



MODUL 6 PROYEK DESAIN RANGKAIAN PENGUAT

(Tugas 1: Perhitungan Tangan)

Bobbi Winema Yogafama (13214071)

Reza Montazery Permana (13214070)

EL2205-Praktikum Elektronika I

Laboratorium Dasar Teknik Elektro - Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB



1. TUJUAN

Pada tahap ini akan ditentukan arsitektur rangkaian yang akan digunakan oleh praktikan dalam pelaksanaan tugas besar kali ini.

2. DELIVERABLE

Dokumen Laporan Hasil perhitungan tangan

3. LANGKAH

Spesifikasi tugas besar dan spesifikasi transistor

Spek ketentuan yang harus dipenuhi adalah nilai gain sebesar 34 dB, dengan R_{in} sebesar 300 Ω , dan R_{out} sebesar 75 Ω . Spesifikasi transistor dibaca dari kurva I_d vs V_{gs} dan I_d vs V_{ds}

Menentukan alternative arsitektur

Arsitektur yang cocok untuk konfigurasi ini adalah CS cascade dengan CD (untuk dapat memperoleh R_{out} "75 Ω " dengan lebih mudah), dan CS cascade dengan CS (untuk dapat memperoleh penguatan 34 dB dengan lebih mudah).

Melakukan perhitungan kasar

Untuk konfigurasi CS-CD, nilai R_{in} dapat langsung diperoleh dengan mengatur resistor bias tegangan R_g dan R_{g2} . Penguatan dapat diatur dengan cara dikuatkan pada konfigurasi CS kemudian dilemahkan pada konfigurasi CD. Sementara itu R_{out} pada CD adalah sebesar 1/gm, karena nilai ini belum mencapai 75 Ω , maka akan ditambahkan resistor lagi untuk menyesuaikan nilainya.

Untuk konfigurasi CS-CS, R_{in} diatur dengan cara yang sama dengan konfigurasi sebelumnya, untuk penguatan akan disesuaikan sehingga $A_{v1} \times A_{v2}$ mencapai 34dB. Untuk konfigurasi ini, R_o langsung diambil pada terminal output. R_o perlu sedikit modifikasi sehingga output tidak terdisorsi oleh V_{dd}

Membandingkan arsitektur pada kedekatan spesifikasi dan biaya

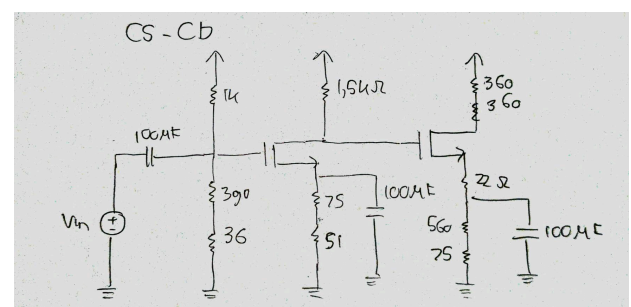
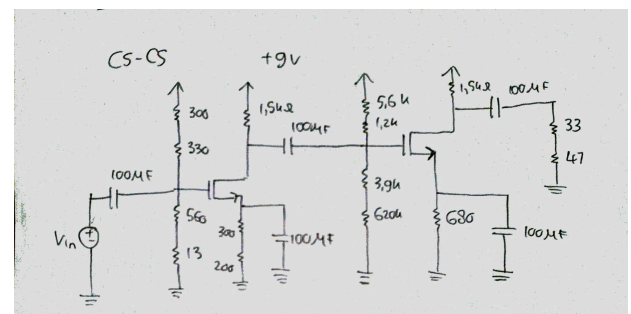
Dari kedekatan spesifikasi, R_{in} yang terhitung untuk kedua arsitektur sudah memenuhi

spesifikasi, sementara itu untuk R_{out} dan A_v konfigurasi CS-CS lebih unggul dibandingkan CS-CD. Dari kedekatan biaya, arsitektur CS-CD lebih menguntungkan biaya karena menggunakan lebih sedikit komponen dibandingkan dengan arsitektur CS-CD. Selain itu arsitektur CS-CS juga lebih rumit rangkaiannya sehingga implementasi pada PCB akan lebih mahal.

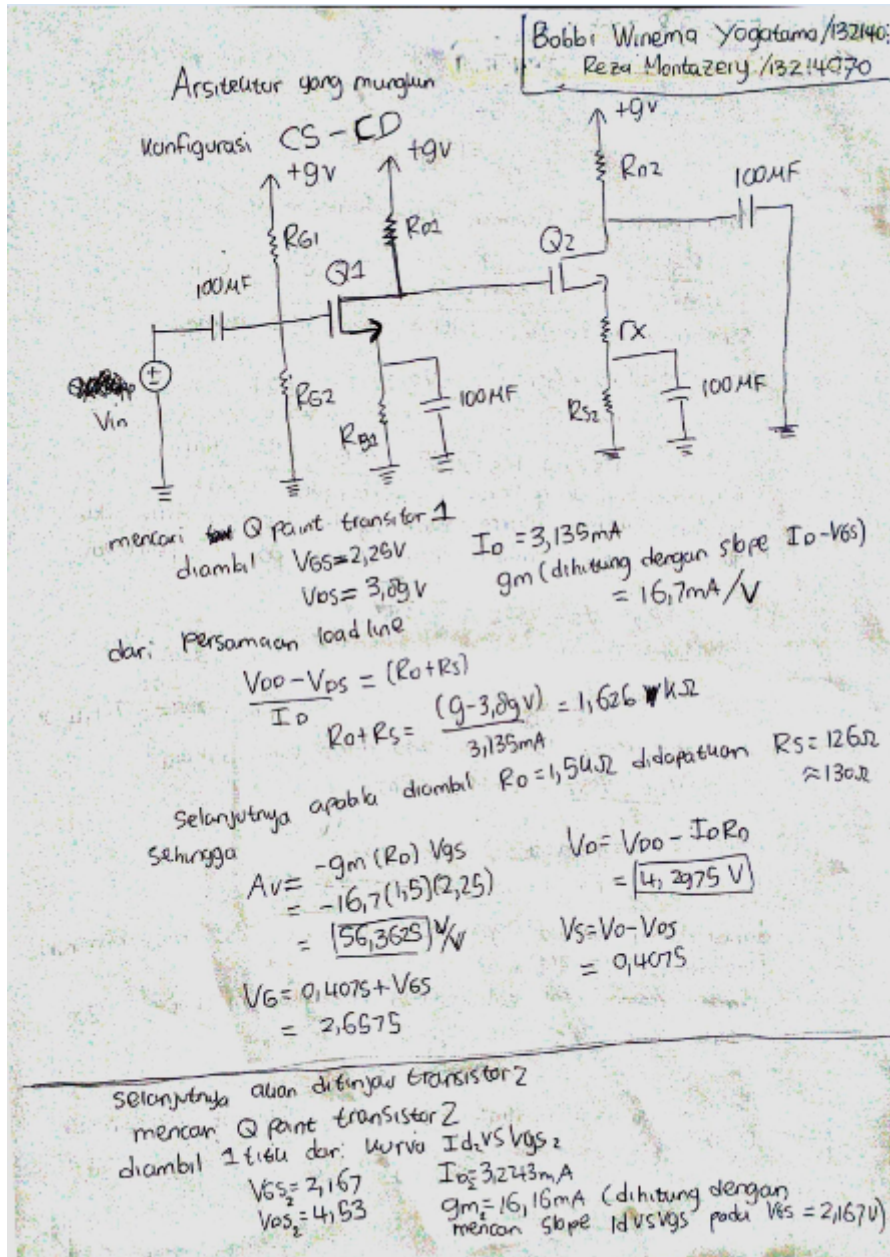
Menentukan dan menetapkan arsitektur terpilih

Akhirnya untuk sementara diputuskan untuk menggunakan konfigurasi CS-CS karena konfigurasi ini dianggap lebih mudah dibandingkan konfigurasi CS-CD. Meskipun harga yang jatuh kemungkinan akan lebih mahal, tetapi setelah dihitung kedua konfigurasi hanya akan berbeda 1 sampai 2 resistor sehingga tidak akan terlalu berpengaruh. Perlu digaris bawahi bahwa arsitektur yang dipilih dapat berubah dari CS-CS menjadi CS-CD apabila pada proses pembuatan tugas besar praktikan menemukan suatu kendala besar pada pelaksanaannya.

4. HASIL



5. LAMPIRAN



$$1/g_{m2} = 61,88 \Omega$$

Agar penguatan akhir 50x maka

$$A_v \text{ haruslah } \frac{50}{56,3625} = \boxed{0,887}$$

Maka resistor di Common Drain harus memenuhi

$$A_v = \frac{R_s}{r_x + R_s + \frac{1}{g_{m2}}} \rightarrow \frac{R_s}{r_x + R_s + 61,88} = 0,887 \quad (1)$$

Sementara itu resistansi output harus 75 Ω sehingga

$$\frac{R_s(r_x + 61,88)}{R_s + r_x + 61,88} = 75 \Omega \quad (2)$$

$$R_s r_x + R_s 61,88 = 75 R_s + 75 r_x + 4641$$

Informasi lain yang harus diperhitungkan adalah V_o dari Common Source adalah V_g dari common drain, dan apabila kita ingin common drain bekerja pada Q penerapannya maka

$$V_{s2} = V_G - V_{os2} = 2,13 \text{ V}$$

Sementara itu

$$V_{o2} = V_{s2} + V_{os2} = 6,66 \text{ V}$$

$$\text{Sehingga } R_{o2} = \frac{V_{DD} - V_{o2}}{I_{o2}}$$

$$R_{o2} = \frac{7,75 - 6,66}{0,0107} = 721,4 \Omega$$

dari persamaan load line kita mengetahui bahwa

$$\frac{V_{DD} - V_{os2}}{I_{o2}} = r_x + R_{s2} + R_{o2}$$

Sehingga

$$r_x + R_{s2} = \frac{635,53 \Omega}{\cancel{0,0107}} \quad (3)$$

dapat dilihat bahwa agar valid, nilai r_x & R_{s2} harus memenuhi persamaan (1), (2), & (3).

dan selanjutnya misalkan nilai $r_x = 22 \Omega$

$$\text{maka nilai } R_{s2} = 635,25 - 22 = \cancel{613,25} \quad 635,53 \Omega$$

Selanjutnya cek apakah R_{s2} & r_x memenuhi persamaan (1) & (2)

Cari persamaan (1)

$$\frac{R_{S2}}{r_x + R_{S2} + \frac{1}{g_{m2}}} = \frac{635,53}{22 + 61,88 + 635,53} = \boxed{0,8834V/V}$$

$$R_o = \frac{R_{S2}(r_x + 61,88)}{R_{S2} + r_x + 61,88} = 75,2$$

$$= \frac{635,53(22 + 61,88)}{635,53 + 83,88} = \boxed{74,1\Omega}$$

Karena A_v dan R_o yang diperoleh sudah mendekati target maka nilai r_x & R_{S2} ini akan diambil

langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah mencari nilai R_{G1} & R_{G2} sehingga V_g yang diperoleh dapat mendukung Q point dari transistor 1 dan R_{in} mencapai 300 Ω

$$V_{S1} = V_{D1} - V_{DS1}$$

$$= 0,4075V$$

$$V_{G1} = V_{S1} + V_{DS1}$$

$$= 2,6675V$$

$$\frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 300\Omega$$

$$\frac{R_{G2}R_{G1}}{R_{G1} + R_{G2}} = 300\Omega$$

$$\frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} (g) = 2,6675$$

$$R_{G1} \left(\frac{2,6675}{g} \right) = 300$$

$$R_{G1} = 1,016k\Omega$$

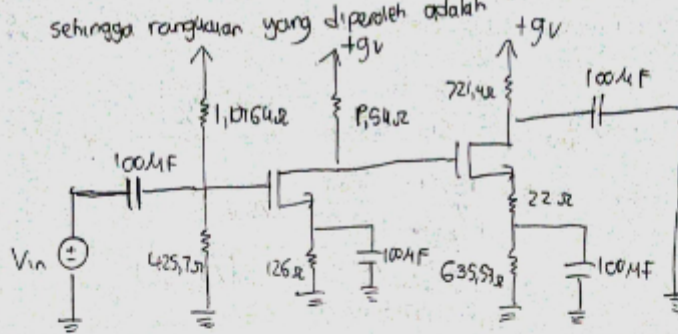
$$\frac{R_{G2}}{1,016k + R_{G2}} = \frac{2,6675}{g}$$

$$R_{G2} = 300 + \frac{2,6675}{g} R_{G2}$$

$$R_{G2}(0,705) = 300$$

$$R_{G2} = 425,7\Omega$$

sehingga rangkaian yang diperoleh adalah



Kemungkinan arsitektur kedua

Pertama tama akan dicari Q point transistor 1 & transistor 2 dari kedua kurva akan diambil

Transistor 1

$$\begin{cases} V_{ds} = 4,21 \text{ V} \\ V_{gs} = 2,088 \text{ V} \\ g_m = 12,44 \text{ mA/V} \text{ (diambil dari slope kurva } I_d \text{ vs } V_{gs} \text{ saat } V_{gs} = 2,088 \text{ V)} \\ I_d = 2,2 \text{ mA} \end{cases}$$

Selanjutnya akan mencari Q point transistor 2 akan dicari sebagai berikut

Transistor 2

$$\begin{cases} V_{ds} = 4,53 \text{ V} \\ V_{gs} = 2,167 \text{ V} \\ I_d = 2,167 \text{ mA} \end{cases} \quad g_m = 12,9 \text{ mA/V} \text{ (diambil dari slope kurva } I_d \text{ vs } V_{gs} \text{ saat } V_{gs} = 2,167 \text{ V)}$$

pada transistor dicari V_{gs} dengan g_m yang cukup rendah agar penguatan tidak melebihi spesifikasi

Pertama tama tinjau transistor 2
kita mengetahui bahwa penguatan oleh transistor ini adalah

$$A_v = g_{m2} V_{gs2} (R'_{b2} \parallel R'_{d2})$$

$$= 13 \cdot 2,167 \cdot (0,075)$$

$$= 2,113 \text{ V/V}$$

Karena penguatan akhir harus 50V maka penguatan oleh transistor pertama haruslah sekitar $25,085 \text{ V/V}$
Jika ingin menguatkan sebesar $25,085 \text{ V/V}$ maka kita akan memerlukan total resistansi di drain sebesar

$$A_v = g_{m2} V_{gs2} R_{total}$$

$$25,085 = 12,44 \times 2,088 \times R_{d1}$$

$$R_{d1} = 0,9657 \text{ k}\Omega$$

Perhatikan bahwa $R_{total} = (R_d \parallel R_{G1} \parallel R_{G2})$
dari load line kedua transistor kita juga dapat mengetahui bahwa

1) $V_{DD} - V_{DS1} = R_{d1} + R_{s1}$

$$\frac{I_{D1}}{R_{d1} + R_{s1}} = 2,06276 \text{ k}\Omega \quad \bullet \bullet [1]$$

~~$R_{s1} = 1,09706 \text{ k}\Omega$~~

2) $\frac{V_{DD} - V_{DS2}}{I_{D2}} = R'_{d2} + R_{s2}$

$$R'_{d2} + R_{s2} = 2,1773 \text{ k}\Omega$$

selanjutnya agar swing output tidak terlalu dekat dengan V_{DD} akan diambil $R'_{d2} = 1,5 \text{ k}\Omega$ sehingga $R_{s2} = 0,6773 \text{ k}\Omega$

Terakhir kita akan mencari nilai R'_{b2} sehingga

$$R'_{d1} \parallel R'_{d2} = R_{o \text{ yang diinginkan}} = 75 \Omega$$

maka diambil $R'_{d2} = 80 \Omega$ karena $80 \Omega \parallel 1,9 \text{ k}\Omega \approx 75 \Omega$

Hal terakhir yang perlu kita lakukan adalah mencari $R_{G1}, R_{G2}, R'_{G1}, R'_{G2}, \& R_{D1}$

$V_S = I_{D1} \times R_{S1}$
 $= 2,2V$
 $V_G = V_{GS1} + V_S$
 $= \frac{4,288}{9}$
 tetapi karena $R_{in} = 300\Omega$ maka $R_{G1} // R_{G2}$ haruslah 300Ω

Artinya
 $\frac{R_{G1} R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} = 300$
 $R_{G1} \left(\frac{4,288}{9} \right) = 300$
 $R_{G1} = 630\Omega$
 $\frac{R_{G2}}{630 + R_{G2}} = \frac{4,288}{9}$
 $R_{G2} = 573\Omega$

Selanjutnya kita tinjau R'_{G1} , R'_{G2} & R_{D1}
 dari perhitungan sebelumnya kita memperoleh $R_{D1} = 0,9675k\Omega$
 Dari persamaan (1) $R_{D1} + R_{S1} = 2,06276k\Omega$, agar V_{GS1} sesuai output
 tidak terlalu dekat dengan V_{GS} maka diambil $R_{D1} = 1,5k\Omega$ & $R_{S1} = 0,5k\Omega$
 Sementara itu $R'_{G1} // R'_{G2} // R_{D1} = 0,9675k\Omega$

dan jika kita tinjau transistor 2
 $V_{S2} = I_{D2} R_{S2}$
 $= 1,4677V$
 $V_G = V_S + V_{GS}$
 $= 3,6347V$
 agar $V_G = 3,6347$ perbandingan $\frac{R'_{G2}}{R'_{G1} + R'_{G2}} = \frac{3,6347}{9} \dots (3)$

akhirnya kita mendapatkan 2 persamaan
 Persamaan 2: $1,5k \left(\frac{R'_{G1} R'_{G2}}{R'_{G1} + R'_{G2}} \right) = 0,9697$
 $1,5k + \frac{R'_{G1} R'_{G2}}{R'_{G1} + R'_{G2}}$

Persamaan 3: $\frac{R'_{G2}}{R'_{G1} + R'_{G2}} = 0,4V$

$\frac{1,5k (R'_{G2} 0,4)}{1,5k + R'_{G2} 0,4} = 0,9697k$
 $R'_{G1} = 6,7794k\Omega$

$\frac{R'_{G2}}{6,7794k + R'_{G2}} = 0,4$
 $R'_{G2} = 2710 + 0,4 R'_{G2}$
 $R'_{G2} = 14,5167k\Omega$

Akhirnya seluruh parameter berhasil ditemukan...

