

ELEKTROTEKNIK  
MASKINKONSTRUKTION  
KTH

## TENTAMENSUPPGIFTER I ELEKTROTEKNIK

Elektroteknik för MEDIA och CL, MF1035

7/6-2016 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.*

*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).*

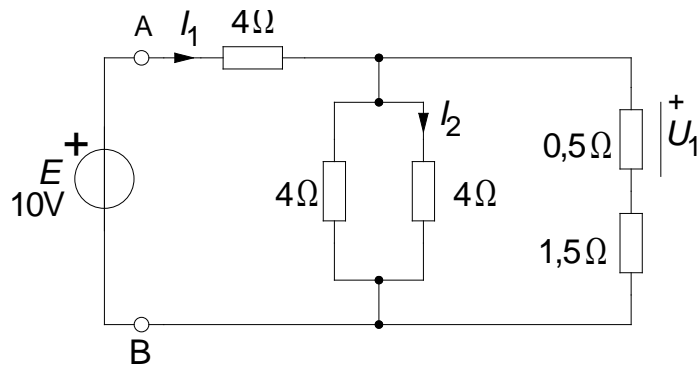
*Vid behov kan Du skriva på baksidan.*

**OBS! Skriv ditt personnummer på varje blad.**

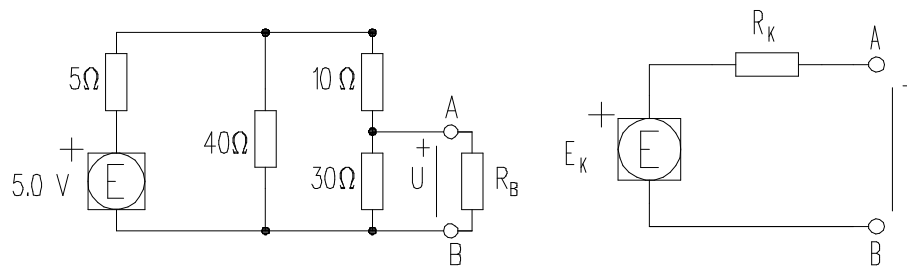
Lösningar läggs ut på kursens hemsida 18.00

**Uppgift: 1(2)**

Beräkna den i figuren markerade strömmen  $I_2$  och spänningen  $U_1$



## Uppgift: 2(2)



Kretsen till vänster om uttagen A och B (dvs utan motståndet  $R_B$ ) i ovanstående schema kan vid beräkningar ersättas med en ekvivalent krets enligt figuren till höger.

a) Beräkna  $E_K$  och  $R_K$ .

Svar:

b) Beräkna det värde som  $U$  får, när  $R_B$  är  $5 \Omega$ .

Svar:

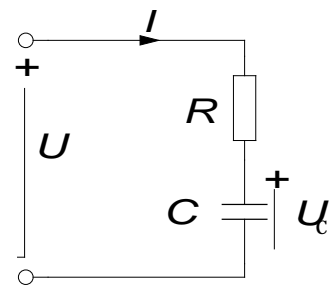
**Uppgift: 3(2)**

Kretsen i figuren till höger matas av en växelspanning med effektivvärdet  $U = 356 \text{ V}$ .

Effektutvecklingen i kretsen är  $100 \text{ W}$ .

Motståndet  $R$  är  $75 \Omega$ .

Frekvensen är  $50 \text{ Hz}$ .



a) Beräkna strömmen.

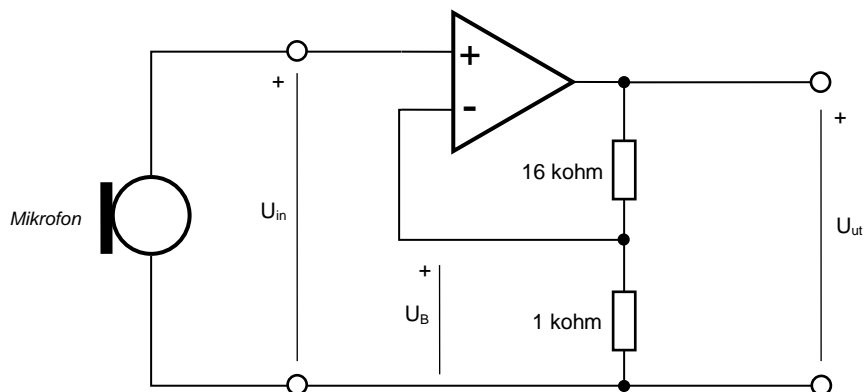
b) Beräkna kretsens impedans (beloppet).

c) Beräkna spänningen  $U_C$  (beloppet).

d) Beräkna kondensatorns kapacitans.

**Uppgift: 4(1)**

I en karaokemaskin finns en mikrofonförstärkare med fix förstärkning. Operationsförstärkaren matas med  $\pm 5\text{ V}$  och är i övrigt ideal.



Vid ett tillfälle är momentanvärdet på utspänningen är  $1,7\text{V}$ .

a) Beräkna strömmen genom  $16\text{ kohm}$  motståndet.

b) Beräkna  $U_{in}$ .

**Uppgift: 5(2)**

Till en elcykel behövs ett batteri med 36V nominell spänning. Emil och Emilia planerar att tillverka ett batteri till cykeln och tänker koppla ihop ett stort antal småbatterier av typen Duracell NiMH size AA. Dessa batterier är märkta 2050 mAh samt 1,2V.

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

Elmotorn (inklusive matningsdon) drar maximalt 250 watt (full effekt).

- b) Beräkna hur lång tid Emilia kan köra cykeln med full fart (full effekt).

- c) Hur många batterier behövs sammanlagt om man vill köra i minst 1 timme med full effekt och hur ska de 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 full effekt. Batteriet är uppbyggt enligt c)

**Uppgift: 6(2)**

En temperaturgivare ger utsignalen 0 till 1V och har mätområdet 0 till 100°C. Tyvärr har signalen en överlagrad störning med amplituden 0,1V och frekvensen 100 Hz. Dimensionera ett lågpassfilter (RC lågpasslänk) som reducerar störningen till 0,01V (amplitud). Anta för enkelhets skull att givaren har försumbar utresistans.

a) Rita ett schema för filtret med insignal och utsignal markerade.

b) Välj värde på motståndet. Kondensatorn skall ha kapacitansen 470 nF.

c) Utsignalen skall mätas med ett mätinstrument med inresistansen 1 MΩ. Rita in denna resistans i figuren.

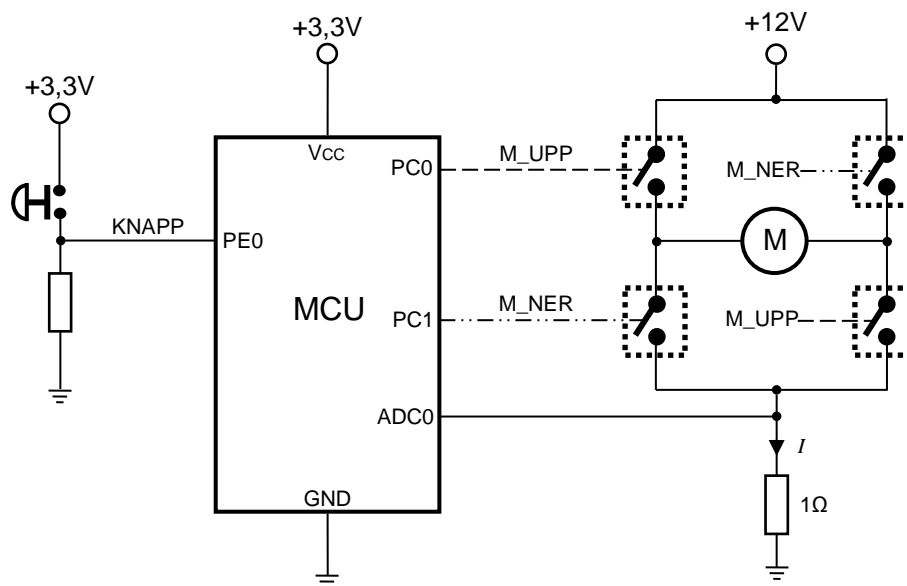
d) Har denna inresistans en försumbar inverkan på signalens amplitud eller ej?

## Uppgift: 7(2)

En fönsterhiss fungerar så att en knapptryckning får fönstret att gå **hela** vägen ner eller upp. Motorn styrs åt ena eller andra hållet av en enkel H-brygga (schematiskt ritad nedan).

I ändlägena bromsas hissmotorn mekanisk till stillestånd (*mekanisk kortslutning* =>  $E = 0 \Rightarrow I_A = max$ ) och då blir strömmen i motorn  $\geq 2$  A.

Motorströmmen flyter genom ett motstånd  $R = 1\Omega$ , så att man får en mätspänning till en mikrokontrollers AD-omvandlare.



- a) (0,5p) Antag att AD-omvandlaren använder 10 bitar och har en referensspänning på 3,3 V. Vad blir heltalsvärdet av den AD-omvandlade mätspänningen vid motorspänningen  $I=2$  A?

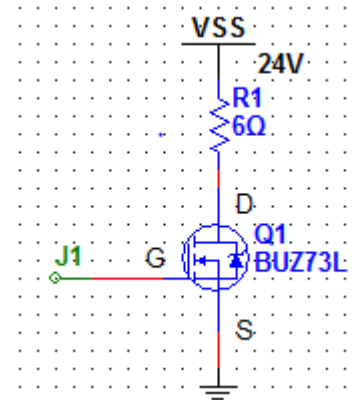


- 
- b) (1,5p) Hissmotorn styrs upp av signalen M\_UPP och ned av signalen M\_NER. Då motorströmmen blir  $\geq 2$  A sätts signalen MAX\_STRÖM till 1. Rita ett tillståndsdigram över hisstyrningen. Maximalt fyra tillstånd behövs och signalerna KNAPP, M\_UPP, M\_NER och MAX\_STRÖM ska ingå.

**Uppgift: 8(2)**

En resistiv last drivs med hjälp av en transistor av typen BUZ73L, se vidstående figur. Omgivningstemperaturen är 40° C. Gatepinnen ges en spänning av 2,7 V

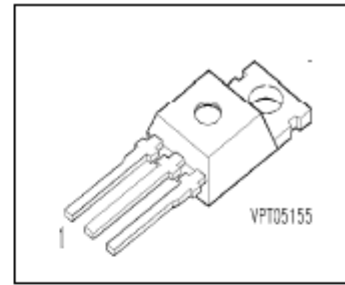
a) Hur stor blir strömmen in på drainpinnen?



b) Vilken termisk resistans skall en kylfläns ha för att substratet (chip på engelska, vanligen indexerad j) ej skall bli överhettat? (Du kan anta att kylflänsen sitter monterad direkt mot transistorn utan termisk resistans).



- N channel
- Enhancement mode
- Avalanche-rated
- Logic Level



Pin 1	Pin 2	Pin 3
G	D	S

Type	V <sub>DS</sub>	I <sub>D</sub>	R <sub>DS(on)</sub>	Package	Ordering Code
BUZ 73 L	200 V	7 A	0.4 Ω	TO-220 AB	C67078-S1328-A2

Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Values	Unit
Continuous drain current T <sub>C</sub> = 28 °C	I <sub>D</sub>	7	A
Pulsed drain current T <sub>C</sub> = 25 °C	I <sub>Dpuls</sub>	28	A
Avalanche current, limited by T <sub>Jmax</sub>	I <sub>AR</sub>	7	A
Avalanche energy, periodic limited by T <sub>Jmax</sub>	E <sub>AR</sub>	6.5	mJ
Avalanche energy, single pulse I <sub>D</sub> = 7 A, V <sub>DD</sub> = 50 V, R <sub>GS</sub> = 25 Ω L = 3.67 mH, T <sub>J</sub> = 25 °C	E <sub>AS</sub>	120	mJ
Gate source voltage	V <sub>GS</sub>	± 20	V
ESD-Sensitivity HBM as per MIL-STD 883		Class 1	
Power dissipation T <sub>C</sub> = 25 °C	P <sub>tot</sub>	40	W
Operating temperature	T <sub>J</sub>	-55 ... + 150	°C
Storage temperature	T <sub>stg</sub>	-55 ... + 150	°C
Thermal resistance, chip case	R <sub>thJC</sub>	≤ 3.1	K/W
Thermal resistance, chip to ambient	R <sub>th,JA</sub>	75	K/W



**BUZ 73L**

Electrical Characteristics, at T<sub>J</sub> = 25°C, unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	

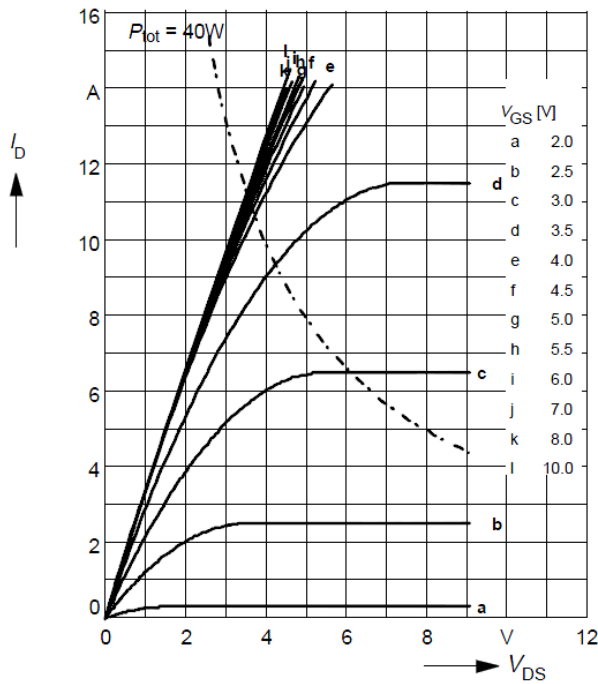
Static Characteristics

Drain-source breakdown voltage V <sub>GS</sub> = 0 V, I <sub>D</sub> = 0.25 mA, T <sub>J</sub> = 25 °C	V <sub>(BR)DSS</sub>	200	-	-	V
Gate threshold voltage V <sub>GS</sub> = V <sub>DS</sub> , I <sub>D</sub> = 1 mA	V <sub>GS(th)</sub>	1.2	1.6	2	
Zero gate voltage drain current V <sub>DS</sub> = 200 V, V <sub>GS</sub> = 0 V, T <sub>J</sub> = 25 °C V <sub>DS</sub> = 200 V, V <sub>GS</sub> = 0 V, T <sub>J</sub> = 125 °C	I <sub>DSS</sub>	-	0.1 10	1 100	μA
Gate-source leakage current V <sub>GS</sub> = 20 V, V <sub>DS</sub> = 0 V	I <sub>GSS</sub>	-	10	100	nA
Drain-Source on-resistance V <sub>GS</sub> = 5 V, I <sub>D</sub> = 3.5 A	R <sub>DS(on)</sub>	-	0.3	0.4	Ω

**Typ. output characteristics**

$I_D = f(V_{DS})$

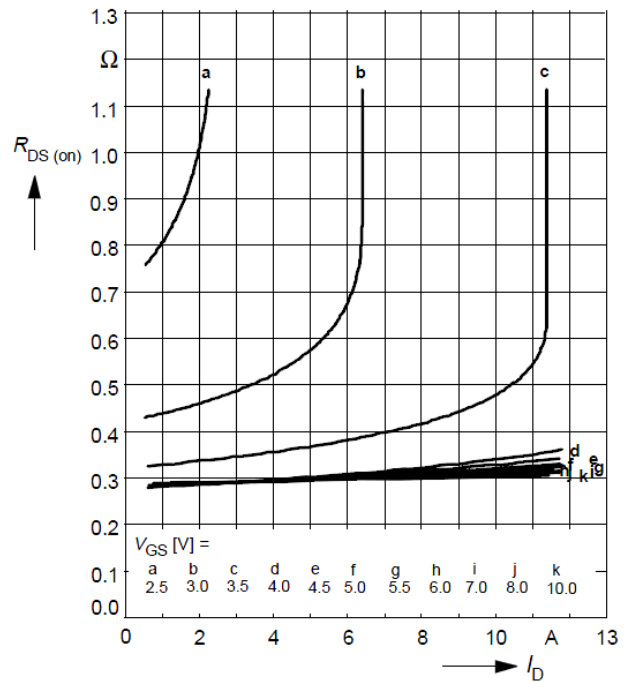
parameter:  $t_p = 80 \mu s$



**Typ. drain-source on-resistance**

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

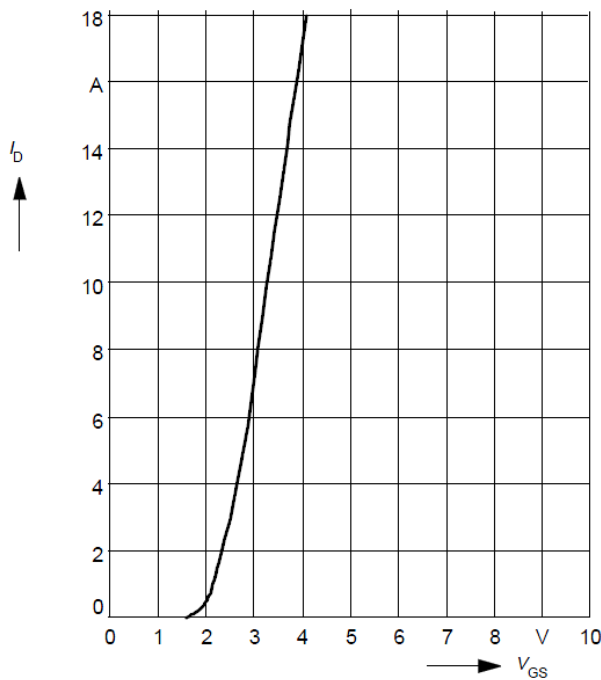
parameter:  $V_{GS}$



**Typ. transfer characteristics**  $I_D = f(V_{GS})$

parameter:  $t_p = 80 \mu s$

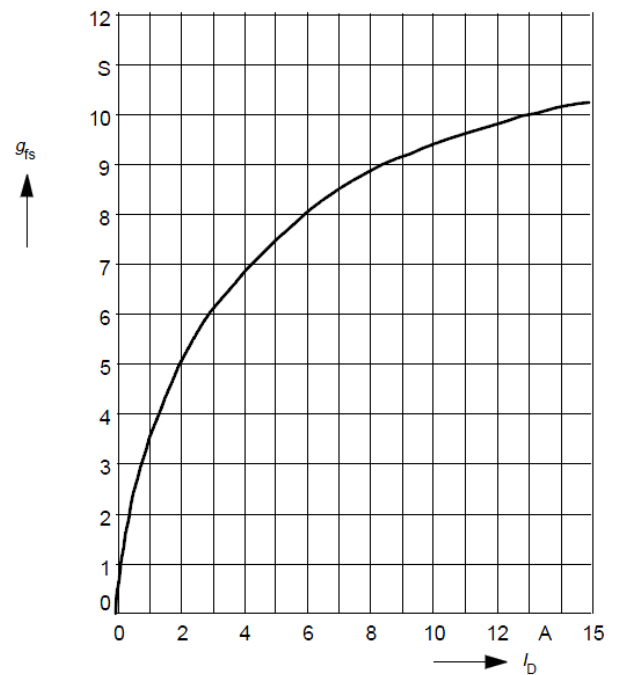
$V_{DS} \geq 2 \times I_D \times R_{DS(on)max}$



**Typ. forward transconductance**  $g_{fs} = f(I_D)$

parameter:  $t_p = 80 \mu s$ ,

$V_{DS} \geq 2 \times I_D \times R_{DS(on)max}$



SVAR TILL TENTAMEN I ELEKTROTEKNIK Elektroteknik för MEDIA och CL,  
MF1035 7/6-2016

**Uppgift: 1(2)**

Strömmen  $I_1$  fördelas mellan tre parallellgrenar:  $4//4//2 = 1\Omega$ . De tre parallella grenarna är seriekopplade med  $4\Omega$ . Kretsens resulterande resistans blir därför  $5\Omega$ .

$$I_1 = \frac{E}{R_{\text{tot}}} = \frac{10V}{5\Omega} = 2A. \text{ Spänningen över de parallell grenarna blir } = 2A \cdot 1\Omega = 2V$$

$$\text{Strömmen } I_2 = \frac{2V}{4\Omega} = 0,5A. \text{ Strömmen genom } 0,5\Omega \text{ motståndet blir } \frac{2V}{(0,5 + 1,5)\Omega} = 1A$$

$$U_1 = 1A \cdot 0,5\Omega = 0,5V$$

**Uppgift: 2(2)**

Vi utgår från den ursprungliga kretsen. I tomgång,  $R_B = \infty$ , gäller här att spänningen över  $40\Omega$ -resistansen är  $\frac{20}{25} \cdot 5 = 4V$ . **Error! Switch argument not specified.**

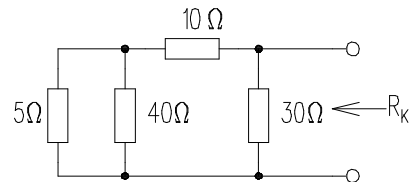
Alltså är  $E_K = \frac{30}{40} \cdot 4 = 3V$  **Error! Switch argument not specified.**

Resistansmässigt representeras den ursprungliga kretsen, sedd från A och B av detta nät:

$5\Omega$  i parallell med  $40\Omega$  ger  $\frac{40}{9}\Omega$

$$10 + \frac{40}{9} = \frac{130}{9}\Omega$$

$\frac{130}{9}\Omega$  i par med  $30\Omega$  ger  $\frac{39}{4}\Omega = R_K = 9,75\Omega$



b) Vi beräknar  $U$  med utgångspunkt från ekvivalenta kretsen och får:

$$U = \frac{R_B}{R_K + R_B} E_K \text{ vilket ger}$$

$$\text{vid } R_B = 5\Omega \quad U = 1,02V \approx 1,0V$$

**Uppgift: 3(1)**

a) Motståndet  $R$  ( $75\Omega$ ) förbrukar den aktiva effekten  $P$  ( $100W$ ). Det gäller

$$P = R \cdot I^2 \Rightarrow I = \sqrt{P/R} = 1,15A.$$

b)  $Z = U/I = 308\Omega$

- c) Spänningen över motståndet blir  $U_R = R \cdot I = 75\Omega \cdot 1,15 \text{ A} = 87 \text{ V}$  och ligger i fas med strömmen.  $U_X$  ligger fasvriden 90 grader från strömmen och därmed  $U_R$ .

$$U_X = \sqrt{U^2 - U_R^2} = 345 \text{ V}$$

$$d) U_X = \frac{1}{\omega C} I \Rightarrow C = \frac{I}{\omega U_X} = \frac{1,15}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 345} \text{ F} = 10,6 \mu\text{F}$$

### Uppgift: 4(2)

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

Det blir samma ström (seriekoppling) genom 16kohm och 1 kohm motstånden.

$$\Rightarrow I = \frac{U_{ut}}{R_A + R_F} = \frac{1,7\text{V}}{16\text{k}\Omega + 1\text{k}\Omega} = 0,1\text{mA}$$

- b) Ideal operationsförstärkare som linjär förstärkare ger:

$$U_A - U_B = 0 \Rightarrow U_B = U_{in}$$

Ohm's lag ger  $U_{in} = U_B = 0,1\text{mA} \cdot 1\text{k}\Omega = 0,1\text{V}$

### Uppgift: 5(2)

- a) För att få 36V kan  $36/1,2 = 30$  st småbatterier seriekopplas till ett batteripaket.

- b) Vid max effekt blir strömmen genom batteriet  $I = 250\text{W}/36\text{V} = 7\text{A}$ .

Om batteriet laddas ur fullständigt (SOC = 0%) blir tiden  $t = 2,05\text{Ah}/7\text{A} = 0,3\text{h}$  eller 18 minuter.

- c) Strömmen per batteri minskas vid parallellkoppling av 36V batteripaket enligt

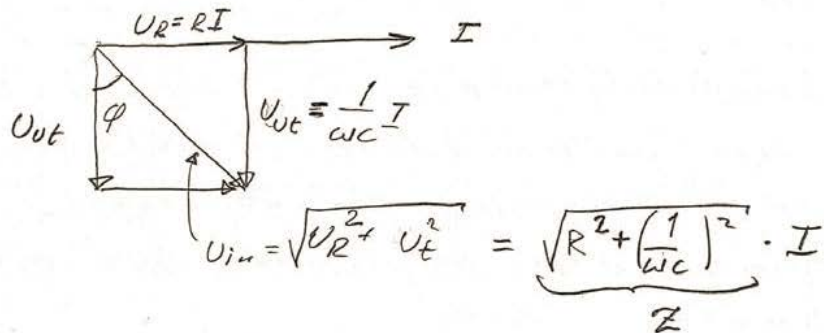
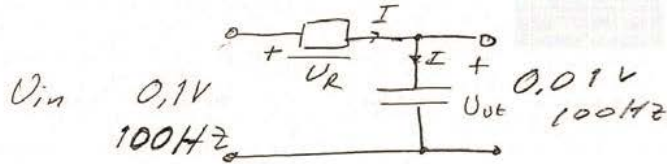
a). Strömmen 2,05Ah (strömmen 1C) laddar ur ett batteri på 1h. Antal parallellkopplade för att komma upp till 7A är  $7/2,05 = 3,4$ . Emilia och Emil tar därför 4 st i parallell. 120 småbatterier ska således vara ihopkopplade 30 st i seriekopplade paket. 4 st sådana paket skall vara parallellkopplade.

- d) Strömmen genom ett batteri blir  $7\text{A}/4 = 1,7\text{A}$  och spänningen blir

$$U_{cell} = 1,32\text{V} - 0,14\Omega \cdot 1,7\text{A} = 1,08\text{V} \text{ Seriekoppling av 30 st ger } U = 1,08\text{V} \cdot 30 = 32\text{V}.$$

## Uppgift: 6(2)

Lösning:



$$U_{out} = \frac{1}{\omega C} I = \frac{1}{\omega C} \cdot \frac{U_{in}}{Z} = \frac{1}{\omega C} \frac{U_{in}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} =$$

$$= \frac{U_{in}}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} = \frac{U_{in}}{\sqrt{1 + (\omega/\omega_0)^2}} \quad \text{där } \omega_0 = \frac{1}{RC}$$

siffror:  $0,01 = \frac{0,1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi \cdot 100}{\omega_0}\right)^2}}$

$$1 + \left(\frac{2\pi \cdot 100}{\omega_0}\right)^2 = 100$$

 $f_0$  [Hz]

$$\Rightarrow \frac{2\pi \cdot 100}{\omega_0} \approx 10 \Rightarrow \omega_0 = 2\pi \cdot 10 \text{ rad/s}$$

(gräns frekvens 10 Hz tydligen)

$$\Rightarrow \tau = \frac{1}{\omega_0} = R \cdot C = \frac{1}{2\pi \cdot 10} \text{ s} = 0,016 \text{ s}$$

vi räknar ha  $C = 470 \text{ nF} \Rightarrow R = \frac{0,016}{470 \cdot 10^{-9}} \Omega \approx 34 \text{ k}\Omega$   
 värlj;  $C = 470 \text{ nF}$

Som ovan men parallellt med C ligger  $R_2 = 1000 \text{ k}\Omega$  som representerar mätinstrumentet. Vid parallellkoppling blir det minsta motståndet dominerande.



Vid 100 Hz blir  $\frac{1}{\omega C} = \frac{10^9}{2\pi 100 \cdot 470} = 3,39k\Omega$

1000k $\Omega$  parallellt med 3,39k $\Omega$  blir i stort sett 3,39k $\Omega$  ("all" ström går minsta motståndets väg, i detta fall kondensatorn).  $R_2$  kan försummas vid sidan av  $1/\omega C$  och samma beräkning som tidigare gäller. Mätinstrumentet har därför försumbar inverkan och störningen på filtrets utgång eller mätinstrumentets ingång blir fortfarande 0,01V, motsvarande 1 grad C i temperatur.

Ett mer matematiskt resonemang ger:

Parallellkopplingen (bold är komplext tal)

$$\frac{1}{Z_2} = \frac{1}{1000k\Omega} + \frac{1}{-j3,39k\Omega} = \frac{1}{-j3,39k\Omega} \left( \frac{-j3,39}{1000} + 1 \right) = \left( \frac{-j3,39}{1000} \text{ försummas} \right) \approx \frac{1}{-j3,39k\Omega}$$

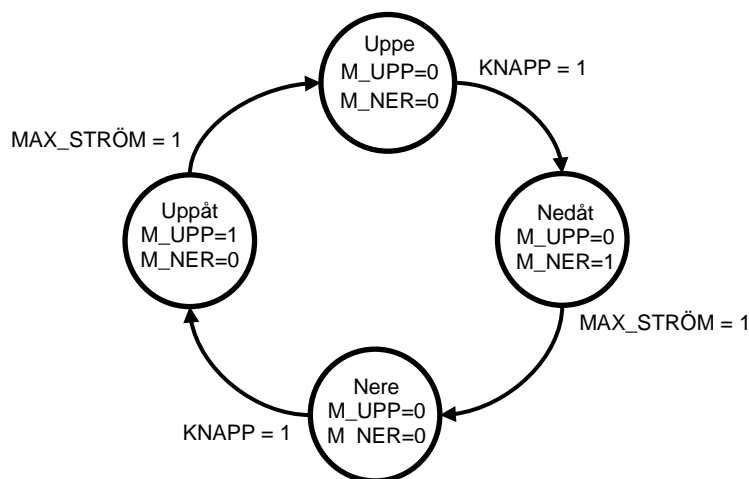
$$Z_2 \approx -j3,39k\Omega$$

### Uppgift: 7(2)

Lösning

a)  $= \frac{R \cdot I}{V_{REF}} \cdot (2^N - 1) = \frac{1 \cdot 2}{3,3} \cdot (2^{10} - 1) = 620$

b)



### Uppgift: 8(2)

a) Då lasten på 6  $\Omega$  är inkopplad ligger förhoppningsvis nästan hela spänningen på 24 V över lasten. Strömmen  $I_D$  blir då lite lägre än  $24/6 = 4A$ . I diagrammet "drain source on-resistance" finns ett antal kurvor för olika  $V_{GS}$ . Om vi går in på  $I_D$  axeln läser vi av olika  $R_{dson}$  beroende på vilken  $V_{GS}$  kurva vi väljer. Lågt  $R_{dson}$  är önskvärt och om vi använder vårt beräknade 4A värde så kan vi välja någon av kurvorna d till k och få  $R_{dson}$  till 0,3 ohm. Vi väljer t ex kurva f som motsvarar

Svaren

$$V_{GS} = 5V.$$

Nu kan vi göra en ny beräkning av  $I_D$   $24V - 6\Omega \cdot I_D - 0,3\Omega \cdot I_D = 0$  ger  $I_D = 3,8 A$ .

Noggrannare är svårt att få med tanke på det diagram vi har.

b) Förlusteffekten i transistorn blir  $P_f = R_{dson} \cdot I_D^2 = 4,3W$

Om omgivningstemperaturen antas vara  $40^\circ C$  och den tillåtna temperaturen är  $150^\circ C$  blir tillåten temperaturhöjning  $110^\circ C$ .

$110^\circ C = (R_{\theta CA} + R_{\theta JC}) \cdot 4,3W$  där  $R_{\theta JC} = 3,1 K/W$  ger  $R_{\theta CA} = 22,5 K/W$  ( $1^\circ C = 1K$  relativt sett) helst lägre så kylningen blir ännu bättre, vi har dessutom försummat lite termisk resistans mellan transistorn och till kylflänsen.