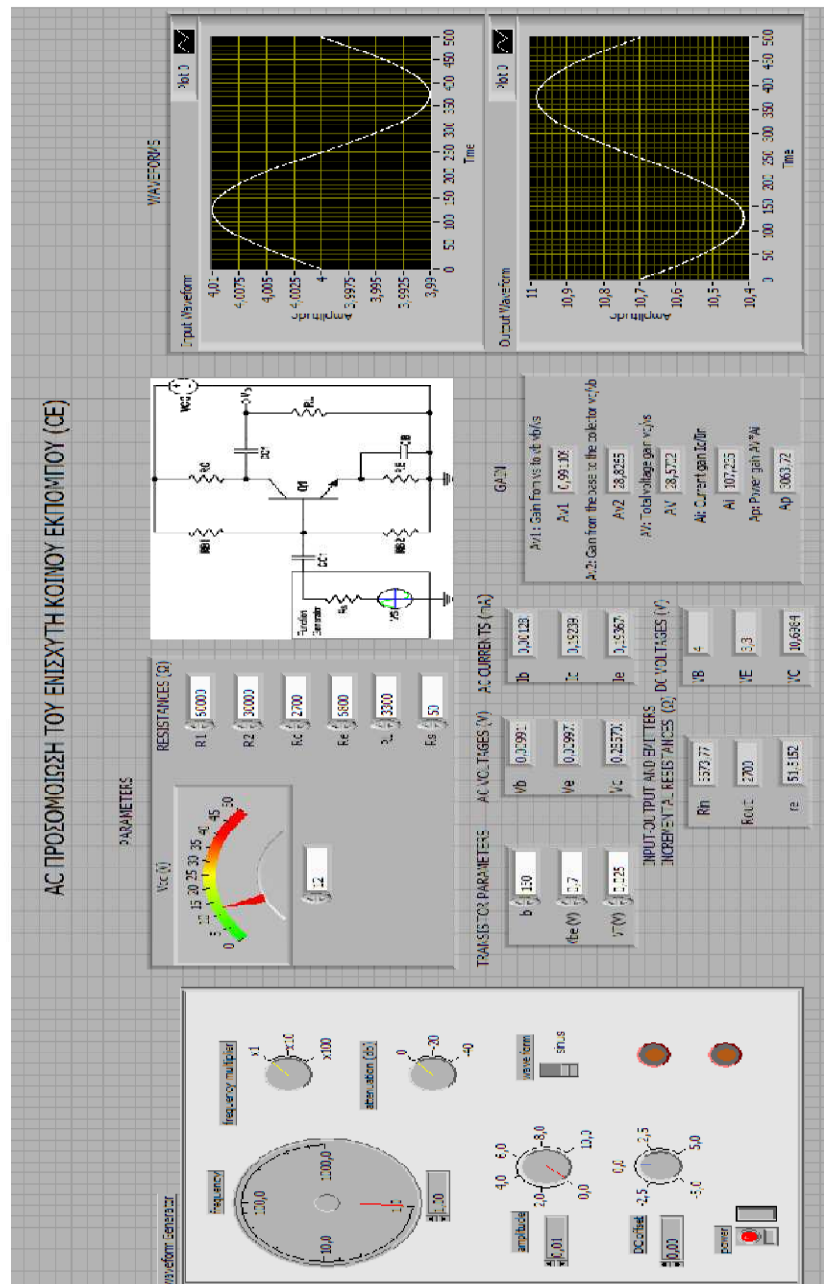
$$V_{R1} := V_{CC} - V_B \quad V_{R1} = 8.063 \text{ V}$$

$$V_C := V_{CC} - I_C \cdot R_C \quad V_C = 10.723 \text{ V}$$

Κεφάλαιο 6ο

AC προσομοίωση του ενισχυτή κοινού εκπομπού (CE)

6.1. Front Panel

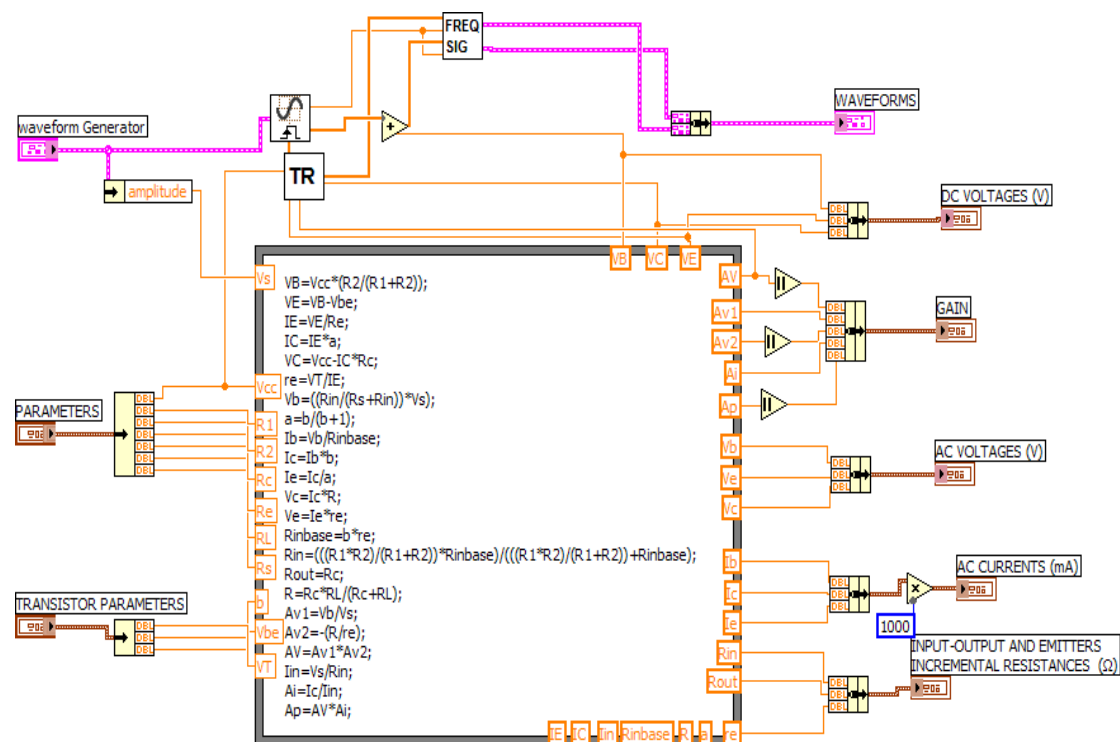


Εικόνα 1. Το front panel της AC προσομοίωσης

Το Front Panel της AC προσομοίωσης αποτελείται από:

- Το κύκλωμα του ενισχυτή κοινού εκπομπού στην AC προσομοίωση
- Τους παραμέτρους του κυκλώματος, τάση V_{CC} και οι αντιστάσεις (R_1 , R_2 , R_c , R_e , R_L , R_s)
- Τους παραμέτρους του τρανζίστορ (β , V_{be} και V_T)
- Την απεικόνιση των ac τάσεων (V_b , V_e , V_c)
- Την απεικόνιση των dc τάσεων (V_B , V_E , V_C)
- Την απεικόνιση των ac ρευμάτων (I_b , I_c , I_e)
- Την απεικόνιση της αντίστασης εισόδου, εξόδου και της εσωτερικής ac αντίστασης εκπομπού (Input-Output And Emmiters Incremental Resistances)
- Την απεικόνιση του κέρδους τάσης, ρεύματος και ισχύος (A_v , A_i , A_p)
- Την απεικόνιση των κυματομορφών εισόδου και εξόδου (Input-Output Waveform)

6.2. Block diagram

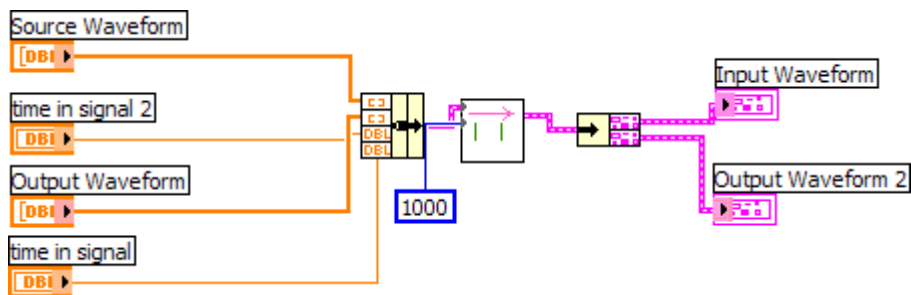


Εικόνα 2. Το block diagram της AC προσομοίωσης

Στο block diagram της AC προσομοίωσης εισάγονται ως είσοδοι, οι παράμετροι και τα χαρακτηριστικά του τρανζίστορ και ως έξοδοι οι τιμές των τάσεων. Οι παράμετροι και τα χαρακτηριστικά του τρανζίστορ χρησιμοποιούνται σε μια formula node για τους υπολογισμούς των τάσεων, ρευμάτων και του κέρδους. Οι τιμές των τάσεων εισέρχονται ως είσοδοι σε διαφορές δομές και με τη κατάλληλη επεξεργασία μπορούν, να ρυθμίζουν, να ελέγχουν και να αλλάζουν τις κλίμακες των γραφημάτων. Δημιουργείται ένα ημίτονο στο οποίο καθορίζονται, το πλάτος και η συχνότητα του και με βάση τον υπολογισμό αυτών, αλλάζουν οι κλίμακες.

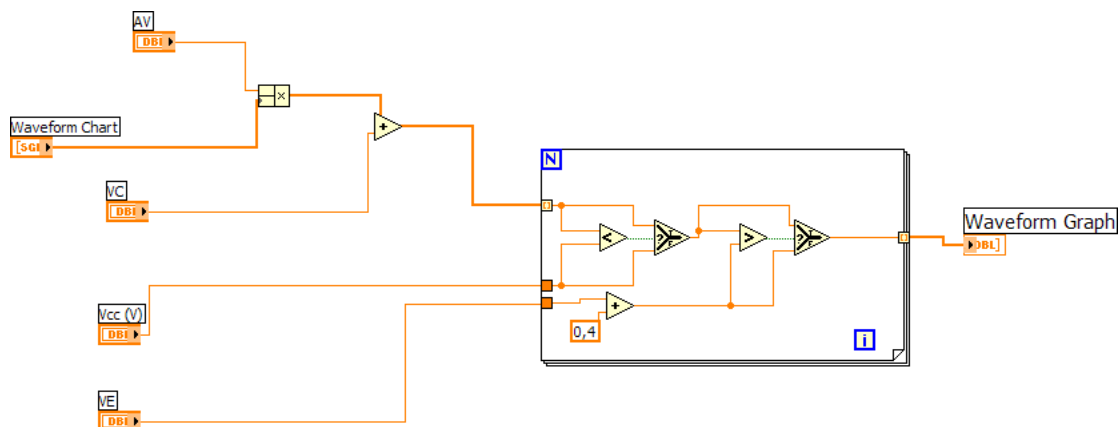
Το block diagram περιλαμβάνει και τρία υποπρογράμματα, τα όποια είναι:

- Η γεννήτρια σημάτων για την οποία μιλήσαμε αναλυτικά στο κεφ. 3
- Ο συγχρονισμός της συχνότητας (FREQ_SIG)



Εικόνα 3. Το block diagram του συγχρονισμού συχνότητας

- TR ενισχυτή κοινού εκπομπού

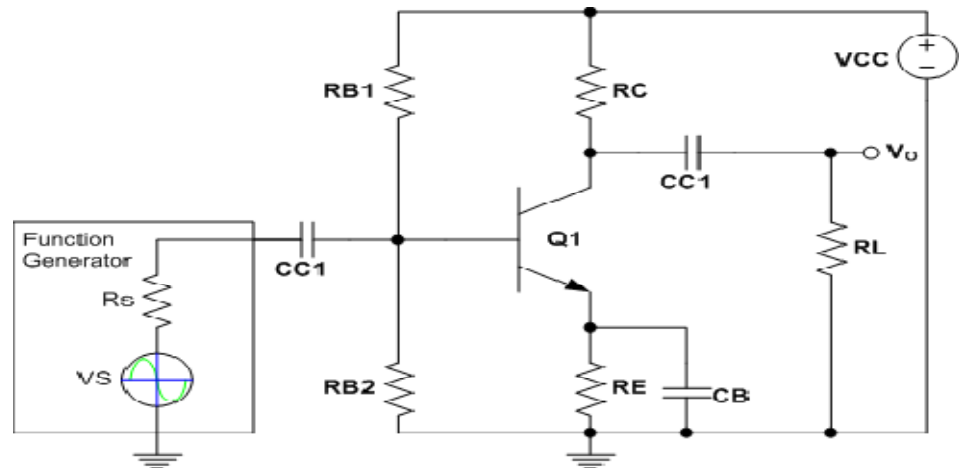


Εικόνα 4. Το block diagram του TR

6.3. Παραδειγμα

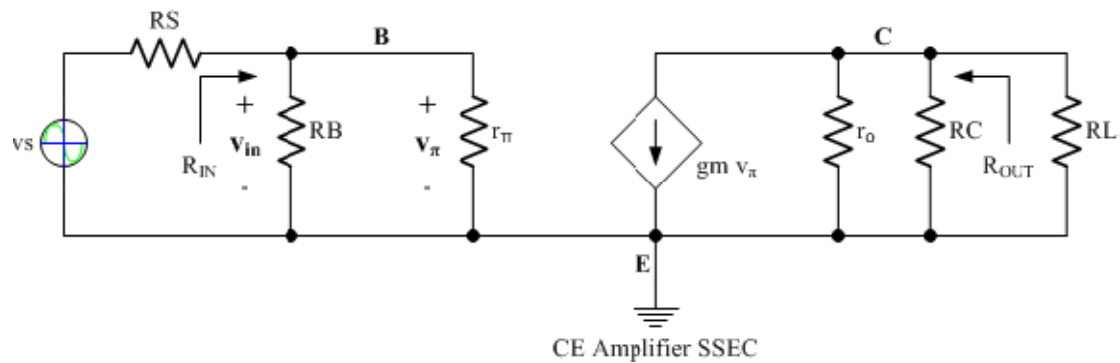
Παρακάτω σας δίνουμε ένα παράδειγμα AC προσομοίωσης για να το επαληθεύσετε με το πρόγραμμα στο LabVIEW.

Ενισχυτής CE



Σχήμα 1: Ενισχυτής κοινου εκπομπου

Ισοδύναμο κύκλωμα



Σχημα 2: Ισοδύναμο κύκλωμα σήματος για τον Ενισχυτή CE

ΔΙΝΟΝΤΑΙ:

| | | | |
|------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------------|
| $V_{CC} := 12V$ | $R_{B2} := 30k\Omega$ | $\beta := 150 \frac{A}{A}$ | $R_C := 2.7k\Omega$ |
| $V_{BE} := 0.7V$ | $R_{B1} := 60k\Omega$ | $R_E := 6.8k\Omega$ | |
| $v_s := 10mV$ | $f := 1kHz$ | $R_L := 3.3k\Omega$ | $R_S := 50\Omega$ $V_A := 150V$ |

ΛΥΣΗ:

Βρίσκουμε το IB, IE και IC από την DC ανάλυση:

$$V_{TH} := V_{CC} \cdot \left(\frac{R_{B2}}{R_{B2} + R_{B1}} \right) \quad V_{TH} = 4 \text{ V}$$

$$R_{TH} := \left(\frac{1}{R_{B1}} + \frac{1}{R_{B2}} \right)^{-1} \quad R_{TH} = 20 \text{ k}\Omega$$

$$I_B := \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1) \cdot R_E} \quad I_B = 3.152 \mu\text{A}$$

$$I_E := (\beta + 1) \cdot I_B \quad I_E = 476.022 \mu\text{A}$$

$$I_C := \beta \cdot I_B \quad I_C = 472.87 \mu\text{A}$$

Υπολογισμός της re (Θερ. = 25 ° C):

$$V_T := 25.8651 \text{ mV} \quad r_e := \frac{V_T}{I_E} \quad r_e = 54.336 \Omega$$

Υπολογισμός της ro:

$$r_o := \frac{V_A}{I_C} \quad r_o = 317.212 \text{ k}\Omega$$

Υπολογισμός της rπ:

$$r_\pi := (\beta + 1) \cdot r_e \quad r_\pi = 8.205 \text{ k}\Omega$$

Υπολογισμός της gm:

$$\alpha := \frac{\beta}{\beta + 1} \quad g_m := \frac{\alpha}{r_e} \quad g_m = 0.018 \text{ S}$$

Υπολογισμός των αντιστάσεων εισόδου και εξόδου:

$$R_{in} := \left(\frac{1}{R_B} + \frac{1}{r_\pi} \right)^{-1} \quad R_{in} = 5.818 \text{ k}\Omega$$

$$R_{out} := \left(\frac{1}{R_C} + \frac{1}{r_o} \right)^{-1} \quad R_{out} = 2.677 \text{ k}\Omega$$

Υπολογισμός του κέρδους:

$$A_{v1} := \frac{R_{in}}{R_S + R_{in}} \quad A_{v1} = 0.991 \frac{V}{V} \quad A_{v1} : \text{Gain from } v_s \text{ to } v_b \text{ } v_b/v_s$$

$$A_{v2} := -g_m \left(\frac{1}{R_{out}} + \frac{1}{R_L} \right)^{-1} \quad A_{v2} = -27.022 \frac{V}{V} \quad A_{v2} : \text{Gain from the base to the collector } v_c/v_s$$

$$A_V := A_{v1} \cdot A_{v2} \quad A_V = -26.792 \frac{V}{V} \quad A_V : \text{Total gain } v_c/v_s$$

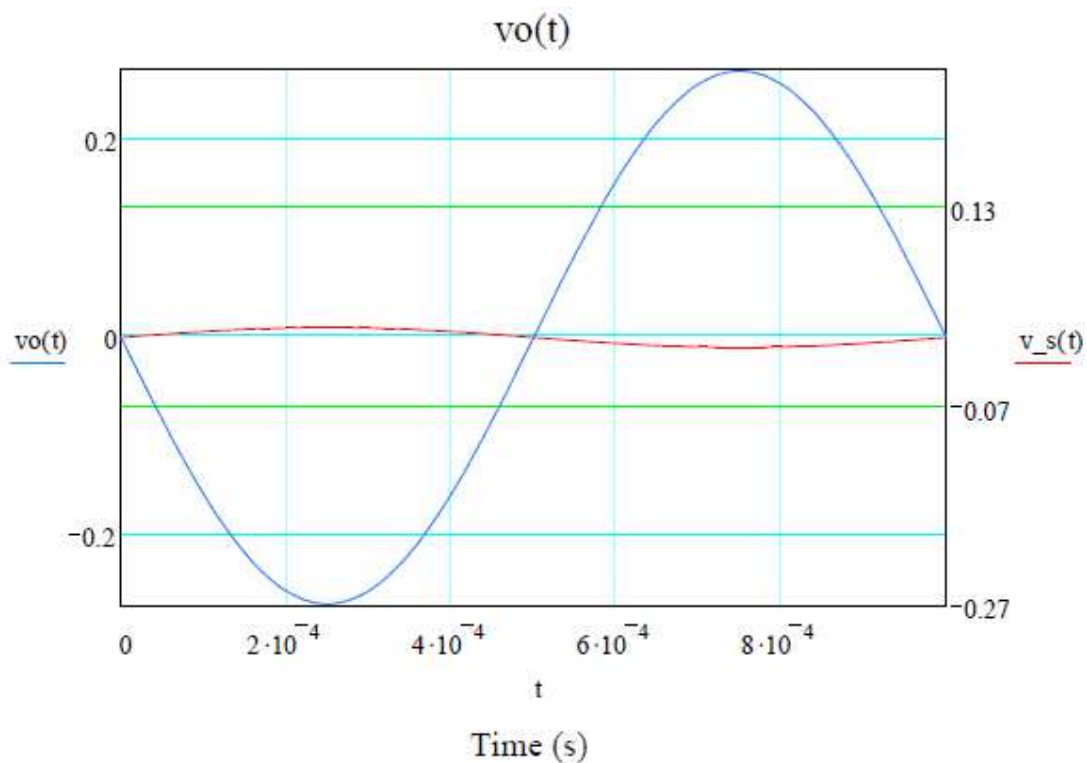
Υπολογισμός της τάσης v_b και v_c :

$$v_b := A_{v1} \cdot v_s \quad v_b = 9.915 \text{ mV}$$

$$v_c := |A_V| \cdot v_s \quad v_c = 0.268 \text{ V}$$

$$t := 0, 0.01 \text{ms}.. 1 \text{ms} \quad v_s(t) := v_s \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

$$v_o(t) := A_V \cdot v_s \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

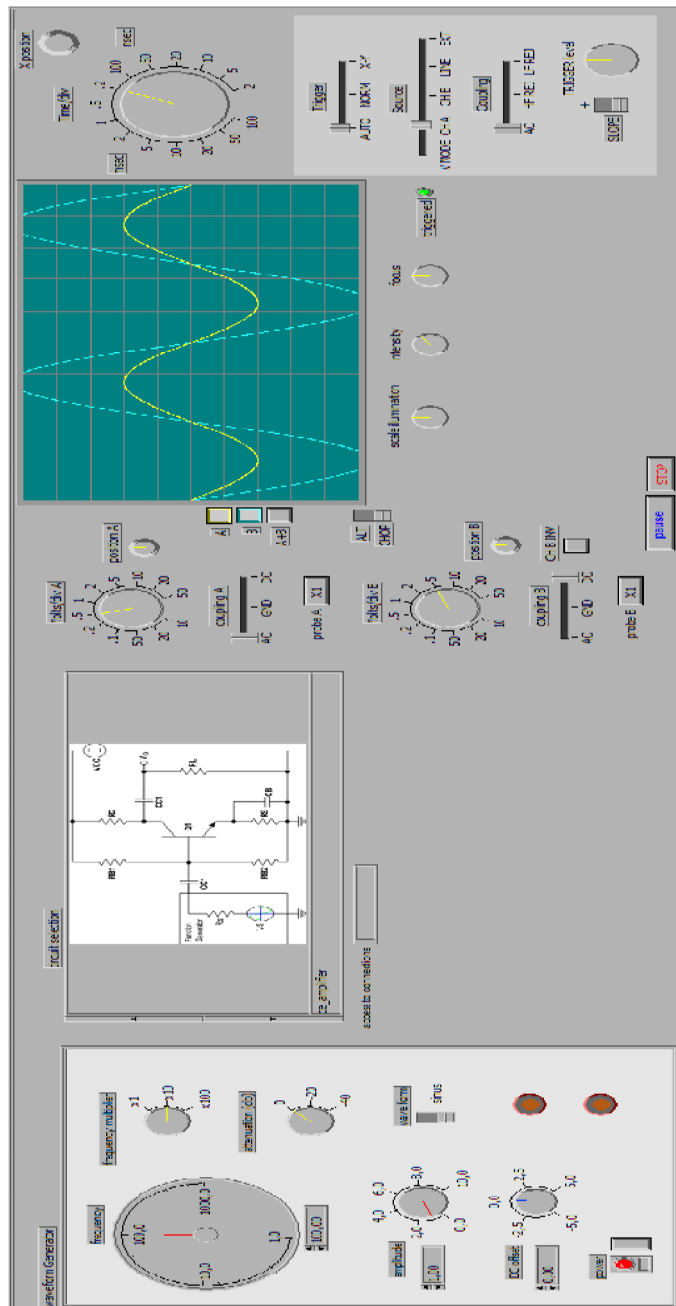


Σχήμα 3: Ενισχυτής σήματος εξόδου σε όλη την RL

Κεφάλαιο 7ο

AC προσομοίωση του ενισχυτή κοινού εκπομπού (CE) με παλμογράφο

7.1. Front Panel

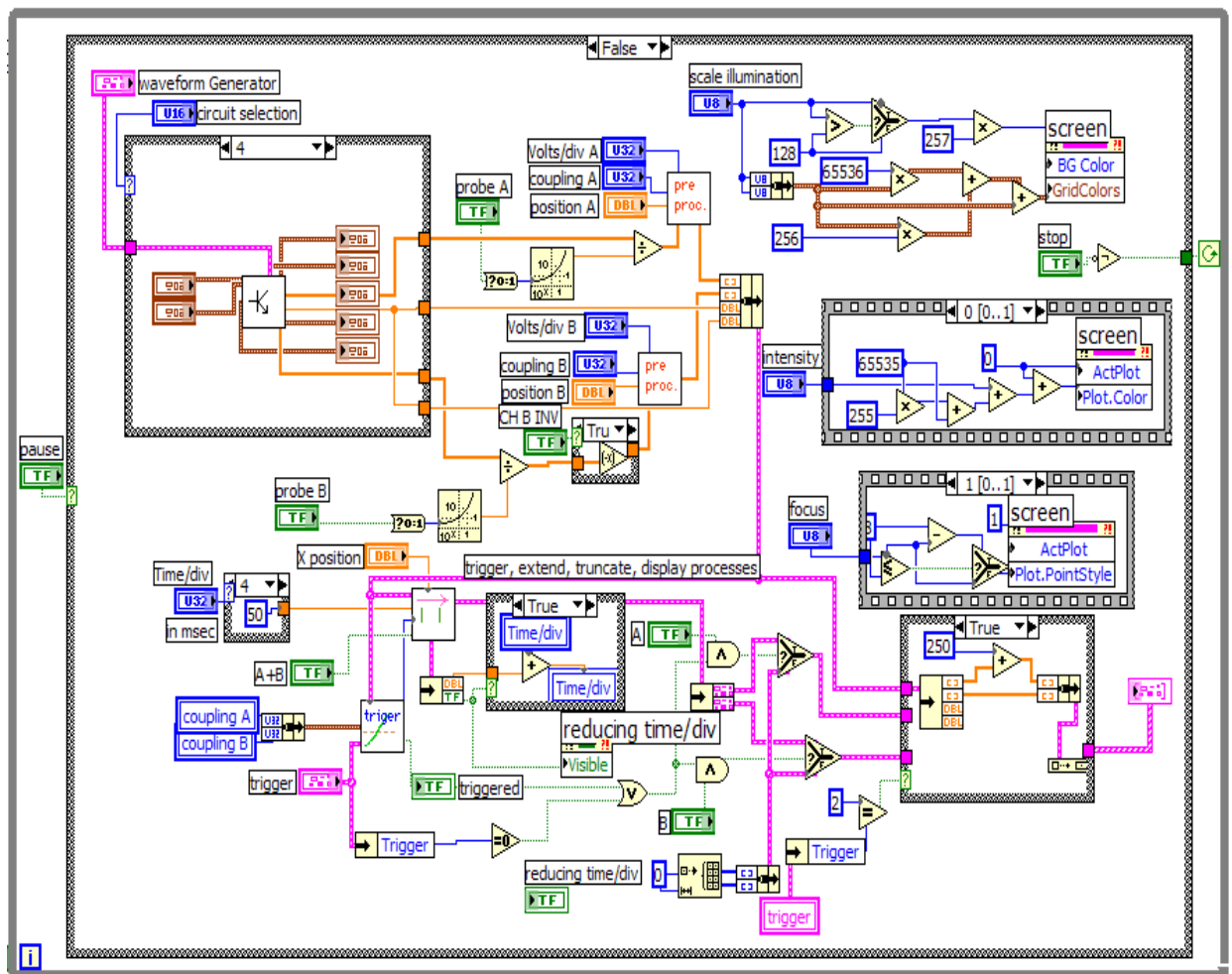


Εικόνα 1. Το front panel της AC προσομοίωσης στο παλμογράφο

Στην παραπάνω εικόνα διακρίνουμε 3 μέρη:

- Την γεννήτρια σημάτων (κεφ. 3)
- Τον επιλογέα κυκλωμάτων
- Την επιφάνεια του παλμογράφου (κεφ. 4)

7.2. Block diagram



Εικόνα 2. Το block diagram του παλμογράφου

Στο παραπάνω block diagram του παλμογράφου έχουμε ενσωμάτωση του κύκλωμα του ενισχυτή στην θέση 4.

Για να τρέξουμε την προσομοίωση του ενισχυτή διαλέγουμε το ce_amplifier από τον επιλογέα κυκλωμάτων στο Front Panel και πατάμε run.

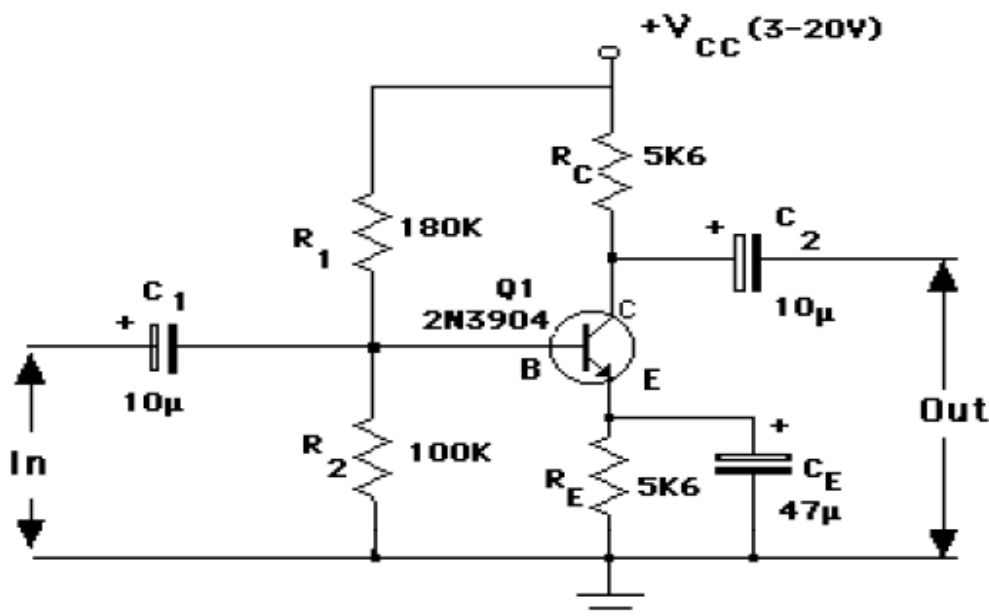
Εργαστηριακή εργασία

Ενισχυτική βαθμίδα κοινού εκπομπού

Σκοπός:

Η εκμάθηση του τρόπου υπολογισμού της απολαβής τάσης ενός ενισχυτή, της μέτρησης της διαφοράς φάσης μεταξύ σήματος εισόδου και εξόδου και η εκμάθηση του τρόπου υπολογίζονται οι σύνθετες αντιστάσεις εισόδου και εξόδου του ενισχυτή.

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα της ενισχυτικής βαθμίδας κοινού εκπομπού και τροφοδοτήστε την βαθμίδα σας με τάση $+V_{CC}=12V$ και $R_L=33K$.



Από το LabVIEW Library oscilloscopeV2+CE ανοίγουμε το CE_amplifier_DC.vi, βάζουμε τους παραμέτρους του προβλήματος και το τρέχουμε και έχουμε όλα τα αποτελέσματα που ζητούνται στο ερώτημα 2.

2. α) Υπολογίστε τα dc μεγέθη: I_E , I_C , I_B , V_B , V_C , V_{CE} .
β) Προσδιορίστε το σημείο λειτουργίας Q.
Για να βρούμε το σημείο λειτουργίας Q κάνουμε την γραφική παράσταση $V_{CE}-I_C$. Μας ενδιαφέρει το V_{CE} , I_C και I_B για το προσδιορισμό του σημείου λειτουργίας Q.

γ) Υπολογίστε την R_{in} (base).

Από το LabVIEW Library oscilloscopeV2+CE ανοίγουμε το CE_amplifier_AC.vi η το oscilloscopeV2.vi (που γίνεται η προσομοίωση στο πρόγραμμα παλμογράφου). Στο πρόγραμμα παλμογράφου επιλέγετε την εμφάνιση των χειριστηρίων και τον εξόδων για να μπορείτε να τα αλλάξετε και να δείτε τα αποτελέσματα. Βάζουμε τους παραμέτρους του προβλήματος και το τρέχουμε και έχουμε όλα τα αποτελέσματα που ζητούνται στο ερώτημα 3,4,5,6.

3. Τοποθετήστε στην είσοδο της βαθμίδας ημιτονικό σήμα συχνότητας $f=1\text{kHz}$, πλάτους $U_{p-p}=30\text{mV}$, (αντίσταση $R_s=600\Omega$). Χαράξτε την καμπύλη απόκρισης του ενισχυτή και προσδιορίστε το εύρος ζώνης του ενισχυτή για την περιοχή συχνοτήτων από 20Hz μέχρι 1MHz όπως φαίνετε στον παρακάτω πίνακα. Για όλη την περιοχή συχνοτήτων η V_{in} θα είναι σταθερή και ίση με 30mV.

| F | V_{in} | V_{out} | $A_v=V_{out}/V_{in}$ | $A_v(\text{dB})=20\log A_v$ |
|------|----------|-----------|----------------------|-----------------------------|
| 20Hz | 30mV | | | |
| 50 | | | | |
| 100 | | | | |
| 500 | | | | |
| 1KHz | | | | |
| 2 | | | | |
| 5 | | | | |
| 10 | | | | |
| 50 | | | | |
| 100 | | | | |
| 500 | | | | |
| 1MHz | | | | |

4. Καθορίστε το κέρδος τάσης, το κέρδος ρεύματος, το κέρδος ισχύος.
5. Υπολογίστε την ολική αντίσταση εισόδου-εξόδου (R_{in} - R_{out}).
6. Υπολογίστε την εξασθένηση στο κύκλωμα βάσης.

$$\frac{V_b}{V_{in}} = \frac{R_{in}}{R_s + R_{in}}$$

7. Συμπεράσματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ηλεκτρονικά Ι Εργαστηριακές Ασκήσεις, Δημήτριος Σπ. Μαραγκάκης Ηράκλειο-Κρήτης 2006.
2. Οδηγός Εκμάθησης του LabVIEW, Πτυχιακή εργασία Σκούμπρος Πάυλος, Ηράκλειο 2004.
3. Κατασκευή προγράμματος προσομοίωσης παλμογράφου για διδασκαλία, Πτυχιακή εργασία Ψυχαράκη Μιχαήλ, Ηράκλειο 2012.
4. Γενικά Ηλεκτρονικά, Μπρακατσούλας Κων. Ευάγγελος, Παπαϊωάννου Ιωάν. Γεώργιος, Παπαδάκης Αρτ. Ιωάννης, Αθήνα 2000.
5. Σχεδίαση Εικονικού Εργαστηρίου με το λογισμικό LabVIEW για εξ' αποστάσεως μετρήσεις με παλμογράφο, Διπλωματική εργασία, Λιτοβολή Σωτήρη, Πασσαλίδη Γεωργίου, Θεσσαλονίκη 2005.
6. Ηλεκτρικές Μετρήσεις, Δρ. Εμμανουήλ Κουδουμάς, Ηράκλειο
7. Analog Electronics with LabVIEW, Kenneth L. Ashley, 2002
8. Τρανζίστορ:
<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%B1%CE%BD%CE%B6%CE%AF%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81>
9. LabVIEW:
<http://www.ni.com/labview/>