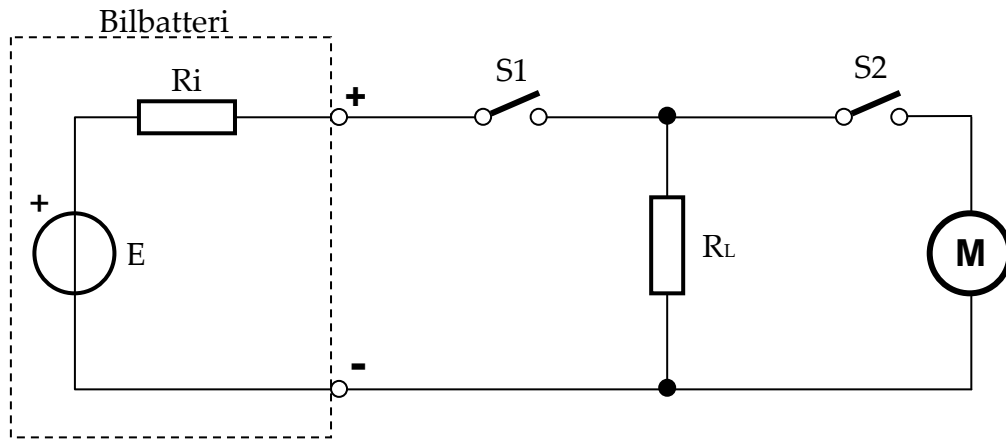


1(2)

Ett bilbatteri har tomgångsspänningen 13,2 V (S1 och S2 är från). När startnyckeln vrids till körläge (S1 till) sjunker batterispänningen till 12,0 V. I detta läge förbrukar lasten R_L 120 W.



a) Beräkna batteriets inre resistans R_i .

Startmotorn kopplas in när S2 sluts och batterispänningen sjunker då till 10,5 V.

b) Beräkna startmotorns strömförbrukning i detta skede. Antag att strömmen genom R_L är konstant och lika stor som i a).

c) Beräkna startmotorns effektförbrukning.

d) Beräkna förlusteffekten i batteriet då R_L och startmotorn är inkopplade.

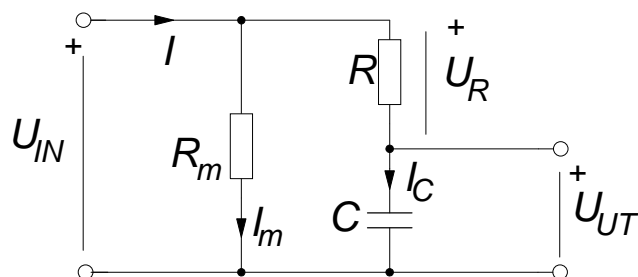
2(2) En växelspanning med frekvensen 10,6 kHz ansluts på ingången till kretsen. På utgången uppmäts $U_{ut} = 6$ V. Kondensatorns kapacitans $C = 10$ nF och motståndet $R = 1$ k Ω . Motståndet $R_m = 1,5$ k Ω .

a) Beräkna I_C .

b) Beräkna U_R .

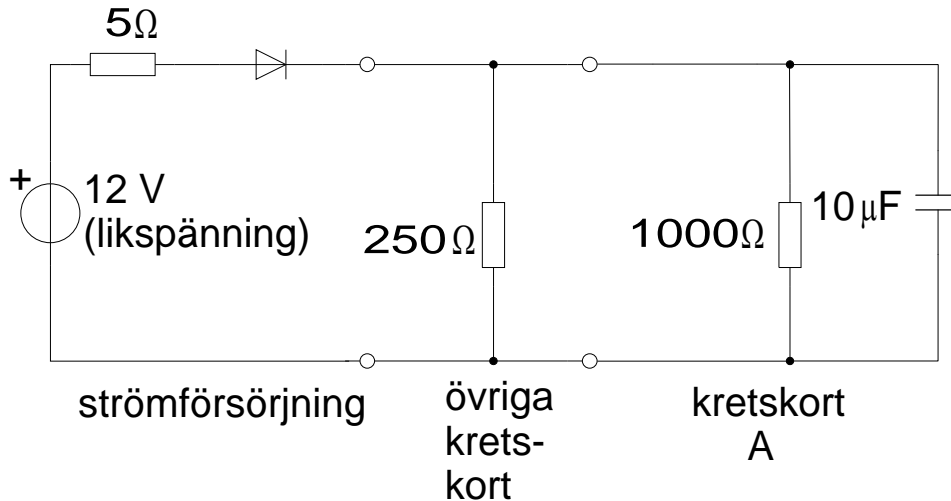
c) Beräkna I_M

d) Beräkna I .



3(2) Strömförsörjningssystemet i ett elektroniskt instrument kan efter en viss förenkling representeras med detta ekvivalenta schema.

a) Beräkna hur stor spänningen över $1000\ \Omega$ -motståndet blir. Dioden har framspänningsfallet $0,7\text{V}$.

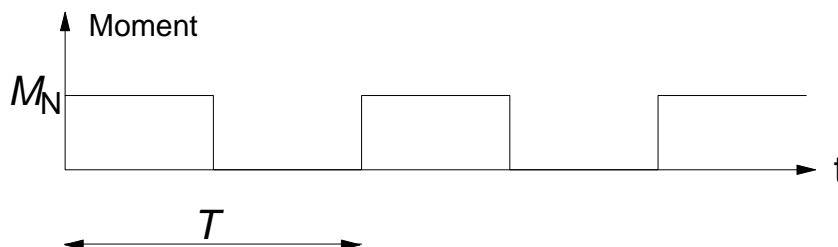


b) Till vilket värde ungefär sjunker denna spänning (över $1000\ \Omega$ -motståndet) om spänningskällan ($12\ \text{V}$) "kopplas bort" under $10\ \mu\text{s}$?

4(2) En PM-likströmsmotor har termiska tidkonstanten 10 minuter. Vid märklast uppnås lindningstemperaturen $140\ ^\circ\text{C}$ vid omgivningstemperaturen $40\ ^\circ\text{C}$.

a) Beräkna lindningstemperaturen om motorn istället belastas med halva märkmomentet. Omgivningstemperaturen är $60\ ^\circ\text{C}$.

b) Beräkna lindningstemperaturen om motorn belastas med ett periodiskt intermitterent moment enligt nedan. Periodtiden $T = 1\ \text{s}$. Omgivningstemperaturen är $60\ ^\circ\text{C}$.



- 5(2) En permanentmagnetiserad likströmsmotor matas från ett switchat matningsdon enligt figuren. Transistorerna arbetar med en pulsfrekvens på 25 kHz. Transistorernas bottenpotentialer och diodens framspänningsfall får anses vara försumbara.

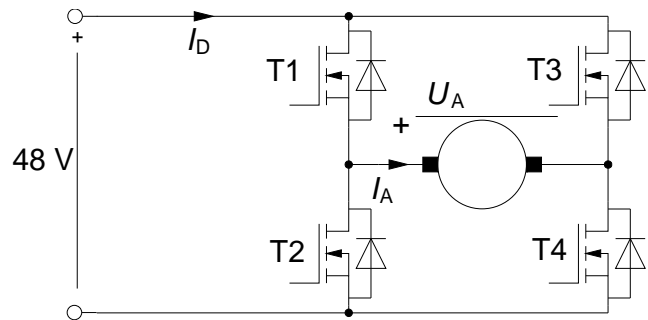
Motorn har bl a följande data:

$$R_A = 0,7 \Omega$$

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

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

Matningsspänningen 48 V fås från 4 seriekopplade bilbatterier.



Transistorerna är styrda så att $U_A = 36 \text{ V}$ och motorn är belastad så att $I_A = 10 \text{ A}$. Motorn roterar medurs.

a) Beräkna I_D .

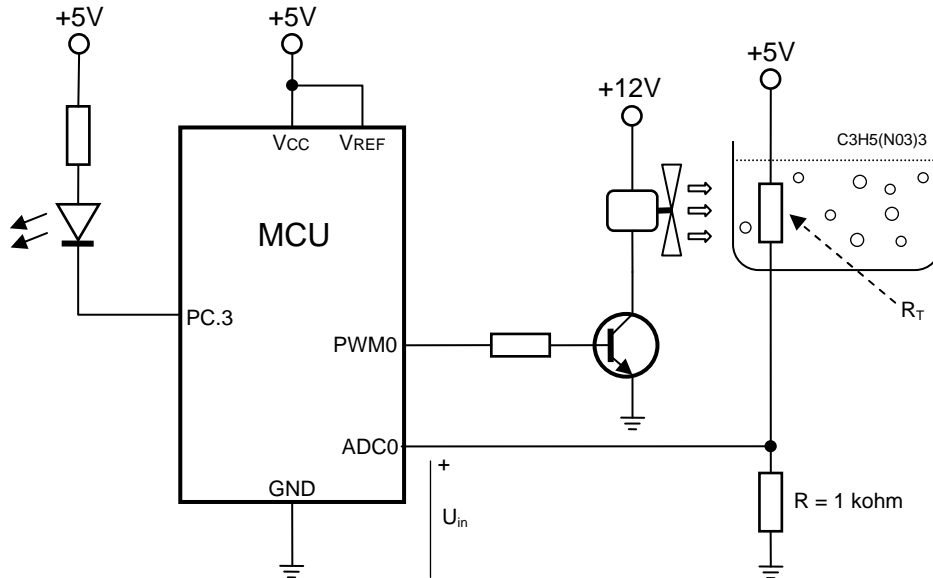
b) Beräkna axelmomentet.

Vid ett tillfälle ändras styrningen, tändningen av transistorerna, så att motorn bromsas elektriskt. Resultande bromsmoment blir 5 Nm och belastningen är densamma som tidigare.

c) Beräkna I_A i början av bromsförloppet.

d) Beräkna U_A i början av bromsförloppet.

- 6(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 höghögmig.)

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).

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

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

7(2) Du har skaffat Dig ett torp, och där har Du en liten verkstad som ligger rätt långt från huvudbyggnaden. Ledningen som matar verkstaden är en enfaskabel.

Vid ett tillfälle är följande belastningar inkopplade i verkstaden.

Såg $P_S = 1000 \text{ W}$ vid $\cos \varphi = 0,7$ ind.

Belysningsutrustning $P_B = 400 \text{ W}$ vid $\cos \varphi = 0,9$ kap.

Spänningen i verkstaden är 230 V . Kabeln som matar verkstaden är $l = 150 \text{ m}$ lång, och ledararean är $a = 2,5 \text{ mm}^2$. Ledarmaterialet är koppar med resistiviteten $\rho = 0,017 \text{ } \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

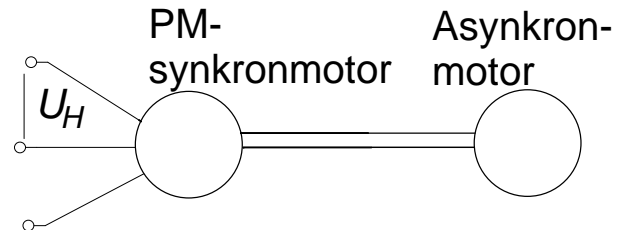
- Beräkna strömmen i kabeln då endast belysningen är inkopplad
- Beräkna strömmen i kabeln då både belysningen och sågen är inkopplade.
- Beräkna förlusteffekten i kabeln då endast sågen är inkopplad.

8(1)

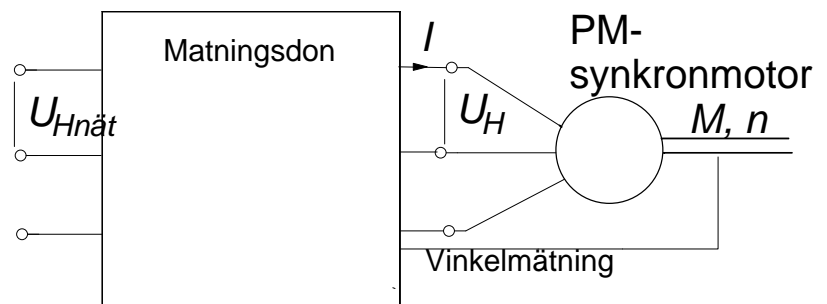
Skriv upp transmissionsfunktionen för variablerna a , b och c i Booles algebra, som svarar mot följande verbala uttryck: $A=1$ om $a=1$ och $b=0$ samt i alla de fall då b och c samtidigt är 1. Transmissionsfunktionen behöver ej förenklas.

9(2) För att göra ett tomgångsprov drivs en PM-synkronmotor av en nätmatad asynkronmotor. Varvtalet blir 3000 varv/minut och klämspänningen U_H uppmäts till 300 V.

a) Beräkna motorns spänningskonstant och momentkonstant.



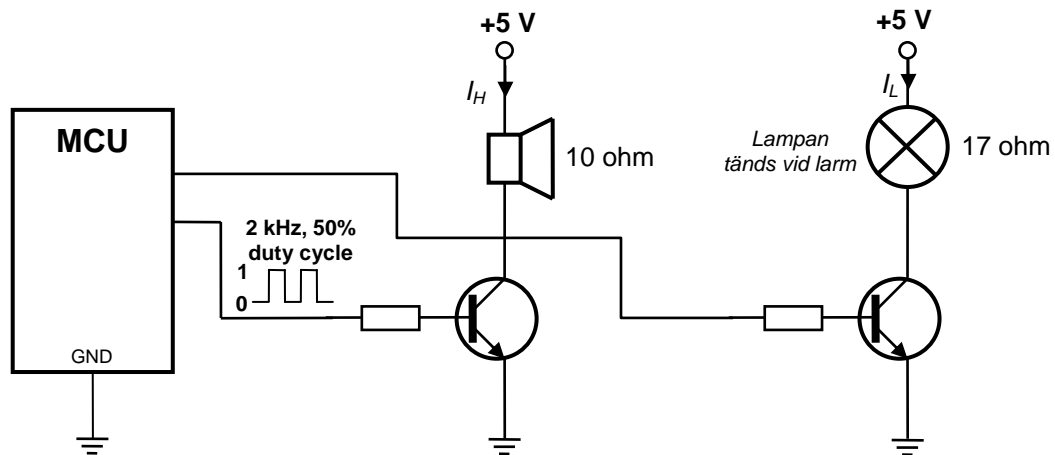
Motorn ansluts därefter till ett matningsdon enligt nedan och driver en mekanisk last.



b) Varvtalsreferensvärdet ställs in på 3000 varv/minut och strömmen I mäts till 20A och varvtalet till 3000 varv/minut. Beräkna axeleffekten.

c) Varvtalsreferensen bibehålls på 3000 varv/minut men strömgränsen minskas till 10A. Varvtalet mäts till 1500 varv/minut. Strömmen I kontrollmäts till 10A. Beräkna axeleffekten.

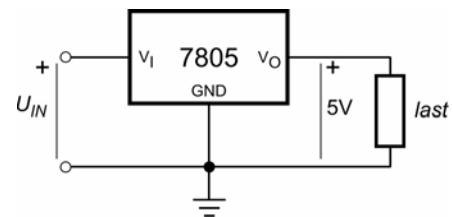
- 10(2) a) En larmkrets består av en mikrokontroller som styr två laster enligt bilden. Bestäm kretsens medelströmförbrukning. Bortse från MCU:ns egenförbrukning och beräkna endast summan av lasternas medelströmmar, då larmet går.



Antag att transistorerna är ideala switchar, dvs utan spänningsfall.

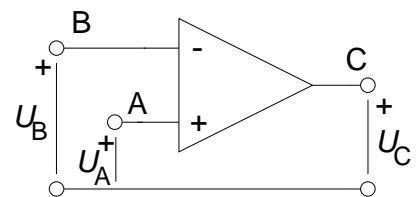
- b) En spänningsregulator matar ovanstående krets från en likspänningskälla U_{IN} på 24 V. Regulatorn har den termiska resistansen (från kiselchippet till kapseln) $R_{\theta JC} = 3$ °C/W och temperaturen T_J inne i regulatorn får maximalt bli +125 °C.

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.



11(1)

- En OP-förstärkare har matningsspänningen $U_M = \pm 15$ V samt råförstärkningen $F_0 > 10^5$. Hur stor blir U_C för de inspänningskombinationer U_A , U_B , som anges i tabellen nedan? Svara genom att fylla i tabellen



U_A	U_B	U_C
+5 V	+4 V	
-0,1 V	+0,2 V	

SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik MF1016

2010-10-18

1(2) a) Räkna först ut strömmen genom lasten R_L :

$$P = UI \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{120}{12,0} = 10A$$

Skillnaden mellan tomgångsspänningen och spänningen vid belastning ger spänningsfallet över R_i inne i batteriet:

$$U_{R_i} = U_{tom} - U_{last} = 13,2 - 12,0 = 1,2V \quad \text{Ohms lag ger sen: } U = RI \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{1,2}{10} = \underline{0,12\Omega}$$

b) Vi beräknar den totala strömmen ut från batteriet med hjälp av Ohms lag:

$$U = RI \Rightarrow I = \frac{U_{tom} - U_{last}}{R_i} = \frac{13,2 - 10,5}{0,12} = 22,5A \quad \text{Då blir: } I_{motor} = 22,5 - 10 = 12,5A$$

$$c) P = UI = 10,5 \cdot 12,5 = 131,25W$$

$$d) P = RI^2 = 0,12 \cdot 22,5^2 = 60,75W$$

2(2) a) U_{UT} väljs till riktfas, reell.

$$\underline{I}_C = j\omega CU_{UT} = j4mA$$

$$I_C = 4 \text{ mA}$$

$$b) \underline{U}_R = RI_C = j4V$$

$$U_R = 4 \text{ V}$$

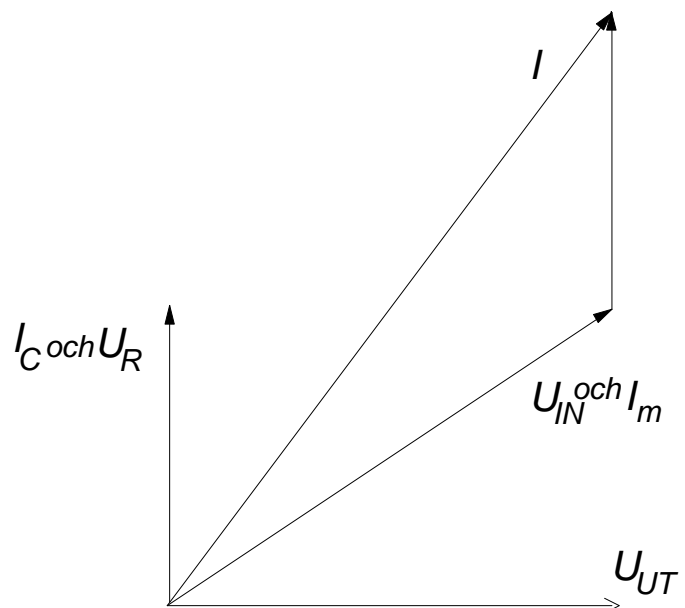
$$c) \underline{U}_{IN} = \underline{U}_R + U = (6 + j4)V$$

$$\underline{I}_m = \underline{U}_{IN} / R_m = (6 + j4) / 1500 = (4 + j2,7)mA$$

$$I_m = \sqrt{4^2 + 2,7^2} = 4,8 \text{ mA}$$

$$d) \underline{I} = \underline{I}_C + \underline{I}_m = j4 + 4 + j2,7 = (4 + j6,7) \text{ mA}$$

$$I = \sqrt{4^2 + 6,7^2} = 7,8 \text{ mA}$$



3(2)

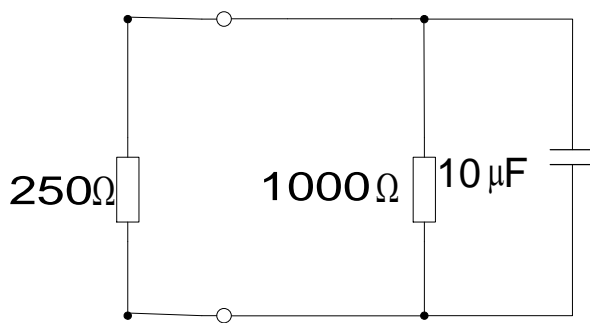
$$12V - 5\Omega \cdot I - 0,7V - 200\Omega \cdot I = 0 \quad \text{ty} \quad \frac{250 \cdot 1000\Omega}{250 + 1000} = 200\Omega$$

$$I = \frac{11,3V}{205} = 0,055A \quad \text{ger} \quad U_{1000} = 200\Omega \cdot 0,055A = 11V$$

Spänningsbortfall: Nu får vi ett nytt schema.

$$\tau = 200 \cdot 10 \cdot 10^{-6} s = 2000 \mu s$$

På 10 μs hinner spänningen inte sjunka från 11V då $\tau \gg t$. (från 11V till 10,95V marginellt).



4(2)

a) Övertemperaturen i märkdrift blir $\vartheta_{\text{öN}} = 140^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C} = 100^\circ\text{C}$

Förlusterna i märkdrift är $P_{fN} = RI_N^2$

Motorns termiska resistans blir: $\vartheta_{\text{öN}} = R_{th} \cdot P_{fN} \Rightarrow R_{th} = \frac{\vartheta_{\text{öN}}}{RI_N^2}$

Övertemperaturen vid halva märkmomentet blir (då är det även halva märkströmmen): $\vartheta_{\text{ö}} = R_{th} \cdot P_f = \frac{\vartheta_{\text{öN}}}{RI_N^2} \cdot R(I_N/2)^2 = \vartheta_{\text{öN}}/4 = 25^\circ\text{C}$

Lindningstemperaturen blir $25^\circ\text{C} + 60^\circ\text{C} = 85^\circ\text{C}$

b)

Förlusterna under belastningsperioden blir $P_1 = P_{fN} = RI_N^2$

Förlusterna under tomgångsperioden blir $P_2 = 0$

Medelvärdet av förlusteffekten blir $P_{fmedel} = P_1/2 = RI_N^2/2$ eftersom delperioderna är lika stora.

Medelvärdet av övertemperaturen bestäms av förlusteffektens medelvärde.

$$\mathcal{G}_{\text{ömedel}} = R_{th} \cdot P_{f\text{medel}} = \frac{\mathcal{G}_{\text{öN}}}{RI_N^2} \cdot \frac{RI_N^2}{2} = 50^\circ\text{C}. \text{ Denna temperatur varierar inte eftersom}$$

termiska tidkonstanten är mycket större än periodtiden för belastningscykeln.

Lindningstemperaturen blir $50^\circ\text{C} + 60^\circ\text{C} = 110^\circ\text{C}$

Uppvärmningen bestäms av förlusteffekten som ökar med kvadraten på strömmen. Förlusteffekten blir därför större för en pulsad ström med samma medelvärde som en konstant ström.

5(2)

a) Effekten till motorn blir $36 \cdot 10 = 360\text{W}$ måste tas från batterierna. Förlusterna i halvledarna får försummas och strömmen från batterierna blir därför $360/48 = 7,5\text{A}$.

b) $M = 0,2 \cdot 10 = 2\text{Nm}$

c) motormoment = lastmoment + accelerationsmoment eller

motormoment = lastmoment - bromsmoment = $2\text{ Nm} - 5\text{Nm} = -3\text{ Nm}$ vilket ger

2 Nm gav ju 10 A så -3 Nm måste ge $I_A = -15\text{ A}$.

d) I början av bromsförloppet har inte varvtalet och därmed E hunnit ändras så vi beräknar E från tillståndet inna bromsning påbörjas.

$$U_A = R_A \cdot I_A + E \text{ ger } 36 = 0,7 \cdot 10 + E \Rightarrow E = 29\text{V}.$$

Strax efter bromsningen är $E = 29\text{V}$.

$$U_A = R_A \cdot I_A + E \text{ ger } U_A = 0,7 \cdot (-15) + 29 = 18,5\text{V}$$

6(2)

a)

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

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

b)

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

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

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);

```

7(2)

$$\text{a) } I_B = \frac{400}{230 \cdot 0,9} = 1,9A$$

$$\text{b) aktiva komposanter } I_P = \frac{1000}{230 \cdot 0,7} \cdot 0,7 + \frac{400}{230 \cdot 0,9} \cdot 0,9 = 4,35 + 1,74 = 6,09A$$

såg $\sin \varphi = 0,71$ belysning $\sin \varphi = 0,44$ (kap)

$$\text{reaktiva komposanter } I_Q = \frac{1000}{230 \cdot 0,7} \cdot 0,71 - \frac{400}{230 \cdot 0,9} \cdot 0,44 = 4,41 - 0,84 = 3,57A$$

Phytagoras sats ger: 7,1A

$$\text{c) } R = 0,017 \cdot \frac{150}{2,5} = 1,02\Omega \quad I_S = \frac{1000}{230 \cdot 0,7} = 6,2A$$

$$P = 2 \cdot R \cdot I_S^2 = 2 \cdot 1,02 \cdot 6,2^2 = 79W$$

8(1)

Sanningstabellen anger hur A beror av tillstånden hos a, b och c. Sanningstabell
 Transmissionsfunktionen är

$$A = \bar{a}bc + a\bar{b}\bar{c} + a\bar{b}c + abc = bc(\bar{a} + a) + a\bar{b}(\bar{c} + c) = bc + a\bar{b}$$

Utrycket behöver ej förenklas som ovan i denna uppgift.

	<i>bc</i>			
<i>a</i>	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	1	1	1	0

$$A = bc + a\bar{b}$$

a	b	c	A
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

9(2)

a) Spänningskonstanten blir $300/3000 = 0,1$ V/(varv/minut)

Huvudspänningen 300V motsvara fasspänningen $300V / \sqrt{3} = 173V$

Mekaniska effekten $3 \cdot E_F \cdot I = M \cdot \omega$ ger $3 \cdot 173 \cdot I = M \cdot 2\pi \cdot 3000/60 \Rightarrow M = 1,65 \cdot I$
 Momentkonstanten blir 1,65 Nm/A.

b) $M = 1,65 \cdot 20 = 33 \text{ Nm}$ $P = M \cdot \omega = 33 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 3000/60 = 10400 \text{ W}$

c) Halvering av ström ger halvering av momentet om dessutom varvtalet halveras
 blir effekten delad med fyra $P = 10400 \text{ W} / 4 = 2600 \text{ W}$

10(2) a) $I_{TOT} = I_H + I_L = 0,5 \cdot \frac{5}{R_H} + \frac{5}{R_L} = \frac{2,5}{10} + \frac{5}{17} = \underline{0,54 \text{ A}}$

b)

$$P = \frac{T_J - T_A}{R_{\theta JC} + R_{\theta CH} + R_{\theta HA}} \rightarrow R_{\theta HA} = \frac{T_J - T_A}{P} - R_{\theta JC} - R_{\theta CH} = \frac{125 - 50}{(24 - 5) \cdot 0,54} - 3 - 0 = \underline{4,3^\circ \text{C/W}}$$

11(1)

U_A	U_B	U_C
+5 V	+4 V	+15V
-0,1 V	+0,2 V	-15V