

Αναφορά Πρώτη
Τίτλος Πειράματος:
Ενισχυτές Κρυσταλλολυχνίας
P_ το όνομα του προσωπικού καθηγητή:
Dr. Williamson

Συγγραφέας:
B. Πασχαλέρης
Μέγεθος αναφοράς:~ 1000 w.
Ημέρα ολοκλήρωσης:
8 Δεκεμβρίου 1986.

Επικεφαλίδες και Υποκεφαλίδες

Η Εισαγωγή

Τα Χαρακτηριστικά των INT Κρυσταλλολυχνιών.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟΥ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Ο ΑΠΛΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

Προδιάθεση Απλού Ενισχυτή[Γραφική Μέθοδος]

Εφαρμογή μικρών σημάτων και Κέρδος

Εναλλακτικοί τρόποι για Ενισχυτή Κέρδους

Τα Προβλήματα

Παραμόρφωση για μεγάλου εύρους σήματα

Διακυμάνσεις για λειτουργικά σημεία ανάμεσα στις κρυσταλλολυχνίες.

Περιορισμοί οι οποίοι οφείλονται στο P_{max} . (Ρεύμα διαρροής)

Ο Σχεδιασμός ενός Ενισχυτή

Σχεδιάζοντας την Προδιάθεση ενός Ενισχυτή[Αναλυτική Μέθοδος]

Σταθεροποίηση λειτουργικού σημείου

Αντιστάσεις Εισόδου και Εξόδου.

Διακυμάνσεις του r_{in} για διαφορετικές κρυσταλλολυχνίες.

Επίδραση μιας μη προσπελάσιμης ηλεκτρικής αντίστασης (r_{in}) στον εκπομπό.

Επίδραση του R_f στο r_{in}

appendixe

Το συμπέρασμα

Σχόλια

Η Εισαγωγή

Οι μηχανικοί συχνά θέλουν να ενισχύσουν μικρά σήματα. Αυτή η μετατροπή είναι συνήθως φτιαγμένη από συσκευές που ονομάζονται ενισχυτές. Σε αυτήν την αναφορά θα συζητηθούν οι ενισχυτές τρανζίστορ.

Ο τρανζίστορ ενός ενισχυτή περιέχει γραμμικά και μη γραμμικά στοιχεία. Συνήθως αποτελείται από πυκνωτές αντιστάσεις και κρυσταλλολυχνίες.

Ο σχεδιασμός ενός ενισχυτή τρανζίστορ δεν είναι μια εύκολη διαδικασία.

Το πιο σημαντικό συνθετικό ενός τέτοιου συστήματος είναι μη-γραμμικό και γιατί αυτά χρειάζεται μια ειδική ανάλυση για να λυθεί το πρόβλημα.

Επιπρόσθετα οι κρυσταλλολυχνίες είναι ισχυρά επηρεασμένες από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και γι αυτό απαιτείται μια σταθεροποίηση της θερμοκρασίας.

Οι ενισχυτές τρανζίστορ είναι έτσι σχεδιασμένοι ώστε να λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο με διαφορετικούς τύπους τρανζίστορ.

Εντούτοις διαφορετικές κρυσταλλολυχνίες έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και γι αυτό αυτά δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα όταν συνδέονται σε ένα κύκλωμα ενισχυτή εκτός εάν είχε δοθεί ιδιαίτερη προσοχή για να αποφευχθεί αυτό.

Τα χαρακτηριστικά των INT Κρυσταλλολυχνιών

[για κυκλώματα και χρησιμοποιημένες μεθόδους, βλέπε σελίδα.3/1.3]*

Χαρακτηριστικά Εισόδου

Το I_b μεταβάλλοντας από το P1, από τα 0 στα 250 μA (κατά προσέγγιση) και παίρνουμε την τιμή του V_{be} . Τα αποτελέσματα είναι σχεδιασμένα στο σχήμα.1

Χαρακτηριστικά Συλλέκτη

Το ακόλουθο κύκλωμα συναρμολογήθηκε.

HAMEG(μετρούσε το I_c)

(μετρούσε το V_{ce})

[επίσης χρησιμοποιήθηκε για μέτρηση του I_b]

[Η μέθοδος που χρησιμοποιείται περιγράφεται στην σελίδα 4/(τελευταία παράγραφος)]. Τα αποτελέσματα είναι σχεδιασμένα στο σχήμα 2. [παρακαλώ γυρίστε σελίδα]

*Αναφορές όπως αυτή φαίνονται στα φύλλα της πορείας εργασίας τα οποία επισυνάπτονται στο πίσω μέρος του εγγράφου.

Ο Απλός Ενισχυτής

Το κύκλωμα μας δείχνει κάτω αντιπροσωπεύει ένα απλό κύκλωμα ενισχυτή το οποίο έχει σχεδιαστεί στο εργαστήριο.

Μετρούσε απευθείας V_{in}
(p.t.p)
22Mf πυκνωτής
s/c για a.c(εναλλασσόμενο

ρεύμα)

(V_{ce} μετρήθηκε από AVO)

(η δουλειά του πυκνωτή των 22μf)

Η χρήση ενός πυκνωτή 22μf, επιβεβαιώνει ότι το λειτουργικό σημείο παραμένει ανεπηρέαστο όταν εφαρμόζουμε ένα σήμα. Επειδή $X_c = 1/2\pi fc$ (i.e. $X_c \propto 1/c$ για μια συγκεκριμένη συχνότητα), (πρέπει $2\pi fc$ να έχει μεγάλη τιμή έτσι ώστε να επιτρέπει

‘συνιστώσες d.c(συνεχούς ρεύματος) συνθέσεων.

Και αυτό αλλαγή το $C=22\mu f$, η οποία είναι μια σχετικά μεγάλη τιμή.

Αυτός ο πυκνωτής ονομάζεται πυκνωτής ζεύγους.

Προδιάθεση απλού ενισχυτή [Γραφική Μέθοδος]

Όπως P1 είναι κατάλληλα περιστρέφεται, V_{β} αυξάνει και επίσης το I_B . Επειδή το I_c αυξάνεται και αφού $V_{ce} = +15 - V_{load}$ (όπου $V_{load} = I_c R_L$) V_{ce} παίρνει βαθμιαία μέχρι να φτάσει μηδέν. Όταν η κρυσταλλολυχνία είναι σε πλήρη λειτουργία.

Οπότε το P1 εκλέγει το λειτουργικό σημείο, μεταβάλλοντας το V_{ce}
Για $I_c = 15\text{Ma}$, $V_{ce} = 15 - 1.5 \times 10(4700 + 150)$

$$= 7.73\text{V}$$

Εξίσωση(1) $V_{ce} = 15 - I_c R_L$ είναι η καρτεσιανή εξίσωση της δικής μας γραμμής φόρτωσης και περιγράφεται στο σχήμα 2.Ο παραπάνω

προσδιορισμός παραμελήθηκε και το λειτουργικό σημείο ,Q, επιλέχθηκε στο μέσο κατά μήκος της γραμμής φόρτωσης.

4η

Εφαρμογή σήματος μικρού πλάτους και κέρδος

P1 ρυθμίστηκε ώστε $V_{ce}=7.5V$

Το σήμα της γεννήτριας ανέβασηκε στο $1V_{p.p}/1KHz$ και τα ακόλουθα ίχνη έχουν παρουσιαστεί στην οθόνη του ταλαντοσκοπίου:

(I)
πρώτη περίπτωση

Αυτή η εικόνα μας κάνει εμάς να σκεφτούμε ότι η εφαρμογή τάσης είχε μεγάλη πλάτους και μειώνοντας το πλάτος ταλάντωσης το ακόλουθο ίχνος λήφθηκε.

(II)
δεύτερη περίπτωση

Η διαφορά φάσης των δύο σημάτων ήταν ίση με π ακτίνες.
Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το διάγραμμα που ακολουθεί:

Το οποίο δείχνει καθαρά ότι
+ve αντιστοιχί στο -ve

Και

-ve αντιστοιχί στο +tve

Στην πρώτη περίπτωση όταν το σήμα αποσυνδέθηκε η ένδειξη του (V_{ce}) που μετρήθηκε από το AVO, έπεσε από τα 8.6V στα 7.5v.

Στην δεύτερη περίπτωση όμως η ένδειξη του V_{ce} ήταν ανεπηρέαστη από την σύνδεση του σήματος και παρέμεινε στα 7.5v.

Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το ακόλουθο γράφημα.

Όπου \bar{v}_{ce} αντιπροσωπεύει
σημαίνει τιμές της τάσης
ανάμεσα στα C και E

V_{CE} δεν αλλάζει όταν το σήμα εισέρχεται πριν $\bar{v}_{ce}=0$, όπου \bar{v}_{ce} :
σημαίνει μέση τιμή τάσης ανάμεσα στον συλλέκτη και τον εκπομπό.

Κέρδος Ενισχυτή

Όπου $V_{in}=15\text{mv}$ $V_{out}=4\text{V}$
(p.t.p) (p.t.p)

Οπότε :

$$\text{Κέρδος} = \frac{4}{15} \times 10^3 = 267$$

Εναλλακτικός τρόπος κέρδους ενός ενισχυτή

$r_{in} = \Delta V_{be} / \Delta I_{\beta}$ δεξ σχήμα.1 $200 - 130 / 106 - 20 * 10^3 * 10 = 814 \Omega$
Εντάυθα $A = \beta R_c / r_{in}$ δεξ (appendix1) $51 * 4700 + 15 \Delta / 814 = 303.8$

Αυτή η τιμή για A είναι διαφορετική και αυτό που πήραμε μετρώντας
Το V_{in} και το V_{out} (p.t.p) (p.t.p), αλλά έχοντας στο μυαλό ότι η τιμή του β
ήταν για $V_{CE} = 7.73V$ και ότι η μέθοδος κλίσης για τον υπολογισμό του
 r_{in} δεν ήταν ακριβής, μπορούμε να πούμε ότι η διαφωνία ήταν λογική.

Τα Προβλήματα

Παραμόρφωση πλάτους ταλάντωσης για μεγάλα
σήματα

----- (ίδιο κύκλωμα)

V_{ce} ανέβηκε στα $7.5V$ με την έννοια του P1
Το ίχνος του U_{out} όπως εμφανίζεται μέσα στο CRO όταν η ευρύτητα του
 U_{in}
Η οποία αυξήθηκε, αυτό φαίνεται πιο κάτω .

(φυσιολογική
ημιτονοειδής
φόρμα κύματος).

(Η πορεία της
παραμορφωμένης
εξόδου).

(-ve η κοπή
πορείας εξόδου)

+ve, -ve
κοπή εξόδων

Παρατηρήσαμε ότι όταν μια παραμόρφωση παρουσιάστηκε η κυματομορφή του U_{out} μετακινήθηκε προς τα πάνω i.e V_{ce} (η τιμή του d.c σε σχέση με το U_{ce}). αλλάζει. Και αυτό γιατί η μέση τιμή ενός παραμορφωμένου κύματος δεν είναι μηδενική. Η αλλαγή του V_{ce} παρατηρήθηκε στο βολτόμετρο ανάμεσα στο C και E.

Επίδραση μετακινούμενου λειτουργικού σημείου
για INT κρυσταλλολυχνίες.

V_{ce} ποίκιλε υπό την έννοια του P1. Τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν περιγράφονται από το ακόλουθο διάγραμμα:

~2.3v-----7.3V-----

<u>Το πλάτος ταλάντωσης</u>	<u>Το πλάτος ταλάντωσης</u>
<u>Αυξάνεται</u>	<u>σταδιακά μειώνεται</u>
<u>Συμμετρικά</u>	<u>η κυματομορφή</u>
<u>OK</u>	<u>μετακινείται πάνω</u> και κάτω αλλά πάντα κυμαίνεται στο μηδέν δυναμικού επίπεδο.

Διακυμάνσεις των λειτουργικών σημείων ανάμεσα στις
κρυσταλλολυχνίες

Το λειτουργικό σημείο άλλαξε όπως δηλώνει ο πίνακας που ακολουθεί:

<u>Τύπος</u>	<u>Τρανζίστορ</u>	<u>Vce</u>	<u>Αλλάζει</u>
2N1304	7141A	7.6	→ 1.68
2N1302	7024	7.6	→ 0.44
2N1304	016	7.6	→ 4.86
2N1304	016	7.6	→ 2.43
2N1304	735e	7.6	→ 2.33

Αλλάζει ακόμη και για
Ίδιους τύπους τρανζίστορ.

Φαίνεται ξεκάθαρα ότι το λειτουργικό σημείο αλλάζει θεωρητικά για διαφορετικές κρυσταλλολυχνίες. Ως υπόδειξη στην εισαγωγή αυτό δίνει αυτό ανεπιθύμητο αποτέλεσμα. (το ίχνος του U_{out}) μέσα στο CRo ήταν στις περισσότερες περιπτώσεις παραμορφωμένο.

Ένα σημαντικό πράγμα είναι ότι αυτή η αλλαγή λαμβάνει χώρα ακόμη και στις κρυσταλλολυχνίες του ίδιου τύπου. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το ακόλουθο γράφημα:

Οι διακεκομμένες γραμμές είναι για μια κρυσταλλολυχνία έχοντας μεγαλύτερο β από ότι στην κρυσταλλολυχνία που αντιπροσωπεύεται από την πράσινη γραμμή εντούτοις και οι δύο κρυσταλλολυχνίες είναι του ίδιου τύπου.

Όρια που οφείλονται στον P_{max}

Όπως μπορούμε να δούμε, από την ανάλυση που δίνεται λεπτομερώς, στο δικό μας πείραμα δεν υπάρχουν όρια που να οφείλονται στον P_{max} αφού η RL είναι αρκετά μεγάλη.

Παρόλο αυτά στον σχεδιασμό ενός ενισχυτή αυτός ο παράγοντας πρέπει να θεωρηθεί σε όλη την διαδικασία πριν την υπερθέρμανση θα παράγει ρεύμα διαρροής και τότε μεγάλο I_c και έτσι η κρυσταλλολυχνία μπορεί να καταστραφεί.

[για περισσότερες λεπτομέρειες βλέπε σελίδα 21, 22,23]

Γενικά $I_C \cdot V_{CE}$ δεν πρέπει να υπερβαίνει το P_{max} .

I_C/mA
90

80

70

60

50

40

30

20

$V_{ce} I_c = P_{max}$

10

Γραμμή Φόρτωσης ($V_{ce} = 15 - 4850 I_c$)
 $R_L = 4850 \Omega$

5 ----- ' ' ' ' ' 20
1' ' ' ' ' Z ' ' ' ' ' 5' ' ' ' ' ' 10' ' ' ' ' ' ' ' ' ' ' 15

Για $P_{max}=300\text{mW}$

V_{ce}/V	I_c/mA
5	60
10	30
15	20
20	15

Από $V_{ce}=15-4850I_c$ ----- $I_c=15/4850V_{ce}$

Η οποία είναι η καρτεσιανή εξίσωση eqn στην γραμμή φόρτωσης.

$1(xV_{ce}) \quad I_c = 15/4850 - 1/4850 V_{ce}$

και $d[I_c V_{ce}]/dV_{ce} = -2(1/4850V_{ce} + 15/4850) = 0$

$V_{ce} = 15/2 = 7.5\text{V}$

για $V_{ce} = 7.5\text{V}$

(2) $[I_c \cdot V_{ce}]_{max} = 15/4850 \times 7.5 - 1/4850 \times (7.5)^2$
 $= 11.59 \text{ mW} \ll P_{max}$

ί.ε δεν υπάρχει κίνδυνος για κρυσταλλολυχνίες να καταστραφούν.

Διαρροή ρεύματος

Το κύκλωμα που φαίνεται κάτω σχεδιάστηκε

Κύκλωμα να βρεθεί I_{cbo}

Και $I_{cbo} = 1.28 \mu\text{A}$ (I_{cbo} όχι σταθερό)

Ic/mA

20

Ic Vce =Pmax

13η

30

**Καμπύλη μέγιστης
απώλειας ισχύος για**

2N1304/016

Και γραμμή φόρτωσης

Για RL=150Ω

50

50

1 2 ' ' ' ' ' 5' ' ' ' ' 10' ' ' ' ' 15' ' ' ' ' ' 20

«Θερμική απώλεια»

Το ακόλουθο κύκλωμα σχεδιάστηκε:

Και P1 ήταν ρυθμισμένο να δώσει $I_c=25\text{mA}$
Παρατήρηση:Μετρώντας το βλέπουμε ότι βαθμιαίως αυξάνεται
και επίσης η θερμοκρασία της κρυσταλλολυχνίας
Μετά από ένα λεπτό $I_c=30\text{mA}$
Ακολούθως το άκρο του εκπομπού αποσυνδέθηκε.
Η μέτρηση δηλώνει μία πτώση στο I_c όπου τελικά
Έχει πετύχει την αρχική τιμή $1.28\mu\text{A}$ καθώς η
κρυσταλλολυχνία κρυώνει.
Ο λόγος που αυτό είχε συμβεί είναι γραμμένο
στα φύλλα με τις οδηγίες(σελίδα.22,23)

Ο Σχεδιασμός του Ενισχυτή

Σχεδιάζοντας την προδιάθεση ενός ενισχυτή[Αναλυτική Μέθοδο]
(cρο μετρήθηκε) $V_{cc}=+15\text{V}$
 $v_{in}(p.t.p)$

Y1(CRO
Μετρήθηκε Vout
(p.t.p)

Prosδιορισμοί: $V_{CC} = +15V$
 $I_C = 1.5 \text{ mA}$
 $V_E = +4V$
 $I_1 \approx 0.5 \text{ Ma}$

Όπου $V_E = 4V$, για μεγαλύτερη ταλάντωση : $V_{CE} = 15 - 4/2$
ή $V_{CE} = 11/2 = 5.5v$

Επομένως $R_C = 5.5/1.5 = 3.7K\Omega$ [3.9 KΩ χρησιμοποιήθηκαν]

Και $R_E = 4/1.5 = 2.6 \text{ K}\Omega$ [2.7KΩ χρησιμοποιήθηκαν]
(προβλέπει ότι $I_B \approx 0$)

επίσης $V_{BE} = 140\text{mV}$ [από το σχήμα 1]
 $V_B = V_{BE} = V_E = 140 \times 10^{-3} = 0.14v$

Τότε

$R_2 = 0.14/0.5 \times 10^{-3} = 8.3K\Omega$ (8.2kω χρησιμοποιήθηκαν)
(πρίν $I_B \approx 0$)

$R_1 = 15 - 0.14/0.5 \times 10^{-3} = 21.7 \text{ K}\Omega$ (22KΩ χρησιμοποιήθηκαν)
Το συγκεκριμένο λειτουργικό σημείο ήταν $V_E = 3.4v$ $V_C = 9v$

Σταθερότητα του λειτουργικού σημείου

[διάβασε την θεωρία σελ.9-11]

Με $C_E = 386\text{mf}$ και $c_1 = 22\text{mf}$ στο 1kHz

Το κέρδος

(p.t.p)

$$V_{in} = 20 \text{ mV} \text{ ----- } V_{out} = 3.25 \text{ v}$$

(p.t.p)

$$\text{Κέρδος} = 3.25/20 \times 10(3) = 163$$

Το a.c σήμα στον εκπομπό.

a.c σήμα στο μέσο εκπομπής $u_e \sim 0$
(με c_e) αφού C_e είναι βραχύ κύκλωμα για το a.c

Όταν εντούτοις c_e μετακινήθηκε $V_e = 20 \text{ m}$

(p.t.p)

και

$$V_c = 25 \text{ m}$$

(p.t.p)

Τι συμβαίνει
Στο
A,c σήμα

(i.e πέφτει ταχέως από 3.25v p.t.p στα 25m
(p.t.p)

i.e Κέρδος μειώνεται θεωρητικά σε ένα
Ανεπιθύμητο επίπεδο.

Τι συμβαίνει
Στο λειτουργικό
0σημείο.

V_e δεν επηρεάζεται (i.e $V_e = 3.4 \text{ v}$)

όμως

V_c i.e λειτουργικό σημείο δεν επηρεάζεται
αφαιρώντας το C_e

Και αυτό γιατί έχουμε πετύχει καθαρά
ημιτονικά κύματα που αυτό σημαίνει
η μέση τιμή είναι μηδενική.

Αυτά τα κύματα αλλάζουν γύρω από
σταθερές λειτουργικές τάσεις.

Συμπέρασμα: Στο D.C(ψηφιακό κύκλωμα) το λειτουργικό σημείο δεν αλλάζει αλλά το κέρδος πέφτει σε πολύ χαμηλό επίπεδο.

Τώρα $C_e = 33 \mu\text{f}$

$V_e = 4 \text{ mV}$ (σχετικό υψηλό)

(p.t.p)

και

$$V_c = 3.2v$$

(p.t.p)

Η χαμηλή χωρητικότητα προκαλεί ένα μικρό μέρος του a.c {εναλλασόμενου σήματος} να εμφανιστεί ανάμεσα στον εκπομπό και την γείωση($X_c=1/2\pi fC$) αφού το x_c αυξάνεται.

Με αποτέλεσμα το κέρδος πέφτει και τότε απαιτείται ένας αρκετά μεγάλος πυκνωτής για μεγάλες τιμές του Κέρδους.

CRo(παλμογράφος)οφείλεται στο d.c και διάφορες κρυσταλλολυχνίες συνδέονται στο μέρος του INT.

Η διακύμανση του λειτουργικού σημείου δεν ήταν σημαντική και στις περισσότερες περιπτώσεις ΔV_E πλησιάζει στο μηδέν i.e έχει επιταχθεί σταθερότητα του λειτουργικού σημείου.

Αντιστάσεις εισόδου και εξόδου
(σχετική θεωρία : παράγραφος 11,12,13)

Ve/Vx10(-1)
(p.t.p)

36
34
32
24

Χαρακτηριστικά
Αντίστασης
Εξόδου

(INT)

<u>RI/Kω</u>	<u>Ve/V</u>
0.0	0.0
1.0	1.0

22	2.0	1.6
	3.0	2.2
	4.0	2.4
20	5.0	2.8
	6.0	3.0
8	7.0	3.2
	8.0	3.3
6	9.0	3.4
	10.0	3.5
4		
30		
28		
26		
4		
12		
10		
8		
6		
4		
2		
	5	10
	20	30
	40	50
	60	70
	80	90
	100	110
	120	130
	R1/κ	

Χαρακτηριστικά
Αντίστασης
Εισόδου
(INT)

- Rs/Ω Ve/V
50
-

0.0 5.0

-	100	4.4
-	150	4.0
-	200	3.8
40	250	3.6
-	300	3.4
-	350	3.2
-	400	3.1
-	450	3.0
-	500	2.8
30	550	2.7
-	600	2.6
-	650	2.5
-	1000	1.9
22		
20		

19η

50 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 Rs/ω

Διακυμάνσεις του η_{in} για διαφορετικές Κρυσταλλολυχνίες

$V_e/V_{x10(-1)}$

50

-
-
-
-
-
-

Χαρακτηριστικά Αντίστασης Εισόδου για ----- 201302/7024

40

-

-

-

-

--

-

-

30

-

-

-

-

-

-

-

-

20

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

4

5

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

Rs/K ω x10

20η

50

-

-

-

-

-

<p>Χαρακτηριστικά Αντίστασης Εισόδου για ----- 2N1304/7141Δ</p>

40

-

-

-

-

-

-

30

-

-

-

-

-

-

-

20

-

-

-

-

-

-

-

-

4 2 4 10 .1.08KΩ 20 . . . 30 40 . . . 50 Rs/K
(X10(-1))

21^η

Επίδραση μιας απροσπέραστης ηλεκτρικής αντίστασης μέσα στον εκπομπό.

Σχεδιάστηκε το ακόλουθο κύκλωμα:

Ως $F=1\text{KHZ}$ χρησιμοποιώντας την εσωτερική κρυσταλλολυχνία
Και με R_f σε βραχύ κύκλωμα (S κλειστό)

$$\begin{aligned} V_o &= 2.5\text{v ptp} & \text{Κέρδος} &= 2.5/15 \times 10^3 = 167 \\ V_{in} &= 15\text{mv ptp} \end{aligned}$$

Οπότε από $V_o/V_{in} = \beta R_c / r_{\pi}$ ----- $\beta = 167 r_{\pi} / R_c$

, όπου $r_{\pi} = 704.3\Omega$
 $R_c = 3.9\text{K}\Omega$

Έτσι $\beta = 30.2$

Και $R_f = \beta R_c - 25 r_{\pi} / 25(1 + \beta) = 128.4\Omega$ (120Ω χρησιμοποιήθηκαν)

Τώρα με R_f στο κύκλωμα

$$\begin{aligned} V_o &= 400\text{mV ptp} & \text{Κέρδος} &= 400/15 = 26.7 \\ V_{in} &= 15\text{Mv ptp} \end{aligned}$$

$$V_{in} = 15/2\text{mv} \quad V_{in} - V_e = 1.5\text{mV}$$

$$V_e = 6\text{mV}$$

Πλάτος του σήματος ανάμεσα στην βάση
Και στο μέσο εκπομπής

Η σταθεροποίηση

Του σημείου λειτουργίας είναι εντάξει Έχει μετρηθεί το κέρδος για διάφορες

Κρυσταλλολυχνίες.
Αυτή η τιμή βρέθηκε να είναι η ίδια (~25)
Για όλες αυτές.

ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ (Μείωση παραμόρφωσης για
μεγάλου εύρους σήματα.)

Με Rf
s/c

U_{out}

Με
Rf μέσα στο κύκλωμα

+ve εξερχόμενη έξοδος
παραμορφωμένη κυματομορφή

καθαρό διαυγές κύμα

δεν παρατηρήθηκε καμία
παραμόρφωση ακόμη
και για μεγαλύτερο
πλάτος ταλάντωσης
στα σήματα εισόδου

i.e Τέλεια Βελτίωση
της παραμόρφωσης.

Επίδραση του Rf στο r_{in}

(βλέπε παραγρ/φο/19 1^η παράγραφο)

Πειραματικά Αποτελέσματα του r _{in} για INT



$V_o/V_x \cdot 10^{-1}$

.

.

0

.

.

.

10

.

.

.

.

20

.

.

.

.

.30

.

.

.

.

.

12

.

.

.

.8

2

4

6

10

20

30

40

50

2.8KΩ

$R_s / K\Omega \times 1$

Αντίσταση Εισόδου

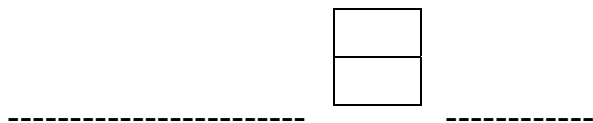
$$[r_{in}] (-1) = (r_{\pi} + (1+\beta)R_f)(-1) + R_1(-1) + R_2(-1) \text{ [δές παράγραφο.17/]}$$

$$\therefore r_{in} = 2.73K\omega$$

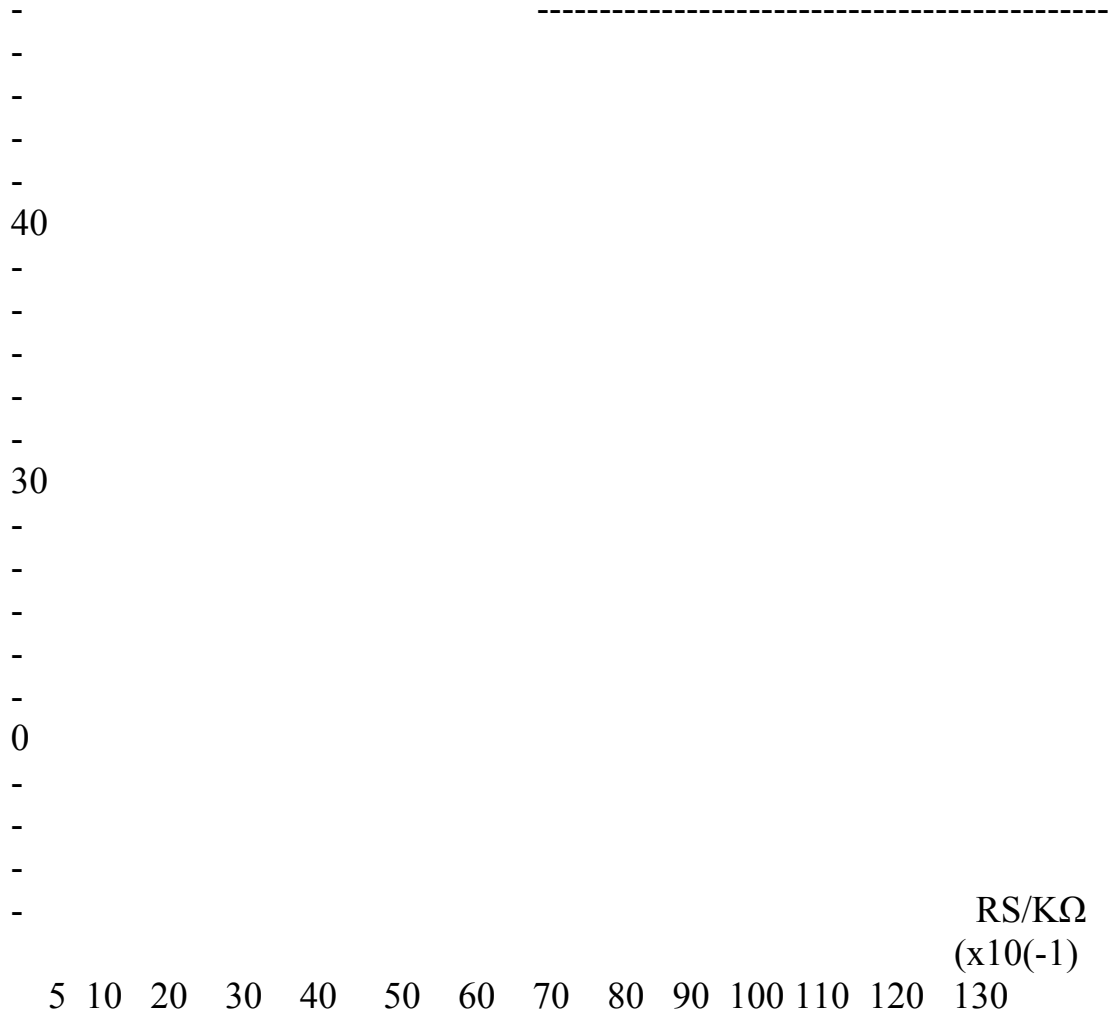
$V_o/V_{x10(-1)}$

50

-



r in $\gamma\alpha$ 2N1304/7141A



Apendixes:

Appendix 1:

Διακύμανση του I_B για συγκεκριμένο I_C , με διαφορετικές κρυσταλλολυχνίες
Και υπολογισμό του β για INT κρυσταλλολυχνίες.

Στο ακόλουθο κύκλωμα

(μετρήθηκε το I_C)

P1 ρυθμίστηκε έτσι ώστε $I_C=1.5\text{mA}$ και η αντίστοιχη τιμή του I_B
Καταγράφηκε για διάφορες κρυσταλλολυχνίες όπως δείχνει δίπλα:

I_C/mA	I_{B}/mA
1.5	<u>2N1304/7141A</u> 23.5
1.5	<u>2N1302/7024</u> 6.0
1.5	2N1304/735 16.0
1.5	2N1304/016 38.5
1.5	2N1304/016 31,25
1.5	INT 35.0

Με τον διακόπτη τοποθετημένο στο INT η τιμή του I_C
καταγράφηκε όταν I_B άλλαζε στα $\pm 5\text{V}$
της αρχικής τιμής, 35.0 mA

για $I_B(+5)$ ----- $I_C = 1.82\text{ mA}$
(40 mA)

$I_B(-5)$ ----- $I_C = 1.31\text{ mA}$
(30.0 mA)

Τότε $\beta = \Delta I_C / \Delta I_B = 1.82 - 1.31 / (40 - 30) \times 10^{-3} = 51$

Apendix 2

Συμβολισμός που χρησιμοποιείτε:

Σε κάθε χρονική στιγμή: $U_{ce} = U_{ce} + V_{CE}$

Ομοίως

Σε κάθε χρονική στιγμή: $i_{\beta} = I_{\beta} + I_{\beta}$
επίσης

$V_{in} =$
(p.t.p)

Apendix 3

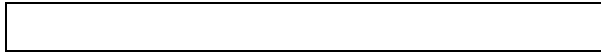
Υπολογισμός του r_c για INT κρυσταλλολογνίες

[για σχετική θεωρία βλέπε παράγραφο 24/(d)]
βλέπε σχήμα2

$$r_c = \Delta V_{ce} / \Delta I_c = 6 - 0 / 1.5 - 1.2 \times 10^{-3} = 20 \text{K}\Omega$$

$$[r_c] I_c = 1.5 \text{ma} = 20 \text{k}\omega$$

Το Συμπέρασμα



Περιγράψαμε τις κρυσταλλολυχνίες και τους ενισχυτές σε αυτή την αναφορά. Η περιγραφή λαμβάνει χώρα θεωρώντας ένα απλό και έναν ολοκληρωμένο ενισχυτή.

Τα προβλήματα του σταθερού λειτουργικού σημείου για, διάφορες κρυσταλλολυχνίες και μη παραμορφωμένοι έξοδοι κυματομορφών όπου εμφανίζονται στον πρώτο ενισχυτή, βελτιώθηκαν στον δεύτερο. Εντούτοις καθώς υπάρχει βελτίωση το κέρδος του ενισχυτή αρκετά ελαττώνεται.

Σχόλια

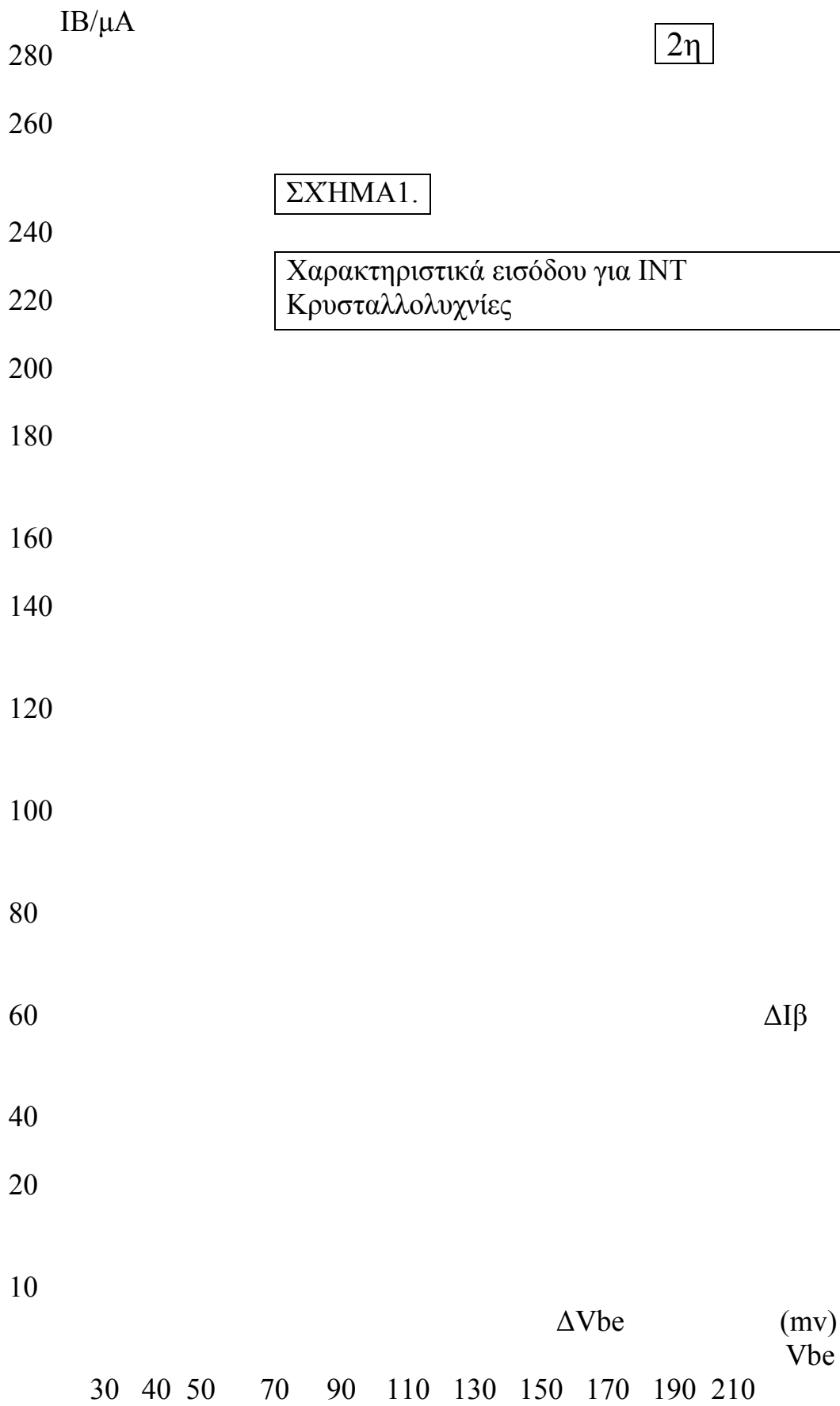
Ήταν πραγματικά δύσκολο στο να παράγουμε μία έκθεση χωρίς την γνώση της θεωρίας. Πολλά βιβλία δοκιμάστηκαν αλλά καθένα από αυτά είχαν μία διαφορετική προσέγγιση του θέματος από ότι περιγράφηκαν στις σημειώσεις. Η παρούσα αναφορά είναι το προϊόν της συνδυασμένης γνώσης όπου εγώ έχω πετύχει διαβάζοντας για της κρυσταλλολυχνίες και τους ενισχυτές, ελπίζω ότι δεν είναι τόσο μπερδεμένο.

Αυτοκρατορικό Κολέγιο της Επιστήμης και Τεχνολογίας

Πρώτος Χρόνος Ηλεκτρολογικού Εργαστηρίου

Κρυσταλλολυχνίες Ενισχυτές

P. F. B
Sept. 1972



$I_c/mA \times 10^{-1}$

30

 $I_B = 48 \mu A$

-----Σχήμα .2

Χαρακτηριστικά Συλλέκτη

20

 $I_B = 35.0 \mu A$

15

12

10

 $I_B = 21.5 \mu A$

4

2

1''2

5

6

7.4v

10

15

20

Vce/V

Κρυσταλλολυχνίες Ενισχυτές

1.1	Εισαγωγή	σελίδα	1
1.2	Ευθεία-φόρτωσης		2
1.3	Έρευνα των Χαρακτηριστικών		
	(a) εισόδου		3
	(b) συλλέκτη		4
1.4	Χαρακτηριστικά Ενισχυτή		4
	(a) απλός ενισχυτής		6
	(b) καταστάσεις μικρού σήματος		6
	(c) υπολογισμός κέρδους		7
	(d) χαρακτηριστικά μεγάλου σήματος		8
	(e) διακυμάνσεις λειτουργικού σημείου		
1.5	Σταθερότητα του λειτουργικού σημείου		
	(a) γενικές αρχές		9
	(b) λεπτομέρειες σχεδιασμού		10
1.6	Ισοδύναμο κύκλωμα		11
	(a) χαρακτηριστικά εξόδου		11
	(b) αντίσταση εισόδου		
12			
	(c) κύκλωμα σε ολοκληρωμένο στάδιο		13
	(d) ανταπόκριση συχνότητας και κέρδος		14
1.7	Επίδραση της αντίστασης στον εκπομπό		15
	Πειραματική Έρευνα		18
1.8	Ενισχυτές Πολλαπλών σταδίων		19
Μέρος 2:	Επιπρόσθετα Χαρακτηριστικά Κρυσταλλολυχνίων		21
	(a) Κατανάλωση Ισχύος		21
	(b) Διαρροή Ρεύματος		22
	(c) πειραματική έρευνα		23
	(d) περισσότερη έρευνα ισοδύναμου κυκλώματος		24
appendix:	Λεπτομέρειες πειραματικού πίνακα		26

1.1. Εισαγωγή

Αυτό το πείραμα καλύπτει τα κύρια χαρακτηριστικά για το σχεδιασμό των κρυσταλλολυχνιών και ενισχυτών. Για το πείραμα δεν απαιτείται λεπτομερής γνώση για την όλη λειτουργία της κρυσταλλολυχνίας, όλες οι απαραίτητες ιδιότητες σημειώνονται παρακάτω.

Μία κρυσταλλολυχνία έχει τρεις συνδέσεις ,μέσο εκπομπής, βάση συλλέκτης, και η κοινή διαγραμματική αναπαράσταση δίνεται στο Σχήμα 1a. η ποιο συχνά εμφανιζόμενη.

Η ουσιώδης ιδιότητα μιας κρυσταλλολυχνίας είναι ότι εάν μια τάση V_{be} εφαρμοστεί ανάμεσα στην βάση και το εκπομπό , ένα ρεύμα βάσης I_B ρέει και αυτό προκαλεί ένα πολύ μεγαλύτερο ρεύμα I_c που ρέει δεδομένου ότι ο συλλέκτης παραμένει θετικός σε σχέση με τον εκπομπό .. Χαρακτηριστικά Κρυσταλλολυχνίας δεν μπορούν να εκφραστούν με απλές αναλυτικές σχέσεις και γι αυτό είναι μια συνήθης πρακτική να θεωρούνται χαρακτηριστικές ζωγραφιστές και να σχεδιάζουμε γραφικά τους ενισχυτές.

Οι γενικές φόρμες της σχέσης ανάμεσα στο V_{be} και I_B , η χαρακτηριστική ``είσοδου``, και επίσης I_c και V_{ce} , ο ``συλλέκτης`` ή χαρακτηριστικά ``εξόδου`` δίνονται στο (b) και (c) Τα χαρακτηριστικά εισόδου είναι ίδια με μία δίοδο, το I_B το βασικό ρεύμα ρέει για θετικά V_{be} και το ρεύμα I_B αυξάνεται ταχύτατα καθώς το V_{be} αυξάνεται. Το ρεύμα συλλέκτη ελέγχεται περισσότερο από την βάση ρεύματος και αλλάζοντας την τάση του συλλέκτη δεν αλλάζει το ρεύμα περισσότερο, μέχρι το V_{ce} να μειωθεί δίπλα περίπου στα 0.1v όταν I_c αυξάνεται οξέως.

Για κανονικές κρυσταλλολυχνίες V_{be} είναι 0.2v (γερμάνιο)
Σε 0.6v (σιλικόνη), και V_{ce} είναι περίπου 20v, με I_c λίγα
Μιλιάμπέρ. Τα γενικά γραφικά χαρακτηριστικά που δίνονται
είναι για μια ``npn`` κρυσταλλολυχνία όπου λειτουργεί μαζί με V_{be} και

V_{ce} θετικό. Αντίστροφη πολικότητα ή ``pnp`` κρυσταλλολυχνίας έχουν
ίδια χαρακτηριστικά εκτός V_{be} και V_{ce} που είναι αρνητικά.
Η περιγραφή ``npn`` ή ``pnp`` αναφέρεται στην κατασκευή της
κρυσταλλολυχνίας, και πολλά κυκλώματα χρησιμοποιούν τα δύο αυτά
είδη τρανζίστορ.

1.2 Γραμμή- Φόρτισης για έναν ενισχυτή κρυσταλλολυχνίας

Όπως αναφέρθηκε στην σύνδεση στο σχήμα 1^α, εάν μια τάση βάσης
εφαρμοστεί σε μία κρυσταλλολυχνία ένα ρεύμα θα ρέει στον συλλέκτη,
αλλά φυσιολογικά απαιτείται να πετύχουμε μια τάση σήματος ως έξοδο
Και μία αντίσταση R_c παρουσιάζεται μέσα στο κύκλωμα του συλλέκτη
όπως στο σχήμα 2^α και διακυμάνσεις του ρεύματος του συλλέκτη τότες
δίνει μια αλλαγή στο V_{ce} στο να προσδώσει μια έξοδο. Για να
προβλέψουμε
το τι θα συμβεί

στο κύκλωμα συλλέκτη είναι απαραίτητο να πετύχουμε
τα συνολικά χαρακτηριστικά όταν προστίθεται η αντίσταση.

Αυτό μπορεί να γίνει θεωρώντας το κύκλωμα του σχήματος 2^α στο να χωριστεί σε δύο μέρη στο να δώσει τα υψηλότερα κομμάτια του σχήματος 2b,c. Εάν I_B τοποθετηθεί σε μια συγκεκριμένη τιμή τότε εάν V_{ce} ποικίλει ή $I_c : V_{ce}$ σχέση θα υπάρχει σε μια συγκεκριμένη γραμμή στο χαμηλότερο κομμάτι του (b). Για το ανώτερο κομμάτι του (c), η σχέση ανάμεσα στο I_c και V_{ce} είναι καθορισμένο από την αντίσταση R_c , Και θα είναι μία ευθεία γραμμή όπως δείχνεται. Εάν το κύκλωμα κλείσει τότε $I_c = I_c$ και το ``λειτουργικό σημείο `` θα είναι όπου η γραμμή αυτή, που αναπαριστάει τα χαρακτηριστικά της αντίστασης, η `` γραμμή φόρτωσης, `` διασταυρώνει τα $I_c : V_{ce}$ χαρακτηριστική για την συγκεκριμένη τιμή του I_B

Εάν I_B αλλάξει η σχέση $I_c : V_{ce}$ τώρα ανταποκρίνεται με μια διαφορετική γραμμή στο χαμηλότερο κομμάτι του (b) , αλλά η γραμμή φόρτωσης δεν αλλάζει, έτσι ώστε το λειτουργικό σημείο μετακινείται γύρω από την γραμμή φόρτωσης όπως στο (d) και η αλλαγή τάσης του συλλέκτη ΔV_{ce} , αντίστοιχη με μια αλλαγή ρεύματος στην βάση ΔI_B , μπορεί αμέσως να καθοριστεί.

Μια πολύ σημαντική παράμετρος στην κρυσταλλολογία είναι “το ρεύμα κέρδους” β , που καθορίζεται ως εξής:

$$\beta = \Delta I_c / \Delta I_B, \text{ με } V_{ce} \text{ κρατιέται σταθερά}$$

Αυτό είναι ισοδύναμο στο να εξετάσουμε τα χαρακτηριστικά στην κατακόρυφη διακεκομμένη γραμμή στο σχήμα.2b. Το ρεύμα κέρδους είναι στην τάξη των 20---250 εξαρτάται από τον τύπο της κρυσταλλολογίας και μπορεί να ποικίλη θεωρητικά ανάμεσα στις κρυσταλλολογίες του ίδιου τύπου. Το ρεύμα κέρδους μειώνεται όταν η συχνότητα λειτουργίας μια τιμή που βασίζεται στον τύπο της κρυσταλλολογίας. Το λειτουργικό εύρος είναι κανονικά μεγαλύτερο από ότι λίγα MHz και μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερη.

1.3 Έρευνα των χαρακτηριστικών για της κρυσταλλολογίες
{βλέπε I ,ΠΑΡΑΓΡΑΦΟ ΓΙΑ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΤΟΥ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ σελ. 26 Appendix 1

(a) Χαρακτηριστική Εισόδου

Για να μετρήσουμε τα χαρακτηριστικά εισόδου της εσωτερικής κρυσταλλολυχνίας βάλτε S1 στο INT και σύνδεσε την κρυσταλλολυχνία όπως στο σχήμα .3a με τον συλλέκτη συνδεδεμένος στα +7v. Ρυθμίζοντας P1 θα περάσει ένα ρεύμα διαμέσου του Rβ, και θα δώσει ένα ρεύμα στην βάση.

Το πραγματικό ρεύμα ενδιάμεσα του M1 είναι το άθροισμα της του ρεύματος βάσης I_B και επίσης το ρεύμα I_v που φαίνεται στο βολτόμετρο.

Το βολτόμετρο δέχεται $50\mu A$ fsd ,και από την κατάλληλη ένδειξη ρεύματος

μπορεί να αφαιρεθεί από M1.Σχεδιάζοντας την χαρακτηριστική εισόδου με $I_B \sim 250\mu A$ πρέπει να γίνουν την μορφή που δείχνεται.

(b) Χαρακτηριστική Συλλέκτη

Για να εξετάσουμε την χαρακτηριστική του συλλέκτη σύνδεσε όλη την κρυσταλλολυχνία όπως δείχνει στο σχήμα.3b με τον συλλέκτη να συνδέεται και να τροφοδοτείται στα 7v.

Αρχικά τοποθέτησε τον δρομέα P1 έτσι ώστε να μας δώσει μηδέν βόλτς και το I_B θα είναι μηδέν και το I_c ουσιαστικά στο μηδέν. Περιστρέφεις P1 και M1 θα δηλώνει I_B και M2 θα δηλώνει την ανταπόκριση του I_c . Το μονοπάτι λειτουργίας της κρυσταλλολυχνίας είναι τώρα πάνω σε μία κατακόρυφη γραμμή ξεκινώντας από τα +7v όπως δείχνει. Μετρώντας το I_B ανταποκρίνεται

σε $I_c = 1.5 \text{ ma}$. Τοποθέτησε το S1 στο EXT και για της κρυσταλλολυχνίες 3 ή 4 μετρήστε το ρεύμα βάσης που αντιστοιχεί με το $I_c = 1.5 \text{ ma}$. Σημείωσε ότι το ρεύμα βάσης ποικίλη θεωρητικά και αυτός είναι ο παράγοντας όπου πρέπει να θεωρηθεί στον σχεδιασμό του ενισχυτή. Τελικά ξαναβάλε την εσωτερική κρυσταλλολυχνία , ρυθμίζοντας το I_c στα 1.5 ma , και υπολογίζοντας την αλλαγή του I_c για $\pm 5 \text{ ma}$ αλλάξεις το ρεύμα βάσης. Από το αποτέλεσμα το κέρδος ρεύματος μπορεί να εκτιμηθεί ως

$$\beta = \Delta I_c / \Delta I_B$$

και πρέπει να κυμαίνεται στην τάξη των 50-----200.

Μετά συνδέεις την εσωτερική κρυσταλλολυχνία όπως δείχνει στο σχήμα 3c

όπου η τάση του συλλέκτη μπορεί να ποικίλη από P2. Τοποθέτησε P1 στα μηδέν βόλτς και το P2 στα $\pm 15\text{v}$. Τότε ρύθμισε P1 μέχρι $I_c = 1 \text{ ma}$, και μέτρα πώς ανταποκρίνεται το I_B . Τελικά μείωσε την τάση, από το P2, και σχεδίασε του $V_{ce} : I_c$ χαρακτηριστική όπου θα έχει την γενική μορφή όπως δείχνεται το σχέδιο με την τιμή I_B . επανέλαβε την σχεδίαση για $I_c 2 \text{ ma}$ 3 ma με $V_{ce} = 15\text{v}$ αναγράφοντας στα σχέδια με την I_B τιμή.

1.4 Χαρακτηριστικά Ενισχυτή

(a) Ένας απλός ενισχυτής

Ένα απλό κύκλωμα ενισχυτή για a.c σήματα δίνεται στο σχήμα 4a

Για να έχουμε της κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας είναι απαραίτητο

ένα σταθερό ρεύμα βάσης I_B για να δώσουμε ένα ρεύμα στον συλλέκτη έτσι ώστε η τάση συλλέκτη είναι περίπου στο μισό του δρόμου στην γραμμή φόρτωσης. Εάν ένα a.c σήμα εφαρμόσσει στην βάση διαμέσου του πυκνωτή αυτό θα προκαλέσει μία διακύμανση ρεύματος βάσης ΔI_B , και μία διακύμανση ρεύματος συλλέκτη $\Delta I_C = \beta \Delta I_B$, όπου Εάν το λειτουργικό σημείο είναι στο μισό του δρόμου δίπλα στην γραμμή φόρτωσης τότε η μεγαλύτερη πιθανή έξοδος “ταλάντωσης” μπορεί να επιτευθεί.

Αναγνωρίζεται γιατί το a.c(αναλογικό κύκλωμα) σήμα πρέπει να τροφοδοτείται διαμέσου του πυκνωτή και να μην συνδέεται απευθείας στην βάση. Η μέθοδος του να θέσουμε το σωστό λειτουργικό σημείο καλείτε “προδιάθεση” ,

Και είναι μια σπουδαία παράμετρος του σχεδιασμού ενός ενισχυτή.

Για το πειραματικό ενισχυτή του σχήματος 4b το ποτενσιόμετρο P1 μαζί με R_B παρέχουν τις συνθήκες φόρτισης, και ένα μικρό a.c σήμα μπορεί να εφαρμοστεί από την γεννήτρια ηλεκτρισμού διαμέσου του πυκνωτή και του εξασθενητή . Ζωγραφίστε την γραμμή φόρτωσης για τον ενισχυτή στα χαρακτηριστικά του συλλέκτη σχεδιασμένα στην sec.1.3b και σημειώνοντας την επίδραση Στο ρεύμα του συλλέκτη V_{ce} όταν περιστρέφουμε P1. Αυτή είναι η σχέση που περιμένετε? Υπολογίστε την τιμή του V_{ce} που αντιστοιχεί με $I_c = 1.5 \text{ ma}$, (η οποία θα είναι η τιμή για την οποίο β μετρήθηκε στην sec. 1.3b) και ρυθμίστε το P1 να δώσει αυτή την τιμή.

Για a.c σήματα είναι πιο βολικό στο να προβάλουμε σήμα εξόδου στην γεννήτρια ηλεκτρισμού πάνω σε μία δέσμη του παλμογράφου CRO , και το σήμα του συλλέκτη στο άλλο. Τοποθέτησε το σήμα εξόδου στην γεννήτρια ηλεκτρισμού σε περίπου 1v μέγιστο στα 1 khz και μετρώντας το σήμα

στον συλλέκτη χρησιμοποιώντας την a.c είσοδο πάνω στο CRO.Είναι αυτή η φάση σχέσης ανάμεσα στα δύο σήματα αυτή που θα μπορούσες να περιμένεις και γιατί? Είναι η αλλαγή που παρατήρησες κατά την μέτρηση του V_{ce} με ή χωρίς σήμα εισόδου αυτή που θα περιμένες και γιατί?

Τελικά λαμβάνοντας υπόψη την απώλεια στον εξασθενητή υπολογίστε το

πραγματικό κέρδος του ενισχυτή.

(b) Συνθήκες χαμηλού σήματος

Το κέρδος που μόλις μετρήθηκε είναι για το a.c σήμα το οποίο αντιπροσωπεύει μία μικρή αλλαγή στις κύριες καταστάσεις λειτουργίας d.c

.. Η αλλαγή τάσης στον συλλέκτη ΔV_{ce} , που παρατηρήθηκε Πάνω στο CRO, δίνεται από

$$\Delta V_{ce} = \Delta I_c R_c = \beta \Delta I_B R_c$$

Όπου συσχετίζει αλλαγές μόνον και είναι ανεξάρτητο από το πραγματικό λειτουργικό σημείο (i.e οι τιμές του V_{ce} , I_c , I_B)

Δεδομένου ότι το β δεν αλλάζει με το λειτουργικό σημείο.

Περισσότεροι υπολογισμοί απόδοσης των a.c ενισχυτών είναι σχετικοί με τις μικρές διακυμάνσεις γύρω από το λειτουργικό σημείο και για ευκολία οι μικρές αυτές διακυμάνσεις θεωρούνταν ως μικρά σήματα και ορίζονται ως εξείς

$$V_{ce} = \Delta V_{ce}; \quad i_c = \Delta i_c; \quad i_b = \Delta I_B$$

Η χρήση «μικρών σημάτων» είναι μια πολύ σπουδαία ιδέα, Χρησιμοποιείται σε υπολογισμούς ενισχυτών όπου ισχύουν Εφόσον τα σήματα είναι επαρκώς μικρά έτσι οι παράμετροι όπως ο β δεν αλλάζουν σπουδαία. Δεν υπάρχει καθορισμένο όριο στην εγκυρότητα και παρουσίαση μικρών σημάτων, αλλά τελικός αυξάνοντας το μέγεθος των σημάτων αυξάνεται και η απόκλιση ανάμεσα σε μετρημένα και προβλεπόμενα αποτελέσματα εάν οι παράμετροι αλλάξουν.

(c) Υπολογισμοί κέρδους του ενισχυτή

Το κέρδος του ενισχυτή μπορεί να υπολογιστεί από μετρήσεις που έγιναν με

την κρυσταλλολυχνία στο Sec.1.3. Θεωρώντας καταστάσεις μικρού σήματος

$$V_{ce} = I_c R_c = \beta i_b R_c$$

Πρέπει να πετύχουμε μία μικρή σχέση σήματος ανάμεσα στο V_{be} και i_b πριν δημιουργηθεί μια μικρή τάση εισόδου V_{be} στην βάση.

Για να υπολογίσουμε αυτό το σχέδιο η εφαπτομένη στην χαρακτηριστική εισόδου που μετρήθηκε στο sec.1.3, όπως στο σχήμα 4c στην τιμή του I_B μετρήθηκε στο να ανταποκρίνεται με το $I_C = 1,5$, ma. Από την εφαπτομένη ένας υπολογισμός του V_{be}/i_b μπορεί να φτιαχτεί το οποίο δίνει μία «μικρή αντίσταση εισόδου» r_{in} , ie.

$$I_b = V_{be}/r_{in}$$

Τότε

$$V_{ce} = i_b \beta R_L = V_{be} \beta R_L / r_{in}$$

Και το κέρδος α΄θτης της κατάστασης A δίνεται από την σχέση:

$$A = V_{ce}/V_{be} = \beta(R_c/r_{in})$$

Ορίστε το A από της μετρήσεις σας στο β και r_{in} , και συγκρίνεται με την πειραματική τιμή. Οι μετρήσεις του β και r_{in} δεν είναι ακριβής αλλά πρέπει να πετύχουμε μια προσέγγιση εντός του ± 50 . Περισσότερες ακριβής τεχνικές μετρήσεις θα αναπτυχθούν αργότερα.

Καθαρότερα στην προηγούμενη περίπτωση r_{in} ποικίλη με το I_B ακόμη και για μία απλή κρυσταλλολυχνία.

(d) Χαρακτηριστικές μεγάλου σήματος

Στο προηγούμενο πείραμα η κρυσταλλολυχνία έδωσε μόνον ένα μικρό σήμα στον συλλέκτη, αλλά εάν η είσοδος αυξάνεται υπάρχουν απόλυτα όρια στην μέγιστη δυνατή έξοδο όπως υποδεικνύεται στο Σχήμα .5. Καθώς η είσοδος αυξάνεται

θετικά το ρεύμα συλλέκτη αυξάνεται τελικά προκαλεί τάση στον συλλέκτη στο να πέσει ουσιαστικά στο μηδέν, και η κρυσταλλολυχνία λέγεται ότι είναι "κορεσμένη" ή "στο κάτω όριο." Οποιαδήποτε αύξηση στην είσοδο δεν μπορεί να αυξάνει την τάση στον συλλέκτη και έτσι η τάση παραμένει στον συλλέκτη ουσιαστικά στο μηδέν. Όταν η είσοδος αυξάνεται αρνητικά (i.e το μικρό σήμα εισόδου V_{be}) η τάση στον συλλέκτη τελικά μειώνεται στο μηδέν και η τάση στον συλλέκτη φτάνει στα $+V_{cc}$. Και η κρυσταλλολυχνία «αποκόπτεται». Το λειτουργικό σημείο οδηγείται κατά μήκος ολόκληρης της γραμμής φόρτωσης και η έξοδος είναι επίπεδη και στα δύο όρια και λέγεται να είναι «περιορισμένη» ή «ψαλιδισμένη».

Για τον ενισχυτή στο Σχήμα .4b χρησιμοποιώντας την εσωτερική κρυσταλλολυχνία τοποθετούμε το V_{ce} στα 7.5v ρυθμίζοντας το P1, και τότε αυξάνεται η είσοδος μέχρι να πετύχουμε τα όρια στον συλλέκτη. Μπορεί να πετύχουμε μία μεγαλύτερη είσοδο χρησιμοποιώντας το σημείο 0.1 στον εξασθενητή. Σημειώστε ότι η θετική εξωτερική είσοδος κυματομορφής παραμορφώνεται πριν αποκοπή και αυτό γιατί τα χαρακτηριστικά του συλλέκτη close up για μικρές τάσεις συλλέκτη. Στην παρουσίαση μικρού σήματος το β πέφτει.

Επίσης σημειώσαμε την γενική επίδραση πάνω στα χαρακτηριστικά του ενισχυτή μεταβάλλοντας το λειτουργικό σημείο από το P1. Για μεγάλες εισόδους η έξοδος του ενισχυτή είναι ουσιαστικά ένα τετραγωνικό κύμα, και μερικοί ενισχυτές για ειδικές απαιτήσεις λειτουργούν με αυτόν τον τρόπο σκόπιμα.

(e) Διακυμάνσεις του λειτουργικού σημείου ανάμεσα στις κρυσταλλολυχνίες

Για ακριβή μικρά σήματα είναι ξεκάθαρα σπουδαίο να πετύχουμε ένα λειτουργικό σημείο το οποίο να είναι κατά προσέγγιση στο κέντρο της γραμμής φόρτωσης. Παρόλι α'θτα λόγω των ιδιαίτερων διακυμάνσεων

των κρυσταλλολυχνιών αυτό μπορεί να μην το πετύχουμε με μια γενική επιλογή κρυσταλλολυχνιών, εκτός εάν ρυθμίσουμε την φόρτιση για κάθε μία που δεν είναι πρακτικό για το μεγάλο εύρος χρήσης των κρυσταλλολυχνιών.

Ρυθμίζοντας το P1 μας δίνει $V_{ce} = +7.5V$, με την εσωτερική κρυσταλλολυχνία και μία a.c έξοδο στο περίπου $+1V$. Και τότε χωρίς να μεταβάλουμε το P1, ανοίγοντας το EXT και το τοποθετώντας σε μία επιλογή κρυσταλλολυχνιών, ελέγχουμε το λειτουργικό σημείο και την απόδοση του ενισχυτή.

1.5 Σταθερότητα του λειτουργικού σημείου

(α) Γενικές αρχές

Στο απλό κύκλωμα ενισχυτή του Σχήματος.4^α το ρεύμα της dc φόρτισης I_B σταθεροποιείται από το R_B , και αυτό δίνει εκτενείς διακυμάνσεις του I_C με διαφορετικές κρυσταλλολυχνίες, και μπορεί να οδηγήσει σε μη σωστά λειτουργικά σημεία. Στο να πετύχεις το σωστό λειτουργικό σημείο πραγματικά απαιτεί ότι I_C συντηρείτε σε μία επιθυμητή τιμή και I_B επιτρέπεται να ποικίλη όπως απαιτείτε να πετύχει αυτό. Οπότε ακριβώς οι αντίθετες συνθήκες απαιτούνται από αυτές του απλού ενισχυτή.

Η αρχή μιας κοινής μεθόδου χρησιμοποιείται στο να σταθεροποίηση το λειτουργικό σημείο σε σχέση με τις διακυμάνσεις της κρυσταλλολυχνίας αυτό φαίνεται στο Σχήμα 6^α όπου η βάση εφοδιάζεται από μια μπαταρία και υπάρχει μια αντίσταση στο κύκλωμα του εκπομπού. Η ακόλουθη

Σχέση μπορεί να γραφτεί

$$V_{\beta} = V_{\beta E} + I_e R_e = V_{\beta e} + R_e(I_{\beta} + I_c) \\ \sim V_{be} + R_e I_c, \text{ (πρίν } I_{\beta} \ll I_c)$$

Εάν R_e επιλεγθεί έτσι ώστε V_e είναι θεωρητικά μεγαλύτερο από ότι το $V_{\beta e}$ ($V_e \sim 5\text{-----}10 V_{\beta e}$ λέει), τότε μια μικρή αλλαγή στο V_e θα δώσει μια σχετικά μεγάλη αλλαγή στο $V_{\beta e}$ και ούτως I_{β} . Οπότε αφού

$$V_e \sim R_e I_c$$

Μια μικρή αλλαγή στο I_c οδηγεί σε μια σχετικά μεγάλη αλλαγή στο I_{β} . Ούτως μια ευρέως διακύμανση του I_{β} μπορεί να συμβεί με μια μικρή αλλαγή στο I_c το οποίο ουσιαστικά η γενική κατάσταση που απαιτείται. Ποιοτικός την λειτουργία του κυκλώματος μπορούμε να την καταλάβουμε στο να εκτιμήσουμε την γενική σχέση όπως I_c αυξάνει V_{be} και I_{β} πρέπει να πέσει, και αντιστρόφως και ούτως ένα ισορροπημένο σημείο ισορροπίας πάντα θα φτάνεται για οποιαδήποτε κρυσταλλολυχνία.

Στο κύκλωμα του σχήματος 6^α κανένα σήμα δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην βάση της κρυσταλλολυχνίας διαμέσου του πυκνωτή επειδή η μπαταρία αντιπροσωπεύει ουσιαστικά ένα βραχύ κύκλωμα οπού αφορά το a.c. αφού έχει μια πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση. Εάν μια αντίσταση R_b μπει όπως στο (b), θα μπορούσε να εφαρμοστεί ένα σήμα εισόδου. Η παρουσία της αντίστασης θα προκαλούσε μια ελαφρώς μεγαλύτερη διακύμανση του I_c ανάμεσα στις κρυσταλλολυχνίες γιατί η σχέση στο κύκλωμα τώρα γίνεται

$$V_{\beta} = I_{\beta} R_{\beta} + V_{\beta e} + V_e (\sim I_c R_e)$$

και V_e πρέπει να αλλάξει κάπως περισσότερο για να επιτρέψει για την διακύμανση της πτώσης $I_{\beta} R_{\beta}$ στην R_{β} . Τελικά η μπαταρία και R_b θα μπορούσε να αντικατασταθεί από τις αντιστάσεις που δίνονται στο ©. Θεωρείστε το ισοδύναμο κύκλωμα Thevenik για R_1 και R_2 για απόδειξη αυτού.

Η προηγούμενη ανάλυση αφορούσε την μέση τιμή d.c του I_c , αλλά για την κρυσταλλολυχνία για σωστή ενίσχυση κυρίως είναι απαραίτητο να προσπεράσουμε το R_e με μια μεγάλη τιμή πυκνωτή η οποία έχει μια χαμηλή ηλεκτρική αντίσταση σε σύγκριση με το R_e για το a.c σήματα σε όλες της συχνότητες και στην οποία ενισχυτής πρέπει να δώσει πλήρη κέρδος. Η γενική συμφωνία του

© είναι μια βασική μέθοδος σταθεροποίησης του d.c λειτουργικού σημείου των κρυσταλλολυχνιών.

(b) Λεπτομέρειες Κατασκευής

Η σωστή πρακτική είναι να φτιάξουμε $V_{cc}/4 < V_e < V_{cc}/3$, αυτό μειώνει την συνολική τάση στα άκρα της κρυσταλλολυχνίας και την μέγιστη σωστή έξοδο εύκαιρη, αλλά το πλεονέκτημα σταθεροποίησης του λειτουργικού σημείου συνήθως ισορροπεί την μείωση σε max σήμα εξόδου.

Στο σχέδιο το R1 και το R2 συνήθως επιλέγονται έτσι ώστε $I_1 \sim 10 I_B$ έτσι ώστε η διακύμανση του I_B για διαφορετικές κρυσταλλολυχνίες είναι μικρή σε σχέση με το I_1 . Αυτό σημαίνει ότι η τάση του V_B δεν ποικίλη ιδιαίτερα με της κρυσταλλολυχνίες και V_e και ούτως I_c είναι περίπου σταθερή.

Καθορίζοντας βολικές τιμές (από τα $\pm 10\%$ προτεινόμενη σειρά) για R1, R2, R_c, R_e, για το ακόλουθο στάδιο προσδιορισμού:

$$V_{cc} = + 15v, \quad V_e = 4v, \quad I_c = 1.5 \text{ mA}, \quad I_1 \sim 0.5 \text{ mA}$$

R_c πρέπει να επιλεγθεί για να επιτρέψει την μέγιστη ταλάντωση να επιτευχθεί. Χρησιμοποιώντας την εσωτερική κρυσταλλολυχνία συγκρίνοντας το πραγματικό λειτουργικό σημείο με αυτό που προσδιορίστηκε από την θεωρία θα μπορούσε η αντοχή της αντίστασης να είναι ο λόγος για οποιαδήποτε σημαντική ασυμφωνία. Τότε με C_e = 250/500 μf μετρώντας το κέρδος στα 1 KHz αυτό ήταν που θα μπορούσες να περιμένεις συγκρίνοντας του με την τιμή το οποίο έχει επιτευχθεί στη παράγρα. 1,4a. Εξετάζουμε το a.c (εναλλασσόμενο ρεύμα) σήμα στον εκπομπό και αφαιρούμε το C_e και παρατηρώντας την επίδραση πάνω στα a.c (εναλλασσόμενο ρεύμα) σήματα μέσα στον ενισχυτή και το d.c (συνεχές ρεύμα) λειτουργικό σημείο. Μειώνοντας το C_e στα 25/50 μF και σημειώνουμε **ότι μια καλή παράκαμψη είναι απαραίτητη για πλήρη κέρδος**. Τελικά υποκαθιστούμε αρκετές κρυσταλλολυχνίες και ελέγχουμε την διακύμανση του λειτουργικού σημείου συγκρίνοντας το με το Sec.1.4e.

1.6 Ισοδύναμο κύκλωμα για στάδιο ενίσχυσης

Στην προηγούμενη παράγραφο χρησιμοποιήθηκε μια αντίσταση εισόδου r_{in} όπου είναι μια παράμετρος που χρησιμοποιείται μόνο

σε μικρές καταστάσεις σήματος. Αυτή η αρχή μπορεί να επεκταθεί με την εισαγωγή πρόσθετων παραμέτρων στην ανάπτυξη ενός <<ισοδύναμου κυκλώματος>> στο στάδιο το οποίο αντιπροσωπεύει την συμπεριφορά σε ένα μικρό a.c(εναλλασσόμενο ρεύμα)σήματος και δεν ενδιαφέρεται για το d.c(συνεχές ρεύμα)ή καταστάσεις λειτουργικού σημείου του κυκλώματος.

(a) Χαρακτηριστική Εξόδου

Οι περισσότεροι ενισχυτές απαιτείται να προσδώσουν ένα σήμα εξόδου σε μια αντίσταση φορτίου RLη οποία είναι φυσικά απομονωμένη από την μέση d.c(συνεχές ρεύμα)τάσης στον συλλέκτη με έναν πυκνωτή όπως φαίνεται στο σχήμα 7.a. Μπορεί να είναι απαραίτητο να αποφύγουμε μια d.c(συνεχές ρεύμα)σύνδεση της RL γιατί αυτό θα μπορούσε να ανατρέψει της καταστάσεις του λειτουργικού σημείου

Εναλλακτικά η RL μπορεί να είναι μέρος της εισόδου ενός υπό ακολουθουμένου σταδίου και ένα d.c σήμα μπορούσε να ανατρέψει της καταστάσεις λειτουργίας αυτού του σταδίου.

Μια σπουδαία παράμετρος σε έναν ενισχυτή είναι ο τρόπος με τον οποίο η τάση εξόδου VL ποικίλη με αλλαγή στην RL. Για να εξετάσουμε αυτό χρησιμοποιούμε την εσωτερική κρυσταλλολυχνία στο κύκλωμα του σχήματος 6c,που σχεδιάστηκε στην SEC. 1.5b και προμηθεύει μια είσοδο από την ηλεκτρική γεννήτρια για να δώσει μια έξοδο των 5v p.t.p

στα 1KHZ στην απουσία οποιασδήποτε αντίστασης RL. Μετά σύνδεσε την RL (χρησιμοποίησε το δεκαδικό κουτί) διαμέσου ενός ηλεκτρολυτικού c και σχεδιάστε το V2 σε σχέση με το RL έτσι ώστε να πετύχεις την γενική διαμόρφωση του σχήματος 7b.

Η ίδια μορφή της σχέσης όπως στην (b) θα μπορούσε να επιτευχθεί ανάμεσα στην VL και RL εάν το a.c(εναλλασσόμενο ρεύμα) σήμα στον συλλέκτη θεωρήθηκε στο να προμηθεύεται από μια ιδανική ηλεκτρική γεννήτρια με μια αντίσταση σειράς όπως στην (c), αφού στον

$$RL = 0, V2 = 0, \text{ και όταν } RL \rightarrow \infty, V2 \rightarrow V_O.$$

Η τιμή της r_o θα μπορούσε να μετρηθεί καθορίζοντας την τιμή της RL η οποία μειώνει την VL στην $V_O/2$ αφού τότε $RL = r_o$. Επίσης είναι μόνο απαραίτητο να ανιχνεύσουμε το διάγραμμα έτσι ώστε να καθορίσουμε την τιμή της r_o . Το κύκλωμα του © δίνει μια μικρού σήματος αντιπροσώπησης της εξόδου.

(b) Αντίσταση εισόδου

Η αντίσταση μικρού σήματος εισόδου r_{π} έχει ήδη υπολογιστεί στο λειτουργικό σημείο στην παράγραφ 1.4c θεωρώντας την εφαπτομένη στην σχεδίαση των χαρακτηριστικών βάσης. Εντούτοις μια εύκολη και τέλεια μέτρηση μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μια ίδια τεχνική που μόλις χρησιμοποιήσουμε για να μετρήσουμε την r_o . Εάν η αντίσταση R_s εισαχθεί στην σειρά με την είσοδο του ενισχυτή όπως στο σχήμα 8a και η έξοδος v_o σχεδιαστεί σε σχέση με τη R_s η γενική μορφή του (b) θα επιτευχθεί αφού

$$V_{be} = r_{\pi}/R_s + v_{in}, \quad V_o = A_v v_{be}$$

Όπου $r_{in} = r_{\pi} \parallel R_1 \parallel R_2$ και όταν V_o πέφτει στο μισό, $R_s = r_{in}$

Για να μετρήσουμε r_{in} για τον ενισχυτή του σχήματος 6c ρυθμίζουμε την V_o να είναι 5v p.t.p στα 1KHZ και μετά φτιάχνουμε ένα σχέδιο όπως στο(b) συστήνοντας το κουτί με τα δεκαδικά ανάμεσα στον εξασθενητή εξόδου και την είσοδο του πυκνωτή και καθορίζουμε την r_{in} . Ανοίγουμε τον διακόπτη στο EXT και μετράμε την r_{in} για διάφορες κρυσταλλολυχνίες και σημειώνουμε την διακύμανση. Δεν είναι απαραίτητο να φτιάξουμε

ένα τελειωμένο σχέδιο αλλά μόλις να ρυθμίσουμε την R_s μέχρι η V_o πέσει στο μισό.

(c) Ισοδύναμο κύκλωμα για ολοκληρωμένο στάδιο

Από της προηγούμενες μετρήσεις 3 παράμετροι υπολογίστηκαν, r_{in} , r_o , A , όπου A είναι το στάδιο κέρδους με $R_s = 0$ και $R_L = \infty$. Το ολοκληρωμένο στάδιο του σχήματος 9a,

μπορούσε να παρασταθεί από το κύκλωμα του (b). Υπάρχει μια διαφορά φάσης 180° στον ενισχυτή, η τάση της ηλεκτρικής γεννήτριας $V_o = A v_{be}$ είναι στην κατεύθυνση που δείχνεται, δηλ. να δίνει μια τάση εξόδου αντίθετου σημείου. Αυτό το ισοδύναμο κύκλωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να υπολοιστεί η απόδοση του σταδίου **κάτω από οποιεσδήποτε καταστάσεις εξωτερικού κυκλώματος.** Θυμηθείτε ότι αυτό το ισοδύναμο κύκλωμα δεν υπολογίζει τις καταστάσεις d.c(συνεχούς ρεύμα)σε αυτό το στάδιο.

Το παρών ισοδύναμο κύκλωμα είναι για όλο το στάδιο, i.e η κρυσταλλολυχνία από μόνη της μαζί με σχετικές αντιστάσεις, και ένα ελαφρώς διαφορετικό κύκλωμα μπορούσε να επιταχθεί εάν θεωρηθεί η μόνη κυρίως κρυσταλλολυχνία, Στην παρούσα περίπτωση η αντίσταση εισόδου r_{in} , αποτελείται από τον παράλληλο συνδυασμό των R_1 , R_2 και $r_{π}$ την αντίσταση μικρού σήματος στην είσοδο της κρυσταλλολυχνίας. Η αντίσταση εξόδου $r_o \sim R_c$ αφού η κρυσταλλολυχνία είναι περίπου μια σταθερή πηγή ρεύματος που έχει μια μεγάλη αντίσταση. Γενικά ισοδύναμα κυκλώματα γίνεται πιο περίπλοκο στο να επιτρέψει σε επιπρόσθετες επιδράσεις σε αυτό το στάδιο όπως

στην παράσταση της κρυσταλλολυχνίας σε υψηλές συχνότητες. Ιδιαίτερος στην παρούσα αναπαράσταση C_e θεωρείται ως ένα βραχύ-κύκλωμα, αλλά για πολύ μικρές συχνότητες μπορεί να θεωρηθεί ότι επηρεάζει.

(d) Επίδραση της αντίστασης εισόδου στην ανταπόκριση συχνότητας και κέρδους

Το γενικό στάδιο ανάπτυξης λειτουργίας από ένα σήμα με πηγή αντίσταση πηγής R_s φορτίζοντας μια αντίσταση R_L δίνεται στο σχήμα 10a με το ισοδύναμο κύκλωμα στην (b). Εάν υποτίθεται η συχνότητα λειτουργίας είναι τέτοια, ώστε η χωρητική αντίσταση όλων των πυκνωτών είναι αμελητέα τότε το συνολικό κέρδος μπορεί να υπολογιστεί από τις σχέσεις

$$V_{be} = r_{in}/R_s + r_{in}(V_{in}), V_2 = R_L/r_0 + R_L(V_o), V_o = (-)A_{vbe}$$

* Δές Μέρος II (d), σελίδα 24. όπου δίνει την σχέση
 $V_2/V_{in} = r_{in}/R_s + r_{in}(-)A(R_L/r_0 + R_L)$

Και εάν r_{in} ποικίλη μεταξύ των κρυσταλλολυχνιών, τότε το συνολικό κέρδος ποικίλη λόγω της αλλαγής του r_{in}
 Για χαμηλές συχνότητες για της οποίες η ηλεκτρική αντίσταση του C_1 και C_2 δεν είναι ασήμαντη οι σχέσεις γίνονται ως εξής

$$V_{be} = \omega C_1 r_{in} \sqrt{[(R_s + r_{in}) \omega C_1]^2 + 1} V_{in} ; V_2 = \sqrt{\omega C_2 R_L / [(R_L + r_0) \omega C_2]^2 + 1} V_o$$

Τα χαρακτηριστικά ανταπόκρισης συχνότητας εξαρτώνται από την r_{in}
 Για να ελέγχουμε αυτά τα αποτελέσματα χρησιμοποιούμε 0.1μf για C_1 , και την εσωτερική κρυσταλλολυχνία με τις τιμές του κυκλώματος παράγρα. 1.5b,

Με την εξάλειψη της R_L , μετράμε την V_o/V_{in} για μια τάξη συχνοτήτων ούτως ώστε $0.1 < \omega C_1 r_{in} < 10$, και συγκρίνεται τα αποτελέσματα Με αυτά που περιμένατε. Τότε αντικαταστήστε το C_1 με έναν ηλεκτρολυτικό και χρησιμοποίησε την $C_2 = 0.022 \mu f$ και $R_L = r_0$, και ξανά ελέγξτε

ότι η απόκριση συχνότητας για V_2/V_{in} είναι αυτός που θα περιμένατε. Από τα αποτελέσματα που πήρατε μπορεί να παρατηρηθεί ότι η επίδραση των διακυμάνσεων του β είναι να μεταβληθεί το κέρδος ενός σταδίου εάν υπάρχει μια σημαντική αντίσταση R_s , και επίσης να μετατρέψουμε τη χαρακτηριστική χαμηλής συχνότητας. Θα ήταν επιθυμητό εάν μαζί αυτά τα δύο αποτελέσματα μπορούσαν να μειωθούν και αυτό μπορεί να επιταχθεί εισάγοντας μια μικρή ηλεκτρική αντίσταση στον εκπομπό του κυκλώματος.

1.7 Επίδραση παράκαμψης της ηλεκτρικής αντίστασης στον εκπομπό

Σχήμα 11α δείχνει τα ρεύματα μικρού σήματος σε μια κρυσταλλολυχνία όπου το μέσο εκπομπής είναι υποθετικά γειωμένο και λεπτομέρειες φόρτισης του κυκλώματος δεν έχουν συμπεριληφθεί. Εάν τώρα μια αντίσταση R_f συνδεθεί στον εκπομπό όπως στην (b), η σχέση μικρού σήματος τάσης θα είναι

$$V_{in} = V_{be} + V_e, \quad V_e = R_f i_c (1 + 1/\beta)$$

Σχήμα 11

έτσι ώστε μια μεγάλη τιμή εισόδου V_{in} πρέπει τώρα να εφαρμοστεί έτσι ώστε να πετύχουμε το ίδιο ρεύμα συλλέκτη, i.e το κέρδος έχει πέσει. Εντούτοις το κύκλωμα έχει πλεονεκτήματα που εξουδετερώνουν την απώλεια του κέρδους.

Υποτίθεται ότι η R_f είναι θεωρητικά μεγαλύτερη από ότι η V_{be} , (λέμε $v_e \sim 10 v_{be}$) τότε

$$V_{be} = V_{in} - V_e$$

Και εάν V_{in} παραμένει σταθερή, μια μικρή αλλαγή στην V_e , που αντιστοιχεί με μια μικρή αλλαγή στο i_c , δίνει μια πιο μεγάλη αλλαγή στην V_{be} . Αυτό μπορεί να εκτιμηθεί αναφέροντας στην ©, και εάν η αναλογία i_c/V_{be} διαφέρει για έναν αριθμό κρυσταλλολυχνιών τότε στο κύκλωμα μια μικρή αλλαγή στο i_c μπορεί να αντισταθμισθεί για μια μεγάλη αλλαγή στο V_{be} . Στη θεώρηση μικρών σημάτων η λειτουργία του κυκλώματος είναι ανάλογη στην αρχή της σταθεροποίησης του λειτουργικού σημείου που αναφέρονταν στο παράγρ. 1.5

Διότι

$$I_b = V_{in} - V_e / r_{\pi} \text{ και } i_c = \beta i_b$$

$$\text{Επίσης } V_e = (i_c + i_b)R_f = i_c(1 + \beta)R_f$$

την τελική σχέση μπορούμε να πάρουμε

$$i_c / V_{in} = \beta / r_{\pi} + (1 + \beta)R_f \sim 1 / R_f \text{ εάν } (1 + \beta)R_f \gg r_{\pi}$$

το κέρδος του σταδίου δίνεται από την σχέση

$$V_o / V_{in} = \beta R_c / r_{\pi} + (1 + \beta)R_f \sim R_c / R_f, \text{ εάν } (1 + \beta)R_f \gg r_{\pi}$$

Έτσι ώστε το κέρδος να μπορεί να ελεγχθεί από την αναλογία των αντιστάσεων R_c / R_f , και είναι ανεξάρτητο από την κρυσταλλολυχνία.

Η εισαγωγή της R_f έχει ένα άλλο πλεονέκτημα όπου αυξάνεται η αντίσταση εισόδου της κρυσταλλολυχνίας.

Για μικρά σήματα

$$V_{in} = V_{be} + V_e = i_b r_{\pi} + i_b (1 + \beta)R_f$$

Ούτως

$$V_{in} / i_b = (r_{\pi} + (1 + \beta)R_f) = r_f$$

Όπου r_f είναι η προφανής αντίσταση εισόδου με ανάδραση. Ποιοτικός αυτή η επίδραση συμβαίνει επειδή το πλήρες σήμα εισόδου V_{in} δεν εμφανίζεται στα άκρα της r_{π} , αλλά μόνο η διαφορά ανάμεσα στην V_{in} και την V_e δηλ.,

$$I_b = V_{in} - V_e / r_{\pi}$$

Έτσι το ρεύμα ελαττώθηκε.

Αυτά τα αποτελέσματα οδηγούν στο γενικό στάδιο του σχήματος 12a

Αντιπροσωπεύοντας από ένα ισοδύναμο κύκλωμα όπως στο (b) με

$$A = \beta R_c / r_{\pi} + (1 + \beta)R_f; \text{ rin} = (r_{\pi} + (1 + \beta)R_f) \parallel R_1 \parallel R_2$$

R_f είναι στην σειρά με το C_e , και R_e ελέγχουν της καταστάσεις του d.c. (συνεχές ρεύμα). Στις συχνότητες λειτουργίας $\omega_{ce} \ll R_f$ και επίσης $R_f \ll R_e$, έτσι ώστε το κέρδος του a.c. (εναλλασσόμενο ρεύμα) ελέγχεται από την R_f .

Σχήμα 12

Η αντίσταση R_f έχει εισαχθεί ως «αρνητική ανάδραση»

η οποία δίνει απώλεια κέρδους, αλλά επίσης δύο σπουδαία πλεονεκτήματα.

(I) η διακύμανση στο κέρδος λόγω του των κρυσταλλολυχνιών μειώνεται.

(II) Η αντίσταση εισόδου είναι αρκετά αυξανόμενη παρόλο που ακόμα αλλάζει σε σχέση με το β .

που φυσιολογικά αντισταθμίζει τη μείωση του κέρδους.

Πειραματική Έρευνα

Κέρδος

Στο να πετύχουμε σημαντικά πλεονεκτήματα λόγω της αρνητικής ανάδρασης απαιτείται το στάδιο του κέρδους να είναι μειωμένο κατά 5 ή περισσότερο. Φανταστείτε να εισάγουμε αρνητική ανάδραση στον ενισχυτή που αναπτύχθηκε στην παραγ. 1.5b, για να μειώσουμε το κέρδος στο(ας πούμε) 25. Η τιμή της R_f μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση.

Υπολογισμός της R_f

$$V_o/V_{in} = \beta R_c / r_{\pi} + (1+\beta)R_f = 25$$

$$\beta = (32.4)$$

$$r_{\pi} = 704.3 \Omega$$

$$R_f = \beta R_c - 25 r_{\pi} / 25(1+\beta) (<0) ?!$$

Την τιμή της r_{π} μπορούμε να την πετύχουμε από την r_{in} μετρώντας την στην παραγ. 1.6b, επιτρέποντας την για την επίδραση των παράλληλων αντιστάσεων R_1 και R_2 . Η τιμή της β κάτω από συγκεκριμένες καταστάσεις λειτουργίας μπορούμε να το πετύχουμε από το στάδιο κέρδους όταν $R_f = 0$, όπου

$$V_o/V_{in} = \beta R_c / r_{\pi} \quad \beta \text{ είναι μετρημένο για τρανζίστορ}$$

$$30 < \beta < 1050$$

και καθώς R_c και r_{π} είναι γνωστές, β μπορεί να οριστεί. Τότε υπολογίζοντας την τιμή της R_f και εισάγοντας την κοντινότερη $\pm 10\%$ τιμή.

Μετρώντας το πραγματικό κέρδος στα 1 KHZ χρησιμοποιώντας την εσωτερική κρυσταλλολυχνία, και συγκρίνουμε με την προλεγόμενη τιμή του 25. Επίσης συγκρίνουμε το πλάτος της εισόδου της κρυσταλλολυχνίας V_{in} και V_e , είναι η διαφορά που θα περιμένατε (V_{be}). Επίσης ελέγξτε την τιμή της αντίστασης εξόδου, όπου ουσιαστικά δεν θα έχει αλλαχτεί εφαρμόζοντας ένα εξωτερικό φορτίο. Τελικά έλεγξε το κέρδος σε μια επιλογή από κρυσταλλολυχνίες.

Αντίσταση Εισόδου

Για να ερευνήσουμε την επίδραση της αύξησης στην αντίσταση εισόδου υπολογίζουμε την r_{in} για την εσωτερική κρυσταλλολυχνία χρησιμοποιώντας τις τιμές της r_{π} , β , R_1 , R_2 από το κύκλωμα, και ελέγχουμε το πειραματικό αποτέλεσμα καθορίζοντας την R_s τιμή που απαιτείται για να πέσει στο μισό η έξοδος στα 1 KHZ. Τότε μετράμε την r_{in} για μια επιλογή από κρυσταλλολυχνίες έτσι θα υπάρχει λιγότερη διακύμανση από αυτή που πήραμε στη παράγραφο 1.6b.

Ελάττωση της παραμόρφωσης

Αρνητική ανάδραση λόγω της R_f έχει ένα άλλο πλεονέκτημα αφού αντισταθμίζει τις διακυμάνσεις του β και ούτως τείνει να μειώσει την παραμόρφωση στο στάδιο που συμβαίνει για μεγάλες εξόδους πριν ένας πραγματικός περιορισμός λάβει χώρα. Για να ελέγξουμε αυτό βραχυκυκλώστε την R_f και ρυθμίζουμε το στάδιο εξόδου στα 1KHZ έτσι ώστε η παραμόρφωση είναι πρόδηλη στο +ve αλλά δεν συμβαίνει ψαλίδισμα. Τότε εισάγω την R_f και αυξάνω την είσοδο να πετύχει το ίδιο σήμα εξόδου και σημειώνω την ελάττωση της παραμόρφωσης.

1.8 Ενισχυτές πολλών βαθμίδων

Ως εδώ όλες οι έρευνες ασχολήθηκαν με ένα απλό στάδιο ενίσχυσης, αλλά για να πετύχουμε μεγαλύτερο κέρδος, ανεξάρτητα στάδια συνδέονται όπως στο σχήμα 13a στο σχήμα 13a παριστάνοντας δύο στάδια ενισχυτή τα οποία έχουν το ισοδύναμο κύκλωμα του σχήματος. Υποθέτοντας ότι η

Συχνότητα λειτουργίας είναι ούτως ώστε η ηλεκτρική αντίδραση όλων των πυκνωτών είναι ασήμαντη συγκρίνοντας την με της αντιστάσεις, το συνολικό κέρδος μπορεί να υπολογιστεί πολλαπλασιάζοντας τα αποτελέσματα για ατομικά στάδια στο να μας δώσει την εξής σχέση:
$$V_2/V_s = r_{in}(1)/R_s + r_{in}(1)A_1 r_{in}(2)/r_o(1) + r_{in}(2)A_2 R_L/r_o(2) + R_L$$

Για να ελέγξουμε συναρμολόγησε ένα δεύτερο στάδιο στο δεξί κομμάτι του οδοντωτού πίνακα με το στάδιο ανάδρασης με το ονομαστικό κέρδος των 25 που χρησιμοποιήθηκε στη παράγραφο 1.7.

Υπολογίζουμε το συνολικό κέρδος για $R_s = 0$ και $R_L = \infty$. Και για τα δύο στάδια χρησιμοποιούνται οι ίδιες r_{in} και r_o τιμές. Τότε χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε συνδυασμό των κρυσταλλολυχνιών συγκρίνουμε τα πραγματικά και προβλεπόμενα κέρδη.. Το συνολικό κέρδος θα μπορούσε να αυξηθεί μειώνοντας την R_f σε κάθε στάδιο, αλλά αυτό θα είχε αποτέλεσμα σε μεγαλύτερες διακυμάνσεις κέρδους με της κρυσταλλολυχνίες. Το τελικό σχέδιο θα είναι ένας συμβιβασμός και αυτό εξαρτάται από το εάν κέρδος ή μείωση παραμόρφωσης θεωρούνται πιο σπουδαία.

Μέρος 2: Επιπρόσθετα χαρακτηριστικά κρυσταλλολυχνιών

Αυτό το τμήμα καλύπτει επιπρόσθετα χαρακτηριστικά κρυσταλλολυχνιών τα οποία δεν ζητούνται στην ανάλυση που χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο μέρος αλλά θα πρέπει να θεωρηθούν σε πιο γενικό σχεδιασμό κυκλωμάτων κρυσταλλολυχνιών. Τα χαρακτηριστικά είναι, **κατανάλωση ισχύος, ρεύμα διαρροής, και πιο ακριβές ισοδύναμο κύκλωμα**

(a) Κατανάλωση ισχύος

Εάν υπάρχει μια τάση V_{ce} και ένα ρεύμα I_c διαμέσου μιας κρυσταλλολυχνίας όπως στο σχήμα 2.1a υπάρχει μια κατανάλωση ισχύος $V_{ce} \cdot I_c$ σε βάρ

Σχήμα 2.1

στην κρυσταλλολυχνία η οποία ανεβάζει την θερμοκρασία. Εάν η θερμοκρασία γίνεται υπερβολική (στο περίπου 100°C για το γερμάνιο, 200°C για την σιλικόνη), οι ενώσεις στις οποίες η λειτουργία της κρυσταλλολυχνίας εξαρτάται καταστρέφεται και η κρυσταλλολυχνία χαλάει. Υπάρχει μια συγκεκριμένη μέγιστη ασφάλεια κατανάλωσης για όλες της κρυσταλλολυχνίες που ποικίλουν από περίπου 250Mw για κρυσταλλολυχνίες που χρησιμοποιήθηκαν στο παρών πείραμα έως 100 W και μεγαλύτερη για «κρυσταλλολυχνίες ισχύος» που απαιτούν ιδιαίτερες και δροσερές διατάξεις.

Ένας γεωμετρικός τόπος κατανάλωσης, που αντιστοιχεί στο προϊόν $V_{ce} I_c = P_{max}$

Όπου P_{max} είναι το συγκεκριμένο όριο κατανάλωσης, μπορεί να σχεδιαστεί πάνω στον άξονα $V_{ce} - I_c$, όπως στο (b) και εάν οι καταστάσεις λειτουργίας περάσουν εντός της σκιασμένης περιοχής η κατανάλωση ισχύος είναι υπερβολική. Το όριο κατανάλωσης μπορεί να ξεπεραστεί

στιγμιαία, αλλά η τιμή κατά μέσο όρο πρέπει να είναι εντός του ιδιαίτερου ορίου που αναφέρεται. Με μια ωμική φόρτωση η γραμμή φόρτωσης μπορεί να σχεδιαστεί για (1) η κατανάλωση δεν θα ξεπεραστεί ενώ για (2) η κατανάλωση θα ήταν υπερβολική για κάποιες καταστάσεις. Για την κρυσταλλολυχνία που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα $P_{max} \sim 300\text{mw}$, σχεδιάστε πάνω στον άξονα $V_{ce} - I_c$ τον τόπο κατανάλωσης, και μετά σχεδιάστε την γραμμή φόρτωσης για πολύ απλό ενισχυτή του σχήματος 4b, και συγκρίνετε την μέγιστη πιθανή κατανάλωση με το P_{max} .

(b) Ρεύμα διαρροής

Σε όλες της αναλύσεις μέχρι τώρα η κρυσταλλολυχνία θεωρήθηκε ως ιδανική στο ότι το I_c απευθείας ελεγχόταν από το I_β , και όταν το $I_\beta = 0$, $I_c = 0$. Αυτό δεν είναι σωστό αφού υπάρχει ένα εσωτερικό «ρεύμα διαρροής», το οποίο ρέει από τον συλλέκτη στην βάση όπως στο σχήμα 2.2a. Η τιμή αυτής της ροής όταν το εκπομπό είναι ένα ανοικτό-κύκλωμα αναφέρεται ως $I_{c\beta 0}$.

(a)

(b)

(c)

Σχήμα 2.2

Το ρεύμα διαρροής δεν εξαρτάται από την τάση συλλέκτη δεδομένης ότι ο συλλέκτης είναι θετικός, αλλά αυξάνει εκθετικά με την θερμοκρασία. Σε θερμοκρασία δωματίου $I_{c\beta 0}$ ποικίλει σε

λιγότερο από 1μα για κρυσταλλολυχνίες σιλικόνης στα λίγα μΑ για κρυσταλλολυχνίες γερμανίου.

Οι σχέσεις εξωτερικού ρεύματος

$$I_e = I_c + I_b$$

Όπως στο σχήμα 2.2b είναι ανεπηρέαστες από το ρεύμα διαρροής, αλλά επιτρέποντας για το ρεύμα διαρροής το εσωτερικό ρεύμα μέσα στην κρυσταλλολυχνία είναι όπως δίνεται στο ©. Το ρεύμα του εκπομπού το λαμβάνουμε από την βάση του συλλέκτη με σχετικές τιμές οι οποίες καθορίζονται από μια παράμετρο α, όπου πλησιάζει κοντινά αλλά είναι η μικρότερη από την μονάδα. Από το © μπορεί να γραφτούν

$$I_b = (1 - \alpha)I_e - I_{cbo}, I_c = \alpha I_e + I_{cbo}$$

Και απομακρύνοντας το I_e δίνει

$$I_c = \alpha / (1 - \alpha) I_b + I_{cbo} / (1 - \alpha)$$

Όσον αφορά αλλαγές στις τιμές

$$\Delta I_c = \alpha / (1 - \alpha) \Delta I_b \text{ ή}$$

$$i_c = \alpha / (1 - \alpha) i_b = \beta i_b$$

Και $\alpha / (1 - \alpha)$ είναι το φυσιολογικό κέρδος μικρού σήματος-----β. Εάν η θερμοκρασία της κρυσταλλολυχνίας αυξηθεί λόγω της κατανάλωσης ισχύος η αντίστοιχη αύξηση στο I_{cbo} και επομένως του I_c μπορεί περεταίρω να αυξήσει την κατανάλωση και η κατάσταση «θερμικής αντίστασης» μπορεί να συμβεί με καταστροφικά αποτελέσματα!!

© Πειραματική έρευνα

Για να μετρήσουμε το ρεύμα διαρροής τοποθετούμε την εξωτερική κρυσταλλολυχνία όπως στο σχήμα 2.3a, και με τον εκπομπού ανοικτό κυκλώμα η μέτρηση θα διαβάσει το I_{cbo} απευθείας.

Σχήμα 2.3

Φτιάξε ένα διάγραμμα κατανάλωσης όπως στο σχήμα 2.1b για

$P_{max} = 300 \text{ mw}$, και σχεδίασε την γραμμή φόρτωσης που αντιστοιχεί

Με $R_c = 150 \Omega$. Τότε σύνδεσε την κρυσταλλολυχνία όπως στο (b) με P1 Τοποθετημένο στο μηδέν. Προσπάθησε να ρυθμίσεις το I_c στα περίπου 25 mA περιστρέφοντας την P1: Παρατήρησε τι ακριβώς συμβαίνει λόγω της γρήγορης αύξησης του ρεύματος διαρροής. Μην κλείσετε, η κρυσταλλολυχνία ίσως να επιβιώσει! Μετά από περίπου ένα λεπτό να αισθανθείς την θερμοκρασία στην κορυφή της κρυσταλλολυχνίας. Αποσύνδεσε την σύνδεση του εκπομπού στα 0V και μέτρα το ρεύμα ροής το οποίο θεωρητικά θα έχει αυξηθεί. Καθώς η κρυσταλλολυχνία κρυνώνει το I_{cbo} θα πέσει στην αρχική τιμή.

Το κύκλωμα έχει διέλθει μία «θερμικής αντίστασης» όπου οδηγείται σε ολοκληρωμένο χάσιμο ελέγχου επί της κρυσταλλολυχνίας και εντός εάν το I_c και η κατανάλωση έχουν περιοριστεί από την R_c , η κρυσταλλολυχνία θα μπορούσε να είχε καταστραφεί.

(d) Πιο ακριβές ισοδύναμο κύκλωμα

Εώς ότου καταστάσεις μικρού σήματος εξετάζονται η κρυσταλλολυχνία από μόνη της έχει θεωρηθεί έχοντας μια αντίσταση εισόδου r_{in} , και τροφοδοτούνται ένα ρεύμα συλλέκτη $i_c = \beta i_b$,

Όπου i_c ελέγχεται εξολοκλήρου από το i_b και αντιστοιχεί στο κύκλωμα του ανώτερου μέρους στο σχήμα 2.4^α με μια τέλεια γεννήτρια ρεύματος δίνοντας οριζόντια χαρακτηριστικά συλλέκτη όπως στο χαμηλότερο διάγραμμα. Σε αυτή την περίπτωση το I_c είναι ανεξάρτητο από την V_{ce} δηλ.,

$$\Delta I_c / \Delta V_{ce} = 0$$

Σε μια πραγματική κρυσταλλολυχνία το ρεύμα συλλέκτη ποικίλη ελαφρώς με την V_{ce} όπως το εξετάσαμε στη παράγραφο 1.3 αντιστοιχίζοντας με το κάτω διάγραμμα του σχήματος 2.4b μπορεί μια κλίση να αντιπροσωπευτεί από μια αντίσταση r_c παράλληλα με την ιδανική γεννήτρια ρεύματος, και

$$\Delta I_c / \Delta V_{ce} \sim 0 \text{ αλλά όχι } (=0) \Delta V_{ce} / \Delta I_c = r_c$$

$$\Delta V_{ce} / \Delta I_c \text{ πολύ ψηλά}$$

Η πραγματική τιμή της r_c μπορεί να είναι $5K\Omega$ ---- $50K\Omega$ το οποίο εξαρτωμένη από τον τύπο της κρυσταλλολυχνίας. Υπολογίστε την r_c για $I_c = 1.5 \text{ mA}$, από της μετρήσεις που πήραμε στη παράγραφο. 1.3.

Η παράσταση του (b) είναι ένα απλό ισοδύναμο κύκλωμα για μια κρυσταλλολυχνία.

Πειραματική πλακέτα

Η d.c(συνεχές ρεύμα)γραμμή εφοδιασμού στην πειραματική πλακέτα όφειλε να συνδεθεί στο πακέτο ισχύος όπως φαίνεται παρακάτω. Υπάρχει ένας διακόπτης εφοδιασμού στα + 15v στα αριστερά του πίνακα, και εφοδιασμός των - 15v δεν χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα. Όλοι οι μαύροι διακόπτες και τα αντίστοιχα clips συνδέθηκαν στα 0v(ή στον «κοινό»). Το σύστημα ισχύος δίνει μια dc παροχή όσο είναι συνδεδεμένο στην παροχή a.c.

Ως αρχικό πείραμα ότι + 15 v ,+ 7 v(ονομαστικά) μπορούμε να το πετύχουμε ανάμεσα στα κοινά και την κατάλληλη κόκκινη πρίζα στο κέντρο της κορυφής των πινάκων και επίσης ότι 0/15 v μπορούμε να πετύχουμε από P1 στα αριστερά του πίνακα. Τα κοινά του CRO και της γεννήτρια ηλεκτρισμού όφειλε να συνδεθεί στην κοινή γραμμή του πίνακα.

Υπάρχουν δύο σέτ συνδετήρων για τρανζίστορ στο κέντρο και στα δεξιά του πίνακα. Οι INT/EXT διακόπτες συνδέουν μια εσωτερική κρυσταλλολυχνία όταν τοποθετούνται στο INT. Όταν τοποθετηθούν στο EXT, κάθε κρυσταλλολυχνία που συνδέεται στα clips έχει συνδεθεί κύκλωμα .Οπότε σύγκρισης της λειτουργίας του κυκλώματος με την εσωτερική κρυσταλλολυχνία και με οποιαδήποτε άλλη μπορεί να το πετύχουμε εύκολα.

Υπάρχει ένα εξασθενητής στα αριστερά του πίνακα που παρέχει δοκιμαστικά σήματα σχετικού πλάτους 0,1, 0.01 από το σήμα της γεννήτριας σήματος. Το ελεύθερο ποτενσιόμετρο P2 (10 K ω) μπορεί συνδεθεί προς το κύκλωμα για μερικά πειράματα. Η πρίζα και διευθέτηση των clips επιτρέπουν σε όλα τα πειράματα στο φύλλο θεωρείται να συνδέονται εύκολα και να τοποθετηθούν ανάλογα . Οι συνδετήρες που συνδέονται στην γραμμή των + 15 ω έχουν 150 Ω στην σειρά για να περιορίσο το ρεύμα για να μην συμβεί τυχαία βραχύ-κυκλώματα.

