

ELEKTROTEKNIK

MASKINKONSTRUKTION

KTH

| |
|---------------|
| Inlämningstid |
| Kl: |

TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik för MEDIA och CL, MF1035

2013-08-23

14:00-18:00

Du får lämna salen tidigast 1 timme efter tentamensstart.

Du får, som hjälpmedel, använda räknedosa, kursens läroböcker (utan andra anteckningar än understrykningar och korta kommentarer) samt Elfymatabell eller liknande. Övningshäften, lab-PM, anteckningar etc är inte tillåtna.

ALTERNATIVT läroböckerna får ett eget formelblad användas, A4, med valfri information.

Lösningar läggs ut på kurshemsidan kl 18:00.

Tentamensresultatet finns på "Mina sidor" den 2013-09-07.

| |
|----------------------------|
| Efternamn, förnamn (texta) |
| Namn-teckning |
| Personnummer |

OBS! Inga lösblad får användas. Alla svar ska göras i tentamenshäftet.

Räkna först på kladdpapper och för sedan in svaret samt så mycket av resonemanget att man vid rättning kan följa Dina tankegångar.

Svar utan motivering ger poängavdrag. (Gäller ej flervals- och kryssfrågor).

Vid behov kan Du skriva på baksidan.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | | | | |

| |
|----------------|
| Σ Poäng |
| |

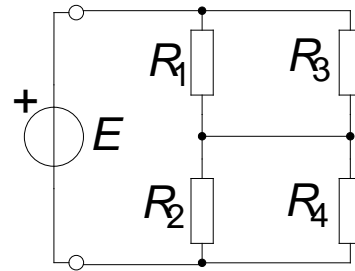
1(2p)

En likspänningskälla matar en krets enligt figuren.

$$E = 8 \text{ V}$$

$$R_1 = R_4 = 12 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = R_3 = 6 \text{ k}\Omega$$

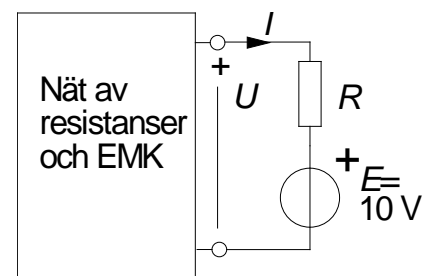


Beräkna:

- Beräkna kretsens resulterande resistans.
- Beräkna den totala effektutvecklingen i kretsen.
- Beräkna spänningen över R_1
- Beräkna Stömmen genom R_3 .

2(2p)

Till ett okänt nät anslöts en yttre krets såsom figuren visar. Med $R = 10 \Omega$ uppmättes $I = 1,0 \text{ A}$ och med $R = 20 \Omega$ uppmättes $I = 0,8 \text{ A}$. Beräkna I för det fall då $R = 10 \Omega$ och $E = 0 \text{ V}$.



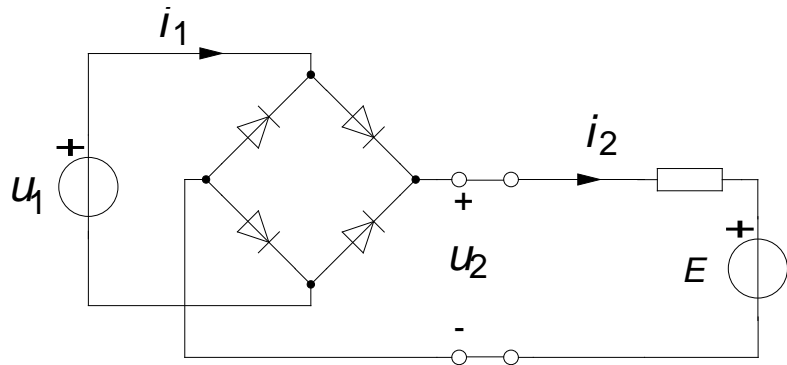
3(2p)

En kondensator är parallellkopplad med ett motstånd. Motståndet är $1\text{ k}\Omega$ och kondensatorns kapacitans är $1\text{ }\mu\text{F}$. Kretsen matas från en tongs generator som ger en sinusformad spänning på 5 V och med frekvensen 160 Hz .

- Beräkna spänningens toppvärde.
- Beräkna strömmen genom kondensatorn.
- Beräkna strömmen genom tongs generatorn.
- Beräkna effekten som överförs från tongs generatorn till till kretsen.

4(1p)

Till en likriktarbrygga är ett batteri anslutet. Batteriets EMK E är 12 V och dess inre resistans är $1\text{ }\Omega$. Diodframspänningsfallet kan, för enkelhets skull, anses vara 0 V .



- Vid ett tillfälle är momentanvärdet $u_1 = 10\text{ V}$.

Beräkna, vid detta tillfälle, momentanvärdena av i_1 och i_2 .

- Vid ett annat tillfälle är momentanvärdet $u_1 = -14\text{ V}$.

Beräkna nu momentanvärdena av i_1 och i_2 .

5(2p)

I ett projekt ska man använda en starkt lysande 3-färgs lysdiod, en kapsel som i praktiken innehåller tre lysdioder. De har gemensam anod.

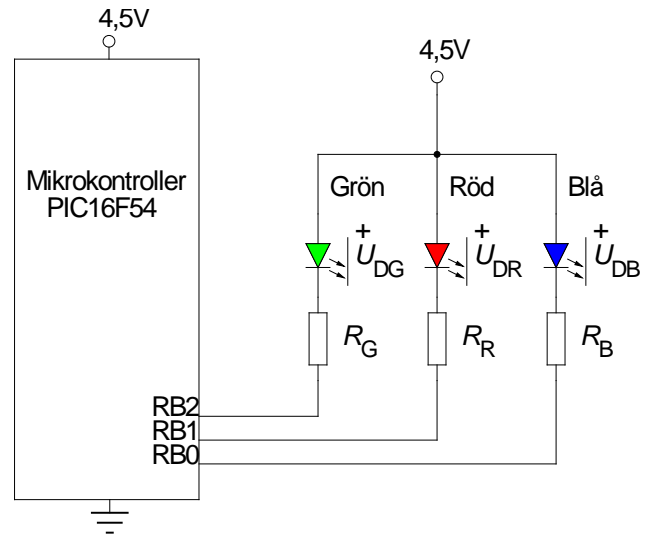
RB2, RB1 och RB0 är beteckningarna på mikrokontrollerns portpinnar.

För dioderna gäller:

$$U_{DG}=U_{DB}=3 \text{ V och } U_{DR}=1,7\text{V}$$

$$R_G=R_B=110 \text{ } \Omega \text{ och } R_R=280 \text{ } \Omega$$

För Mikrokontrollern gäller enligt dess datablad:



| | | | | | | |
|-----|--|-----------|---|-----|---|---------------------------|
| VOL | Output Low Voltage | | | | | |
| | I/O ports | — | — | 0.6 | V | IOL = 8.5 mA, VDD = 4.5V |
| | OSC2/CLKOUT (RC mode) | — | — | 0.6 | V | IOL = 1.6 mA, VDD = 4.5V |
| VOH | Output High Voltage⁽²⁾ | | | | | |
| | I/O ports ⁽²⁾ | VDD - 0.7 | — | — | V | IOH = -3.0 mA, VDD = 4.5V |
| | OSC2/CLKOUT (RC mode) | VDD - 0.7 | — | — | V | IOH = -1.3 mA, VDD = 4.5V |

På ett annat ställe i databladet står att Supply Current är max 7,0 mA vid den aktuella oscillatorfrekvensen och matningsspänning. (Den ström som mikrokontrollern behöver för att arbeta.) Mikrokontrollern är programmerad så att lysdioderna lyser så starkt som möjligt.

a) Beräkna strömmen genom den blå lysdioden.

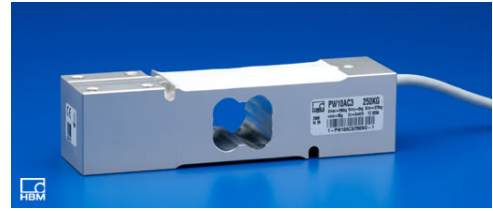
b) Beräkna effektutvecklingen i den blå lysdioden..

c) Beräkna effektutvecklingen i R_B .

d) Beräkna bidraget till effektutvecklingen i mikrokontrollern från den blå lysdioden.

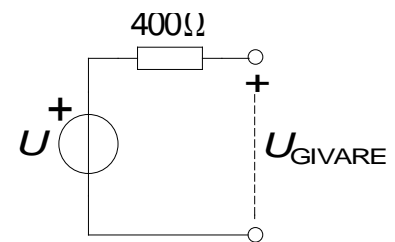
6(2p) För att mäta en massa används en kraftgivare (PW10A - en töjningsgivarbrygga från HBM) som du ser på bilden till höger.

Utsignalen är 10 mV för full belastning 50 kg och 0 mV vid 0 kg last då den matas med spänningen 5V. Utsignalen är direkt proportionell mot vikten. (Utsignal 2,0 mV/V enligt databladet.)



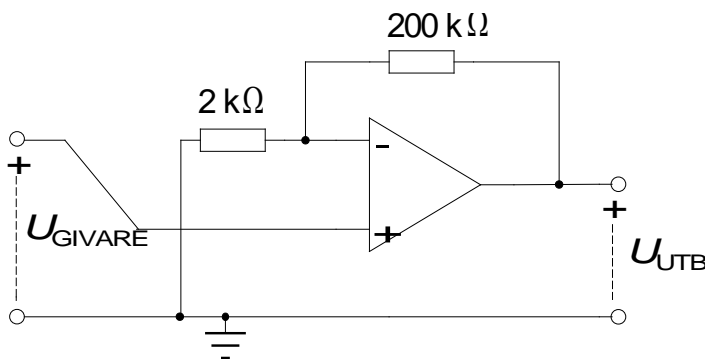
a) Givaren (töjningsgivarbrygga) kan symboliseras med en tvåpolsekvivalent enligt figuren till höger. Hur stor är U_{GIVARE} vid 25 kg last?

Givaren är inte ansluten till någon förstärkare.

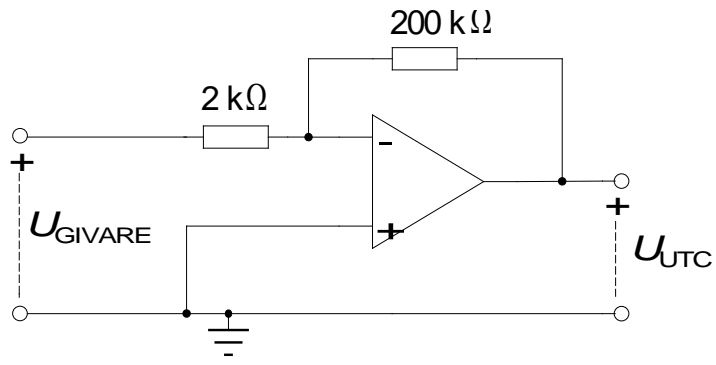


För att förstärka mätsignalen ska brygga anslutas till en förstärkare. Din uppgift är att beräkna förstärkarens utsignal vid de två OP-förstärkarkopplingarna nedan.

b) Hur stor är utsignalen U_{UTB} om givaren är belastad med 25 kg?

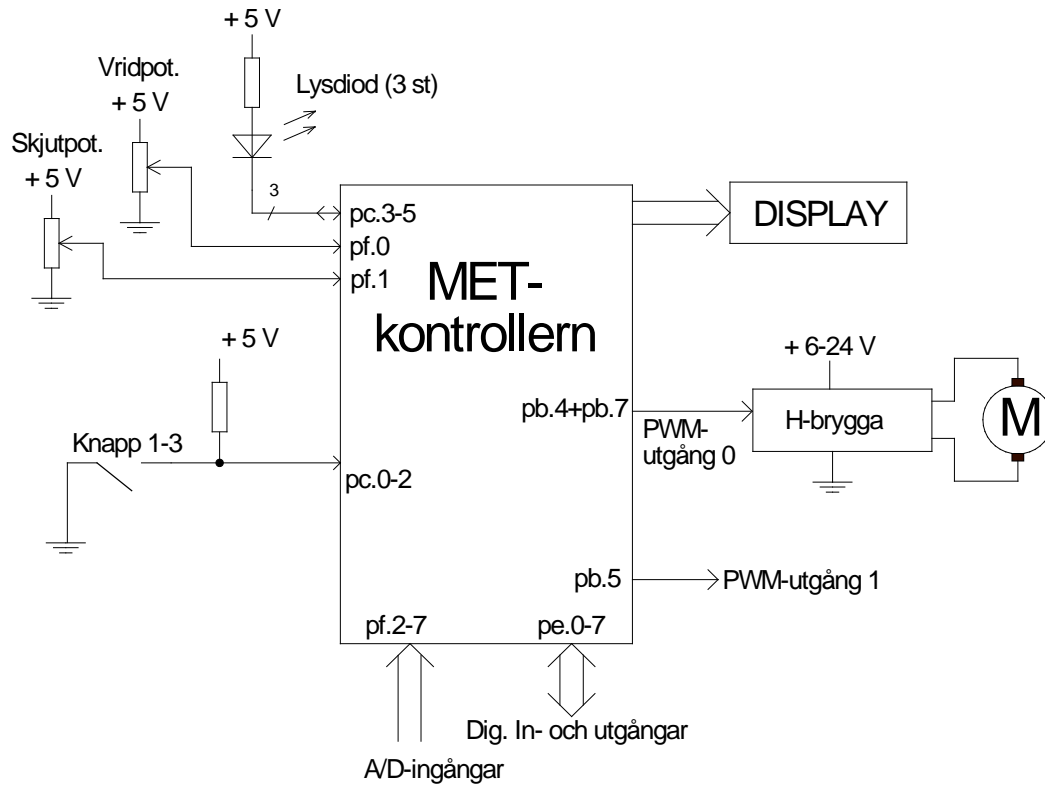


c) Hur stor är utsignalen U_{UTC} om givaren är belastad med 25 kg?



7(2P)

Skriv ett program för MET-kontrollern som kontinuerligt läser av A/D-omvandlarens kanaler 2 (pf.2) och 3 (pf.3) och redovisar vilken av dessa två som är störst enligt följande:



Om kanal 2 har störst värde skall två lysdioder tändas.

Om kanal 3 har störst värde skall en lysdiod tändas.

Lysdioderna är anslutna till pc.3 och pc.4.

Använd programskelettet nedan:

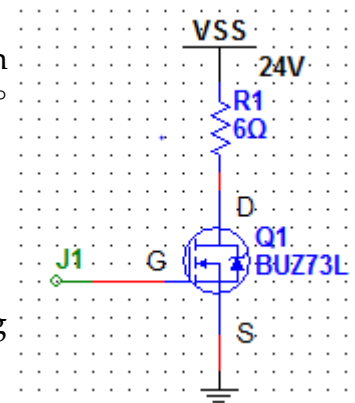
```
#include <gnu_met3.h>
void main(void)
{
```

```
while(1)
{
```


}
}

8(2p)

En resistiv last drivs med hjälp av en transistor av typen BUZ73L, se vidstående figur. Omgivningstemperaturen är 40°C .

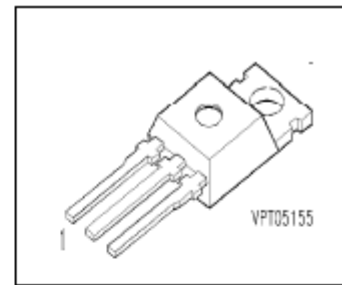


a) Föreslå en spänning som gatepinnen skall ha som hög nivå samt resulterande ström in på drainpinne?

b) Vilken termisk resistans skall en kylfläns ha för att substratet (chip på engelska, vanligen indexerad j) ej skall bli överhettat? Du kan anta att kylflänsen sitter monterad direkt mot transistorn utan termisk resistans emellan de två.

SIPMOS[®] Power Transistor

- N channel
- Enhancement mode
- Avalanche-rated
- Logic Level



| Pin 1 | Pin 2 | Pin 3 |
|-------|-------|-------|
| G | D | S |

| Type | V _{DS} | I _D | R _{DS(on)} | Package | Ordering Code |
|----------|-----------------|----------------|---------------------|-----------|-----------------|
| BUZ 73 L | 200 V | 7 A | 0.4 Ω | TO-220 AB | C87078-S1328-A2 |

Maximum Ratings

| Parameter | Symbol | Values | Unit |
|---|--------------------|---------------|------|
| Continuous drain current | I _D | 7 | A |
| T _C = 28 °C | | | |
| Pulsed drain current | I _{Dpuls} | 28 | A |
| T _C = 25 °C | | | |
| Avalanche current, limited by T _{jmax} | I _{AR} | 7 | A |
| Avalanche energy, periodic limited by T _{jmax} | E _{AR} | 6.5 | mJ |
| Avalanche energy, single pulse | E _{AS} | 120 | mJ |
| I _D = 7 A, V _{DD} = 50 V, R _{GS} = 25 Ω L = 3.67 mH, T _j = 25 °C | | | |
| Gate source voltage | V _{GS} | ± 20 | V |
| ESD-Sensitivity HBM as per MIL-STD 883 | | Class 1 | |
| Power dissipation | P _{tot} | 40 | W |
| T _C = 25 °C | | | |
| Operating temperature | T _j | -55 ... + 150 | °C |
| Storage temperature | T _{stg} | -55 ... + 150 | °C |
| Thermal resistance, chip case | R _{thJC} | ≤ 3.1 | K/W |
| Thermal resistance, chip to ambient | R _{thJA} | 75 | K/W |



BUZ 73L

Electrical Characteristics, at T_j = 25 °C, unless otherwise specified

| Parameter | Symbol | Values | | | Unit |
|-----------|--------|--------|------|------|------|
| | | min. | typ. | max. | |

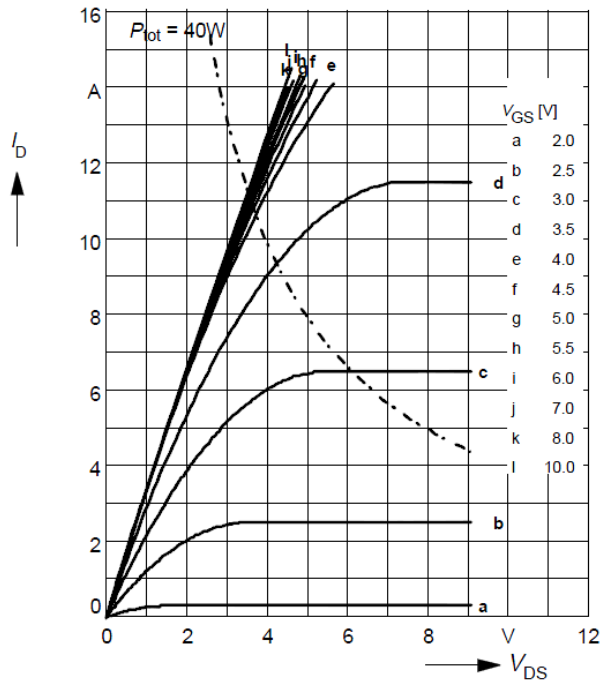
Static Characteristics

| | | | | | |
|---|----------------------|-----|-----|-----|----|
| Drain- source breakdown voltage | V _{(BR)DSS} | 200 | - | - | V |
| V _{GS} = 0 V, I _D = 0.25 mA, T _j = 25 °C | | | | | |
| Gate threshold voltage | V _{GS(th)} | 1.2 | 1.6 | 2 | |
| V _{GS} = V _{DS} , I _D = 1 mA | | | | | |
| Zero gate voltage drain current | I _{DSS} | - | 0.1 | 1 | μA |
| V _{DS} = 200 V, V _{GS} = 0 V, T _j = 25 °C | | | | | |
| V _{DS} = 200 V, V _{GS} = 0 V, T _j = 125 °C | | | 10 | 100 | |
| Gate-source leakage current | I _{GSS} | - | 10 | 100 | nA |
| V _{GS} = 20 V, V _{DS} = 0 V | | | | | |
| Drain-Source on-resistance | R _{DS(on)} | - | 0.3 | 0.4 | Ω |
| V _{GS} = 5 V, I _D = 3.5 A | | | | | |

Typ. output characteristics

$I_D = f(V_{DS})$

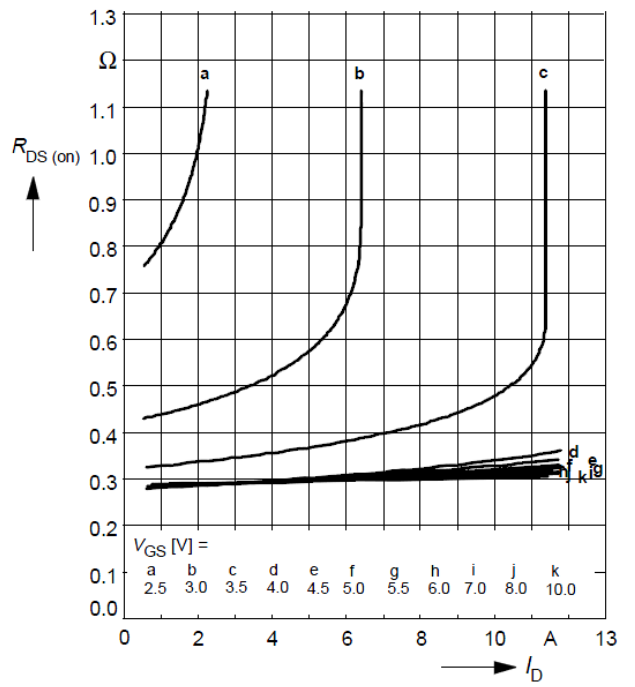
parameter: $t_p = 80 \mu s$



Typ. drain-source on-resistance

$R_{DS(on)} = f(I_D)$

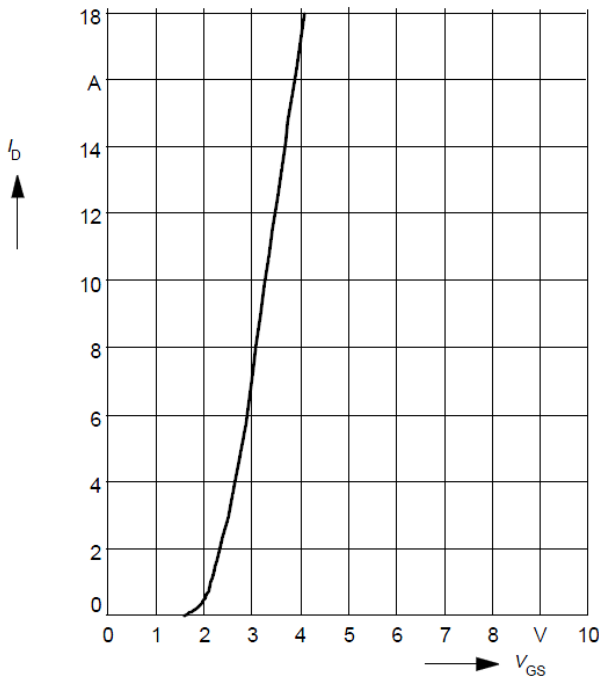
parameter: V_{GS}



Typ. transfer characteristics $I_D = f(V_{GS})$

parameter: $t_p = 80 \mu s$

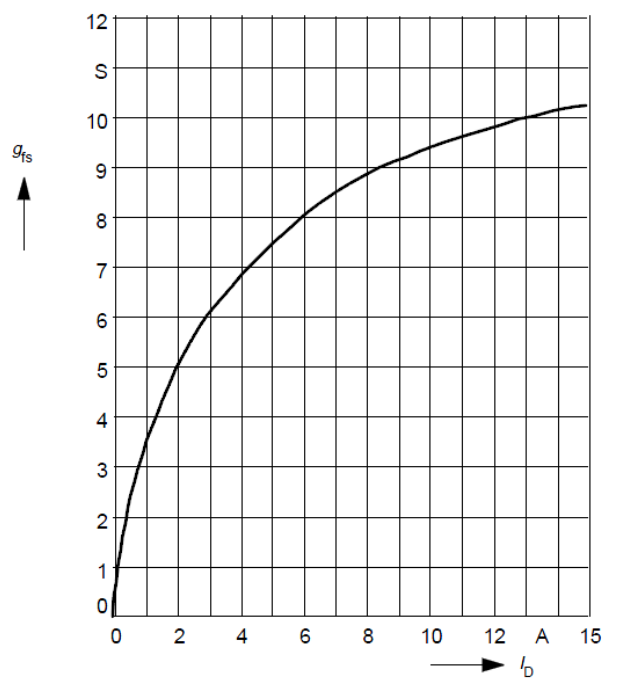
$V_{DS} \geq 2 \times I_D \times R_{DS(on)max}$



Typ. forward transconductance $g_{fs} = f(I_D)$

parameter: $t_p = 80 \mu s$,

$V_{DS} \geq 2 \times I_D \times R_{DS(on)max}$



LÖSNINGAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK FÖR MEDIA OCH CL, MF1035
2013-08-23

1(2p)

$$\text{a) } \frac{1}{R_{13}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} = \frac{3}{12k\Omega} \Rightarrow R_{13} = 4k\Omega \text{ samma gäller för parallellkopplingen av } R_2 \text{ och } R_4. R_{24} = 4k\Omega$$

Dessa parallellkopplade motstånd är i sin tur seriekopplade $R_{tot} = R_{13} + R_{24} = 8k\Omega$

$$\text{b) Totala strömmen från E blir: } I = \frac{E}{R_{tot}} = 1mA \text{ och effekten som E avger utvecklas i kretsen: } P = E \cdot I = 8mW$$

c) Spänningen över R_{13} är: $U_{13} = R_{13} \cdot I = 4V$ och denna spänning ligger även över R_1 och R_3 . Spänningen över R_1 är därför 4 V.

$$\text{d) Spänningen över } R_3 \text{ är } 4V \text{ enligt i ovan och strömmen genom } R_3 \text{ blir därför } I_3 = \frac{4V}{R_3} = \frac{2}{3}mA$$

Vi ersätter nätet till vänster med dess ekvivalenta tvåpol. De båda givna arbetspunkterna ger då med hjälp av Kirchhoffs spänningslag följande:

$$1) R = R_1 = 10 \Omega \text{ och } I = I_1 = 1 A \text{ ger } U = 10 + 10 = 20 V$$

$$\text{Kirchhoffs spänningslag } E_K - R_K \cdot 1A - 20V = 0$$

$$2) 1) R = R_2 = 20 \Omega \text{ och } I = I_2 = 0,8 A \text{ ger } U = 10 + 20 \cdot 0,8 = 26 V$$

$$\text{Kirchhoffs spänningslag igen } E_K - R_K \cdot 0,8A - 26V = 0$$

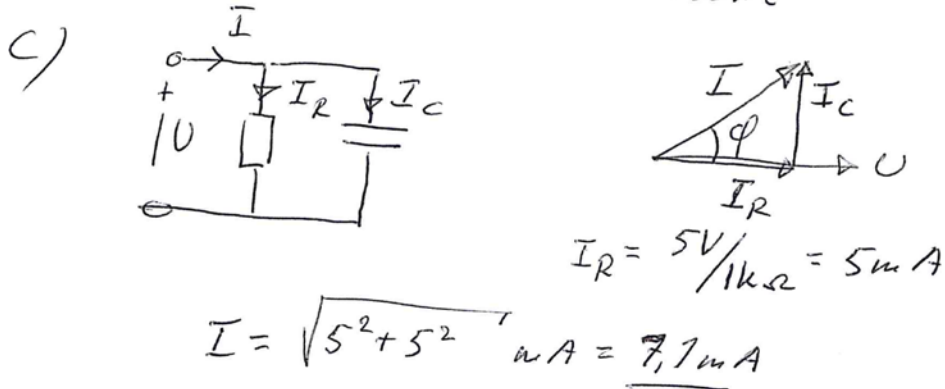
Härur får vi $R_K = 30 \Omega$ och $E_K = 50 V$

$$\text{Om den yttre kretsens emk} = 0 \text{ och } R = 10 \Omega \text{ får vi } I = \frac{E_K}{R_K + 10} = \frac{50}{40} = 1,25 A$$

3(2p)

$$a) \hat{U} = \sqrt{2} U = \sqrt{2} \cdot 5V = \underline{7,1V}$$

$$b) U = \frac{1}{\omega C} I_C \Rightarrow I_C = \underbrace{2\pi f}_{160\text{Hz}} \cdot 10^{-6} \text{F} \cdot 5V = \underline{5\text{mA}}$$



$$d) P = U \underbrace{I \cos \phi}_{I_R} = 5V \cdot 5\text{mA} = \underline{25\text{mW}}$$

4(1p) a) Dioderna spärrar då $E > u_1$. $i_2 = 0\text{A}$, $i_1 = 0\text{A}$

b) $i_2 = \frac{14-12}{1} = 2\text{A}$, $i_1 = -i_2 = -2\text{A}$ då halvålslikriktning vänder negativ inspänning till positiv utspänning.

5(2p)

a) Kirchhoffs spänningslag ger:

$$E - I \cdot R_B - U_{DB} - 0,6 = 0$$

$$I = \frac{E - U_{DB} - 0,6}{R_B} = \frac{4,5 - 3,0 - 0,6}{110} = 8,2\text{mA}$$

b) $P_{DB} = 3 \cdot 8,2\text{mW} = 24,5\text{mW}$

c) $P_{RB} = 110 \cdot 0,0082^2 \text{W} = 7,4\text{mW}$

d) $P_{BL\dot{A}} = 0,6 \cdot 8,2\text{mW} = 4,9\text{mW}$

6(2p) a) $U_{GIVARE} = 5\text{mV}$.

b) Givaren ansluts till en ickeinverterande OP-förstärkarkoppling med signalförstärkningen $F_s = 1 + 200/2 \text{ ggr} = 101 \text{ ggr}$.

$$U_{UTB} = 5 \text{ mV} \cdot 101 = 0,505 \text{ V}$$

c) Givaren ansluts till en ickeinverterande OP-förstärkarkoppling med signalförstärkningen $F_S = -200/2 \text{ ggr} = -100 \text{ ggr}$.

Bryggans resistans kan inte försummas vid den inverterande kopplingen varför vi beräknar signalförstärkningen med hänsyn tagen till givarresistansen 400Ω till $F_S = -200/(2+0,4) \text{ ggr} = -83,3 \text{ ggr}$.

$$U_{UTC} = -5 \text{ mV} \cdot 83,3 = -0,417 \text{ V}$$

7(2P)

```
// max.c, ett program för MET-kontrollern
// Programmet läser kontinuerligt av A/D-omvandlarens kanaler
// 2 och 3
// samt visar vilken kanal som har maxvärde mha lysdioder.

#include <gnu_met3.h>          // Infogar bibliotek med kommandon
                              // och funktioner

void main(void)              // Själva programslingan
{
    int k1,k2;                //Deklaration                               av
                              //heltalsvariablerna
                              // k1 och k2

    init_met();
    while(1)                  // Evighetsloop!
    {
        k1 = GET_AD(2);
        k2 = GET_AD(3);
        if(k1 > k2){
            CLR_BIT(pc,3);
            CLR_BIT(pc,4);
        }
        else{
            CLR_BIT(pc,3);
            SET_BIT(pc,4);
        }
    }
} // Programslingans slut
```

8(2p)

a) Då lasten på 6Ω är inkopplad ligger förhoppningsvis nästan hela spänningen på 24 V över lasten. Strömmen I_D blir då lite lägre än $24/6 = 4 \text{ A}$. I diagrammet "drain source on-resistance" finns ett antal kurvor för olika V_{GS} . Om vi går in på I_D axeln läser vi av olika R_{dson} beroende på vilken V_{GS} kurva vi väljer. Lågt R_{dson} är önskvärt och om vi använder vårt beräknade 4 A värde så kan vi välja någon av kurvorna d till k och få R_{dson} till $0,3 \text{ ohm}$. Vi väljer t ex kurva f som motsvarar

$$V_{GS} = 5 \text{ V.}$$

Nu kan vi göra en ny beräkning av I_D $24 \text{ V} - 6 \Omega \cdot I_D - 0,3 \Omega \cdot I_D = 0$ ger $I_D = 3,8 \text{ A}$. Nogrannare är svårt att få med tanke på det diagram vi har.

b) Förlusteffekten i transistorn blir $P_f = R_{dson} \cdot I_D^2 = 4,3 \text{ W}$

Om omgivningstemperaturen antas vara 40°C och den tillåtna temperaturen är 150°C blir tillåten temperaturhöjning 110°C .

$110^\circ \text{C} = (R_{\theta CA} + R_{\theta JC}) \cdot 4,3 \text{ W}$ där $R_{\theta JC} = 3,1 \text{ K/W}$ ger $R_{\theta CA} = 22,5 \text{ K/W}$ ($1^\circ \text{C} = 1 \text{ K}$ relativt sett) helst lägre så kylningen blir ännu bättre, vi har dessutom försummat lite termisk resistans mellan transistorn och tillflänsen.