

ELEKTROTEKNIK
MASKINKONSTRUKTION
KTH

TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik för MEDIA och CL, MF1035

27/5

14.00-18.00

Du får lämna salen tidigast 1 timme efter tentamensstart.

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

ALTERNATIVT lärobok får ett eget formelblad användas, A4.

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.

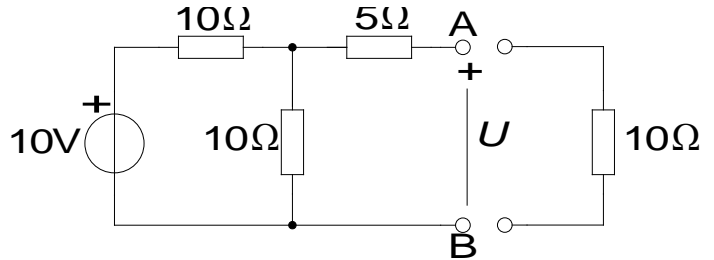
OBS! Skriv ditt personnummer på varje blad.

Lösningar läggs ut på kursens hemsida 18.00

Uppgift: 1(2)

Uppgiften består av fyra alternativfrågor (delsvar): Rätt ikryssat alternativ ger 0,5p och fel ger -0,25p. Utelämnat delsvar eller fler än ett ikryssat alternativ ger 0p. Totalt ger uppgiften max 2p och minst 0p. Poängen avrundas uppåt till närmaste 0,5p nivå. Motivering behöver ej ges.

- a) Beräkna spänningen U mellan A och B i kretsen.
(10Ω motståndet till höger i bild är ej anslutet)



10V	7,5V	5V	2,5V	1,25V	0,625V	0,5V

- b) Antag att A och B kopplas ihop. Beräkna kortslutningsströmmen mellan A och B.
(10Ω motståndet till höger i bild är ej anslutet)

10A	7,5A	5A	2,5A	1,25A	0,625A	0,5A

Lasten (10Ω motståndet till höger i bild) kopplas in mellan A och B.

- c) Beräkna spänningen U mellan A och B.

10V	7,5V	5V	2,5V	1,25V	0,625V	0,5V

- d) Beräkna effektutvecklingen i lasten.

10W	7,5W	5W	2,5W	1,25 W	0,625 W	0,5W

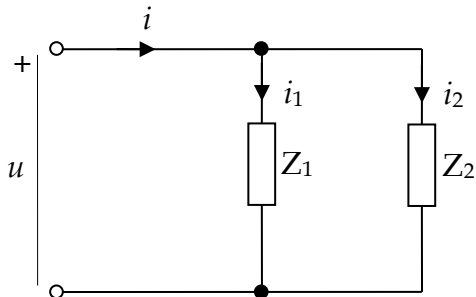
Uppgift: 2(2)

En växelspänningskälla u matar två parallellkopplade impedanser med strömmen i .

För kretsen gäller: $u = \hat{U} \sin(\omega t)$ och $i_2 = \hat{I}_2 \sin(\omega t + \alpha)$

där $\hat{U} = 50 \text{ V}$ och $\hat{I}_2 = 10 \text{ A}$ och $\alpha = 45^\circ$

Impedansen Z_1 är rent resistiv och består av motståndet $R = 10 \text{ }\Omega$.



Totala strömmen i i kretsen har amplituden \hat{I} och färförskjutningen β och kan skrivas

$$i = \hat{I} \sin(\omega t + \beta)$$

Beräkna:

a) \hat{I} .

b) β .

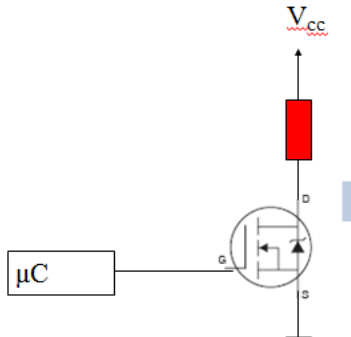
c) Effektutvecklingen i kretsen.

d) Kretsens impedans.

Uppgift: 3(2)

En FETtransistor av N-typ BUZ73L styr en resistiv last, denna last är på 5 Ohm.

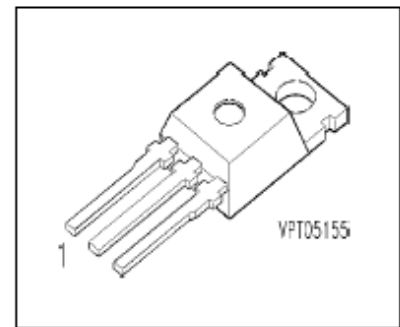
Matningsspänningen till lasten V_{cc} är 24 V. V_{GS} som styr transistoren är antingen 0,2 V eller 3,3 V för låg respektive hög nivå. Transistorn skruvas fast på en kylfläns med $R_{\theta SA} = 10 \text{ K/W}$. Termiska resistansen mellan transistor och kylfläns kan försummas.



- Wilken resistans R_{DSon} antar transistoren vid hög insignal till transistoren?
(Motivering krävs)
- Wilken förlusteffekt utvecklas i transistoren?
- Wilken temperatur kommer substratet (chippet eller die) i transistoren att anta?
- Kommer transistoren att hålla?

SIPMOS® Power Transistor

- N channel
- Enhancement mode
- Avalanche-rated



Pin 1	Pin 2	Pin 3
G	D	S

Type	V_{DS}	I_D	R_{DS(on)}	Package	Ordering Code
BUZ 73	200 V	7 A	0.4 Ω	TO-220 AB	C67078-S1317-A2

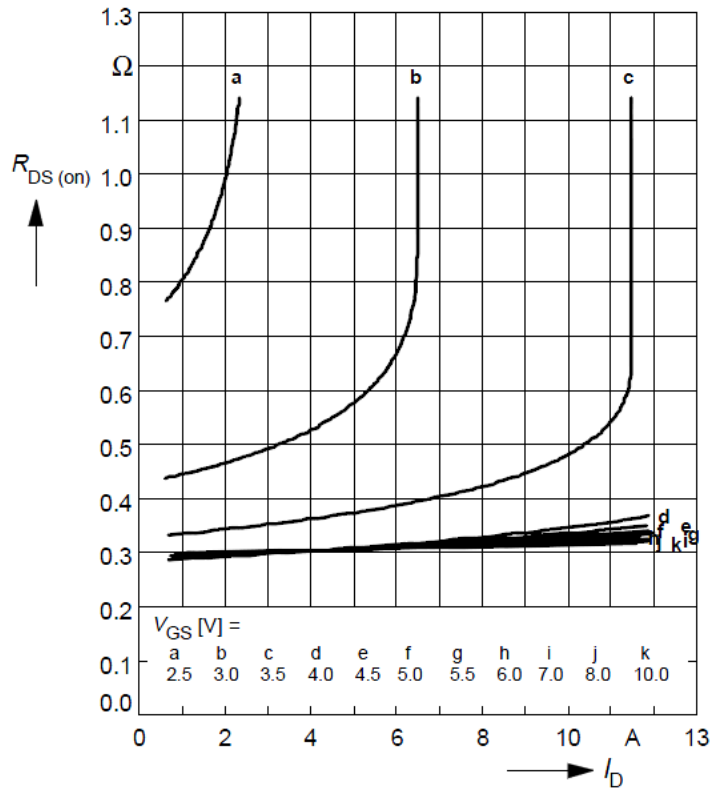
Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Values	Unit
Continuous drain current <i>T_C</i> = 28 °C	<i>I_D</i>	7	A
Pulsed drain current <i>T_C</i> = 25 °C	<i>I_{Dpuls}</i>	28	
Avalanche current, limited by <i>T_{jmax}</i>	<i>I_{AR}</i>	7	
Avalanche energy, periodic limited by <i>T_{jmax}</i>	<i>E_{AR}</i>	6.5	mJ
Avalanche energy, single pulse <i>I_D</i> = 7 A, <i>V_{DD}</i> = 50 V, <i>R_{GS}</i> = 25 Ω <i>L</i> = 3.67 mH, <i>T_j</i> = 25 °C	<i>E_{AS}</i>	120	
Gate source voltage	<i>V_{GS}</i>	± 20	V
Power dissipation <i>T_C</i> = 25 °C	<i>P_{tot}</i>	40	W
Operating temperature	<i>T_j</i>	-55 ... + 150	°C
Storage temperature	<i>T_{stg}</i>	-55 ... + 150	
Thermal resistance, chip case	<i>R_{thJC}</i>	≤ 3.1	K/W
Thermal resistance, chip to ambient	<i>R_{thJA}</i>	75	

Typ. drain-source on-resistance

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

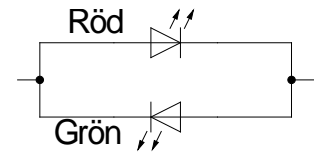
parameter: V_{GS}



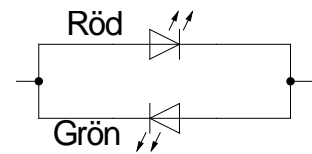
Uppgift: 4(2)

I ett projekt ska man använda en så kallad dubbel lysdiod, en lysdiod som lyser med rött sken vid ena polariteten hos spänningskällan och grönt sken vid andra polariteten.

Som du ser på bilden ser den ut som vilken lysdiod som helst. Då man studerar databladet se man att den dubbla lysdioden består av två parallellkopplade lysdioder.

**Du ska nu besvara följande frågor:**

a) Koppla in spänningskällan så att dioden lyser grönt.
(OBS! Glöm inte sätta ut polariteten på spänningskällan!)



b) Markera strömriktningen genom dioden.



c) Hur stor ström bör det gå genom dioden för att den ska lysa korrekt och inte bli överhettad? Datablad för lysdioden finns nedan.

d) Dimensionera R så att det blir den ström genom dioden som du angav i c).

e) Beräkna effektutvecklingen i den gröna dioden och i motståndet R .

Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)							
Parameter	Symbol		Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Voltage	SDR/S530	V _F	I _F = 20 mA	/	2.0	2.4	V
	SYG/S530			/	2.0	2.4	
Reverse Current	SDR/S530	I _R	V _R = 5 V	/	/	10	μ A
	SYG/S530			/	/	10	
Luminous Intensity	SDR/S530	I _v	I _F = 20 mA	10	20	/	mcd
	SYG/S530			4.0	12.5	/	
Viewing Angle		2θ 1/2		/	50	/	deg
Peak Wavelength	SDR/S530	λ _p	I _F = 20 mA	/	650	/	nm
	SYG/S530			/	575	/	
Dominant Wavelength	SDR/S530	λ _d	I _F = 20 mA	/	639	/	nm
	SYG/S530			/	573	/	
Spectrum Radiation Bandwidth	SDR/S530	Δλ	I _F = 20 mA	/	20	/	nm
	SYG/S530			/	20	/	

SDR = Röd, våglängd
650 nm
SYG = Grön, våglängd
575 nm

Uppgift: 5(2)

En likströmsmotor enligt nedan ska användas som drivmotor för en kolvpump.

Motorn ska matas av en källa med variabel spänning.

Märkspänning 170 V, märkström 5,5 A, märkeffekt 0,75 kW.

Märkvarvtal 2000 varv/ minut.

Tomgångsvarvtal 2493 varv/ minut.

Du ska beräkna *motorns varvtal* [varv/ minut] när den matas med 110 V

a) i tomgång.

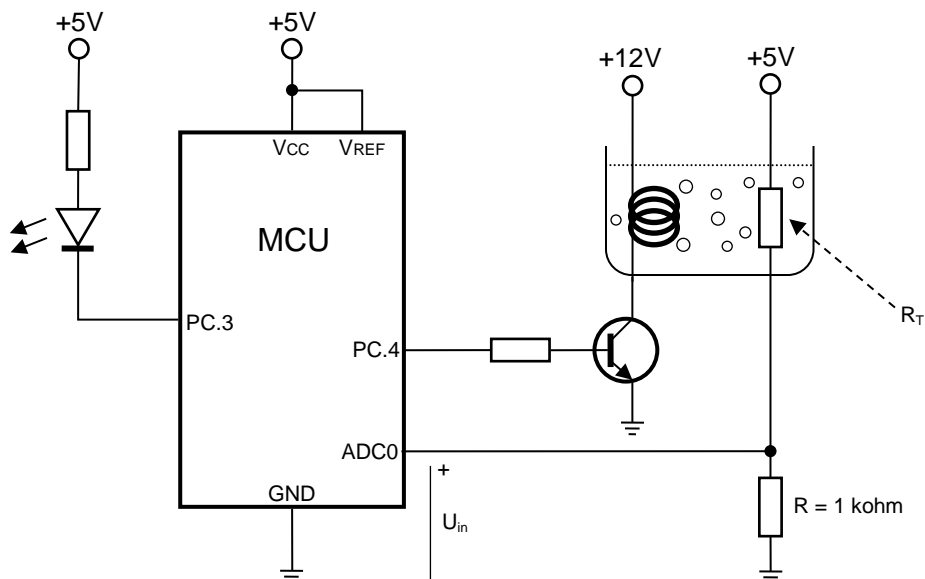
b) när den arbetar med märkström.

c) när den belastas med en last vars moment, oberoende av varvtalet, är 1,6 Nm.

d) när den belastas med en kolvpump vars moment är $M_d = 0,5 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot n$ Nm, där n är varvtalet i varv/ minut.

Uppgift: 6(2)

Osquar har byggt en apparat som ska hålla en vätska upphettad till 78 °C. En doppvärmare hettar upp vätskan och en termistor nedsänkt i densamma mäter temperaturen.



Resistansen hos termistorn R_T (NTC-motstånd) har uppmätts till 377 ohm vid 78 °C.

- a) Beräkna spänningen U_{in} då temperatur är 78 °C. (AD-omvandlarens ingång ADC0 kan antas vara mycket höghmig.)

Mikrokontrollerns AD-omvandlare arbetar med 10 bitar och referensspänningen 5 V.

- b) Beräkna AD-omvandlarens numeriska utvärde (heltal) som motsvarar värdet på U_{in} som beräknades i a).

För enkelhets skull slås doppvärmaren till och från (så kallad *bang-bang-reglering*), beroende på temperaturen T , på följande sätt:

$T < 78 \text{ }^\circ\text{C}$ \Rightarrow värmare till

$T > 78 \text{ }^\circ\text{C}$ \Rightarrow värmare från

- c) Skriv in C-kod nedan som styr doppvärmaren som en funktion av temperaturen. Portpinnen PC.4 har tidigare definierats som utgång, så det behöver du inte göra. (Tips: Det behövs inte fler än fem programrader för detta.)

```
int main(void)
```

```
{
```

```
int x;
```

```
init_met();
```

```
while (1)
```

```
{
```

```
}
```

- d) För säkerhets skull vill man lägga till programkod så att en lysdiod ska tändas och upphettningen avbrytas om termistorn går sönder (ger avbrott).

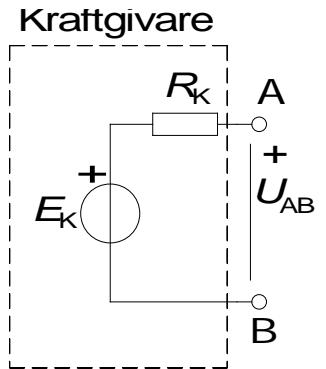
Lysdioden är kopplad till mikrokontrollerns pinne PC.3.

Skriv programtillägget som gör detta.

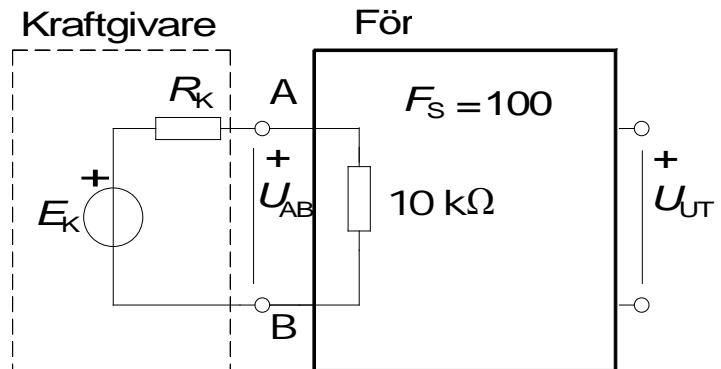
Portpinnen har tidigare definierats som utgång, så det behöver du inte göra.

Uppgift: 7(1)

I en utrustning har man en kraftgivare som ger utsignalen 45 mV vid fullt belastning (100 N). Man har skaffat sig en elektrisk modell (tvåpolsekvivalent) av givaren.
 $E_K=45$ mV och $R_K=1,25$ k Ω i modellen för givaren.



Man införskaffar en förstärkare med förstärkningen 100 ggr och inresistansen $R_{IN}=10$ k Ω .



Hur stor blir utsignalen från förstärkaren U_{UT} om givaren har sitt maximala belastning (100N) dvs $E_K=45$ mV ?

Uppgift: 8(2)

Vid inbromsning av en hybridbil skall rörelseenergin tas tillvara och lagras i en kondensator (ultracap). Bilens vikt är 2000 kg. Den valda kondensatorn har bland annat följande data:

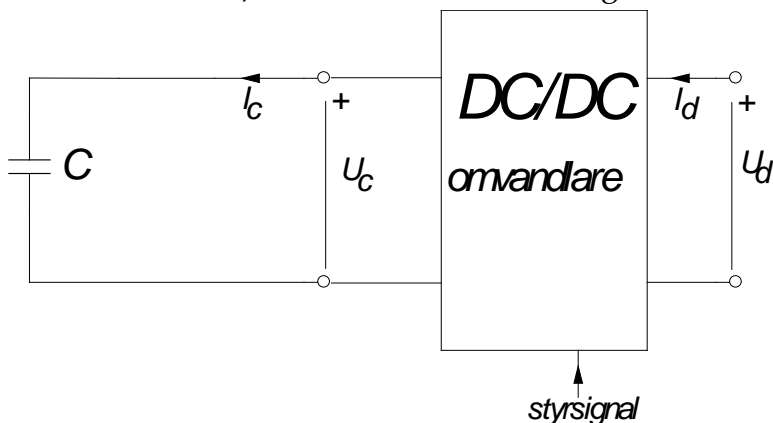
Kapacitans 16 F.

Rated voltage (märkspänning): 250 V.

Maximum continuous current (märkström vid gällande kylförhållanden): 120 A.

Vikt 60 kg.

Bilen har ett likströmsnät med spänningen $U_d = 250$ V som kan anses konstant. Till detta är bland annat en växeriktare med elmotor ansluten samt en kondensator som matas via en DC/DC omvandlare som i figuren nedan.



Det kan antas att kondensatorns lagrade energi förlustfritt kan överföras till att driva bilen och att bara kondensatorenergin används vid accelerationen. Bilens hastighet är för närvarande 50 km/h och kondensatorspänningen u_C är 150V.

a) Beräkna den maximala effekt som kan tas från kondensatorn.

b) Beräkna strömmen i_d . (samma effekt som i a))

c) Beräkna storleken på dragkraften. (samma effekt som i a))

Antag att kondensatorn är laddad till märkspänning då ett accelerationsförlopp påbörjas. Då det avslutas är kondensatorspänningen 50% av märkspänningen.

d) Beräkna den energimängd som tas från kondensatorn under accelerationsförloppet.

SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK Elektroteknik för MEDIA och CL,
MF1035 27/5

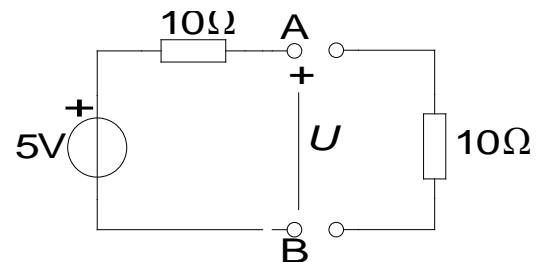
§

Uppgift: 1(2)

- a) En ström cirkulerar och de två 10Ω motstånden blir seriekopplade. Strömmen blir $10V/(10\Omega+10\Omega)=0,5A$. Spänningen över vardera 10Ω motstånd blir $10\Omega \cdot 0,5A=5V$. Spänningen mellan A och B blir också $5V$ eftersom spänningen över 5Ω motståndet blir $0V$.
- b) 5Ω motståndet blir parallellkopplat med ett 10Ω motstånd och det resulterar i $10\Omega/3$. Strömmen från $10V$ spänningskällan blir då $10V/(10\Omega+10\Omega/3)=3/4A$. Spänningen över parallellkopplingen blir då $\frac{3A}{4} \frac{10\Omega}{3}=10V/4$ och strömmen genom 5Ω motståndet blir $\frac{10V/4}{5\Omega}=0,5A$ som även är kortslutningsströmmen.

c)

Kretsen mellan A och B kan göras om till en ekvivalent tvåpol. (Se figur). Inre resistansen blir $5V/0,5A = 10\Omega$. Strömmen genom lasten blir $5V/(10\Omega+10\Omega)=1A/4$ och spänningen blir $U = 10\Omega \cdot 1A / 4 = 2,5V$



Uppgift: 2(2)

- a) aktiva strömmen blir $I_p = 5A + 7,07A = 12,7 A$
reaktiva blir $7,07A$ (toppvärden)
Phytagoras sats ger strömmens amplitud (toppvärde) $14A$
- b) $\beta = \text{atan}(7,07/12,7) = 30^\circ$.
- c) $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = U \cdot I_p = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \frac{\hat{I}_p}{\sqrt{2}} = \frac{50V \cdot 12,7A}{2} = 300W$
- d) $U = Z \cdot I$ ger $Z = 50V/14A = 3,6\Omega$

Effektivvärdet av spänningen u blir $U = \hat{U} / \sqrt{2} = 29,7V$ och strömmen i_1 blir $I_1 = 29,7/10A = 2,97A \approx 3A$

b) Effektivvärdet av strömmen i_2 blir $I_2 = \hat{I}_2 / \sqrt{2} = 6A$

Om vi låter u vara riktfas blir de komplexa spänningarna och strömmarna:

$$\underline{U} = 29,7V \quad \underline{I}_1 = 2,97A \quad \underline{I}_2 = 6A \cdot e^{-j60^\circ}$$

$$\text{KCL: } \underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = 2,97A + 6A \cdot \cos(-60^\circ) + 6A \cdot j \sin(-60^\circ) = 6A - j5,2A = 8A \cdot e^{-j41^\circ}$$

Effektivvärdet av i blir $I = 8A$.

c) Fasvinkeln 41°

d) Effekten: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 29,7V \cdot 8A \cdot \cos(41^\circ) = 180W$

Uppgift: 3(2)

a)

Resistans antas ligga på sin lägsta nivå, detta för att kunna räkna ut en c:aström

$$I_{Dc:a} = 24 / (5 + 0,3) = 4,5 \text{ A}$$

Mha denna ström läses ett mer riktigt motståndsvärde ut ur diagram.

$$\Rightarrow R_{D\text{Son}} = 0,45 \text{ Ohm}$$

$$I_{D\text{verklig}} = 24 / (5 + 0,45) = 4,4 \text{ A}$$

b)

$$P_f = 0,45 \cdot 4,4^2 = 8,7 \text{ W}$$

c)

$$T_j = P_f(3,1 + 10) + T_a = 8,7(13,1) + 30^\circ = 144^\circ. \text{ Här är } 30^\circ \text{ är antagen omgivningstemp.}$$

d)

Ja, med nöd och näppe... då tillåten temp för substrat är 150° . Högre V_{GS} bör övervägas.

Uppgift: 4(2)

a) och b) Se figuren till höger.

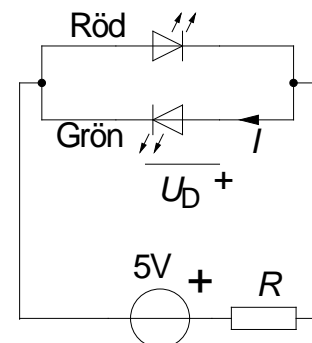
c) $I = 20 \text{ mA}$ är lagom enligt databladet, den ger 12-20 mcd beroende på färg. Denna ström ger en spänning på 2,0 V (typiskt) över dioden. (Maximalt 2,4 V över dioden.)

d) Kirchhoffs spänningslag ger:

$$E - I \cdot R - U_D = 0 \rightarrow R = \frac{E - U_D}{I} = \frac{5 - 2}{0,02} = 150 \Omega$$

e) Effektutvecklingen i dioden: $P = U_D \cdot I = 2 \cdot 0,02 = 0,04 \text{ W}$

Effektutvecklingen i resistorn:



Svaren

$$P = U_R \cdot I = R \cdot I^2 = 150 \cdot 0,02^2 = 0,06 \text{ W}$$

Uppgift: 5(2)

a) Med Kirchhoffs spänninglag fås spänningsekvationen $U_A = R_A \cdot I_A + K_2 \Phi \cdot \omega$
I tomgång $M = 0 \Rightarrow I_A = 0 \Rightarrow U_A = E = K_2 \Phi \cdot \omega = K_1 \Phi \cdot n$

$$\text{vid märkspänning: } U_A = K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow 170 \text{ V} = K_1 \Phi \cdot 2493 \frac{\text{varv}}{\text{min}} \Rightarrow$$

$$K_1 \Phi = \frac{170}{2493} \approx 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}}$$

$$\text{vid spänning 110V i tomgång: } U_A = K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow 110 \text{ V} = 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot n \Rightarrow$$

$$n \approx 1610 \frac{\text{varv}}{\text{min}}$$

b) Vid märkdrift: $U_A = R_A \cdot I_A + K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow$

$$170 \text{ V} = R_A \cdot 5,5 \text{ A} + 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot 2000 \frac{\text{varv}}{\text{min}} \Rightarrow R_A \approx 6,1 \Omega$$

När motorn belastar med märkstörmen $I_A = 5,5 \text{ A}$: $U_A = R_A \cdot I_A + K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow$

$$110 \text{ V} = 6,1 \Omega \cdot 5,5 \text{ A} + 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot n \Rightarrow n \approx 1120 \frac{\text{varv}}{\text{min}}$$

c) $P_N = M_N \cdot \omega_N$ och $M_N = K_2 \Phi \cdot I_N \Rightarrow$

$$K_2 \Phi = \frac{M_N}{I_N} = \frac{P_N}{\omega_N \cdot I_N} = \frac{P_N \cdot 60}{2\pi \cdot n_N \cdot I_N} = \frac{750 \text{ W} \cdot 60}{2\pi \cdot 2000 \frac{\text{varv}}{\text{min}} \cdot 5,5 \text{ A}} \approx 0,65 \frac{\text{Nm}}{\text{A}}$$

$$U_A = R_A \cdot I_A + K_1 \Phi \cdot n \text{ och } M = K_2 \Phi \cdot I \Rightarrow U_A = R_A \cdot \frac{M}{K_2 \Phi} + K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow$$

$$110 \text{ V} = 6,1 \Omega \cdot \frac{1,6 \text{ Nm}}{0,65 \frac{\text{Nm}}{\text{A}}} + 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot n \Rightarrow n \approx 1390 \frac{\text{varv}}{\text{min}}$$

d) $U_A = R_A \cdot I_A + K_1 \Phi \cdot n$ och $M = K_2 \Phi \cdot I \Rightarrow U_A = R_A \cdot \frac{M}{K_2 \Phi} + K_1 \Phi \cdot n \Rightarrow$

$$110 \text{ V} = 6,1 \Omega \cdot \frac{0,5 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot n \text{ Nm}}{0,65 \frac{\text{Nm}}{\text{A}}} + 0,068 \frac{\text{V} \cdot \text{min}}{\text{varv}} \cdot n \Rightarrow n \approx 1210 \frac{\text{varv}}{\text{min}}$$

Uppgift: 6(2)

a)

$$U_{in} = U \frac{R}{R + R_T} \Rightarrow U_{in} = 5 \cdot \frac{1000}{1000 + 377} = \underline{3,631V}$$

b)

$$x = \frac{U_{in}}{V_{REF}} \cdot (2^n - 1) \Rightarrow x = \frac{3,631}{5} \cdot (2^{10} - 1) = 742,9 = \underline{743}$$

c)

```
int main(void)
{

int x;

init_met();

while (1)
{
    x = GET_AD(0);

    if (x < 743)                // Uin<3,631 V
        SET_BIT(pc, 4);
    else                        // Uin>3,631 V
        CLR_BIT(pc, 4);
}
```

Kommentar: 743 motsvarar 3,631 V. 744 motsvara 3,636 och 742 motsvarar 3,626 V. Bara 5 mV (en bit) brusnivå gör att värmelementet kopplas in och ur. Det kan var lämpligt att testa att ha olika påslags och frånslagsnivåer, sk hysteres. Det gör att temperaturen kanske inte kan hållas så noga som vi önskar.

d) if (x < 10)

```
{
    CLR_BIT(pc, 3);
    CLR_BIT(pc, 4);
}
```

Även x==0 godkänns, men man bör ha marginaler pga risk för brus. Talet 10 motsvarar i detta specifika fall en inspänning på 49 mV.

Uppgift: 7(1)

Svaren

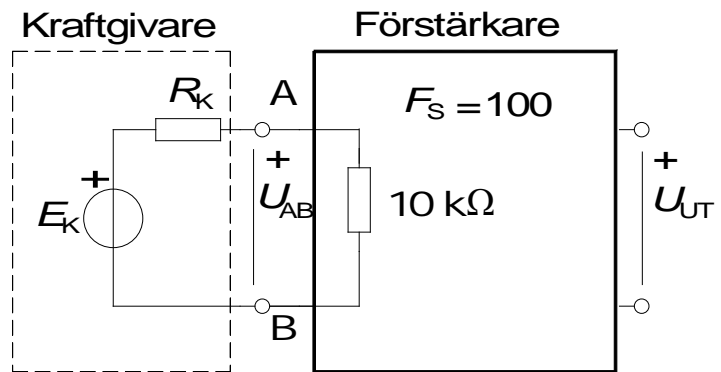
Spänningsdelning ger

$$U_{AB} = E_K \frac{10k}{R_K + 10k} \text{ med insatta}$$

värden fås

$$U_{AB} = 45 \frac{10k}{1,25k + 10k} = 40 \text{ mV}$$

$$U_{UT} = 100 \cdot 0,04 = 4 \text{ V.}$$



Uppgift: 8(2)

a) Effekt till kondensatorn $p = u_C \cdot i_C = 150 \text{ V} \cdot (-120 \text{ A}) = -18 \text{ kW}$ dvs 18 kW tas från kondensatorn.

b) $p = U_d \cdot i_d = 250 \text{ V} \cdot i_d = -18000 \text{ W}$ $i_d = -72 \text{ A}$

c) $p = F \cdot v = 18000 \text{ W}$ $F = \frac{18000}{50 \cdot 1000 / 3600} = 1300 \text{ N}$

d) Till kondensatorn tillförs för energin:

$$W = \int_0^{t1} p \cdot dt = \int_0^{t1} u_C \cdot i_C \cdot dt = \int_0^{t1} u_C \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} \cdot dt = \int_{250 \text{ V}}^{125 \text{ V}} C \cdot u_C \cdot du_C = 16 \cdot (0,5 \cdot 125^2 - 0,5 \cdot 250^2) \text{ J} = -369 \text{ kJ}$$

Alltså levererar kondensatorn 369 kJ.

Kan även beräknas direkt som skillnad i lagrad energi $W = \frac{1}{2} C U^2$ vid 250V och

125V