

ELEKTROTEKNIK  
MASKINKONSTRUKTION  
KTH

## TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik för MEDIA och CL, MF1035

21/8-2017 13.00-17.00

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 17.00

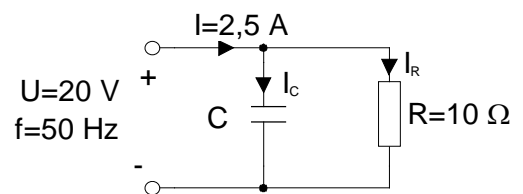
**Uppgift: 1(1)**

Du befinner dig på ISS och ett viktigt motstånd, på  $17\ \Omega$ , i det livsuppehållande systemet har brunnit upp.

Du har dock tre andra motstånd till förfogande:  $R_1=6,8\ \Omega$ ,  $R_2=12\ \Omega$  och  $R_3=68\ \Omega$ . Rita nedan hur dessa bör kopplas ihop, så att den totala resistansen blir så nära  $17\ \Omega$  som möjligt.

**Uppgift: 2(2)**

a) Beräkna strömmen  $I_C$  genom kondensatorn.



b) Beräkna kondensatorns kapacitans.

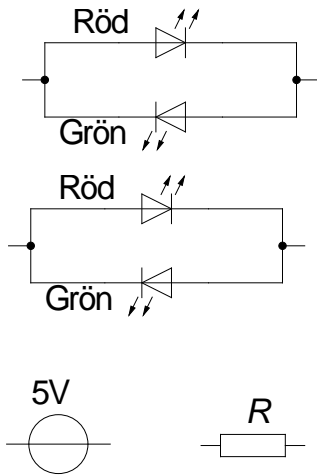
c) Beräkna kretsens impedans.

d) Beräkna effektutvecklingen i kretsen

**Uppgift: 3(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 ser 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	$I_F = 20 \text{ mA}$	/	2.0	2.4	V
	SYG/S530		/	2.0	2.4	
Reverse Current	SDR/S530	$V_R = 5 \text{ V}$	/	/	10	$\mu\text{A}$
	SYG/S530		/	/	10	
Luminous Intensity	SDR/S530	$I_F = 20 \text{ mA}$	10	20	/	mcd
	SYG/S530		4.0	12.5	/	
Viewing Angle		$2\theta_{1/2}$	/	50	/	deg
Peak Wavelength	SDR/S530	$I_F = 20 \text{ mA}$	/	650	/	nm
	SYG/S530		/	575	/	
Dominant Wavelength	SDR/S530	$I_F = 20 \text{ mA}$	/	639	/	nm
	SYG/S530		/	573	/	
Spectrum Radiation Bandwidth	SDR/S530	$I_F = 20 \text{ mA}$	/	20	/	nm
	SYG/S530		/	20	/	

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

**Uppgift: 4(2)**

En permanentmagnetiserad likströmsmotor matas från ett switchat matningsdon enligt figuren. Transistorerna arbetar med en pulsfrekvens på 20 kHz. Transistorernas bottenspänning (spänningsfall vid helt ledande) och diodens framspänningsfall får anses vara försumbara.

Motorn har bl a följande data:

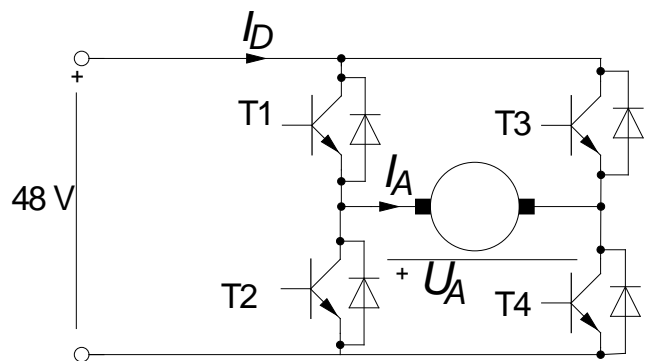
$R_A = 0,7 \Omega$

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

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

Motorn roterar med 1146 varv per minut (120 rad/s) och är belastad med mekaniska effekten 240 W.

a) Beräkna  $I_A$  och  $U_A$ .

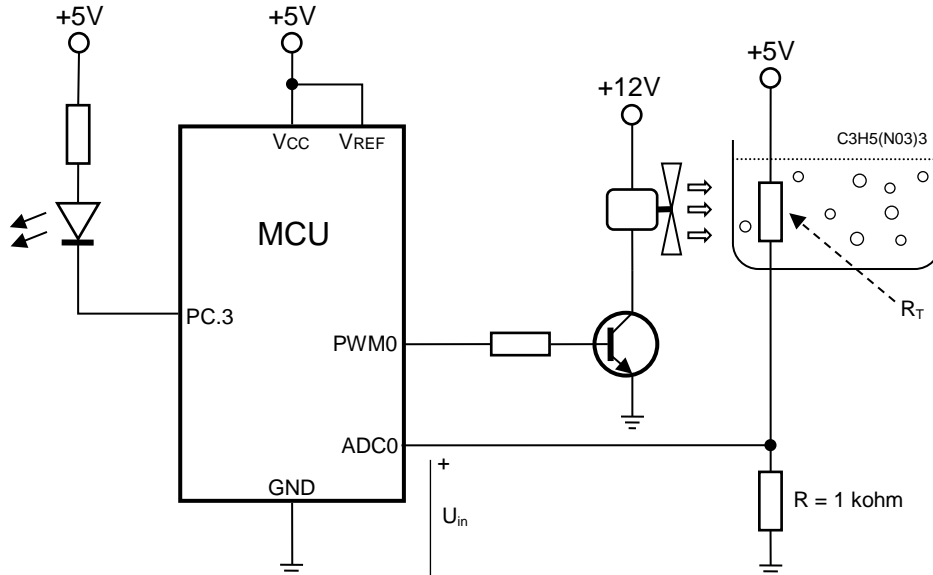


b) Beräkna  $I_D$ .

c) Hur skall transistorerna styras för driva motorn enligt ovanstående.

**Uppgift: 5(2)**

En viss värmealstrande kemisk reaktion ger bäst utbyte då den kyls till ca 17 °C. En varvtalsstyrd fläkt kyler reaktionsbehållaren och en termistor nedsänkt i lösningen mäter dess temperatur.



Resistansen hos termistorn  $R_T$  varierar med temperaturen och vid 16 °C uppmäts den till 542 ohm och vid 18 °C blir den 135 ohm.

- a) Beräkna spänningen  $U_{in}$  för de två fall då lösningens temperatur är 16 °C respektive 18 °C. (AD-omvandlarens ingång ADC0 kan antas vara mycket höghög.)

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

- b) Beräkna AD-omvandlarens numeriska utvärdet (heltal) som motsvarar de två värden på  $U_{in}$  som beräknades i a).

Uppgiften fortsätter

Frågedel

För enkelhets skull varieras fläktens varvtal i tre steg, beroende på temperaturen  $T$ , på följande sätt:

$T \leq 16 \text{ }^\circ\text{C}$	=> fläkten stannas (varvtalet är 0%)
$16 \text{ }^\circ\text{C} < T < 18 \text{ }^\circ\text{C}$	=> fläkten går med halvfart (varvtalet är 50%)
$T \geq 18 \text{ }^\circ\text{C}$	=> fläkten går med maxfart (varvtalet är 100%)

Värdet på  $R_T$  vid dessa temperaturer är  $R_T(16) = 542 \text{ ohm}$  och  $R_T(18) = 135 \text{ ohm}$ .

- c) Skriv in C-kod nedan som styr fläktens varvtal som en funktion av temperaturen. Använd GET\_AD för att läsa in temperaturen och PWM0 för att styra fläktens varvtal. (Tips: Det behövs inte fler än fem programrader för detta.)

```
int main(void)
{
```

```
    int x;
```

```
    while (1)
    {
```

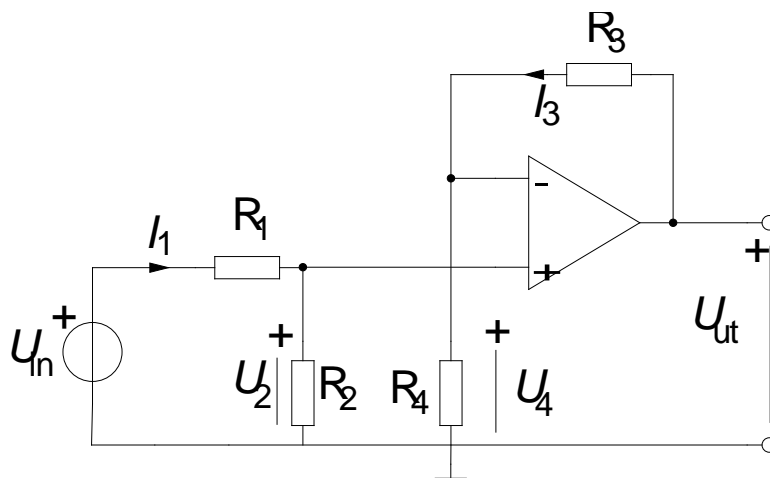
```
    }
```

- d) För säkerhets skull vill man att en lysdiod kopplad till mikrokontrollerns pinne PC.3 ska tändas om  $T \geq 18 \text{ }^\circ\text{C}$  och släckas annars. Använd lämpliga funktioner för att styra lysdioden och skriv ett koduttryck nedan som gör detta. (Portpinnen har tidigare definierats som utgång, så det behöver du inte göra.)

**Uppgift: 6(2)**

Operationsförstärkarkopplingen har följande komponentvärden.

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 50 \text{ k}\Omega \quad R_4 = 2 \text{ k}\Omega$$



Signalen är.  $U_{in} = 11 \text{ mV}$

a) Beräkna  $I_1$ .

b) Beräkna  $U_4$ .

c) Beräkna  $I_3$ .

d) Beräkna  $U_{ut}$ .

**Uppgift: 7(1)**

Till en elcykel behövs ett batteri med 24V nominell spänning. Ett batteri till cykeln skall byggas genom att koppla ihop ett stort antal småbatterier, AA. Dessa batterier är märkta 2 Ah samt 1,2V. Elmotorn (inklusive matningsdon) drar maximalt 10 A från batteriet.

a) Hur många batterier behövs åtminstone och hur ska de kopplas?

b) Beräkna hur lång tid cykeln kan köras med full fart (maximal ström).

c) Hur många batterier behövs sammanlagt om man vill köra i minst 1 timme med full effekt och hur skall dessa kopplas?

Efter inköp av småbatterier mäts spänningen på ett batteri i tomgång till 1,32V. Det belastas och dess ekvivalenta inre resistans uppskattas till  $R_k = 0,14\Omega$ . Batteriet vägs på brevvåg till 25g. Alla batterier antas vara identiska.

d) Beräkna det kompletta cykelbatteriets polspänning vid maximal ström. Batteriet är uppbyggt enligt c)



**Uppgift: 8(2)**

Ett värmeelement, som kan ses som en resistiv last, styrs på och av via en FET-transistor av typen IRFZ44N. Styrsignalen till transistorn är antingen 0,4 V eller 5 V.

Värmeelementet har en märkeffekt på 200W. Matningsspänningen är 15V till värmeelementet. Resistansen i värmeelementet mäts upp till 0,72 Ohm.

Omgivningstemperaturen mäts till 25° C.

Datablad för transistorn finns på följande sidor sida.

a) Gör ett kopplingschema för systemet.

b) Vilken ström  $I_D$  flyter igenom transistorn vid 5V styrsignal?

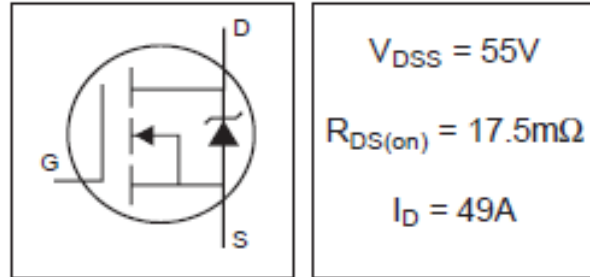
c) Vilken temperatur får chippet (index j) i transistorn om ingen kylfläns finns monterad?

d) Vilken termisk resistans behöver en kylfläns ha för att maxtemperaturen på chippet (j) skall bli 150 grader? Transistorn är monterad direkt på kylflänsen.

# IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

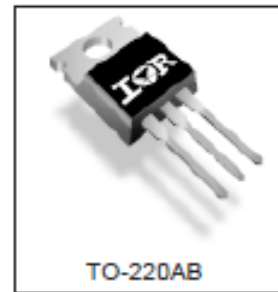
- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



## Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

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



## Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	49	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	35	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	180	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	94	W
	Linear Derating Factor	0.63	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$I_{AR}$	Avalanche Current ①	25	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ①	9.4	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	5.0	V/ns
$T_J$	Operating Junction and	-55 to + 175	°C
$T_{STG}$	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case )	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf-in (1.1N-m)	

## Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.5	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

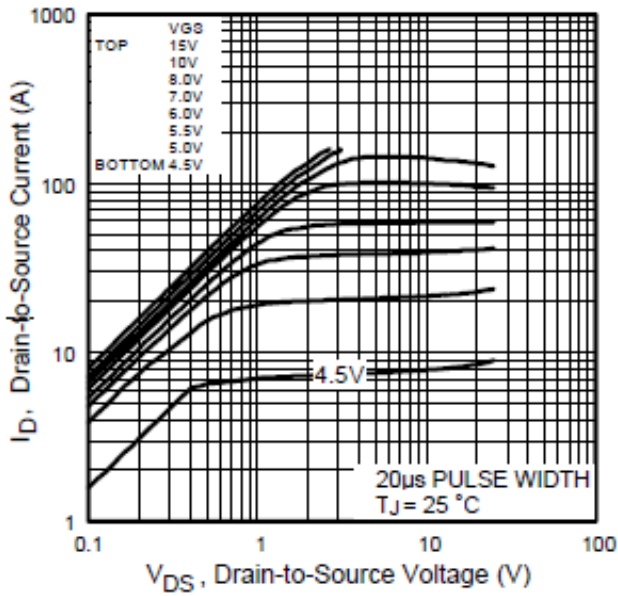


Fig 1. Typical Output Characteristics

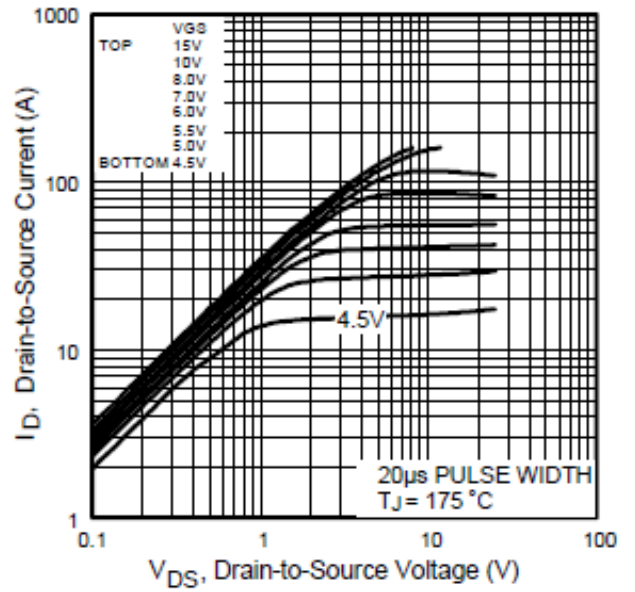


Fig 2. Typical Output Characteristics

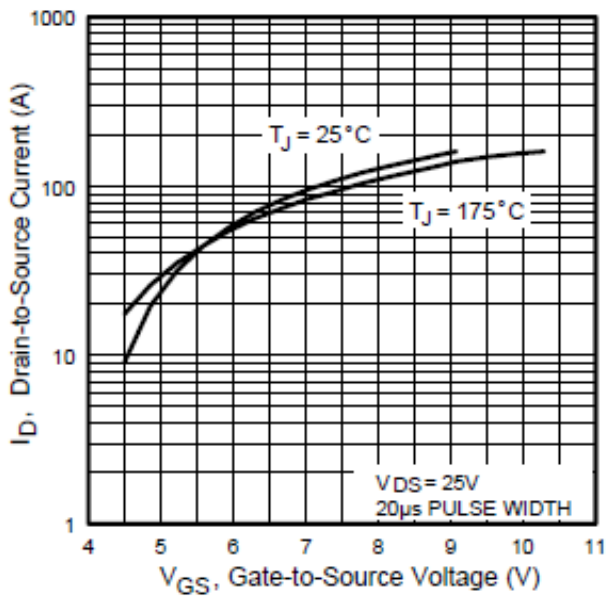


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

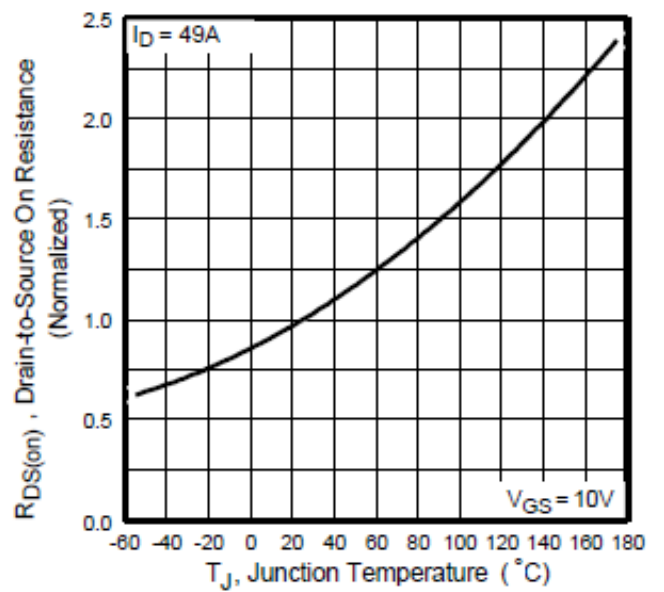


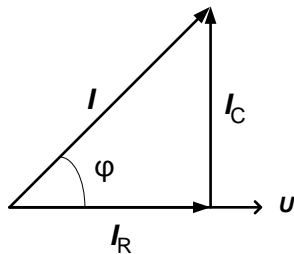
Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK Elektroteknik för MEDIA och CL,  
MF1035 21/8-2017

**Uppgift: 1(1)**

$$R_{tot} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = 6,8 + \frac{12 \cdot 68}{12 + 68} = 17\Omega$$

**Uppgift: 2(2)**



a)  $I_R = \frac{20}{10} = 2A$  och alltså  $I_C = \sqrt{2,5^2 - 2^2} = 1,5 A$

b)  $U = \frac{1}{\omega C} \cdot I_C$  ger  $C = \frac{I_C}{\omega U} = \frac{1,5}{2\pi \cdot 50 \cdot 20} = 238 \mu F$

c)  $U = Z \cdot I$  ger  $Z = \frac{20V}{2,5A} = 8\Omega$

d)  $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = U \cdot I_R = 20V \cdot 2A = 40W$

**Uppgift: 3(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.)

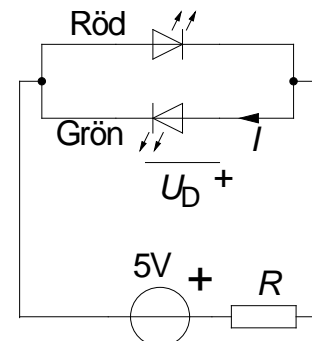
d) Kirchhoffs spänningslag ger:

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

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

Effektutvecklingen i resistorn:

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



Svaren

**Uppgift: 4(2)**

a) Vid  $M = 240W / (120rad / s) = 2 Nm$  blir  $I_A = 2/0,2 = 10 A$

$$E = K_2 \Phi \cdot \omega = 24V \text{ om } \omega = 120 \text{ rad/s}$$

$$U_A = R_A I_A + E = 0,7 \cdot 10 + 24 = 31V$$

b) Effekten från mellanledet tillförs motorn (förluster i transistorer och dioder små i sammanhanget)

$$U_A I_A = 48V \cdot I_D \text{ ger } I_D = 6,5A$$

T ex skall T2 och T3 vara strypta och T4 bottnad. T1 styrs med PWM så att T1 är bottnad under  $31/48 = 0,65 = 65\%$  av periodtiden T samt strypt under resten av perioden. T är  $1/20000 s = 50\mu s$

**Uppgift: 5(2)**

a)

$$U_{in} = U \frac{R}{R + R_T} \Rightarrow U_{in}(16) = 5 \cdot \frac{1000}{1000 + 542} = \underline{3,24V}$$

$$U_{in}(18) = 5 \cdot \frac{1000}{1000 + 135} = \underline{4,40V}$$

b)

$$x = \frac{U_{in}}{V_{REF}} \cdot (2^n - 1) \Rightarrow x(16) = \frac{3,24}{5} \cdot (2^{10} - 1) = 663,4 = \underline{663}$$

$$x(18) = \frac{4,40}{5} \cdot (2^{10} - 1) = 901,3 = 901$$

c)

```
int main(void)
{

int x;

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

    if (x <= 663) PWM0(0)           // Uin=3,24V => 663
    else
        if (x >= 901) PWM0(100)    // Uin=4,40V => 901
        else PWM0(50);
}
```

```
d) if (x >= 901) CLR_BIT(pc, 3)
    else SET_BIT(pc, 3);
```

**Uppgift: 6(2)**

a) Strömmen in i + ingången på OP är noll (oändlig inimpedans).

$$I_1 = \frac{U_{in}}{R_1 + R_2} = 1\mu A$$

b) Kirchoffs spänningslag:  $U_2 - 0 - U_4 = 0$  (spänningen mellan + och - ingången = 0, ty oändlig råförstärkning).  $U_4 = U_2 = R_2 \cdot I_1 = 10k\Omega \cdot 1\mu A = 10mV$

c) Samma ström  $I_3$  genom  $R_3$  och  $R_4$  då ingen ström går in i - ingången på OP.

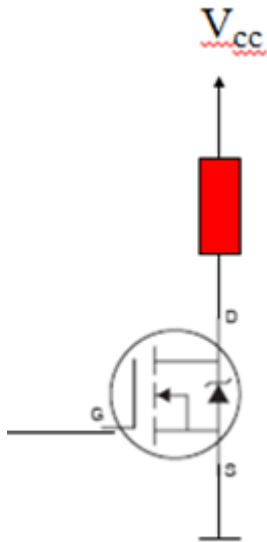
$$I_3 = \frac{U_4}{R_4} = 5\mu A$$

d) Kirchoffs spänningslag:  $U_{ut} - R_3 \cdot I_3 - U_4 = 0$  ger  $U_{ut} = 50k\Omega \cdot 5\mu A + 10mV = 260mV$

**Uppgift: 7(1)**

- a) För att få 24V kan  $24/1,2 = 20$  st småbatterier seriekopplas till ett batteripaket.
- b) Om batteriet laddas ur fullständigt (SOC = 0%) blir tiden  $t=2Ah/10A = 0,2h$  eller 12 minuter.
- c) Ett paket räcker 12 minuter, det behövs 5 paket för att komma upp till 60 minuter. Dessa skall såklart vara parallellkopplade eftersom det fortfarande skall vara 24 V. Då blir strömmen genom varje batteri 5 ggr lägre och batteriet räcker 5 ggr längre.
- d) Strömmen genom ett batteri blir  $10A/5 = 2A$  och spänningen blir  
 $U_{cell} = 1,32V - 0,14\Omega \cdot 2A = 1,04V$  Seriekoppling av 20 st ger  $U = 1,04V \cdot 20 = 21V$ .

### Uppgift: 8(2)



- a)
- b)  $I_{D_{prel}} = \frac{15}{0,72} = 20,0 A$   
 Ur diagram 1 eller 2 utläses  
 $V_{DS} \approx 0,8 V$   
 Detta medför att  
 $R_{DS} \approx \frac{V_{DS}}{I_{D_{prel}}} = 0,04 \Omega$   
 $I_D = \frac{15}{0,72 + 0,04} = 19,74 A$
- c)  $T_j = P_D * R_{\theta jA} + T_a \Rightarrow T_j = 0,04 * 19,74^2 * 62 + 25 = 991^\circ$  Transistor brinner upp

$$\begin{aligned} \text{d) } T_j &= 0,04 * 19,74^2 * (1,5 + R_{\theta_{CA}}) + 25 \Rightarrow R_{CA} = \frac{T_j - 25 - P_D * R_{jC}}{P_D} \Rightarrow R_{CA} = \\ &= \frac{150 - 25 - 0,04 * 19,74^2 * 1,5}{0,04 * 19,74^2} = 6,5 \text{ K/W} \end{aligned}$$