



KTH Informations- och
kommunikationsteknik

Omtentamen i IE1206 Inbyggd elektronik tisdagen den 19 augusti 2014 09.00-13.00

Samtidigt går en liknande tentamen för IF1330 – välj rätt tentamen!

Allmän information

Examinator: William Sandqvist.

Ansvarig lärare: William Sandqvist, tel 08-790 4487 (Campus Kista),
Tentamensuppgifterna behöver inte återlämnas när du lämnar in din skrivning.

Hjälpmedel: Räknare/Grafräknare. Kursens formelblad har bifogats tentamen.

Information om rättning och betyg

Motivera alla svar.

Tabeller och beräkningar som använts ska finnas med i lösningarna i läsbar form. Om svaret på en fråga är "42" så måste du också tala om varför.

Ofullständigt motiverade svar ger *inte* full poäng!

Tentamen kan ge maximalt 28 p, godkändgränsen går vid 12 p. Extrapoäng från programmeringsuppgiften kan endast erhållas vid det *ordinarie* tentamenstillfället.

0 –	12 –	17 –	19 –	22 –	25 –
F	E	D	C	B	A

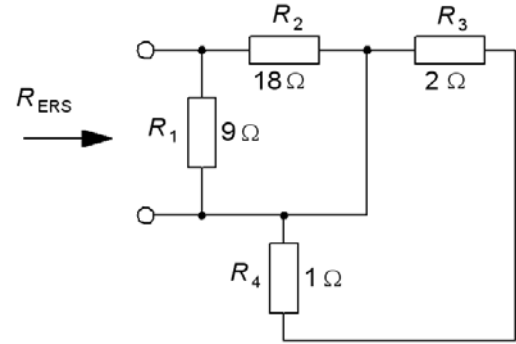
Resultatet meddelas senast tisdag den 6 september.

1. 2p

$R_1 = 9\Omega, R_2 = 18\Omega, R_3 = 2\Omega, R_4 = 1\Omega,$

Ställ upp ett uttryck för R_{ERS} .
Beräkna ersättningsresistansen R_{ERS} .

$R_{ERS} = ? [\Omega]$

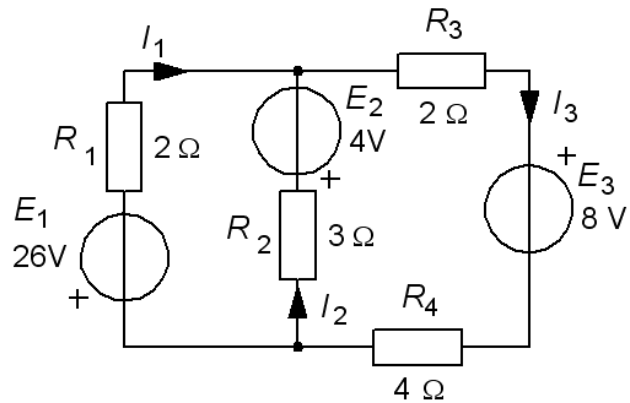


2. 4p

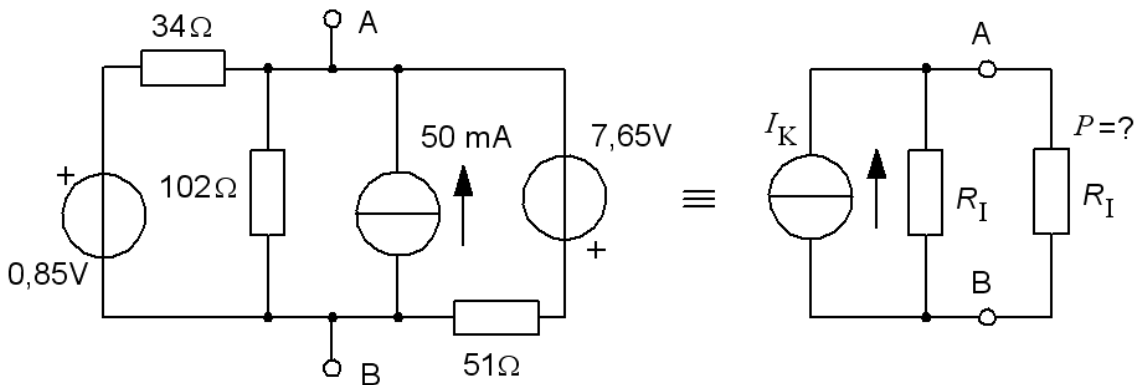
Använd Kirchhoffs lagar för att **ställa upp** och **beräkna** de tre strömmarnas belopp och riktning (tecken).
(Uppgiften kan ge delpoäng även om ekvationssystemet *inte* lösts).

$E_1 = 26V \ E_2 = 4V \ E_3 = 8V$
 $R_1 = 2\Omega \ R_2 = 3\Omega \ R_3 = 2\Omega \ R_4 = 4\Omega$

$I_1 = ? \ I_2 = ? \ I_3 = ?$



3. 4p



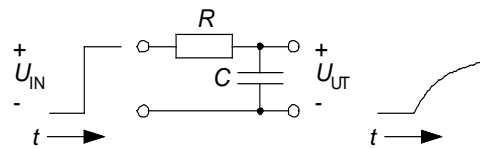
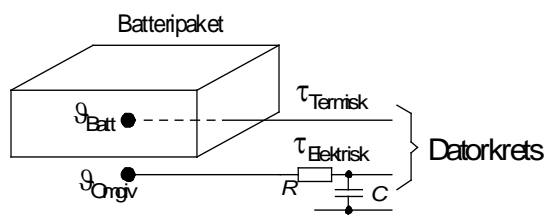
a) Ta fram en ekvivalent Norton-tvåpol med I_K och R_I , för nätet *innanför* punkterna A och B.

$I_K = ? \ [mA] \ R_I = ? \ [\Omega]$

b) Man ansluter en resistor med värdet R_I mellan punkterna A och B. Hur stor blir effekten i denna resistor?

$P = ? \ [mW]$

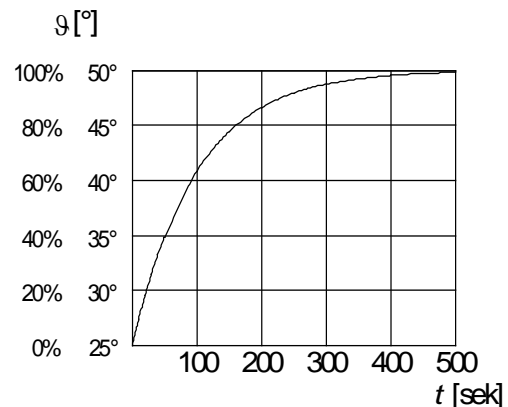
4. 4p



En RC-krets gör temperaturgivaren som mäter omgivningstemperaturen lika långsam som den tröga givaren inuti batteripaketet.

En ackumulator skyddas mot överladdning av två temperaturgivare. En givare inuti batteripaketet och en som mäter omgivningstemperaturen. När temperaturen i batteripaketet enligt givaren överstiger omgivningstemperaturen med ett visst värde *avbryter* en datorkrets laddningen.

Kurvan visar givarsignalen från batteripaketet under 500 sekunder efter att man flyttat detta från +25° rumstemperatur till en ugn med temperaturen +50°.



a) Vilken **termisk** tidkonstant τ_{Termisk} har batteripaketet. Uppskatta denna ur diagrammet?

b) Skriv upp ekvationen för batteripaketets temperatur ϑ som funktion av tiden om det i stället skulle värmas upp från -10° till +25°. $\vartheta(t) = ?$

c) Hur lång tid tar det för batteripaketet att nå 0° när det värms upp från -10° till +25°? $t = ?$ [s]

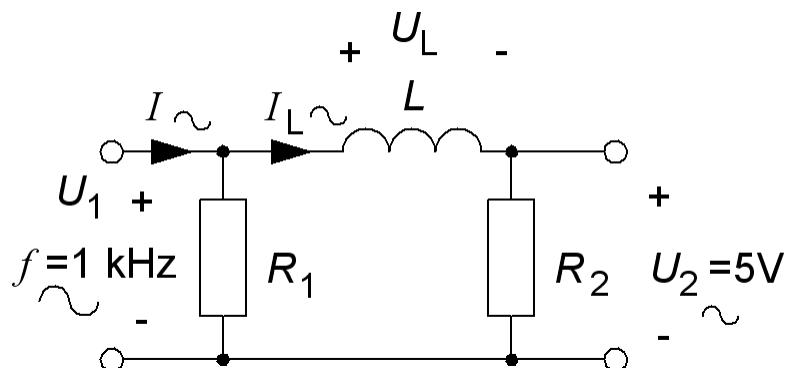
För att få en rättvisande jämförelse mellan de två givarna så "fördröjer" man signalen från den snabbare omgivningstemperaturgivaren med en RC-krets.

d) Välj värden på R och C så att RC-kretsen får **samma** värde på tidkonstanten som batteripaketets termiska tidkonstant. (Välj bland: $1\Omega < R < 10\text{ M}\Omega$; $10\text{ nF} < C < 100\text{ }\mu\text{F}$)

5. 4p

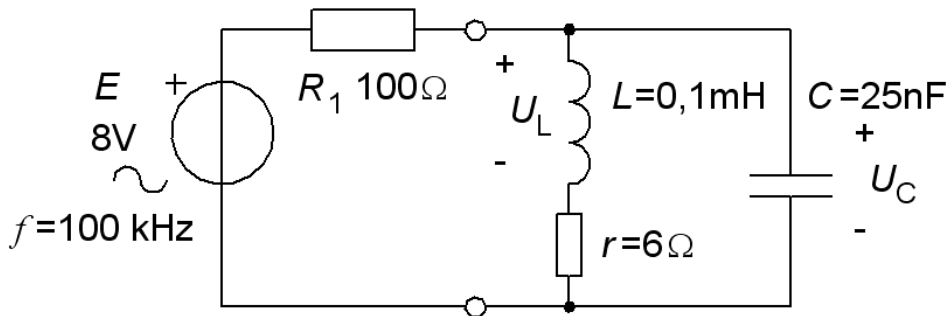
En växelspanning U_1 med frekvensen $f = 1\text{ kHz}$ matar ett nät med en parallellresistor $R_1 = 100\ \Omega$ i serie med en spole $L = 10\text{ mH}$. Kretsen belastas med en resistor $R_2 = 50\ \Omega$.

Man mäter spänningen $U_2 = 5\text{ V}$.



- Beräkna I_L
- Beräkna U_L
- Beräkna U_1
- Beräkna I

6. 4p

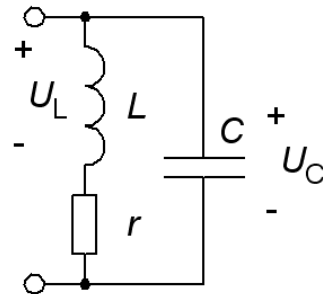
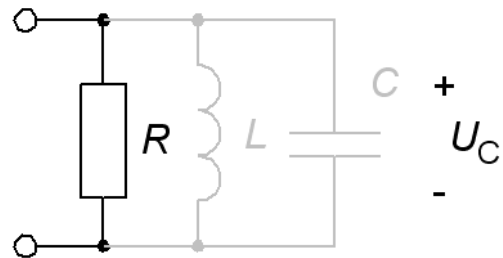


En parallellresonanskrets med $L = 0,1 \text{ mH}$ och $r = 6 \Omega$ och $C = 25 \text{ nF}$ är ansluten till en tongenerator med $E = 8 \text{ V}$ och inre resistansen $R_1 = 100 \Omega$ och frekvensen 100 kHz (detta är resonansfrekvensen). Du ska beräkna hur stora spänningarna U_C och U_L blir.

a) Beräkna spolens Q -värde vid resonansfrekvensen.

b) Beräkna U_C . (Detta görs enklast om serieresistansen r transformeras över till parallellresonans R . De parallella L och C "drar" då **ingen** ström från tongeneratorn!)

c) Beräkna U_L . (Detta görs nu enklast med den ursprungliga kretsen.)

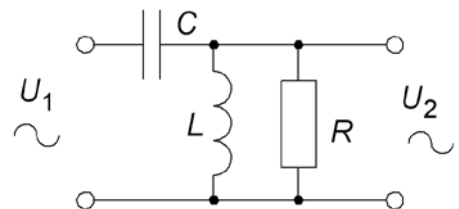


7. 4p

Figuren visar ett delningsfilter med C , och L till ett högtalar-element R .

a) Härled filtrets komplexa överföringsfunktion $\underline{U}_2 / \underline{U}_1$.

Svara prydligt på formen $\frac{a + jb}{c + jd}$

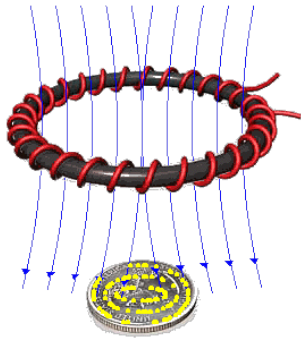


b) Visa vilket *gränsvärde* överföringsfunktionens *belopp* har för mycket låga frekvenser, $\omega \approx 0$.

c) Visa vilket *gränsvärde* överföringsfunktionens *belopp* har för mycket höga frekvenser, $\omega \approx \infty$.

d) Visa vid vilken vinkelfrekvens ω (uttryckt i L och C) som överföringsfunktionen blir rent imaginär (har fasvinkeln 90°)? Stoppa in det uttrycket för ω i överföringsfunktionen och bestäm överföringsfunktionens *belopp* vid den vinkelfrekvensen (uttryckt i R , L och C).

8. 2p



$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{1}{LC} - \frac{r^2}{L^2} \right)}$$

Förklara med utgångspunkt i formeln för parallellresonanskretsens resonansfrekvens (står i figuren) hur en metalldetektor kan skilja mellan **järn** och **andra metaller**.

(Jämför med kursens lab 4)

Lycka till!

Formelblad vid tentamen i Inbyggd elektronik IE1206

Resistans

$R = \rho \frac{l}{a}$	Resistans R , resistivitet ρ (obs! [$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$])
$R_2 = R_1 + R_1 \cdot \alpha(t_2 - t_1)$	Resistansens temperaturberoende. R_2 = varm resistans, R_1 = kall resistans α = temperaturkoefficient

Kretsanalys

$U = I \cdot R \quad I = G \cdot U$	OHM's lag. R resistans G konduktans.
$R_{ERS} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$	Seriekrets.
$\frac{1}{R_{ERS}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$	Parallellkrets.
$R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	Specialfall två resistorer i parallell.
$\sum_{\text{Nod}} I = 0$	Kirchoffs strömlag. En nod är en knutpunkt. Strömmar in till noden tas positiva och strömmar ut från noden negativa.
$\sum_{\text{Slinga}} U = 0$	Kirchoffs spänningslag. En slinga är en sluten strömkrets. Resistorns plustecken är där strömmen går in.
$U_1 = E \frac{R_1}{R_1 + R_2}$	Spänningsdelningsformeln. Delspänningen över R_1 .
$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$	Strömgeningsformeln. Delströmmen genom R_1 .
$P = U \cdot I \quad P = \frac{U^2}{R} \quad P = I^2 \cdot R$	Likströmseffekt i resistor.

Elektriska fält

$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad E = k \frac{Q_1 \cdot 1}{r^2}$	Coulombs lag kraftverkan F mellan laddningar. Elektriskt fält E kraft på enhetsladdning. Konstanten $k = 9 \cdot 10^9$.
$C = \varepsilon \frac{a}{d} \quad \varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$	Plattkondensator. ε kapacitivetet (polariserbarhet). ε_0 för luft/vacuum.
$U = \frac{Q}{C} \quad E = \frac{U}{d}$	Kondensatorns spänning U laddning Q och elektriskt fält E .
$W_e = \frac{C \cdot U^2}{2}$	Elektrostatisk energi.

Magnetiska fält

$B = \frac{\Phi}{a}$	Flöde Φ (antal kraftlinjer) flödestäthet B .
$F_m = N \cdot I$	”mmk” Magnetomotorisk kraft, magnetisering.
$R_m = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{l}{a} \quad \mu = \mu_r \cdot \mu_0$	Reluktans R_m magnetiskt motstånd. μ permabilitet, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ för vacuum. (μ_r relativt vacuum)
$F_m = \Phi \cdot R_m$	OHM's lag för magnetiska kretsen.
$F = B \cdot I \cdot l$	Motorprincipen.
$e = N \frac{d\Phi}{dt}$	Induktionslagen. (Lenz lag, att e är motverkande).
$u = L \frac{di}{dt}$	Självinduktion. Induktans L .
$W_m = \frac{L \cdot I^2}{2}$	Elektromagnetisk energi.

Transienter

$x(t) = x_\infty - (x_\infty - x_0)e^{-\frac{t}{\tau}}$	Snabbformel. x_0 = storhetens begynnelsevärde x_∞ = storhetens värde efter lång tid τ = förloppets tidkonstant
$t = \tau \cdot \ln \frac{\text{”hela”}}{\text{”resten”}}$	”hela swinget” genom ”resten”
Kondensator: $\tau = RC$ Spole: $\tau = \frac{L}{R}$	Tidkonstant τ .

Växelspänning

Periodiska funktioner

$x(t) = \hat{X} \sin(\omega \cdot t + \varphi) \quad \omega = 2\pi \cdot f$	Sinusfunktion med fasvinkel φ .
$X_{med} = \bar{X} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$	Tidsmedelvärde under en period. Alla rena sinusfunktioner har medelvärdet 0.
$X_{RMS} = X = \sqrt{\frac{\int_0^T x^2(t) dt}{T}}$	Effektivvärde. För sinus gäller: $X = \frac{\hat{X}}{\sqrt{2}}$

$j\omega$ -räkning

$\underline{Z} = R + jX$	Impedans Z , resistans R och reaktans X .
$\underline{X}_L = j\omega L \quad X_L = \omega L$	Induktiv reaktans.
$\underline{X}_C = \frac{1}{j\omega C} \quad X_C = -\frac{1}{\omega C}$	Kapacitiv reaktans.

Resonanskretsar

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	Resonansfrekvens.
$Q = \frac{2\pi f_0 L}{r} \quad Q = \frac{R}{2\pi f_0 L}$	Definition av spolens Q-värde med serieresistans r , samt alternativ definition med parallellresistans R .
$\frac{R}{r} = Q^2$	Omräkning mellan serieresistans r och parallellresistans R . ($Q > 10$)
$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{Q}$	Bandbredd BW, Δf .

Effektanpassning till tvåpol

$R_L = R_I$	Effektanpassning. Likspänning.
$\underline{Z}_L = \underline{Z}_I^*$	Effektanpassning komplex last. (* konjugat)
$R_L = \underline{Z}_I $	Effektanpassning. Komplex tvåpol med resistiv last.

Ideal transformator

$P_1 = P_2$	Förlustfri transformator.
$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$	Spänningsomsättning.
$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$	Strömomsättning.
$\underline{Z}_{1 \leftarrow 2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \cdot \underline{Z}_2$	Överräkning av impedans.

Induktiv koppling

$U_1 = r_1 I_1 + j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2 \quad U_2 = r_2 I_2 + j\omega L_2 I_2 + j\omega M I_1$	Ekvationssystem med $r_1 \quad L_1 \quad r_2 \quad L_2 \quad M$
$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$	Kopplingsfaktor k ömsinduktans M $k=1$ 100% koppling $k=0$ oberoende
$L_{SER} = L_1 + L_2 \pm 2M \quad L_{PAR} = \frac{L_1 \cdot L_2 - M^2}{L_1 + L_2 \pm 2M}$	Seriekoppling ("-" för motverkande) Parallellkoppling ("+" för anti-parallella).