

Inlämningstid	1
Kl:	

ELEKTROTEKNIK

MASKINKONSTRUKTION

KTH

## TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK MED SVAR

### Elektroteknik MF1016

2013-01-07

kl: 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, med valfri information.*

Lösningar läggs ut på hemsidan 18:00.

Tentamensresultatet anslås 2013-01-28

Efternamn, förnamn (texta)
Namnteckning
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.*

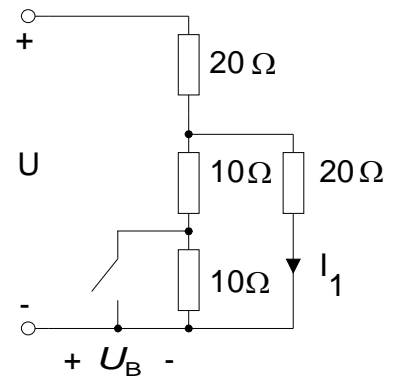
*Svar utan motivering ger poängavdrag. (Gäller ej flervals- och kryssfrågor).*

*Vid behov kan Du skriva på baksidan.*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Σ Poäng

- 1(2) Så länge strömbrytaren i figuren står i tilläge (sluten) är  $I_1=3\text{A}$ . Hur stor blir  $I_1$  om strömbrytaren slås ifrån (bryts)?  $U$  är oförändrad.



- 2(2) Strömbrytaren B i figuren har under lång tid varit i tilläge. Spänningskällan  $E$  ger en *likspänning*.

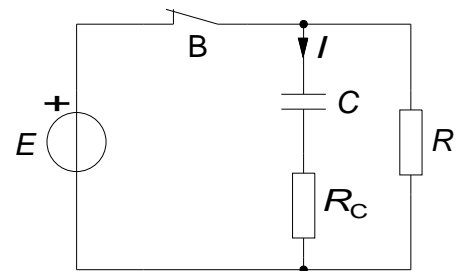
Utgå ifrån att

$$E = 10 \text{ V}$$

$$C = 1 \mu\text{F}$$

$$R = 20 \Omega$$

$$R_C = 900 \Omega$$



Beräkna

- Spänningen över motståndet  $R$
- Spänningen över kondensatorn  $C$

Antag att spänningskällan  $E$  istället ger en *växelspänning* med frekvensen 50 Hz och effektivvärdet 10 V.

- Beräkna spänningen över strömbrytaren B
- Beräkna Spänningen över kondensatorn  $C$

3(2) En gokart skall drivas med en likströmsmotor.

Energien tas från två seriekopplade blybatterier som vardera är märkta 12 V /70Ah och 250A (kortslutningsström).

Mellan likströmsmotorn och batteriet är ett matningsdon inkopplat som omvandlar batterispänningen till den spänning som matar motorn. Spänningen till motorn kan därför varieras kontinuerligt mellan -24V och 24V. Likströmsmotorn har nedanstående märkdata:

(2,5 hp) eller 1865 W, 24V, 97A, 5,9Nm, 16 kg

Gokarten har ett luftmotstånd och ett rullmotstånd enligt nedan:

$$F_{\text{luft}} = 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot v^2 \text{ och } F_{\text{rull}} = 18N$$

I denna uppgift gör vi det optimistiska antagandet att alla ingående komponenter i såväl transmission som eldistribution har verkningsgraden 100%. Rull samt luftmotstånd finns enligt ovan. Gokarten körs rakt fram på plan mark.

- Beräkna strömmen från de seriekopplade batterierna vid hastigheten 30 km/h.
- Beräkna den sträcka som gokarten kan köras på fulladdade batterier.

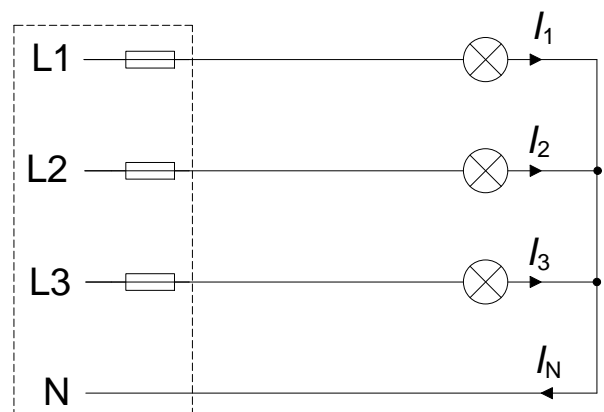
4(2)

I ett kurslaboratorium används ett trefassystem som av säkerhetsskäl har låg spänning.

Tre lampor, vardera med resistansen  $100\Omega$  utgör en Y-kopplad trefasbelastning enligt schemat. Trefassystemet har huvudspänningen 42 V.

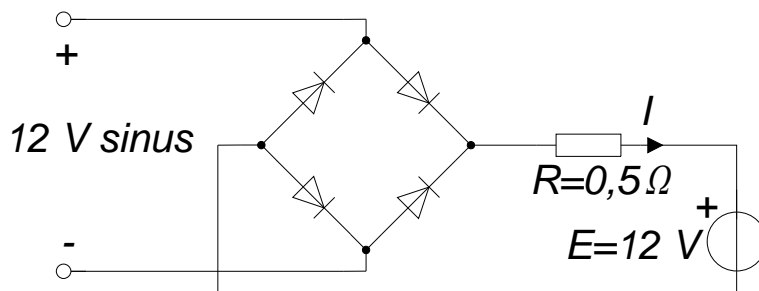
Från början är alla lampor urskruvade

Därefter skruvas en lamporna i en i taget och de tre linjeströmmarna mäts ( $I_1, I_2$  och  $I_3$ ) och returströmmen i nolledningen ( $I_N$ ). Beräkna det förväntade utfallet av ovanstående experiment genom att fylla i de beräknade strömmarna i nedanstående tabell.



Iskruvade lampor	$I_1$ [mA]	$I_2$ [mA]	$I_3$ [mA]	$I_N$ [mA]
lampa 1				
lampa 1 och 2				
lampa 1,2 och 3				

5(1) En bilägare tänker ladda ett 12 V bilbatteri med en krets enligt figuren. Batteriets emk antas vara 12 V. Serieresistansen är totalt  $0,5 \Omega$  (summan av batteriets inre resistans, ledningsresistansen och ett yttre seriemotstånd). Kretsen matas med 12 V sinusspänning med frekvensen 50 Hz. Bryggans dioder antas ha spänningsfallet  $0,7 \text{ V}$  vardera.



Beräkna toppvärdet hos laddningsströmmen  $I$ .

6(2) En likströmsmotor har bland annat följande data:

$$R_A = 18 \Omega$$

$$R_{th} = 35 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$\text{momentkonstant} = 12,4 \text{ mNm/A}$$

$$\text{maximalt tillåten lindningstemperatur} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Det får för enkelhets skull antas att  $R_A$  är oberoende av temperaturen.

- Beräkna temperaturstegringen i lindningen om motorn belastas så att strömmen blir  $0,323 \text{ A}$  kontinuerligt.
- Beräkna temperaturen i lindningen om motorn belastas med momentet  $4 \text{ mNm}$  kontinuerligt vid omgivningstemperaturen  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Beräkna den maximala förlusteffekt som kan utvecklas i motorn kontinuerligt vid omgivningstemperaturen  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Beräkna det maximala moment som motorn kan belastas med kontinuerligt vid omgivningstemperaturen  $45 \text{ }^\circ\text{C}$ .

7(2)

Strömbrytaren  $S$  har varit tillslagen en längre tid, och bryts vid tiden  $t = 0$ .

Följande data gäller:

$$E = 15 \text{ V}$$

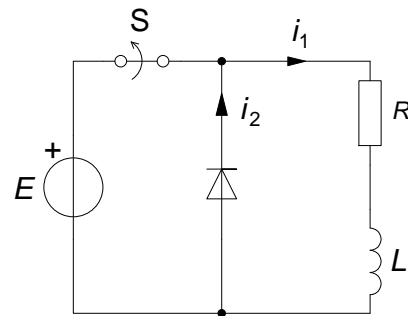
$$L = 1 \text{ H}$$

$$R = 5 \Omega$$

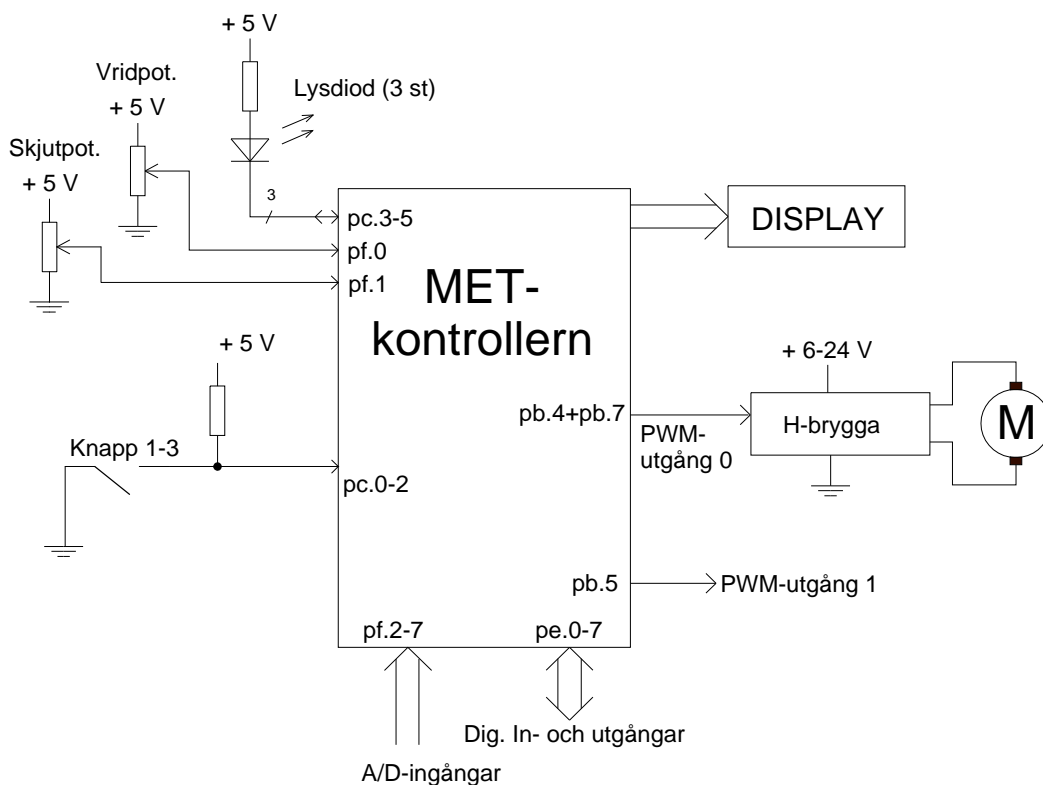
Diodens framspänningsfall kan försummas.

a) Beräkna strömmen  $i_1$  omedelbart efter tiden  $t = 0$ .

b) Beräkna strömmen  $i_2$  vid tiden  $t = 0,10 \text{ s}$ .



8(2)



Studera programmet **vridpot1.c**.

a) Vad skrivs på displayens rad 2 om vridpotentiometern är i sitt mittläge?

b) Du skall modifiera programmet så att även skjutpotentiometern avläses. Skriv ut vridpotentiometerns värde på rad 1 på displayen och skriv ut skjutpotentiometerns värde på rad 2 på displayen. När spänningsnivån på skjutpotentiometern överstiger 2.5 Volt skall den första lysdioden (ansluten till pc.3 se figuren ovan) tändas. När sedan spänningsnivån understiger 2.5 Volt skall lysdioden släckas.

Modifiera programmet nedan genom att lägga till stryka rader

```
#include "gnu_met3.h"
int ad_value_0; //Deklaration heltalsvariabeln ad_value_0

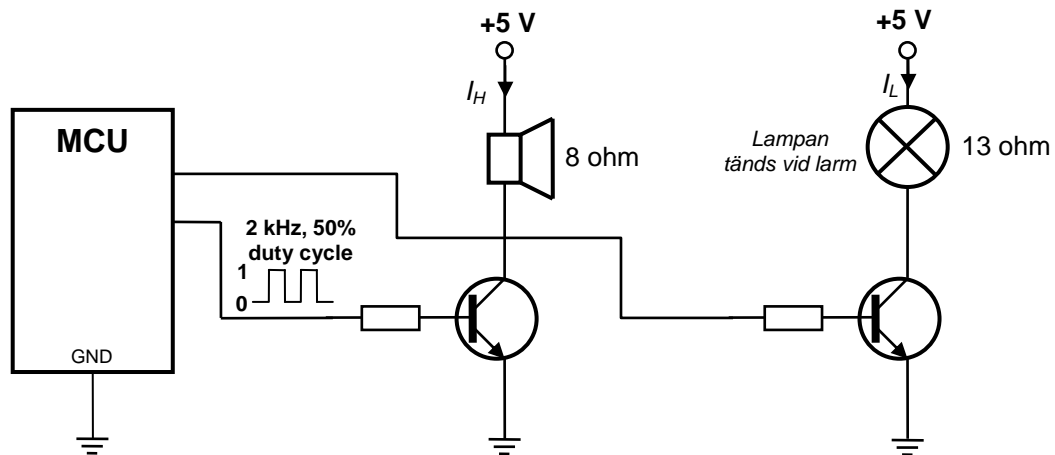
int main(void) // Själva programslingan
{
    init_met(); // Initierar MET-kontrollern

while(1) // Evighetsloop
    {
        ad_value_0 = GET_AD(0); // AD-omv ingång 0 (pf.0)

        move_cursor(1,2); // Displaymarkören till rad2
        dprintf("%i ", ad_value_0);

    }
} // Programslingans slut
```

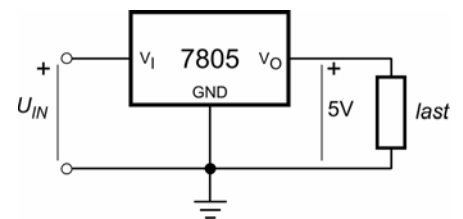
- 9(1) a) En larmkrets består av en mikrokontroller som styr två laster enligt bilden. Bestäm kretsens medelströmförbrukning. Bortse från MCU:ns egenförbrukning och beräkna endast summan av lasternas medelströmmar, då larmet går. Bortse även från basströmmarna till transistorerna.



Antag att transistorerna är ideala switchar, dvs utan spänningsfall.

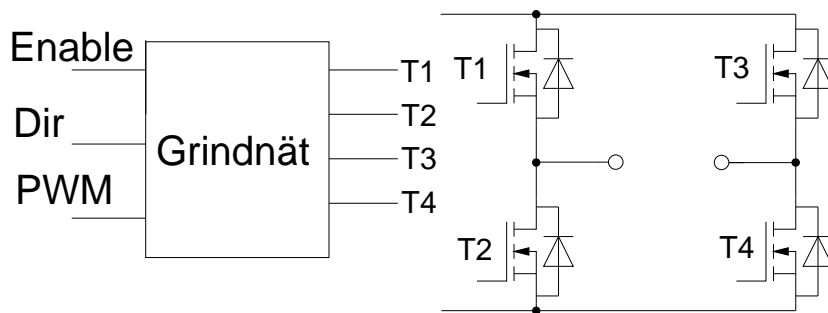
- b) En spänningsregulator matar ovanstående krets från en likspänningskälla  $U_{IN}$  på 15 V. Regulatorn har den termiska resistansen (från kiselchippet till kapseln)  $R_{\theta JC} = 3$  °C/W och temperaturen  $T_J$  inne i regulatorn får maximalt bli +125 °C.

Beräkna det största värde på  $R_{\theta HA}$  som en anbringad kylfläns måste ha, då omgivningstemperaturen  $T_A$  är +50 °C och  $R_{\theta CH}$  antas vara försumbar (perfekt termisk kontakt mellan höljet på spänningsregulatorn och kylflänsen).



10(2)

Ett grindnät ska ge tändpulser till de fyra transistorerna i en H-brygga.



Om Enable = 0 så skall  $T1=T2=T3=T4 = 0$ .

Om Enable = 1 och Dir = 1 så skall  $T1=1$ ,  $T4=PWM$ ,  $T3=T2=0$ .

Om Enable = 1 och Dir = 0 så skall  $T3=1$ ,  $T2=PWM$ ,  $T1=T4=0$ .

a) Gör ett Karnaughdiagram och ta fram en minimal transmissionsfunktion för vardera utsignal.

Enable	Dir PWM			
	00	01	11	10
0				
1				

T1

Enable	Dir PWM			
	00	01	11	10
0				
1				

T3

Enable	Dir PWM			
	00	01	11	10
0				
1				

T2

Enable	Dir PWM			
	00	01	11	10
0				
1				

T4

b) Rita grindnätet för utsignalerna. Utnyttja om möjligt gemensamma grindar för de olika utsignalerna.



11(2)

En permanentmagnetiserad synkronmaskin med oanslutna klämmor roteras med 750 varv/min (till exempel med en annan motor). Ett oscilloskop ansluts mellan två av PMSY-maskinens klämmor och vidstående spänning uppmättes.

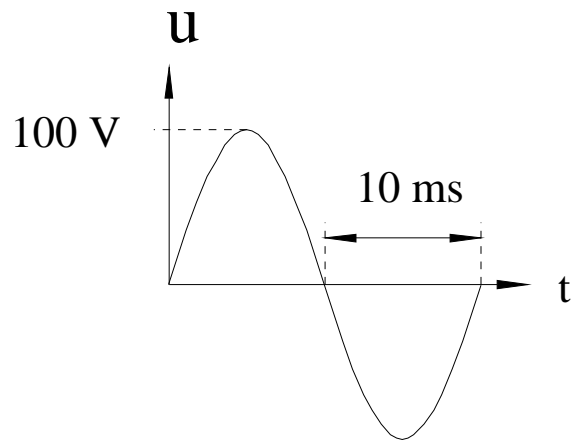
a) Vilket potal har maskinen?

PMSY-maskinen kopplas till ett matningsdon och används som motor.

b) Hur stor blir axeleffekt och axelmoment om strömmen är 10 A vid 750 varv/min ?

c) Hur stor blir axeleffekt och axelmoment om strömmen är 10 A vid 1500 varv/min ?

d) Beräkna maskinens momentkonstant.



## SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK

## Elektroteknik MF1016 2013-01-07

1(2) Tillägg:

Strömgrening ger

$$I_1 = I \frac{10}{10+20} = I \frac{1}{3} \Rightarrow I = 3I_1; I = 9A$$

$$\text{Total resistans: } R = 20 + \frac{10 \cdot 20}{10+20} = \frac{80}{3} \Omega; U = RI = \frac{80}{3} \cdot 9 = 240V$$

Frånläge: Total resistans

$$R = 20 + \frac{20 \cdot 20}{20+20} = 30 \Omega; I = \frac{U}{R} = \frac{240}{30} = 8A$$

$$\text{Strömgrening: } I_1 = 8 \cdot \frac{20}{20+20} = 4A$$

2(2) a) Spänningen över motståndet  $R$  är  $E=10$  V.b) Eftersom strömbrytaren stått i tillägg under lång tid är kondensatorn fulladdad till  $E$  volt. Ingen ström går genom den och således är spänningen över motståndet $R_C=0$  V Spänningen över kondensatorn är  $E=10$  V.

c) Spänningen över en sluten kontakt är alltid 0V.

$$\text{d) Kondensatorns reaktans } X_C = 1/\omega C = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = 3183 \Omega$$

$$\text{Strömmen } I = \frac{E}{\sqrt{900^2 + 3183^2}} = \frac{10}{3308} = 3mA$$

$$\text{Spänningen över kondensatorn } U_C = I \cdot X_C = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 3183 = 9,6V$$

3(2)

a) Erforderlig drivkraft vid 30 km/h = 8,3 m/s blir

$$F_{driv} = 0,2 \frac{kg}{m} \cdot (8,3m/s)^2 + 18N = 32N$$

Erforderlig driveffekt

$$P_{driv} = 32N \cdot 8,3m/s = 266W$$

(driv) Ström från det seriekopplade batteripaketet.

$$I = \frac{P_{driv}}{U} = \frac{266}{24} = 11A$$

b) Vid konstant ström gäller:  $Q = I \cdot t \Rightarrow 70Ah = 11A \cdot t$ 

$$t = 6,3h \quad s = 30 \frac{km}{h} \cdot 6,3h = 190km$$

4(2) Huvudspänningen är 42 V. Då är fasspänningen  $U_F = \frac{42}{\sqrt{3}} = 24 \text{ V}$

Varje lampa har resistansen  $R = 100\Omega$

Iskruvade lampor	$I_1$ [mA]	$I_2$ [mA]	$I_3$ [mA]	$I_N$ [mA]
lampa 1	$U_F / R = 24/100\text{A}$ =240 mA	0	0	240 mA
lampa 1 och 2	240 mA	240 mA	0	240 mA
lampa 1,2 och 3	240 mA	240 mA	240 mA	0

5(1) Strömmen har sitt toppvärde när matningsspänningen har sitt toppvärde,  $12\sqrt{2} = 17\text{V}$ . Alltså är toppvärdet  $I_{\text{topp}} = \frac{17 - 12 - 2 \cdot 0,7}{0,5} = 7,1\text{A}$

6(2) I fortvarighet är den förlusteffekt som avges till omgivningen lika med den utvecklade förlusteffekten. Därför gäller:

$$\mathcal{G}_{\text{ö}} = R_{\text{th}} \cdot P_{\text{kyl}} = R_{\text{th}} \cdot P_f$$

a) Förlusteffekten blir  $P_f = R_A \cdot I_A^2 = 18 \cdot 0,323^2 \text{ W} = 1,88 \text{ W}$

Temperaturstegringen (övertemperaturen) blir  $\mathcal{G}_{\text{ö}} = R_{\text{th}} \cdot P_f = (30 + 5) \cdot 1,87 \text{ °C} = 66\text{°C}$

b)  $M = K_2 \Phi \cdot I_A$  ger  $I_A = 4/12,4 \text{ A} = 0,323 \text{ A}$

Tydligen blir det samma temperaturstegring som i a).

Temperaturen i lindningen blir:  $(30+66)\text{°C} = 96\text{°C}$ .

c) Tillåten temperaturstegring blir:  $(100 - 45)\text{°C} = 55\text{°C}$ .

Detta motsvarar förlusteffekten  $P_f = 55/35 \text{ W} = 1,57 \text{ W}$

d) Från c) erhålls förlusteffekten som ger strömmen enligt:

$$P_f = R_A \cdot I_A^2 = 18\Omega \cdot I_A^2 = 1,57 \text{ W} \text{ ger } I_A = 0,295 \text{ A.}$$

Momentet blir:  $M = K_2 \Phi \cdot I_A = 12,4 \cdot 0,295 \text{ mNm} = 3,7 \text{ mNm}$

7(2)

a)  $i_1 = \frac{E}{R} = \frac{15}{5} \text{ A} = 3\text{A}$

b)  $T = \frac{L}{R} = \frac{1}{5} \text{ s}$ ,  $i_2(t) = i_{\infty} - (i_{\infty} - i_0)e^{-\frac{t}{T}} = 0 - (0 - 3)e^{-\frac{0,1}{1/5}} = 1,8\text{A}$

8(2) a) 511 (1023\*2,5/5 trunkerat)

b)

```
// vridpot1.c, ett program för MET-kontrollern
#include "gnu_met3.h"

int ad_value_0; // Deklaration heltalsvariabeln ad_value_0
int ad_value_1;
int main(void) // Själva programslingan
{
    init_met(); // Initierar MET-kontrollern

    while(1) // Evighetsloop
    {
        ad_value_0 = GET_AD(0); // AD-omv ingång 0 (pf.0)
        ad_value_1 = GET_AD(1);

        move_cursor(1,1); // Displaymarkören till rad 1
        dprintf("%i ", ad_value_0);
        move_cursor(1,2); // Displaymarkören till rad 2
        dprintf("%i ", ad_value_1);

        if (ad_value_1 > 511)
        {
            CLR_BIT(pc,3);
        }
        else
        {
            SET_BIT(pc,3);
        }
    }
} // Programslingans slut
```

$$9(1) \text{ a) } I_{TOT} = I_H + I_L = 0,5 \cdot \frac{5}{R_H} + \frac{5}{R_L} = \frac{2,5}{8} + \frac{5}{13} = \underline{0,7A}$$

$$\text{b) } P = \frac{T_J - T_A}{R_{\theta IC} + R_{\theta CH} + R_{\theta HA}} \rightarrow R_{\theta HA} = \frac{T_J - T_A}{P} - R_{\theta IC} - R_{\theta CH} = \frac{125 - 50}{(15 - 5) \cdot 0,7} - 3 - 0 = \underline{7,8^\circ C/W}$$

10(2)

Enable	Dir PWM			
	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	0	1	1

T1

$$T1 = \text{Enable} \cdot \text{Dir}$$

Enable	Dir PWM			
	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	1	1	0	0

T3

$$T3 = \text{Enable} \cdot \overline{\text{Dir}}$$

Enable	Dir PWM			
	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	1	0	0

T2

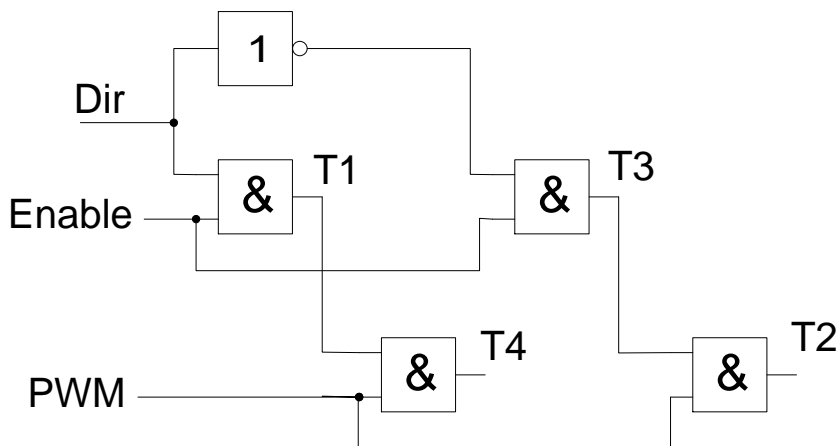
$$T2 = \text{Enable} \cdot \overline{\text{Dir}} \cdot \text{PWM} = T3 \cdot \text{PWM}$$

Enable	Dir PWM			
	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0

T4

$$T4 = \text{Enable} \cdot \text{Dir} \cdot \text{PWM} = T1 \cdot \text{PWM}$$

b)



11(2) a) 20 ms periodtid motsvarar 50 Hz eller 3000 varv/min för en tvåpolig maskin. Nedväxlingen är 4 vilket är detsamma som poltal/2. Poltalet är därför 8.

b) Effektivvärdet av fasspänningen i tomgång blir  $E_F = \frac{100}{\sqrt{3}\sqrt{2}}$  V

$$P = 3 \cdot \frac{100}{\sqrt{3}\sqrt{2}} \cdot 10 \text{ W} = 1,2 \text{ kW} \quad \text{Momentet blir } M = \frac{P}{\omega} = \frac{1200 \cdot 60}{2\pi \cdot 750} \text{ Nm} = 16 \text{ Nm}$$

c) Eftersom momentet är proportionellt mot strömmen blir momentet samma som i föregående uppgift d v s  $M = 16 \text{ Nm}$ . Samma moment vid dubbla varvtalet gör att effekten måste vara dubbelt så stor som i föregående uppgift d v s 2,4 kW.

d) 10 A ger 16 Nm. Momentkonstanten blir 1,6 Nm/A.