



## 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  $\Omega$ , dan  $R_{out}$  sebesar 75  $\Omega$ . 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 $\Omega$ " 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 $\Omega$ , 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*

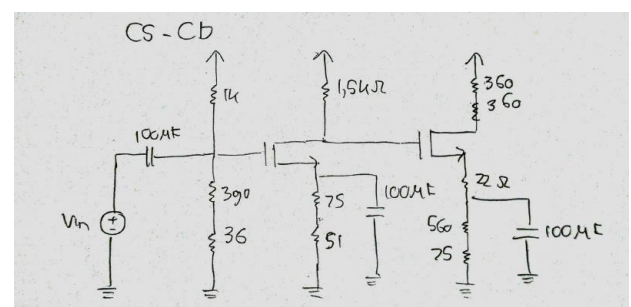
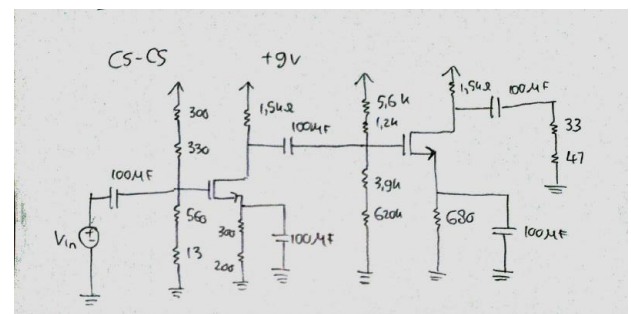
Dari kedekatan spesifikasi,  $R_{in}$  yang terhitung untuk kedua arsitektur sudah memenuhi

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.

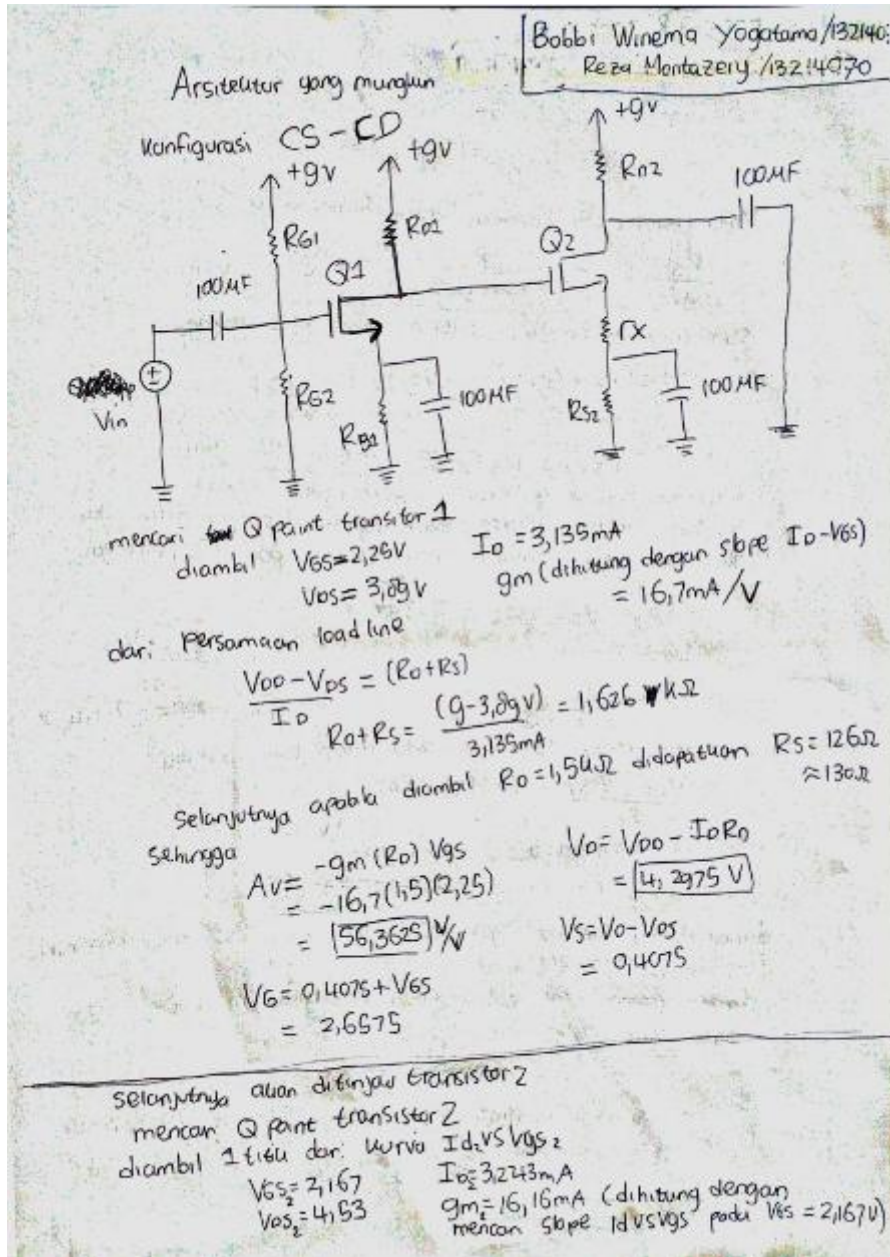
*Menentukan dan menetapkan arsitektur terpilih*

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

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

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  $\Omega$  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 penguatan maka

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

Sementara itu

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

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

$$R_{o2} = 721,4 \Omega$$

dari persamaan load line kita mengetahui bahwa

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

Sehingga

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

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

dan selanjutnya misalkan nilai  $r_x = 22 \Omega$

$$\text{maka nilai } R_s = 635,25 - 22 = 613,25 \Omega$$

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  $\Omega$

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

$$= 0,4075V$$

$$V_{G1} = V_{S1} + V_{GS1}$$

$$= 2,6675V$$

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

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

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

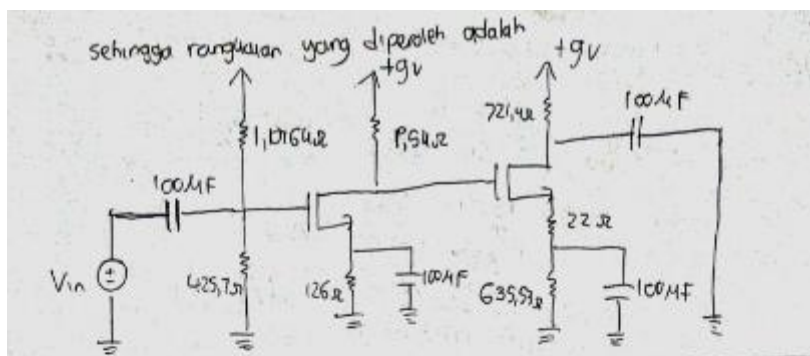
$$R_{G1} = 1,016k\Omega$$

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

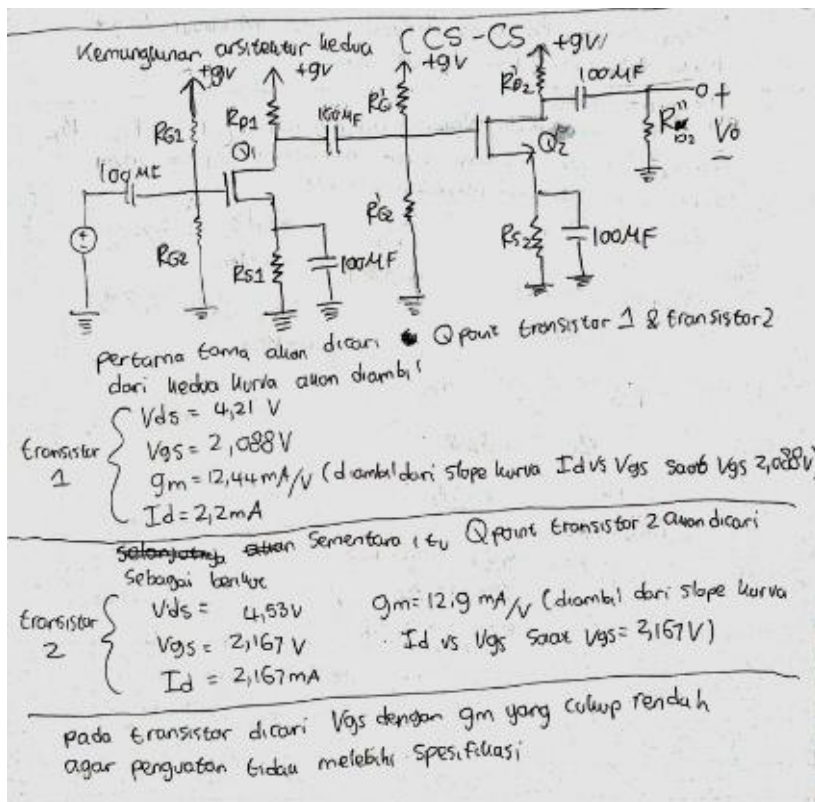
$$R_{G2} = 300 + \frac{2,6675}{g} R_{G2}$$

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

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







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

$$A_v = g_{m2} V_{GS2} (R'_{D2} \parallel R_{L2})$$

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

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

Karena penguatan akhir harus 50V maka penguatan oleh transistor pertama haruslah sekitar 25,085 V/V

Jika ingin menguatkan sebesar 25,085 V/V maka kita akan memerlukan total resistansi di drain sebesar

$$A_v = g_{m1} V_{GS1} R_{total}$$

$$25,085 = 12,44 \times 2,088 \times R_{D1}$$

$$R_{D1} = 0,9657 \text{ k}\Omega$$

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

1)  $V_{DD} - V_{DS1} = R_{D1} + R_{S1}$

$$\frac{I_{D1}}{R_{D1} + R_{S1}} = 2,06276 \text{ k}\Omega \quad \bullet \bullet [1]$$

2)  $V_{DD} - V_{DS2} = R'_{D2} + R_{S2}$

$$\frac{I_{D2}}{R'_{D2} + R_{S2}} = 2,1773 \text{ k}\Omega$$

selanjutnya agar swing output tidak terlalu dekat dengan  $V_{DD}$  akan diambil  $R'_{D2} = 1,5 \text{ k}\Omega$  sehingga  $R_{S2} = 0,6734$

Terakhir kita akan mencari nilai  $R'_{D2}$  sehingga

$$R'_{D1} \parallel R'_{D2} = R_{yang diinginkan} = 75 \Omega$$

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  $300\Omega$

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

Selanjutnya kita tinjau  $R'_{G1}$ ,  $R'_{G2}$  &  $R_{D1}$   
 dari perhitungan sebelumnya kita memperoleh  $R_{D1} = 0,96575k\Omega$   
 Dari persamaan (1)  $R_{D1} + R_{S1} = 2,06276k\Omega$ , agar  $V_{GS1}$  output  
 tidak terlalu dekat dengan  $V_{DS}$  maka diambil  $R_{D1} = \boxed{1,94k\Omega}$  &  $R_{S1} = \boxed{0,94k\Omega}$   
 Sementara itu  $R'_{G1} // R'_{G2} // R_{D1} = 0,96574k\Omega$

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:  $1,5k \left( \frac{R'_{G1} R'_{G2}}{R'_{G1} + R'_{G2}} \right) = 0,9657$   
 $\frac{1,5k + \frac{R'_{G1} R'_{G2}}{R'_{G1} + R'_{G2}}}{R'_{G1} + R'_{G2}} = 0,9657$

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

$\frac{1,94 (R'_{G2} 0,4)}{1,94 + R'_{G2} 0,4} = 0,9657k$   
 $R'_{G2} = \boxed{6,7754k\Omega}$

$\frac{R'_{G2}}{6,7754k + R'_{G2}} = 0,4$   
 $R'_{G2} = 2710 + 0,4 R'_{G2}$   
 $R'_{G2} = \boxed{4,5167k\Omega}$

Akhirnya seluruh parameter berhasil ditemukan...

