

Tentamen i Krets- och mätteknik, fk - ETEF15

Institutionen för elektro- och informationsteknik
LTH, Campus Helsingborg
Lund University

2018-10-31
8.00 - 13.00

Uppgifterna i tentamen ger totalt 60p. Uppgifterna är inte ordnade på något speciellt sätt. Läs därför igenom alla uppgifter innan du börjar lösa dem. Några uppgifter är uppdelade i deluppgifter. Av totalt 60p möjliga poäng fordras minst 30p för godkänt.

Tillåtna hjälpmedel:

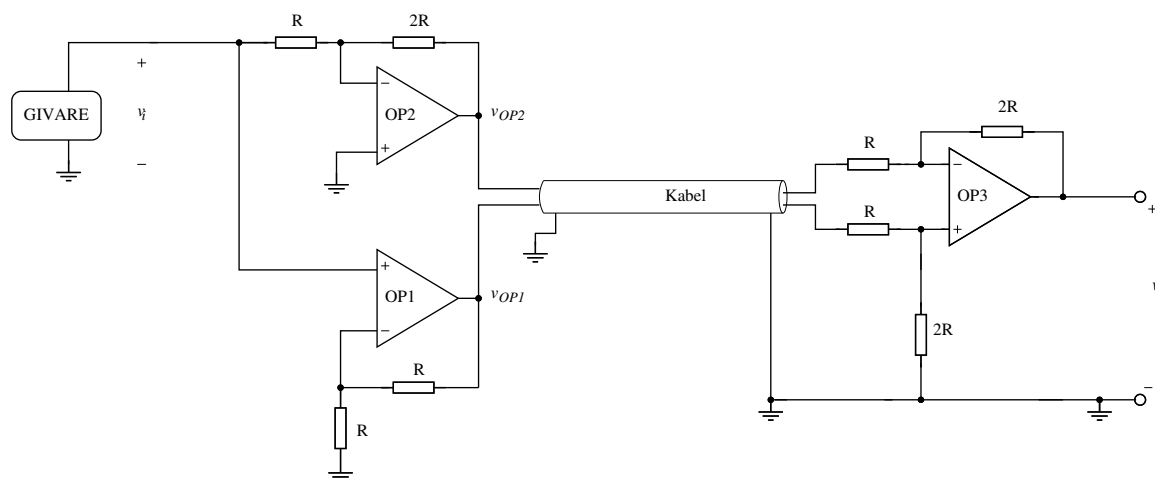
- Formelsamling i krets- och mätteknik
- Räknare

Observera!

- För att rättning av lösning skall komma i fråga krävs att den är läslig samt klart och tydligt uppställd.
- Glöm inte att skriva kod och personlig identifierare på alla blad.

Lycka till!
Bertil Larsson

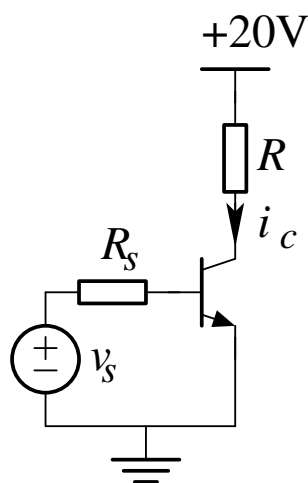
1. Mätsignalen från en givare ska överföras via en skärmad kabel till utsignalen v_L . Kabeln går genom en miljö med mycket störningar. Besvara nedanstående uppgifter. Kopplingen använder ideala OPförstärkare.



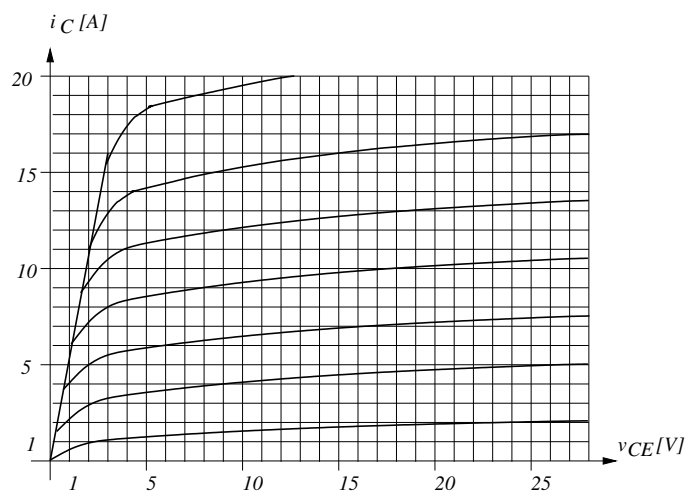
Figur 1: En förstärkare

- Ge ett uttryck för utsignalerna från OP1 (v_{OP1}) och OP2 (v_{OP2}) var för sig som funktion av v_i (4 p)
 - Ge ett uttryck för v_L som funktion av v_i (2 p)
 - Beskriv vad kopplingen har för fördelar jämfört med att ansluta givaren direkt till v_L (2 p)
2. En AD-omvandlare skall mäta signaler i området 0 - 5Volt som innehåller frekvenser upp till 100kHz. Mätningen ska ha ett fel på högst 0,1% av maximal signalamplitud. Dimensionera följande:
- Omvandlarens minsta samplingsfrekvens (2 p)
 - Antal bitar som AD-omvandlaren ska ha i sin utsignal. (2 p)
 - Vilken är den minsta ändring i inspänning som kan mätas med AD-omvandlaren (2 p)
 - Ett andra ordningens lågpassfilter med brytfrekvensen 100kHz används som antivikningsfilter. Detta betyder att även signaler med högre frekvenser än 100kHz finns i insignalen till AD-omvandlaren eftersom filtret inte dämpar perfekt. Antag att en mycket hög samplingsfrekvens används. Vilken digital utsignal får då en störning på 1MHz som har amplituden 1V? (4 p)
3. Vid nykonstruktion av en maskin med både mekaniska och elektriska delar måste EUs regelverk beaktas.
- I maskindirektivet anges bland annat att personskada ska undvikas. Beskriv hur man tillgodoser detta krav och när i konstruktionsarbetet detta ska hanteras. (4 p)
 - I EMC direktivet anges att konstruktioner inte får störa eller störas av andra apparater. Beskriv med egna ord olika metoder för att bekämpa och undvika påverkan från elektriska och magnetiska fält i omgivningen. (4 p)
 - Hur går det till att CE-märka en konstruktion och vad innebär CE-märkningen för en tillverkare? (2 p)

4. En bipolärtransistor har utgångskaraktistikan enligt figur 2b. Transistorn arbetar som switch enligt kopplingen i figur 2a där $R = 1.25\Omega$. Insignalen har två tillstånd: $v_s = 0V$ eller $v_s = 5V$. $h_{FE} = \beta_F = 100$.



(a) BJT i switchkoppling

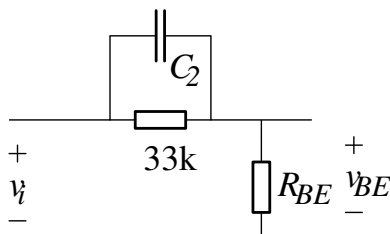


(b) Utgångsdiagram för BJT

Figur 2: En transistorswitch

- (a) Rita in en arbetslinje (belastningslinje) för kopplingen i figur 2b. Diagrammet finns även på sista sidan. (2 p)
- (b) Vilken restspänning, v_{CE} , blir det då transistorn leder? (2 p)
- (c) Dimensionera R_s så att du kan garantera att transistorn verkligen bottenar. (3 p)
- (d) Antag att transistorn har en insignal som gör att den har bottenat. Vilken effektutveckling blir det då i lasten respektive i transistorn? (2 p)
5. I en anläggning finns en trefasmotor kopplad i Y-koppling och ansluten till ett trefasnät med huvudspänningen 400V och 50Hz. De tre lindningarna i motorn har vardera impedansen $Z = 12 + j16\Omega$.
- (a) Beräkna huvudströmmens storlek i fasledningarna, $|I^h|$ (2 p)
- (b) Beräkna anläggningens totala komplexa effekt, S (2 p)
- (c) Beräkna anläggningens totala effektfaktor (2 p)
- (d) Tre kondensatorer som vardera har värdet $47\mu F$ kopplas dessutom in mellan faserna. Vad blir huvudströmmens storlek i fasledningarna nu? (6 p)

6. I sista delen på laboration 2 sattes en kondensator parallellt med källans resistor för att ge snabbare omslag. Samma sak gäller även för bipolärtransistorn men där dominerar ingångsresistansen. En krets enligt figur 3 bildas då. $R_{BE} = 3.3k\Omega$ antas vara ingångsresistansen i transistorn, $R_s = 33k\Omega$ och $C = 220pF$ är den adderade kondensatorn. Kretsen får då en överföringsfunktion $H(j\omega)$. Insignalen v_i är en ideal växelspanningskälla med varierbar frekvens.



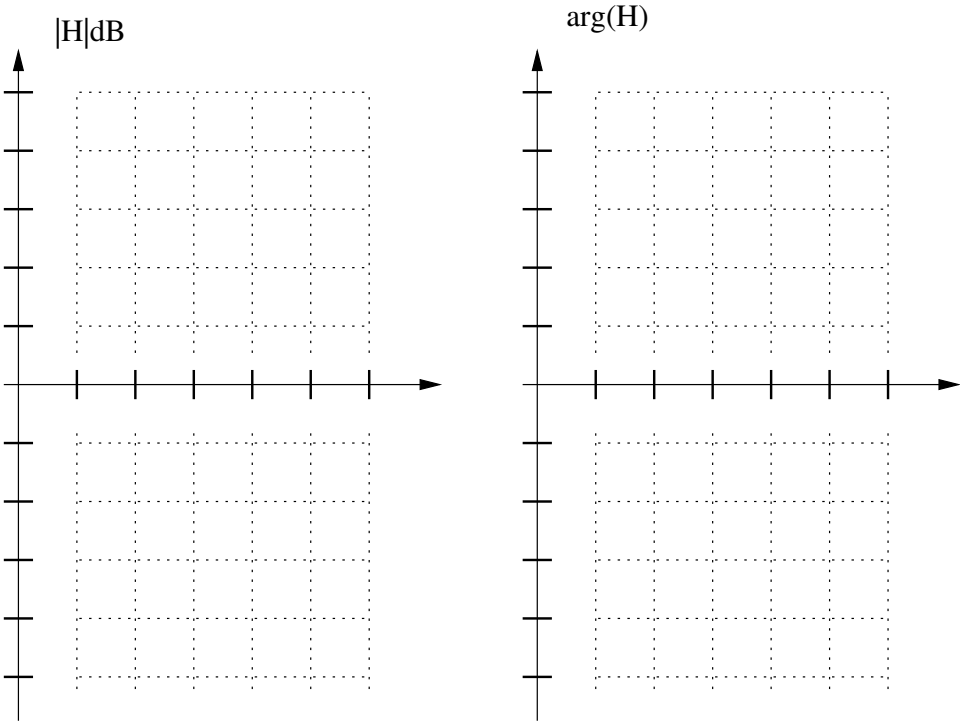
Figur 3: En krets från lab 2

- Bestäm överföringsfunktionen $H(j\omega) = v_{BE}/v_i$. (4 p)
- Rita BODEdiagrammen för $H(j\omega)$. Diagramblad finns sist i tentamenshäftet. Axlarna måste vara graderade för att få poäng! (4 p)
- På lab användes fyrkanvåg för att studera omslaget. Den branta övergången i en fyrkanvåg innehåller stor mängd av höga frekvenser. Vad blir $|H(j\omega)|$ om man låter frekvensen gå mot oändligheten. (2 p)
- Föreslå något annat sätt att förkorta omslaget än att sätta dit en parallellkondensator. (1 p)

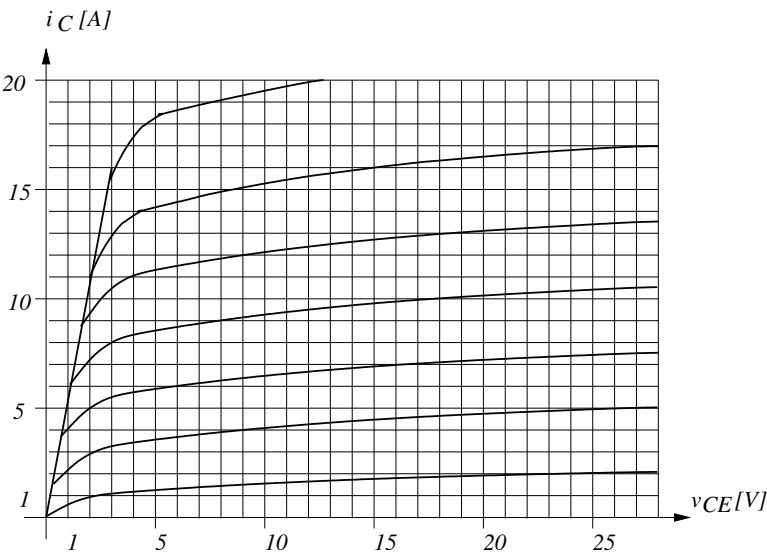
Riv av sidan och lämna in.

Kod och personlig identifierare:.....

Figur till uppgift 6



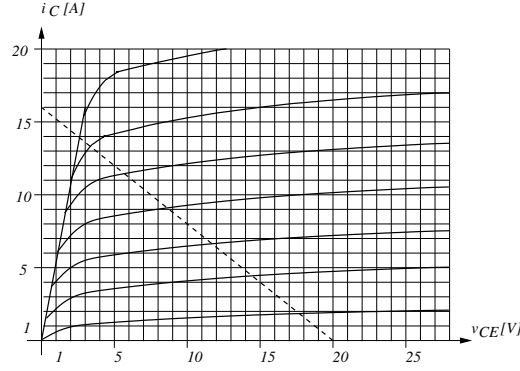
Figur till uppgift 4



Utgångsdiagram för BJT

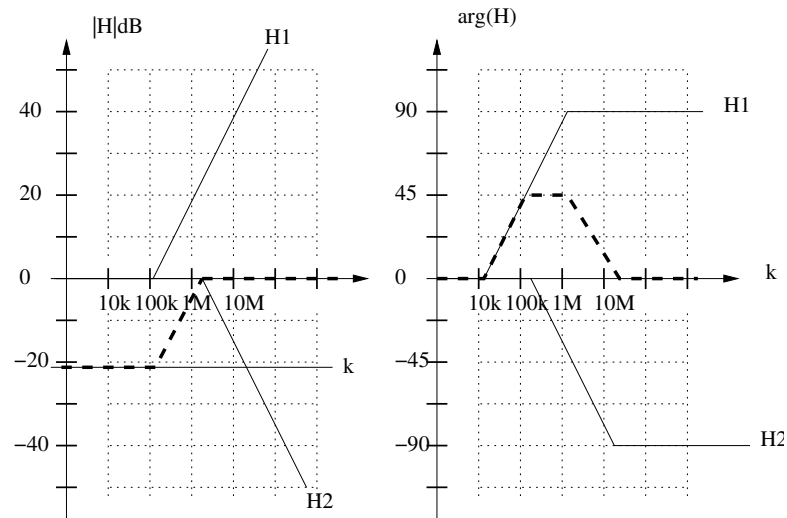
1 Svar

- 1a $v_{ut,OP1} = (1 + R/R)v_i = 2v_i$. $v_{ut,OP2} = (-2R/R)v_i = -2v_i$
- 1b OP3 är kopplad som differentia förstärkare med förstärkningen 2, $(2R/R)$. Insignalerna till denna är de från uppgift 1a. Utsignalen blir $v_L = 2(+2v_i - (-2v_i)) = 8v_i$
- 1c Differentiell ingång kan reducera störningar som kommer in lika mycket på ledningarna. Vid subtraktionen försvinner det mesta då. Skärmning är främst till för att minska påverkan från yttre elektriska fält. Differentiell ingång kan eliminera den störning som uppkommer om jordpotentialen är olika på givar- och på mätsidan.
- 2a Sampling måste ske med minst dubbla signalfrekvensen, $f_s \geq 200kHz$.
- 2b Mät noggrannheten är specificerad till 0.1%, vilket ger ett fel på 1/1000. $2^N = 1000$ ger att $N \geq 10$.
- 2c Upplösningen är maxvärdet delat med antalet nivåer. $5V/2^{10} = 4.88mV$
- 2d $1MHz$ dämpas med 40dB d.v.s. 100 gånger. Signalen får då amplituden $10mV$. Med upplösningen ovan blir den digitala utsignalen $0.01/0.00488 = 2.048$ dvs 2 digitalt (00 0000 0010).
- 3a Hur: I planeringen av konstruktionen ska en riskanalys göras där alla tänkbara scenarier går igenom och åtgärdas, helst genom att konstrueras bort. I annat fall ska instruktioner om hur personalen på ett säkert sätt ska hantera maskinen utarbetas.
När: Säkerhetsriskerna ska beaktas redan från början i planeringen och sedan bedömas under konstruktionsarbetet om t.ex. någon del ändras.
- 3b Koaxialkabel: Bra i båda fallen. Elektriskt är det en Faradays bur där innerledaren är omsluten av höljet vilket ger perfekt skärmning. Magnetiskt ger inner och ytterledarnas ström inget magnetfält totalt utanför kabeln. Det omvända gäller också då att magnetfält ger ingen ström i ledaren.
Partvinnad kabel: Ledare och återledare är tvinnade. Elektriskt ger det inte stort skydd. Magnetiskt är kabeln bra eftersom den inducerade strömmen i varje ögla motverkas av öglan bredvid.
Differentiell ingång kan reducera störningar som kommer in lika mycket på ledningarna. Vid subtraktionen försvinner det mesta då.
Skärmning av hela konstruktionen är främst till för att minska påverkan från yttre elektriska fält.
- 3c CE-märkning är 'declaration of conformity' d.v.s. varje produkt som marknadsförs i EU ska ha ett intyg där tillverkaren garanterar att produkten uppfyller EU-direktiven genom alla relevanta standarder för en sådan produkt inom EU. Tillverkaren sätter alltså märket på produkten. Det är upp till tillverkaren/(försäljningsorganisationen vid import) att upprätta dokumentation och att genomföra alla tester nödvändiga för att garantera att produkten uppfyller direktiven.
- 4a Arbetslinjen är utritad i figur 4
- 4b I_C och V_{CE} kan endast anta värden på arbetslinjen. Samtidigt måste värdena sammanfalla med transistorns kurvor i utgångsdiagrammet. Med den givna arbetslinjen blir restspänningen över transistor $v_{CE} = 2.5V$ vid $i_C = 14A$



Figur 4: Utgångsdiagram för BJT

- 4c 14 ampere kräver en basström på $i_B = i_C/\beta_F = 14/100 = 140\text{mA}$ Transistorn ska bottna för inspänningen 5V så $R_s \leq (5 - 0.6)/0.140 = 31.4\Omega$.
- 4d Restspänningen över transistorn är $v_{CE} = 2.5\text{V}$ vid $i_C = 14\text{A}$. $P_{trans} = 2.5 \cdot 14 = 35\text{W}$. Spänningen över R blir resten, $20 - 2.5 = 17.5\text{V}$ med samma ström. $P_R = 17.5 \cdot 14 = 245\text{W}$
- 5a Symmetri ger samma storlek på strömmen i alla faser $I_{e,L1} = 400/(\sqrt{3}(12 + j16)) = 230(12 - j16)/(12^2 + 16^2) = 6.9 - j9.2$. $|I_{e,L1}| = \sqrt{6.9^2 + 9.2^2} = 11.5\text{A}$
- 5b $S = 3 \cdot U^f \overline{I^h} = 3 \cdot 230 \cdot (6.9 + j9.2) = 4761 + j6348 [\text{VA}] = P_{tot} + jQ_{tot}$.
- 5c $P_{tot} = |S_{tot}| \cos \varphi \Rightarrow \cos \varphi = 4761/\sqrt{4761^2 + 6348^2} = 0.6$ (Induktiv)
- 5d När kondensatorerna ligger mellan faserna kommer den extra strömmen gå till de två andra faserna. För huvudströmmen i L1 blir det två bidrag: Strömmen till L2 och till L3 genom var sin kondensator. $I_{L1,C} = (230e^{j0} - 230e^{-j2\pi/3})/(1/j\omega C) + (230e^{j0} - 230e^{-j4\pi/3})/(1/j\omega C) = 230[(1 - (-1/2 - j\sqrt{3}/2) + (1 - (-1/2 + j\sqrt{3}/2))]j\omega C = j3\omega C 230$
Den totala strömmen i L1 blir då $I^h = I_{e,L1} + I_{L1,C} = 6.9 - j9.2 + j3\omega C 230 = 6.9 + j1.0$. Storleken på I_{L1}^h blir $|I_{L1}^h| = \sqrt{6.9^2 + 1.0^2} = 7.15\text{A}$. En lika stor ström går i de andra faserna.
- 6a $Z = (R_s * (1/j\omega C))/(R_s + (1/j\omega C)) = R_s/(1 + j\omega R_s C)$.
- $$H(j\omega) = \frac{R_{BE}}{R_{BE} + R_s/(1 + j\omega R_s C)} = \frac{R_{BE}}{R_{BE} + R_s} \cdot \frac{1 + j\omega R_s C}{1 + j\omega \frac{R_s R_{BE}}{R_{BE} + R_s} C}$$
- 6b Det finns två brytpunkter: $\omega_1 = 1/(R_s C) = 1/(33k * 220pF) = 137.7\text{krad/s}$ och $\omega_2 = 1/(\frac{R_s R_{BE}}{R_s + R_{BE}} C) = 1/(33k * 3.3k * 220pF/(33k + 3.3k)) = 1.515\text{Mrad/s}$
 $H(j\omega) = k \cdot H_1 \cdot H_2 = \frac{R_{BE}}{R_{BE} + R_s} \cdot (1 + j\omega R_s C) \cdot \frac{1}{1 + j\omega \frac{R_s R_{BE}}{R_{BE} + R_s} C}$
I Bodediagrammet kan dessa ritas var för sig och sedan summeras:
Konstanten k har värdet 0.09 vilket är -20.8dB . k har ingen fasvridning.
 H_1 börjar med absolutbeloppet 0dB och vid ω_1 ökar den med $+20\text{dB/dekad}$. Fasen är 0 då $\omega \leq \omega_1/10$ och ökar till $+90$ vid $\omega \geq 10\omega_1$.
 H_2 börjar med absolutbeloppet 0dB och vid ω_2 minskar den med -20dB/dekad . Fasen är 0 då $\omega \leq \omega_2/10$ och minskar till -90 vid $\omega \geq 10\omega_2$
- 6c Vid höga frekvenser går $|H(j\omega)| = |\frac{R_{BE}}{R_{BE} + R_s} \cdot \frac{1 + j\omega R_s C}{1 + j\omega \frac{R_s R_{BE}}{R_{BE} + R_s} C}|$ mot $|H(\infty)| =$
- $$\left| \frac{R_{BE}}{R_{BE} + R_s} \cdot \frac{R}{\frac{R_s R_{BE}}{R_{BE} + R_s}} \right| = 1 \text{ (Fasvridningen är då } 0 \text{ grader).}$$



Figur 5: Bodediagram för OPkopplingen

6d Minska värdet på R_s , det gäller att få upp spänningen över R_{BE} så snabbt som möjligt.