

ELEKTROTEKNIK  
MASKINKONSTRUKTION  
KTH

## TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik för MEDIA och CL, MF1035

2017-06-01 08:00-12:00

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, med valfri information.*

*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 12:00

**Uppgift: 1(2)**

För kretsen till höger gäller att

$$R_1 = 50\Omega$$

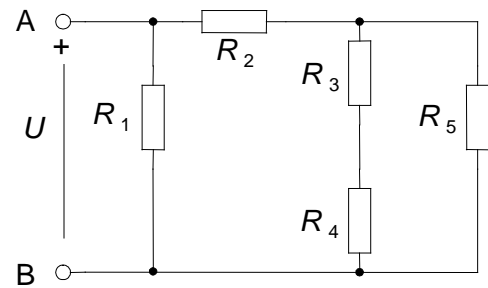
$$R_2 = 25\Omega$$

$$R_3 = 25\Omega$$

$$R_4 = 25\Omega$$

$$R_5 = 50\Omega$$

Matande spänning  $U$  är 20V.



a) Beräkna strömmen genom  $R_2$ .

b) Beräkna effektutvecklingen i  $R_5$ .

c) Beräkna spänningen över  $R_4$ .

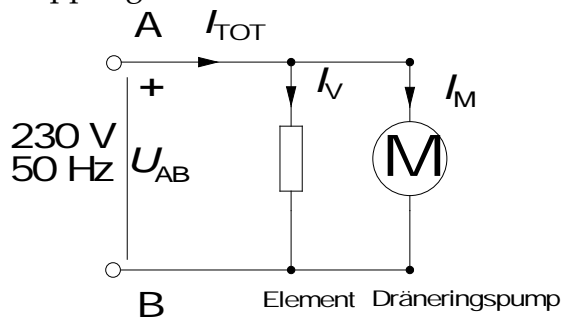
d) Beräkna totala effektutvecklingen i kretsen.

**Uppgift: 2(2)**

Till ett vägguttag i källaren har Margareta anslutit ett värmeelement på 800W, 230V och en Dräneringspump (av dränkpumptyp), se bild till höger.

För Dräneringspumpen gäller enligt databladet följande elektriska data: 230V, 50Hz, 250 W, 1,43A .

Kopplingen ser ut så här:



a) Hur stor ström  $I_V$  drar värmeelementet?

**Pumpdata**

Max tryckhöjd	6,5 m
Max flöde	145 l/m
Max temp pumpad vätska	+ 40°C
Max nedsänkingsdjup	5 m
Kapslingsklass	IP68
Kabel H05RN-F	5 m
Kabeltvärsnitt	3 x 0,75 mm <sup>2</sup>
Max partikelstorlek	10 mm
Min vattennivå	20 mm

b) Beräkna fasvinkeln mellan spänningen och strömmen till pumphotorn  $I_M$ ?

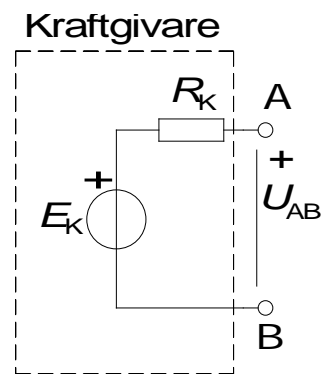
c) Beräkna totala strömmen  $I_{TOT}$ ?

d) Beräkna kretsens fasvinkel (Mellan spänningen och  $I_{TOT}$ )

**Uppgift: 3(2)**

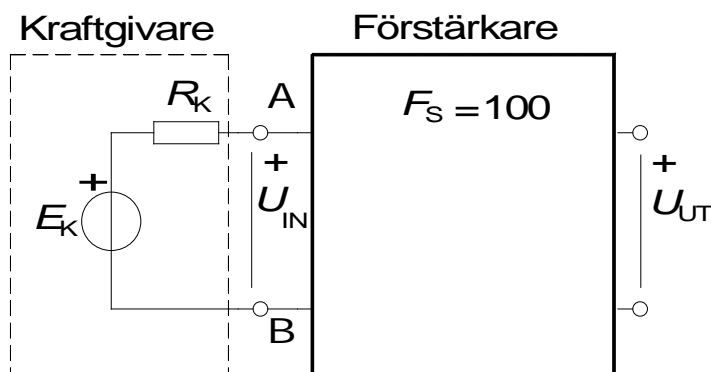
I en utrustning har man en kraftgivare som ger utsignalen 45 mV vid fullt belastning (100 N). För att skaffa sig en elektrisk modell (tvåpolsekvivalent) av givaren gör man följande mätningar:

- 1) Man mäter utspänningen  $U_{AB}$  med en "bra" voltmeter dvs en mycket höghögmig voltmeter och får värdet 45 mV.
- 2) Man ansluter ett motstånd på 10 k $\Omega$  mellan A och B och gör om mätningen.  $U_{AB}$  blir nu 40 mV.



a) Bestäm  $E_K$  och  $R_K$  i modellen för givaren.

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



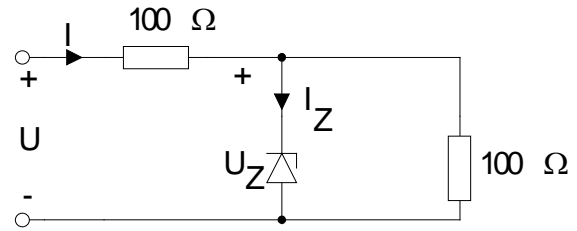
b) Rita in  $R_{IN}$  i förstärkarblocket . Vad blir utsignalen från förstärkaren  $U_{UT}$  om givaren har sitt maximala belastning (100N)?

**Uppgift: 4(1)**

Zenerdioden är ideal och har zener-spänningen  $E_Z=3,6V$ .

a) Hur stora är  $I_Z$  och  $U_Z$  om  $U$  är 3V?

Svar:

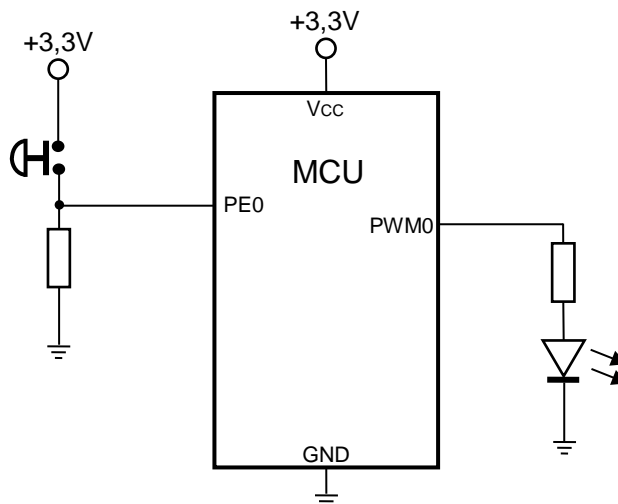


b) Hur stora är  $I_Z$  och  $U_Z$  om  $U$  är 8V?

Svar:

**Uppgift: 5(2)**

En mikroprocessor styr en konstig LED-ficklampa så att den lyser olika starkt beroende på hur man trycker på en knapp. Ljusintensiteten styrs med PWM. Hårdvaran ser ut som nedan.



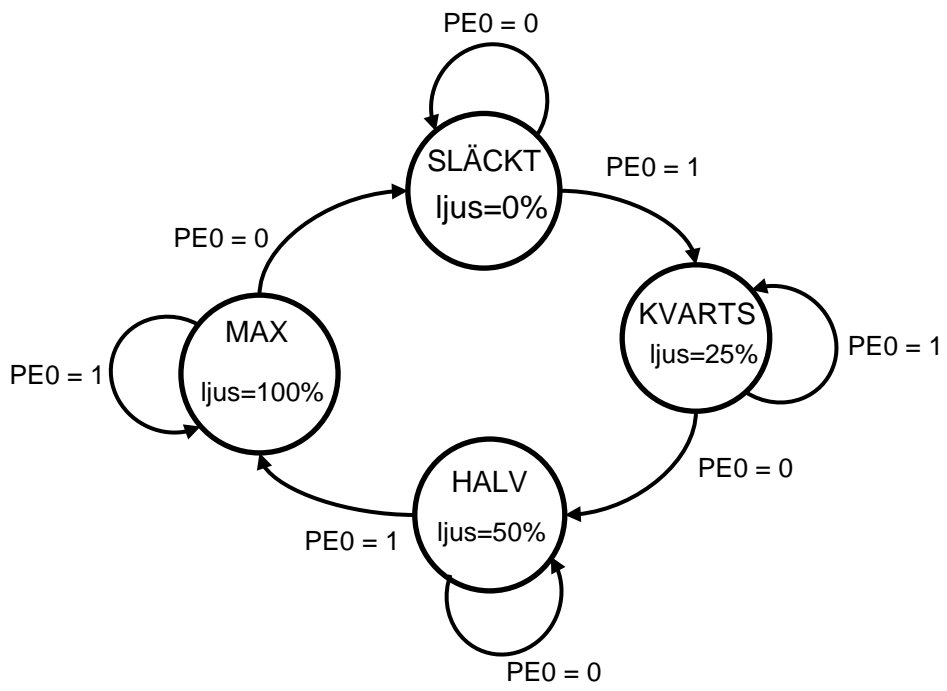
Tillståndsdigrammet nedan beskriver programmets funktion.

Trycker man in knappen tänds lysdioden med ljusintensiteten 25%.

Släpper man sen knappen ökas ljuset till 50%.

En ny tryckning ökar till 100% och släpper man därefter knappen släcks lysdioden (0%) och sekvensen kan börja om.

Frågedel



Skriv ett program som implementerar tillståndsdigrammet i programskelettet nedan.

```
#include "mik.h"

int main(void)
{
    int state, ljus, knapp;

    init_mik();
    init_pin( pe0, "in" );

    state = 0;
    ljus = 0;

    while( 1 )
    {

    }
}
```

**Uppgift: 6(2)**

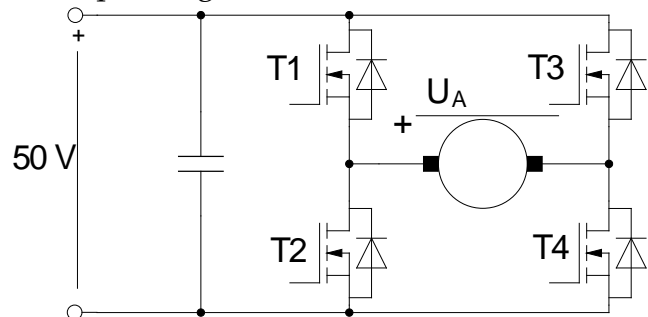
En permanentmagnetiserad likströmsmotor matas från ett switchat matningsdon enligt figuren. Transistorerna arbetar med en switchfrekvens på 20 kHz. Transistorernas bottenström (jmf  $R_{DS(on)}$ ) och diodens framspänningsfall får anses vara försumbara.

Motorn har bl a följande data:

$$R_A = 0,7 \Omega$$

$$L_A = 1,7 \text{ mH}$$

$$K_2\Phi = 0,2 \text{ Nm / A}$$



a) Hur lång tid skall T1 vara bottnad respektive strypt i varje period för att medelvärdet  $U_A$  på motorspänningen skall bli 30 V? T4 är nu bottnad. T2 och T3 är strypta.

b) Beräkna tomgångsvarvtalet då transistorerna är styrda enligt a).

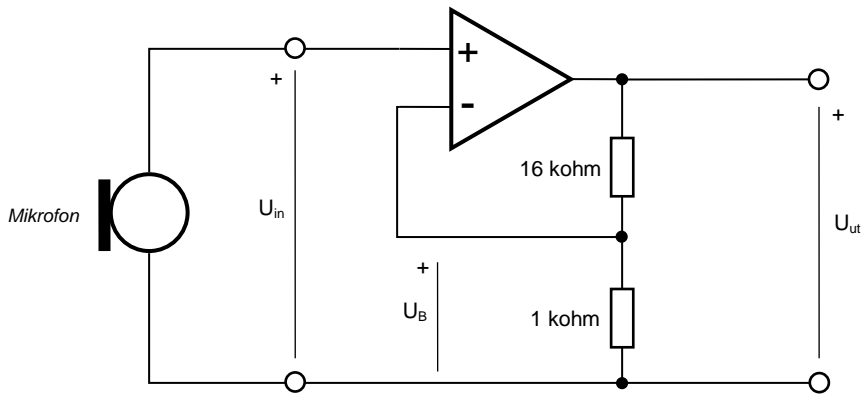
c) Motorn belastas och ankarströmmen  $I_A$  uppmäts till 10A och transistorerna är styrda enligt a). Beräkna tillförd elektrisk effekt.

d) Beräkna varvtalet.



**Uppgift: 7(2)**

I en karaokemaskin finns en mikrofonförstärkare med fix förstärkning.

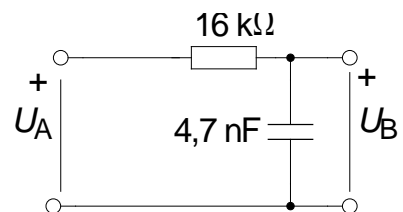


a) Hur stor är signalförstärkningen  $F_S = U_{ut}/U_{in}$ ?

b) Bert vrålar "Främling" i mikrofonen så att den alstrar en spänning med momentanvärdet 60 mV.  
Beräkna värdet av  $U_{ut}$  vid denna inspänning om operationsförstärkaren matas med  $\pm 5$  V och i övrigt är ideal.

c) I ett försök att få sången att låta bättre ansluter man denna krets på förstärkarens utgång. Tanken är att höga frekvenser (toner) ska dämpas.

Tag fram uttrycket för  $U_B / U_A$ . Beräkna  $U_B / U_A$  och fasvinkeln mellan dem vid 2500 Hz.

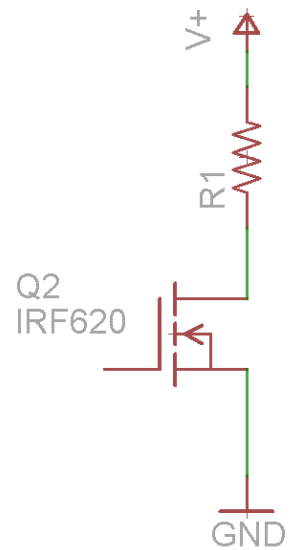


**Uppgift: 8(2)**

En resistiv last på  $6\ \Omega$  som skall utveckla  $54\ W$  drivs med hjälp av en transistor av typen IRF620, se vidstående figur.

Omgivningstemperaturen är  $40^\circ\ C$ .

a) Vilken minimala spänning måste läggas på gatepinnen för att transistorn skall kunna sänka strömmen till jord. Välj lämplig gatespänning.



b) Beräkna förlusteffekt i transistorn.

c) Välj termisk resistans på kylflänsen för att chippets temperatur ej skall överstiga  $120^\circ$ ?



**IRF620, SiHF620**

Vishay Siliconix

**Power MOSFET**

PRODUCT SUMMARY	
V <sub>DS</sub> (V)	200
R <sub>DS(on)</sub> (Ω)	V <sub>GS</sub> = 10 V 0.80
Q <sub>g</sub> (Max.) (nC)	14
Q <sub>gs</sub> (nC)	3.0
Q <sub>gd</sub> (nC)	7.9
Configuration	Single

**FEATURES**

- Dynamic dV/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC



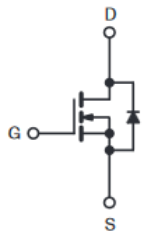
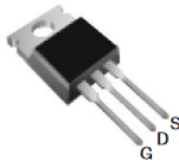
Available  
**RoHS\***  
COMPLIANT

**DESCRIPTION**

Third generation Power MOSFETs from Vishay provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220AB package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 W. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220AB contribute to its wide acceptance throughout the industry.

TO-220AB



N-Channel MOSFET

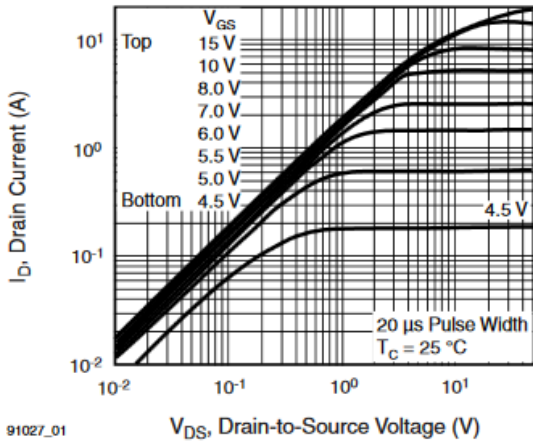
ORDERING INFORMATION	
Package	TO-220AB
Lead (Pb)-free	IRF620PbF SiHF620-E3
SnPb	IRF620 SiHF620

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T <sub>C</sub> = 25 °C, unless otherwise noted)			
PARAMETER	SYMBOL	LIMIT	UNIT
Drain-Source Voltage	V <sub>DS</sub>	200	V
Gate-Source Voltage	V <sub>GS</sub>	± 20	

THERMAL RESISTANCE RATINGS				
PARAMETER	SYMBOL	TYP.	MAX.	UNIT
Maximum Junction-to-Ambient	R <sub>thJA</sub>	-	62	°C/W
Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	R <sub>thCS</sub>	0.50	-	
Maximum Junction-to-Case (Drain)	R <sub>thJC</sub>	-	2.5	

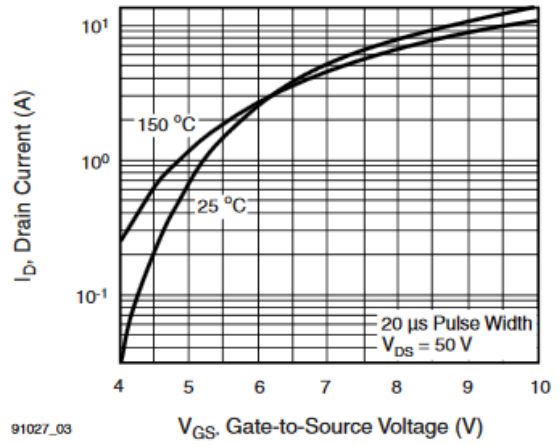
SPECIFICATIONS (T <sub>J</sub> = 25 °C, unless otherwise noted)						
PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
<b>Static</b>						
Drain-Source Breakdown Voltage	V <sub>DS</sub>	V <sub>GS</sub> = 0 V, I <sub>D</sub> = 250 μA	200	-	-	V
V <sub>DS</sub> Temperature Coefficient	ΔV <sub>DS</sub> /T <sub>J</sub>	Reference to 25 °C, I <sub>D</sub> = 1 mA	-	0.29	-	V/°C
Gate-Source Threshold Voltage	V <sub>GS(th)</sub>	V <sub>DS</sub> = V <sub>GS</sub> , I <sub>D</sub> = 250 μA	2.0	-	4.0	V
Gate-Source Leakage	I <sub>GSS</sub>	V <sub>GS</sub> = ± 20 V	-	-	± 100	nA
Zero Gate Voltage Drain Current	I <sub>DSS</sub>	V <sub>DS</sub> = 200 V, V <sub>GS</sub> = 0 V	-	-	25	μA
		V <sub>DS</sub> = 160 V, V <sub>GS</sub> = 0 V, T <sub>J</sub> = 125 °C	-	-	250	
Drain-Source On-State Resistance	R <sub>DS(on)</sub>	V <sub>GS</sub> = 10 V I <sub>D</sub> = 3.1 A <sup>b</sup>	-	-	0.80	Ω
Forward Transconductance	g <sub>fs</sub>	V <sub>DS</sub> = 50 V, I <sub>D</sub> = 3.1 A	1.5	-	-	S

**TYPICAL CHARACTERISTICS** (25 °C, unless otherwise noted)



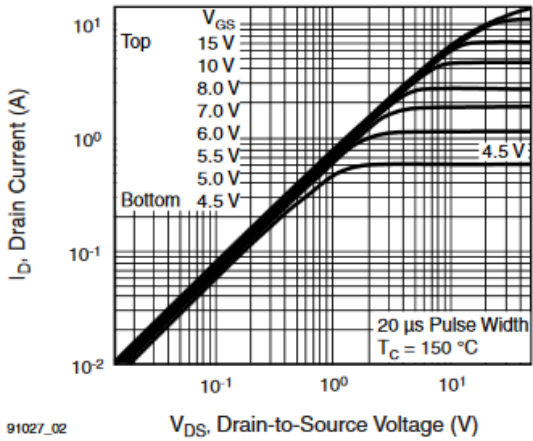
91027\_01

**Fig. 1 - Typical Output Characteristics,  $T_C = 25\text{ °C}$**



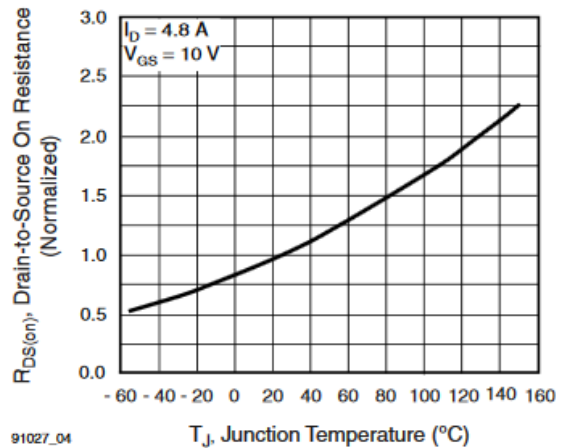
91027\_03

**Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics**



91027\_02

**Fig. 2 - Typical Output Characteristics,  $T_C = 150\text{ °C}$**



91027\_04

**Fig. 4 - Normalized On-Resistance vs. Temperature**

SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK Elektroteknik för MEDIA och CL,  
MF1035 2017-06-01

**Uppgift: 1(2)**

$$\text{a) } (R_3 + R_4) // R_5 = 25\Omega$$

$$R_2 = 25\Omega$$

$$R_2 + ((R_3 + R_4) // R_5) = 50\Omega$$

$$I_{R_2} = 20V / 50\Omega = 0,4A$$

b) Spänningen över  $R_2$  blir  $0,4A \cdot 25\Omega = 10V$  och  $U = U_{R_5} + U_{R_2} \Rightarrow 20V = U_{R_5} + 10V$  ger  
i sin tur  $I_{R_5} = U_{R_5} / 50\Omega = 0,2A$  och  $P_{R_5} = 0,2A \cdot U_{R_5} = 2W$

c) Strömmen genom  $R_4$  är skillnaden av strömmen genom  $R_2$  och  $R_5$ .

$$I_{R_4} = 0,4A - 0,2A = 0,2A \text{ och spänningen över } R_4 \text{ blir}$$

$$U_{R_4} = I_{R_4} \cdot R_4 = 0,2A \cdot 25\Omega = 5V$$

d) Totala strömmen blir strömmen genom  $R_1$  plus strömmen genom  $R_2$ .

$$I_{R_1} = 20V / 50\Omega = 0,4A \text{ ger } I = 0,4A + 0,4A = 0,8A. P = U \cdot I = 20V \cdot 0,8A = 16W$$

**Uppgift: 2(2)**

Enfaslaster  $P = UI \cos \varphi$

a) Värmeelement:  $800 = 230 \cdot I_V$ ,  $I_V = 3,48 A$

b) Pumpens effektfaktor kan beräknas ur effektformeln ovan.  $250 = 230 \cdot 1,43 \cos \varphi$   
vilket ger  $\cos \varphi = 0,76$  och  $\varphi = 40,5^\circ$

c) Eftersom det är en parallellkrets är spänningen gemensam. Värmeelement är som resistanser och därför ligger ström och spänning i fas. Värmeelementet har därför bara en aktiv strömkomponent. Motorer är induktiva och därför ligger pumpströmmen efter spänningen. Pumpströmmen har en aktiv komponent och en reaktiv komponent. Strömmarna adderas enligt vektordiagrammet.

$$\bar{I}_{TOT} = \bar{I}_V + \bar{I}_{Pump}, I_{TOT} = \sqrt{(I_V + I_{Pump,p})^2 + (I_{Pump,q})^2} = \sqrt{20,8557 + 0,8640} = 4,66A$$

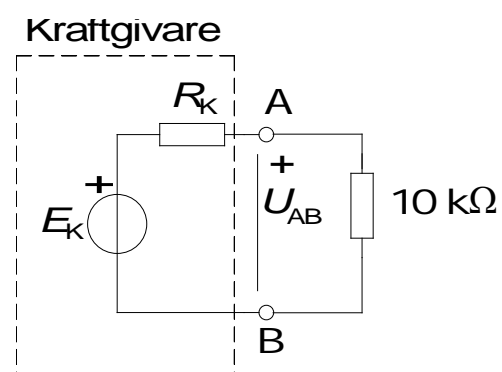
Där  $I_{Pump,p} = 1,43A \cdot 0,76$  och  $I_{Pump,q} = 1,43A \cdot \sin(40,5^\circ)$

$$\text{d) } \tan(\varphi_{tot}) = \frac{I_{Pump,q}}{I_V + I_{Pump,p}} = \text{ger } \varphi_{tot} = 11^\circ$$

**Uppgift: 3(2)**

a) Höghögig voltmeter ger  $E_K = 45 \text{ mV}$  (ingen ström ut ur givaren).

Svaren

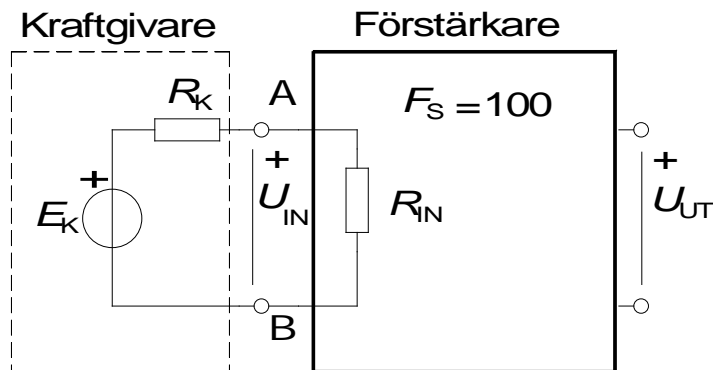


Spänningsdelning ger

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

$$40 = 45 \frac{10k}{R_K + 10k} \text{ som ger } R_K = 1,25 \text{ k}\Omega.$$

b)  $R_{IN}$  har samma värde som det motstånd vi hade då givarens modell (tvåpol) togs fram varför  $U_{IN} = 40 \text{ mV}$  och  $U_{UT} = 100 * 0,04 = 4 \text{ V}$ .



**Uppgift: 4(1)**

Zenerdioden leder inte om  $U_Z < 3,6 \text{ V}$ , och så länge  $I_Z = 0$  är  $U_Z = U/2$ . I det första fallet är

alltså  $I_Z = 0$  och  $U_Z = 1,5 \text{ V}$ .

När  $U = 8 \text{ V}$  leder zenerdioden, dvs  $U_Z = 3,6 \text{ V}$ . Spänningen över det övre motståndet blir då  $4,4 \text{ V}$ . Alltså  $I = 4,4/100 = 0,044 = 44 \text{ mA}$ . Strömmen genom det högra motståndet blir  $3,6/100 = 36 \text{ mA}$  och vi får  $I_Z = 44 - 36 = 8 \text{ mA}$ .

**Uppgift: 5(2)**

```
#include "mik.h"

int main(void)
{
    int state, ljus, knapp;

    init_mik();
    init_pin( pe0, "in" );

    state = 0;
    ljus = 0;

    while( 1 )
    {
        PWM0( ljus );
        knapp = GET_BIT(pe0);

        switch ( state )
        {
            case 0 : // SLÄCKT
                if ( knapp == 1 )
                {
                    ljus = 25;
                }
            }
        }
    }
}
```

Svaren

```

        state = 1;
    }
    break;

    case 1 :           // KVARTS
        if ( knapp == 0 )
        {
            ljus = 50;
            state = 2;
        }
        break;

    case 2 :           // HALV
        if ( knapp == 1 )
        {
            ljus = 100;
            state = 3;
        }
        break;

    case 3 :           // MAX
        if ( knapp == 0 )
        {
            ljus = 0;
            state = 0;
        }
        break;
    }
}
}
}

```

### Uppgift: 6(2)

a) Periodtiden  $T = 1/20000 \text{ s} = 50 \mu\text{s}$

För att erhålla ett medelvärde på 30 V måste 50 V kopplas in  
 $100\% \cdot 30/50 = 60\%$  av tiden (duty cycle).

Transistorn skall vara bottenad i  $0,6 \cdot 50 \mu\text{s} = 30 \mu\text{s}$  och strypt i  
 $50 \mu\text{s} - 30 \mu\text{s} = 20 \mu\text{s}$

b) I tomgång blir  $U_A = E = 30 \text{ V}$

$$E = K_2 \Phi \cdot \omega \Rightarrow \omega = 30/0,2 = 150 \text{ rad/s} \Rightarrow n = 1430 \text{ varv/minut}$$

c)  $P_{el} = 30 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 300 \text{ W}$

d)  $E = U_A - R_A \cdot I_A = 23 \text{ V}$

$$E = K_2 \Phi \cdot \omega \Rightarrow \omega = 23/0,2 = 115 \text{ rad/s} \Rightarrow n = 1100 \text{ varv/minut}$$

### Uppgift: 7(2)

a) Ideal operationsförstärkare ger:  $U_A - U_B = 0 \Rightarrow U_B = U_{in}$  samt  $R_{in} = \infty \Rightarrow I_- = 0$

Svaren

Det blir samma ström (seriekoppling) genom 16kohm och 1 kohm motstånd. Den strömmen kan tecknas på två sätt se nedan:

$$\Rightarrow I = \frac{U_{ut}}{R_{\hat{A}} + R_F} = \frac{U_{in}}{R_F} \Rightarrow \frac{U_{ut}}{U_{in}} = \frac{R_{\hat{A}} + R_F}{R_F} = 1 + \frac{R_{\hat{A}}}{R_F} = 1 + \frac{16k\Omega}{1k\Omega} = 17 \text{ ggr}$$

b) Utspänningen blir:  $U_{ut} = U_{in} \left( 1 + \frac{R_{\hat{A}}}{R_F} \right) = 0,06V \left( 1 + \frac{16k}{1k} \right) = 1,02V$

c) Spänningsdelning ger  $\underline{U_B} = \underline{U_A} \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R} = \underline{U_A} \frac{1}{1 + j\omega RC}$

$$\left| \frac{\underline{U_B}}{\underline{U_A}} \right| = \left| \frac{1}{1 + j\omega RC} \right| = \left| \frac{1}{\sqrt{1^2 + (2\pi 2500 \cdot 16 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9})^2}} \right| = 0,646$$

$$\arg(\underline{U_B}) - \arg(\underline{U_A}) = 0 - a \tan(2\pi 2500 \cdot 16 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}) = -49,7^\circ$$

### Uppgift: 8(2)

a) Då lasten på 6  $\Omega$  är inkopplad skall lasten utveckla 96 W. Detta betyder att strömmen igenom transistorn blir  $I_D = \sqrt{54W / 6\Omega} = 3A$ . Ur diagram 3 läses ut att  $V_{GS}$  måste vara ca: 6,2 V, här väljs  $V_{GS} = 7V$ .

b) Förlusteffekten i transistorn blir  $P_f = U_{DS} \cdot I_D = 5V \cdot 3A = 15W$  Använder här diagram 2 då det är högst rimligt att temperaturen på kapsel (Case) blir betydligt större än 25°C.

c) Omgivningstemperaturen är 40°C och den tillåtna temperaturen är 120°C blir tillåten temperaturhöjning 80°C.

$80^\circ C = (R_{\Theta CA} + R_{\Theta JC}) \cdot 15W$  där  $R_{\Theta JC} = 2,5 K/W$  ger  $R_{\Theta CA} = 2,8 K/W$  (1° C = 1K relativt sett), vi har lite termisk resistans mellan transistorn och kylflänsen.

Ur detta kan slutsatsen dras att denna transistor ej lämpade sig så bra till denna applikation välj gärna en med lägre  $R_{DSon}$ .