

ET 6

TRANSISTORFÖRSTÄRKARE OCH FÄLTEFFEKTTRANSISTORN

MÅLSÄTTNING.

Laborationen syftar till att du skall förstå hur bipolära transistorförstärkarsteg fungerar samt hur dessa kan temperaturstabiliseras. Laborationen behandlar även fälteffekttransistorers karaktäristik och förstärkningskopplingar.

FÖRBEREDELSE.

Du skall noga ha läst igenom både häftet "Nödvändig teori för laboration ET5 och ET6" samt hela lab-PM:et och förstått hur en fälteffekttransistor fungerar. Du skall ha gjort hemuppgifterna innan laborationen.

Namn Kurs

Utförd den Handledare

Godkänd den av

OBS. Hemuppgifterna skall vara utförda innan laborationen för att du skall få delta vid laborationen.

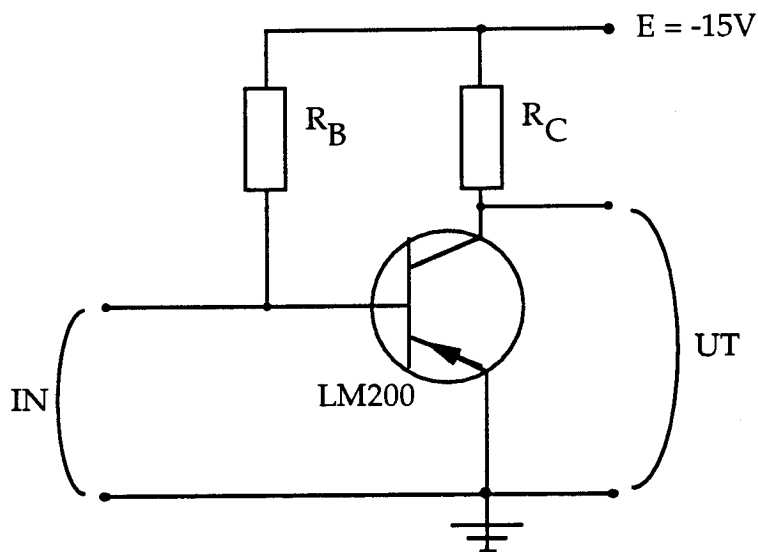
1. Vad kallas elektroderna på en FET?
2. Vad betyder förkortningen JFET resp. MOSFET?
3. Rita symbolerna för en n-kanals och en p-kanals JFET, och motsvarande för MOSFET.
4. Vad menas med att xy-skrivaren men ej oscilloskopet kan kopplas jordfritt?
5. Vad menas med ingångsimpedansen hos ett transistorförstärkarsteg?
6. Beskriv hur man kan mäta ingångsimpedansen hos ett steg.
7. Beskriv hur man kan mäta utgångsimpedansen hos ett steg.

Transistorförstärkare

Uppgift 1. Icke temperaturstabiliserade förstärkare.

För att värma upp transistorn finns en anordning av aluminium i vilken transistorn har placerats. Uppvärmningen sker med hjälp av ett inbyggt 120 ohms motstånd, som vid en spänning på 30 V ger en effektutveckling av ca 7,5 W. Temperaturen hos transistorn antas vara densamma som hos uppvärmningsanordningen. Temperaturen mäts med hjälp av en termometer (0-50°C) och regleras med inspänningen.

För kretsen i Figur 6 skall vid rumstemperatur basströmmen väljas till $I_B \approx 30\mu\text{A}$ och kollektorspänningen $U_{CE} \approx 7\text{V}$ i arbetspunkten. Beräkna genom överslagsberäkningar fram resistansvärdena på R_B och R_C och välj sedan vid uppkopplingen närmaste jämna resistansvärde (det ger enklare numeriska beräkningar nedan). Mät därefter U_{CE} och justera eventuellt R_B .



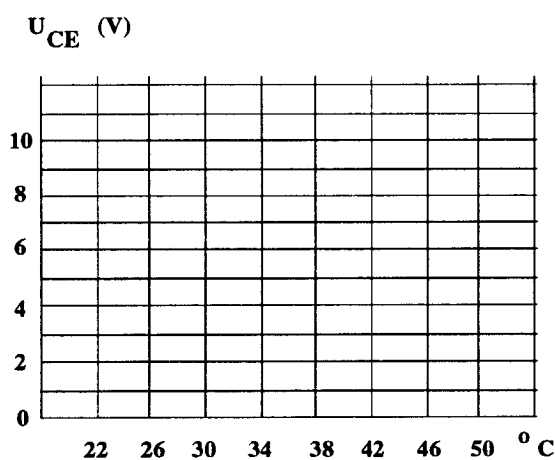
Figur 1. Icke temperaturstabiliserad förstärkare.

Resultat:

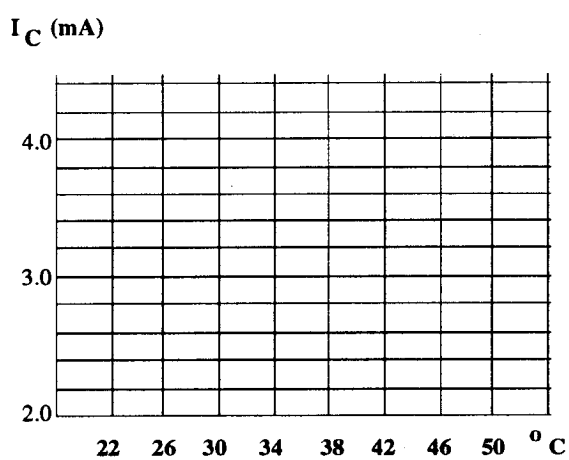
Koppla in ytterligare en voltmeter för mätning av basspänningen U_{BE} .

Anslut uppvärmningsanordningen till 30V (DC) och mät upp basspänningen U_{BE} och kollektorspänningen U_{CE} som funktion av transistorns omgivningstemperatur. Räkna sedan fram värden på kollektorströmmen I_C . Inför värdena i tabellen nedan och plotta resultatet i figur 2 och figur 3.

Temperatur r (°C)	U_{BE} (mV)	U_{CE} (V)	U_{Rc} (V)	I_C (mA)
22				
30				
40				
50				



Figur 2.



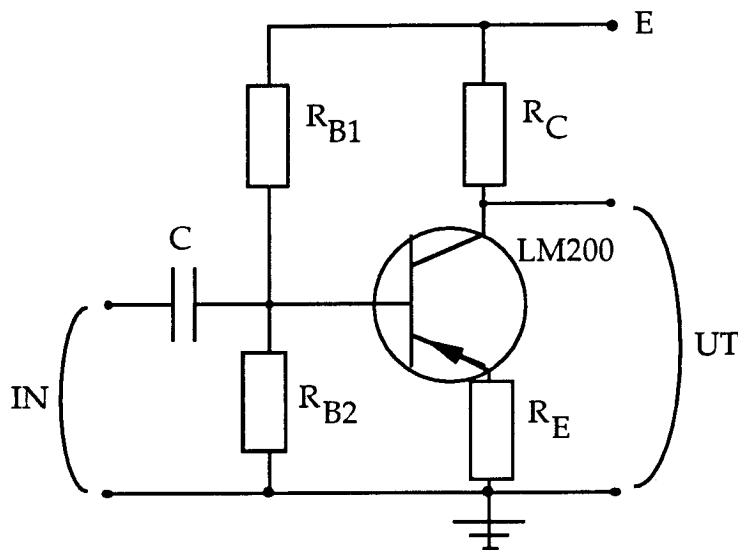
Figur 3.

Beräkna den genomsnittliga temperaturförändringen för basspänningen U_{BE} , kollektorspänningen U_{CE} och kollektorströmmen I_C . Ange om storheterna sjunker eller stiger i värde.

Resultat:

Uppgift 2. Temperaturstabiliserad förstärkare.

Kopplingsschemat i Figur 4 visar den vanligaste formen av vilopunktsstabilisering i transistorsteg, nämligen med ström-seriemotkoppling (R_E)



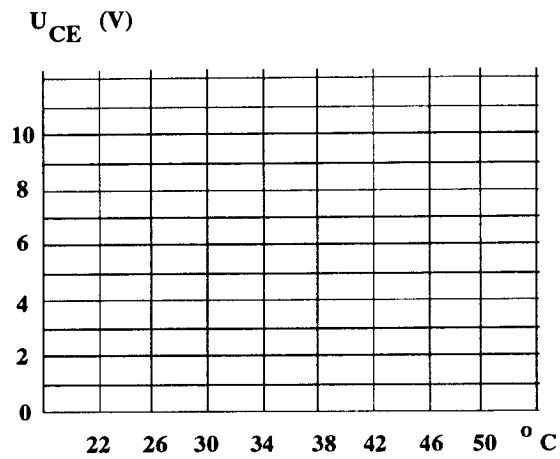
Figur 4. Temperaturstabiliserad förstärkare. $E = -15V$, $R_C = 1k\Omega$, $R_E = 470\Omega$, $C = 10\mu F$, $R_{B1} + R_{B2} = \text{lab. pot.}$

Liksom i föregående uppgift skall basspänningen U_{BE} och kollektorspänningen U_{CE} uppmätas för olika temperaturer. Dessa mätningar skall göras dels när $R_{B1} + R_{B2} = 100k\Omega$ och dels när $R_{B1} + R_{B2} = 10k\Omega$. Som spänningsdelare används potentiometrar. (Använd kopplingen i Figur 4).

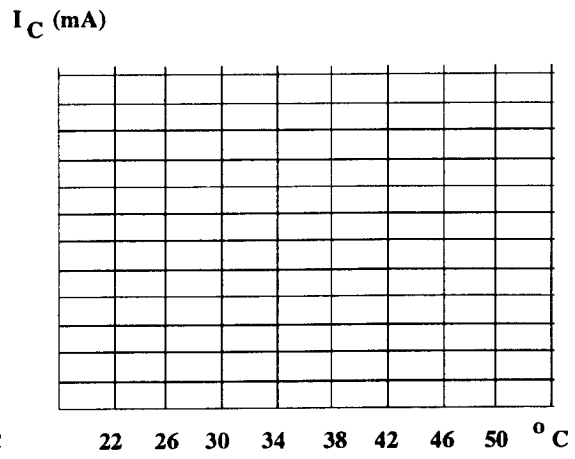
Koppla upp kretsen, placera transistorn i uppvärmningsanordningen, anslut matningsspänningen ($-15V$) och avpassa spänningsdelaren (R_{B1}, R_{B2}) så att kollektorspänningen $U_{CE} \approx 7V$ vid rumstemperatur.

Anslut därefter uppvärmningsanordningen till $30V$ (DC) och mät upp basspänningen U_{BE} och kollektorspänningen U_{CE} som funktion av transistorns omgivningstemperatur för de två fallen med $R_{B1} + R_{B2} = 100k\Omega$ och $R_{B1} + R_{B2} = 10k\Omega$. Beräkna sedan kollektorströmmen I_C . Inför värdena i tabellen nedan och plotta resultatet i figur 5 och figur 6.

	U_{BE} (mV)		U_{CE} (V)		U_{Rc} (V)		I_C (mA)	
	100 k	10 k	100 k	10 k	100 k	10 k	100 k	10 k
$R_{B1} + R_{B2} =$								
Temp (°C)								
22								
30								
40								
50								



Figur 5.



Figur 6.

Beräkna den genomsnittliga temperaturförändringen för basspänningen U_{BE} , kollektorspänningen U_{CE} och kollektorströmmen I_C för både $10k\Omega$ och $100k\Omega$. Ange om storheterna sjunker eller stiger i värde.

Hur bör tydligen den totala resistansen hos spänningsdelarkedjan $R_{B1}+R_{B2}$ vara för att temperaturstabiliseringen skall bli så verksam som möjligt?

Svar:

Förklara hur seriemotkoppling kan ge temperaturstabilisering i GE-steget enligt figur 4.

Svar:

Uppgift 3. Temperaturstabiliserat förstärkarstegs förstärkning.

Undersök hur emittermotståndet R_E i figur 4 påverkar spänningsförstärkningen dels i den ursprungliga kretsen i figur 4 och dels när du kopplat in en stegvis variabel kondensator C_E parallellt med R_E , för $C_E=1\mu\text{F}$ och för $C_E=100\mu\text{F}$. Signalfrekvensen skall vara 1kHz.

Resultat:

Förklara hur kondensatorn C_E påverkar kretsen.

Svar:

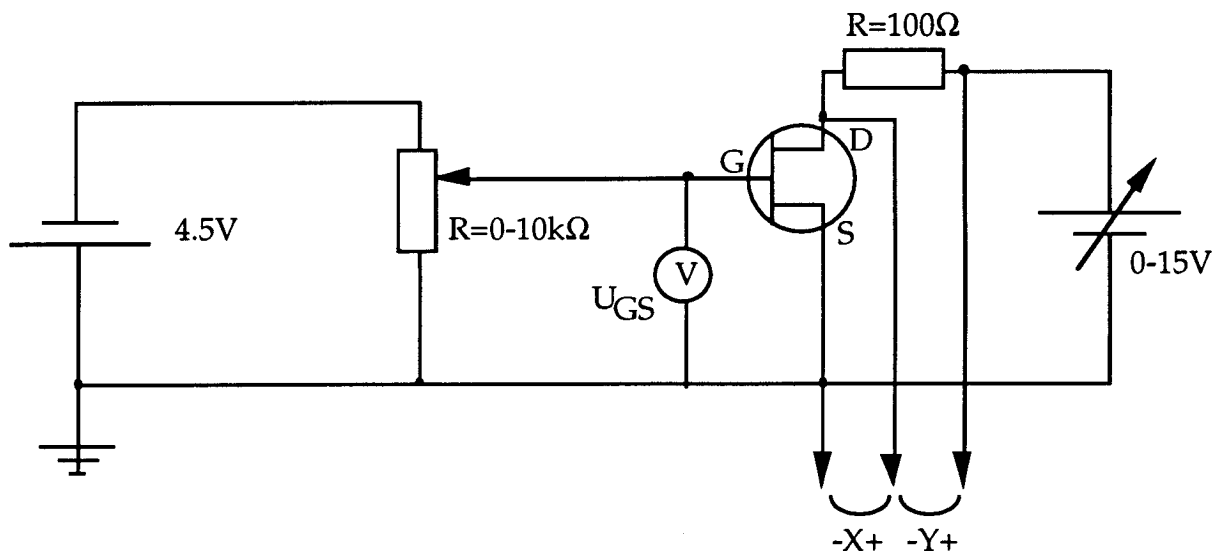
Fälteffekttransistorn.

Uppgift 4. Upptagning av karakteristikkurvor för JFET-transistorn.

Ta upp utgångskaracteristikan för en n-kanals JFET transistor, 2N3819, med hjälp av en xy-skrivare (Philips PM 8141). Koppla upp enligt figur 7. Använd kopplingsbordet och ställ in skrivarens X- och Y-känslighet på 0,5 V/cm resp 5 mV/cm (X kopplas jordfritt). Den transistor som används i denna uppgift skall också användas längre fram i laborationen så SPARA DEN.

Mätningen utföres enligt följande:

1. Markera utgångsläget, $U_{DS} = 0V$, $U_{GS} = 0V$ på skrivarens papper.
2. Vrid sakta upp U_{DS} till 10V.
3. Sätt ner skrivarens penna med $U_{GS} = 0V$ och $U_{DS} = 10V$, och vrid sakta ner U_{DS} till 0V. Lyft därefter pennan.
4. Ställ in $U_{GS} = -0,2V$ och $U_{DS} = 10V$. Sätt ner pennan och minska U_{DS} till 0V. Lyft pennan.
5. Rita upp motsvarande kurvor med
 $U_{GS} = -0.4V, -0.8V, -1.2V, -1.6V, -2.0V, -2.4V, -2.8V, -3.2V$
6. Komplettera eventuellt diagrammet med ytterligare kurvor, om du ej täckt in en lämplig arbetspunkt.
7. Markera skalorna (X-led i volt och Y-led i mA).
8. Markera en lämplig vilopunkt (förslagsvis: $U_{DS} \approx 8V$, $I_D \approx 2.5mA$) och ange dess värden i diagrammet.



Figur 7. Kopplingschema för upptagning av karakteristika hos JFET med xy-skrivare.

Uppgift 5. Branthet och inre konduktans för JFET-transistorn.

I den valda vilopunkten skall g_m och $r_d = 1/g_d$ bestämmas ur karakteristikorna (Använd samma transistor som i uppgift 4).

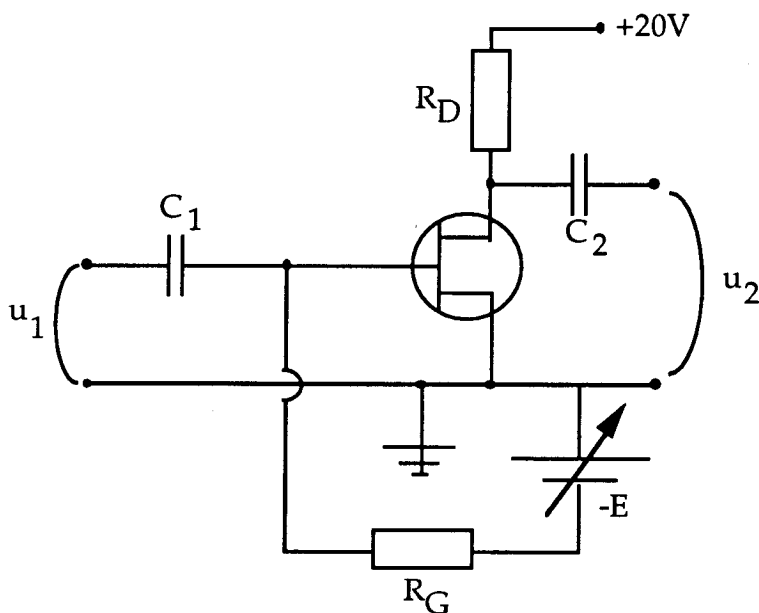
Definitioner: $g_m = \frac{dI_D}{dU_{GS}}$, U_{DS} är konstant.

$g_d = \frac{dI_D}{dU_{DS}}$, U_{GS} är konstant.

Resultat:

Uppgift 6. Mätning av vilopunkt hos JFET-transistorn.

Koppla upp förstärkarsteget i figur 8 med den JFET som uppmättes i uppgift 4.



Figur 8.

Beräkna vilka värden på R_D och U_{GS} som erfordras för att den i uppgift 4 valda vilopunkten skall erhållas (använd de karakteristikor som togs upp i uppgift 4).

Resultat:

Låt R_D utgöras av ett dekadmotstånd. U_{GS} erhålles från spänningsaggregatet E.
Varför är $E = U_{GS}$?
Svar:

Mät upp den erhållna vilopunkten med ett universalinstrument.
Resultat:

Efterjustera vid behov så att den önskade vilopunkten uppnås!

Mät U_{GS} med ett höghmigt instrument.
Resultat:

Uppgift 7. Mätning av förstärkning och impedanser hos JFET-transistorn.

Behåll uppkopplingen från uppgift 6 (figur 8) och mät förstärkningen genom att mäta u_1 och u_2 med oscilloskop och DMM. Ställ in tongeneratoren så att $u_2 = 5V$ RMS (RMS = Root Mean Square, dvs effektivvärde). Flytta mätinstrumentet till förstärkarens ingång och mät u_1 . Räkna ut förstärkningen.
Resultat:

Inverteras signalen?
Svar:

Beräkna förstärkningen med hjälp av dina uppmätta värden på g_m och r_d från uppgift 5.
Resultat:

Mätning av utimpedansen: Förstärkarens utgång kan ses som en tvåpol, vilket gör det möjligt att använda den metod för utimpedansmätning som beskrivits i laboration ET5 i samband med den bipolära transistorn. Använd en digital voltmeter i läge ACV för att mäta u_2 , ställ in sinusgeneratorn på 1 kHz och $u_2 = 5V$ RMS då utgången är obelastad. Belasta sedan utgången med ett dekadmotstånd R , så att u_2 sjunker till hälften. Z_{ut} kan då direkt avläsas på dekadmotståndet.

Resultat:

Beräkna värdet på Z_{ut} (med hjälp av ekvivalentschema).

Resultat:

Mät upp förstärkarens inimpedans på liknande sätt som för utimpedansen. Den förstärkta signalen mäts, när ingången belastas seriellt med ett dekadmotstånd.

Resultat: