



Skolan för teknik och hälsa

Tentamen

Kurs:	EMC elektronik
Kursnummer:	HE1019
Moment:	RED1: 4hp
Program:	MT
Åk:	3 (TIMEL3)
Examinator:	Mats Nilsson
Rättande lärare:	Nils Holmström
Datum:	Torsdag 11 juni, 2015
Tid:	9 - 13
Plats:	xxxxxx
Hjälpmedel:	Räknedosa, formelsamling i tentamen
Omfattning och betygsgränser:	Tentamen består av 20 frågor som kan ge maximalt 26 poäng. Betygsättning: A 23-26 poäng, B 20-22 poäng, C 17-19 poäng, D 14-16 poäng, E 11-13 poäng, Fx minst 10 poäng (ger inte godkänt på kursen men ger rätt till komplettering)
Övrig information:	Svara på frågorna genom att antingen skriva in svaren i respektive ruta under frågan eller på separata blad. Lämna också in dina uträkningar så finns det chans att du kan få poäng om du tänkt rätt, men gjort ett mindre misstag. Kom ihåg att skriva namn och uppgift på alla inlämnade papper!

1. Kopplingsvägar (1p)

Varje störning har en källa, en kopplingskanal och ett offer. Kopplingskanalen kan både vara luftburen och ledningsburen. Beskriv tre olika sätt den luftburna störningen kan överföras mellan störkällan och offret!



Lösning:

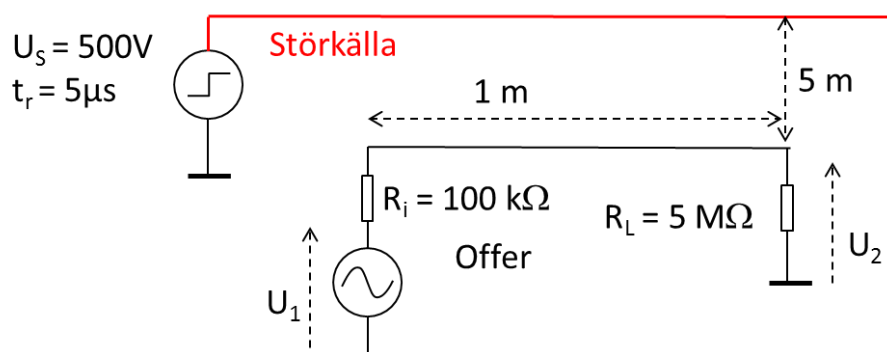
1. Kapacitivt, genom elektriskt fält
2. Induktivt, genom magnetiskt fält
3. Strålat, genom elektromagnetiska vågor

2. Överhörning (2p)

En oskärmad kraftledning med diametern 1 mm ligger i luft på 5 m avstånd från ett störningsupptagande offer. En spännings-transient på ledningen har amplituden 500 V och stigtiden 5 μ s.

Offret är en 1 m lång oskärmad ledning av 1 mm tjock koppartråd som drivs av en signalkälla U_1 med impedansen $R_i = 100 \text{ k}\Omega$. Ledningen termineras med en last R_L på 5 $\text{M}\Omega$.

Rita ett ekvivalent schema för situationen! Beräkna störningsspänningen U_2 !



Lösning:

Först kollar man om offret ligger i när- eller fjärrfältet från störkällan. För störningen gäller att gränshänsen $f_b = 1/\pi t_r = 64 \text{ kHz}$. Detta ger våglängden $\lambda = c/f_b \approx 4.7 \text{ km}$. Kritiska avståndet blir då $d_{\text{krit}} = \lambda/2\pi \approx 750 \text{ m}$ och man kan anta att offret ligger i närfältet av störkällan eftersom avståndet mellan störkälla och offer är 5 m. Då gäller att störningen överförs antingen kapacitivt eller induktivt. Eftersom störningen är en spännings-transient kan man anta en kapacitiv störningsväg.

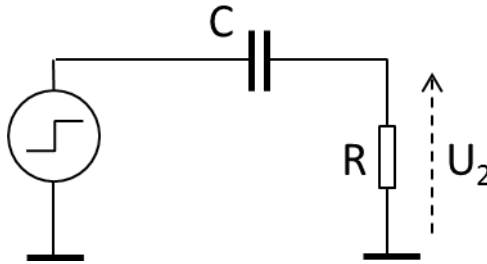
Formelsamlingen ger att kapacitansen mellan störkälla och offer när $a \ll d$ är

$$C \approx \frac{\pi \epsilon_r \epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{d}{a}\right)}$$

$\epsilon_r = 1$ i luft, $l = 1$ m, $d = 5$ m, $a = 0.5$ mm $\Rightarrow C = 3$ pF

$R = 100$ k Ω parallellt med 5 M $\Omega = 98$ k Ω

Om man ritat ekvivalent schema (approximation) för situationen fås följande:



För en flank gäller (formelsamling sid 303) att

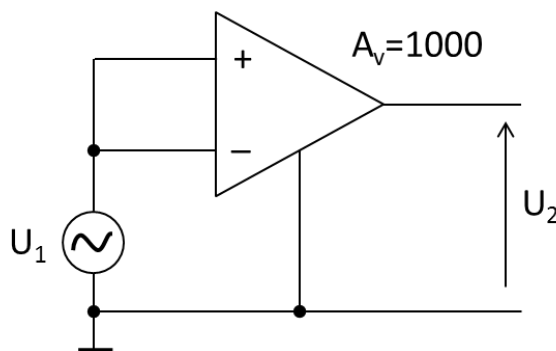
$$i = C \frac{du}{dt} \approx C \frac{U_S}{t_r}$$

Och $U_2 = R \times i$ vilket ger att

$$U_2 = RC \frac{U_S}{t_r} = 98 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-12} \times \frac{500}{5 \times 10^{-6}} = 29,4 \text{ V}$$

3. CMRR (1p)

Vid frekvensen 10 kHz blir amplituden på utsignalen U_2 från förstärkaren i figuren 5 mV när insignalen U_1 är 2 V. Vad blir förstärkarens common mode rejection ratio, CMRR, beräknat i dB?



Lösning:

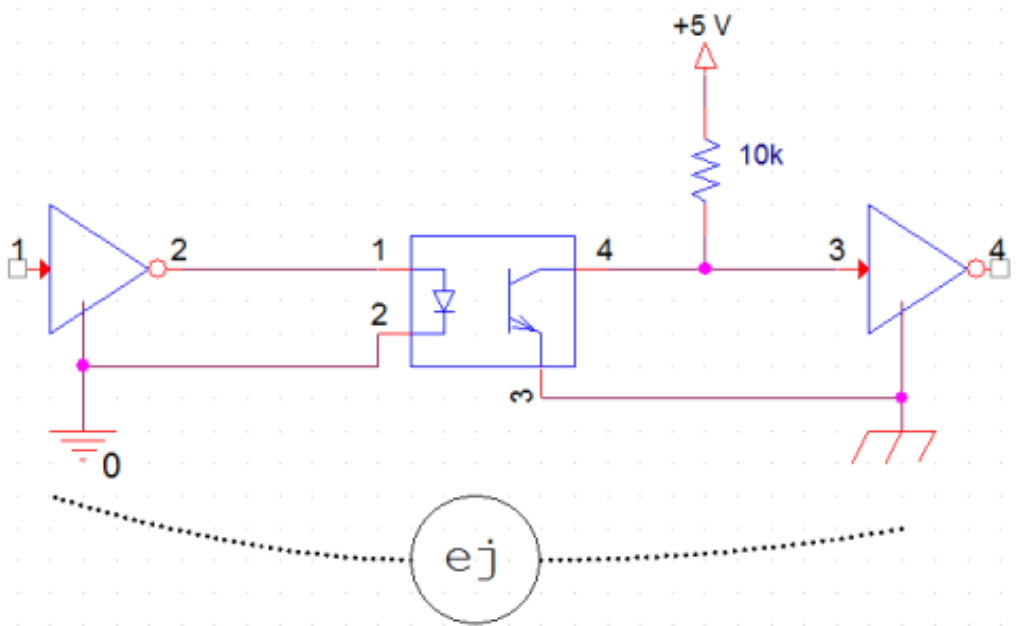
Differential mode förstärkningen för förstärkaren är given: $A_{DM} = A_V = 1000$

Förstärkningen för common mode störningar $A_{CM} = U_2 / U_1 = 0,005 \text{ V} / 2 \text{ V} = 2,5 \times 10^{-3}$

$$\Rightarrow \text{CMRR} = 20 \log(A_{DM}/A_{CM}) = 20 \log(1000/2,5 \times 10^{-3}) = 112 \text{ dB}$$

4. Isolering (2p)

En oskärmad optokopplare har $C_L = 1$ pF längskapacitans och hälften av denna kapacitans kopplar till fototransistorns bas. Optokopplarens fototransistor har strömförstärkningen $\beta = 100$. Inverteraren till höger, som har hög inimpedans, byter värde från logisk nolla till etta då inspänningen är lägre än 2,5 V. Utspänningen från inverteraren till vänster är 0 V vilket betyder att lysdioden i optokopplaren är släckt. Vilken positiv transient spänningsförändring du/dt på "ej" krävs för att inverteraren skall till höger byta värde till etta på utgången?



Lösning:

När kollektorströmmen i_C som går genom $10\text{ k}\Omega$ motståndet är större än $2,5\text{ V} / 10\text{ k}\Omega = 250\text{ }\mu\text{A}$ byter inverteraren värde. $\Rightarrow i_C > 250\text{ }\mu\text{A}$

Kollektorströmmen i_C beräknas som funktion av spänningsförändringen enligt följande.

Basströmmen $i_B = i_C / \beta$.

$$i_B = \frac{C_L}{2} \cdot \frac{du}{dt}$$

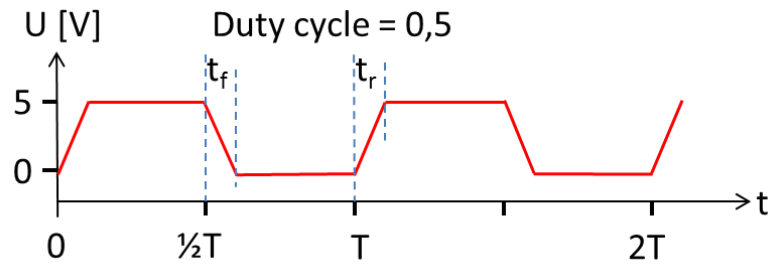
$$i_C = \beta \cdot i_B = \beta \cdot \frac{C_L}{2} \cdot \frac{du}{dt}$$

$$\frac{du}{dt} > \frac{2i_C}{\beta C_L} = \frac{2 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{100 \cdot 10^{-12}}$$

$$\Rightarrow \text{Trancienten } du/dt > 5 \cdot 10^6 \text{ V/s} = 5 \text{ V}/\mu\text{s}$$

5. Filter (1p)

En digital signal har grundfrekvensen 1 GHz och stig- respektive falltiden $t_r = t_f = 0,2\text{ ns}$. Under vilken brytfrekvens ligger det mesta av signalens energi?



Lösning:

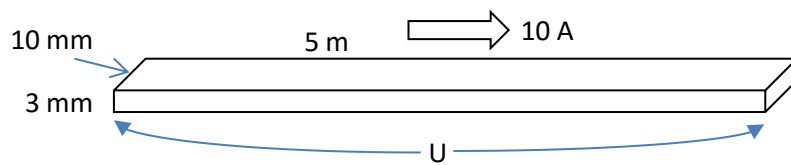
Stig- respektive falltid är $t_r = 0,2 \text{ ns}$.

Den brytfrekvens under vilken det mesta av signalens energi finns är

$$f_b = 1/\pi t_r = \mathbf{1,6 \text{ GHz}}$$

6. Kraftöverföring (1p)

En rektangulär kopparskena med tvärsnittet $10 \times 3 \text{ mm}$ överför en växelström på $10 \text{ A} / 50 \text{ kHz}$ mellan två terminaler i ett ställverk. Vad blir spänningsfallet i kopparskenan om den är 5 m lång? Gör en överslagberäkning som beaktar skin-effekten!



Lösning:

Resistansen i skenan vid frekvensen $f = 50 \text{ kHz}$ beräknas som

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A_{eff}}$$

, där resistiviteten $\rho = 1/\sigma$ (konduktiviteten $\sigma = 1/\rho$).

Skindjupet är $\delta = \frac{66 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{\sigma_r f}} \text{ [m]}$.

Detta ger att δ vid 50 kHz är $\delta = 0,3 \text{ mm}$

$$A_{eff} \approx \delta(2 \cdot 10 + 2 \cdot 3) = 7,7 \text{ mm}^2$$

Konduktiviteten $\sigma = \sigma_0 \sigma_r$, där $\sigma_r = 1$ för koppar. Sålunda kan resistansen vid 50 kHz fås som

$$R = \frac{l}{\sigma_0 A_{eff}} = 11,2 \text{ m}\Omega$$

Spänningsfallet i skenan är enligt ohms lag, $U = R \cdot I$

Detta ger att spänningsfallet $\mathbf{U(50 \text{ kHz}) = 112 \text{ mV}}$

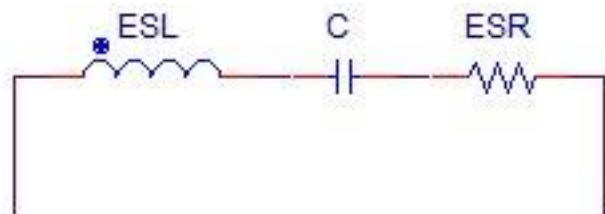
7. Komponenter (1p)

En kondensator används för att stabilisera spänningen i en krets. Man har inte brytt sig om att klippa av de parallella benen på komponenten vars längd är 2 cm och avståndet 5,08 mm. Bendiametern är 0.5 mm. Rita upp kondensatorns egentliga schema med strökomponenter samt beräkna approximativt resonansfrekvensen om kapacitansen är $C = 100 \text{ nF}$. För beräkningen kan höga frekvenser antas.



Kondensator

Lösning:



Den ekvivalenta serieinduktansen (ESL) kan beräknas (s. 305) som

$$ESL \approx \frac{\mu_0}{\pi} \cdot l \cdot \ln\left(\frac{2h}{d}\right)$$

$$l = 2 \times 10^{-2} \text{ m}, h = 5,08 \times 10^{-3} \text{ m}, d = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Rightarrow ESL = 24 \text{ nH}$$

Ur formelsamlingen s. 306 fås serieresonansfrekvensen när $C = 100 \text{ nF}$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega = 2\pi f$$

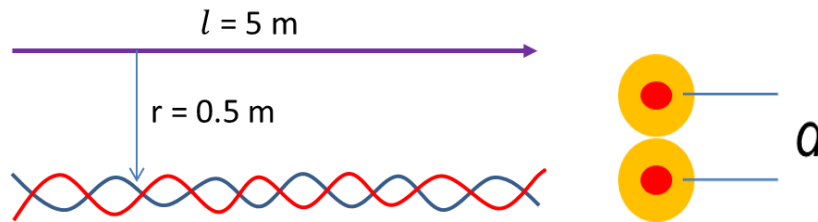
$$\Rightarrow \text{Resonansfrekvensen } f_r = \mathbf{3.2 \text{ MHz}}$$

8. Kablar (2p)

En tvinnad signalkabel går parallellt med en kraftkabel på en sträcka av 5 m. Avståndet r mellan kablarna är 0,5 m. Strömderivatan i kraftkabeln di/dt har uppmätts till $100 \text{ A}/\mu\text{s}$.

Koppartråden i signalkablarna har diametern $a = 1 \text{ mm}$ och isolationen är 1 mm tjock. Tvinningen är 25 slag/m , vilket ger att signalkabelns areaobalans $A_{\text{eff}} = 5 \%$.

Beräkna inducerad spänning i signalkabeln!



Lösning:

Först beräknas ytan A (projektion) av den tvinnade kabeln. Avståndet mellan kopparledarna $d = 1 + 2 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$. Projektionen i ett plan kan beskrivas som två sinuskurvor varför

$$A = \frac{ld}{\sqrt{2}}$$

, vilket ger att $A = 10.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Den effektiva arean $A_{\text{eff}} = 0.05 \times A = 5,3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$.

I formelsamlingen sid 305, inducerad emk i slinga

$$E \approx \frac{\mu_0 A_{\text{eff}}}{2\pi r} \frac{di}{dt}$$

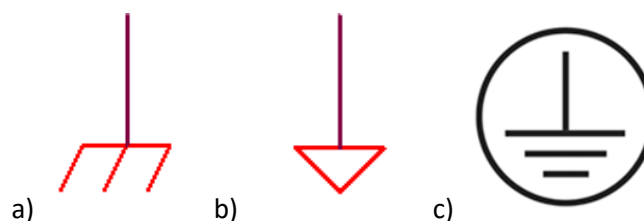
=> **E = 21.2 mV**

9. Jordning (1p)

Det finns olika symboler för att beteckna "jord" i elektriska kopplingar. Rita upp symbolerna för

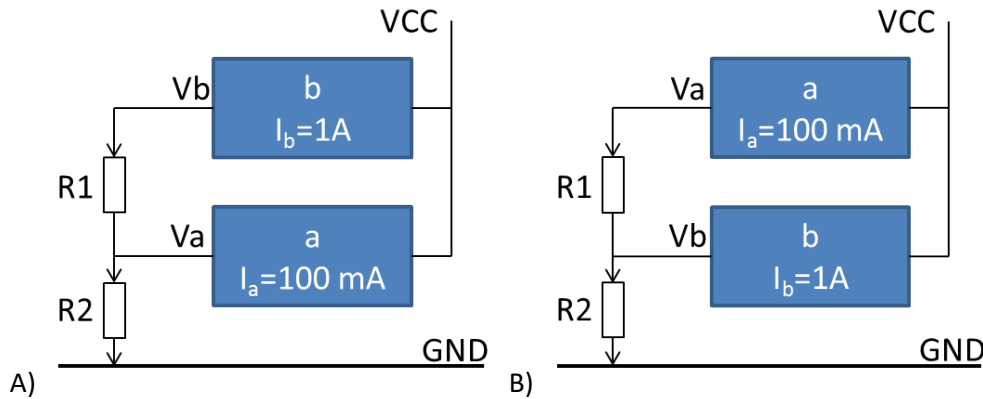
- Chassis anslutning
- Digital jord eller digital nolla
- Skyddsjord

Lösning:



10. Jordning (1p)

Två kretskort (a och b) är placerade i en apparat där "hoppande jord" tillämpas. Kort "a" drar 100 mA ström från VCC och kort "b" drar 1 A. Hur stor är störningen av referensnivån V_a och V_b (kortens nollnivå) i fall A och när korten byter plats, fall B? Båda korten har jordimpedansen $R_1 = R_2 = 1 \Omega$.



Lösning:

Fall A:

Enligt Kirchhoffs lag går strömmen $I_a + I_b$ genom $R_2 \Rightarrow$

$$V_a = R_2 \times (I_a + I_b) = 1\Omega \times (1\text{A} + 0.1\text{A}) = \mathbf{1.1V}$$

Genom R_1 går strömmen $I_b \Rightarrow$

$$V_b = V_a + R_1 \times I_b = 1.1\text{V} + 1\Omega \times 1\text{A} = \mathbf{2.1V}$$

Fall B:

Om korten byter plats som i fall B blir spänningarna följande:

$$V_b = R_2 \times (I_a + I_b) = 1\Omega \times 1.1\text{A} = 1.1\text{V att bli } \mathbf{1.1V}$$

$$V_a = V_b + R_1 \times I_a = 1.1\text{V} + 1\Omega \times 0.1\text{A} = \mathbf{1.2V}$$

11. Transmission (1p)

En oskärmad kabel med mantel av polyolefin, $\epsilon_r = 2,3$, med två ledare används för att överföra digitala signaler mellan två instrument. Kabelns längd är 2 m, ledardiametern är 1 mm och avståndet mellan ledarna är 3 mm (se figur). Beräkna transmissiontiden T_D och den karaktäristiska impedansen Z_0 .

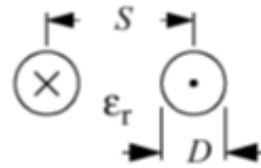


Lösning:

Enligt formelsamlingen kan impedans och utbredningskonstant för parallella ledare beräknas:

$$Z_0 = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left(\frac{S}{D} + \sqrt{\left(\frac{S}{D} \right)^2 - 1} \right) [\Omega]$$

$$T_0 = 3,34 \sqrt{\epsilon_r} [ns/m]$$



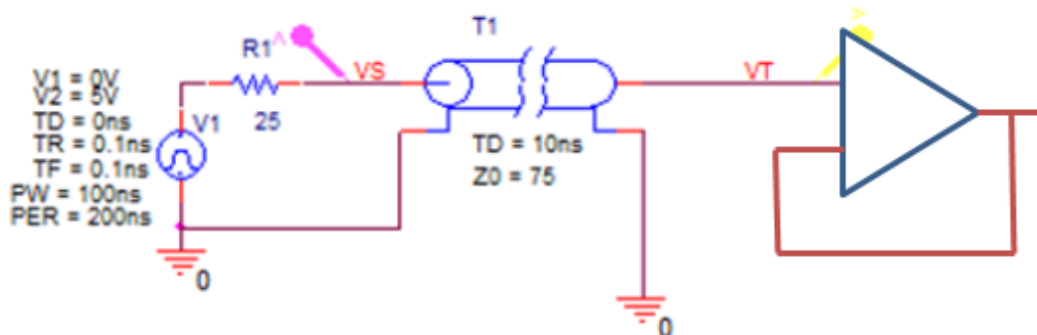
$$\epsilon_r = 2,3; S = 3 \times 10^{-3} \text{ m}; D = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Detta ger att $T_0 = 5,07 \text{ ns/m}$. Längden på ledaren $l = 2 \text{ m} \Rightarrow T_D = l \times T_0 \Rightarrow T_D = 10 \text{ ns}$

$$Z_0 = 139 \Omega.$$

12. Terminering (3p)

- a) Vid ett laborationstillfälle kopplas signalgeneratorns utgång direkt till en BNC koaxialkabel med karaktäristiska impedansen $Z_0 = 75 \Omega$ och transmissionstiden $T_D = 10 \text{ ns}$. Signalgeneratorns utgångsimpedans $R_1 = 25 \Omega$. I andra ändan har man anslutit kabeln till en mycket höghmig förstärkare utan termineringsmotstånd. En puls som matas från generatorn går vid tidpunkten $t = 0$ från 0 till 5 V. Vilka spänningar återfinns på utgången från signalgeneratorn (VS) och ingången till förstärkaren (VT) efter 5, 15 och 25 ns? (2p)



- b) Föreslå hur man skulle kunna undvika reflektioner i denna uppkoppling! (1p)

Lösning:

- a) Beräkna först inspänningen när signalen når T1 första gången: $V_S = 5V \times Z_0 / (R_1 + Z_0) = 3,75 \text{ V}$.

Från $t = 0$ till $t = 2T_D$ är spänningen på ingången till kabeln $V_S = 3,75 \text{ V}$.

Alltså är $V_S(5ns) = V_S(15ns) = 3,75 \text{ V}$.

Reflektionskoefficienten $\rho_S = (R_1 - Z_0) / (R_1 + Z_0) = -0,5$

Reflektionskoefficienten $\rho_T = (R_2 - Z_0) / (R_2 + Z_0) = 1$

Från $t = 0$ till $t = T_D$ är spänningen $V_T = 0 \text{ V}$. Alltså är $V_T(5ns) = 0 \text{ V}$.

När spänningen V_S fortplantat sig till transmissionslinjens slut uppstår en totalreflektion och

den reflekterade spänningen $V_{r1} = \rho_T V_{S1} = 1 \times 3,75 = 3,75$ [V].

Tillsammans med den infallande spänningen blir $V_{T1} = V_S + V_{r1} = 3,75 + 3,75 = 7,5$ [V].

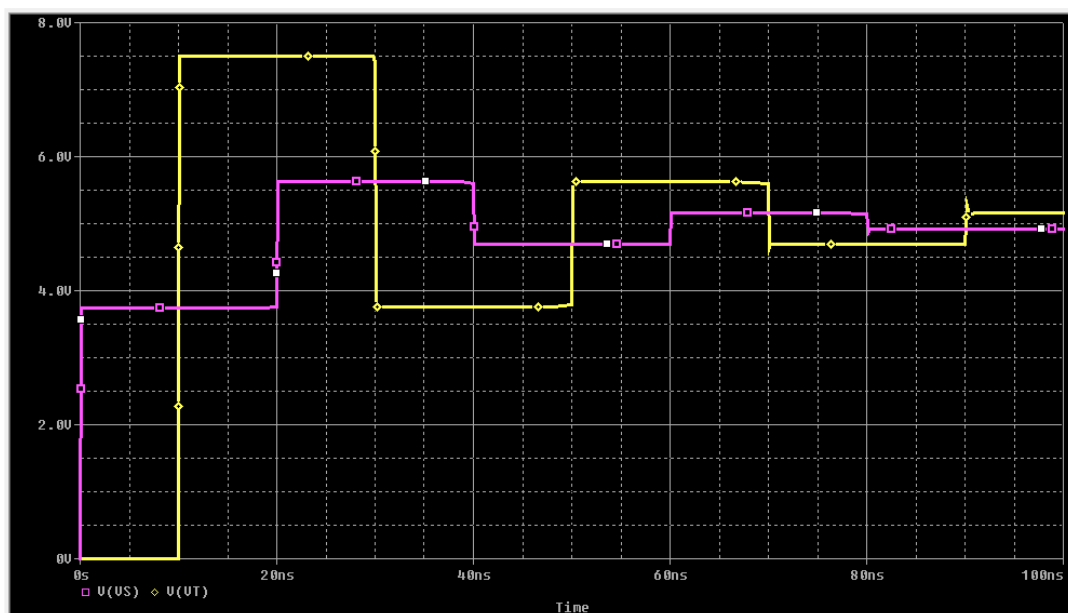
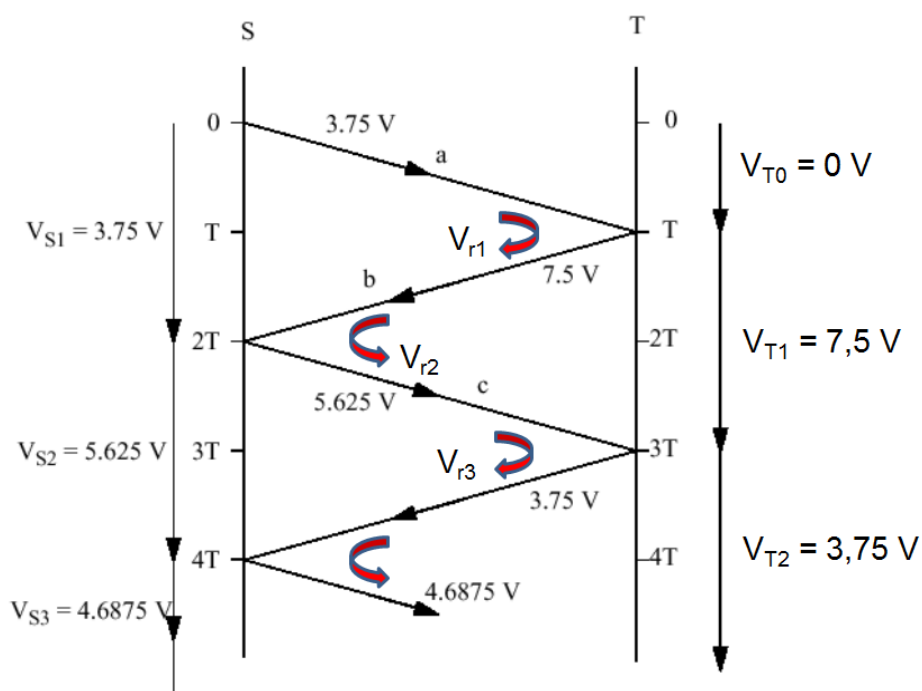
Alltså fås att $V_T(15\text{ns}) = V_T(25\text{ns}) = 7,5$ V.

Denna spänning fortsätter nu mot R_1 för att reflekteras där igen eftersom det finns en missanpassning mellan Z_0 och R_1 .

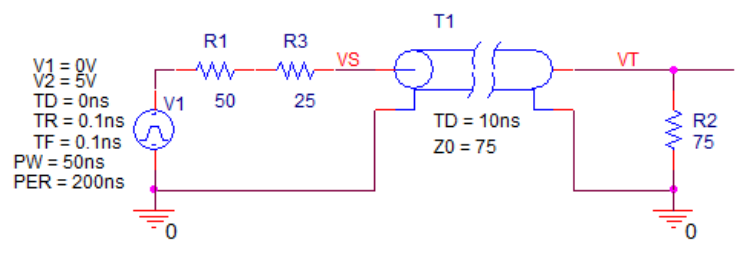
Detta ger en reflektion tillbaka i linjen $V_{r2} = \rho_S V_{r1} = -0,5 \times 3,75 = -1,875$ [V].

Och spänningen på ingången till transmissionslinje blir $V_{S2} = V_{T1} + V_{r2} = 7,5 - 1,875 = 5,625$ [V].

Alltså fås att $V_S(25\text{ns}) = 5,625$ V.

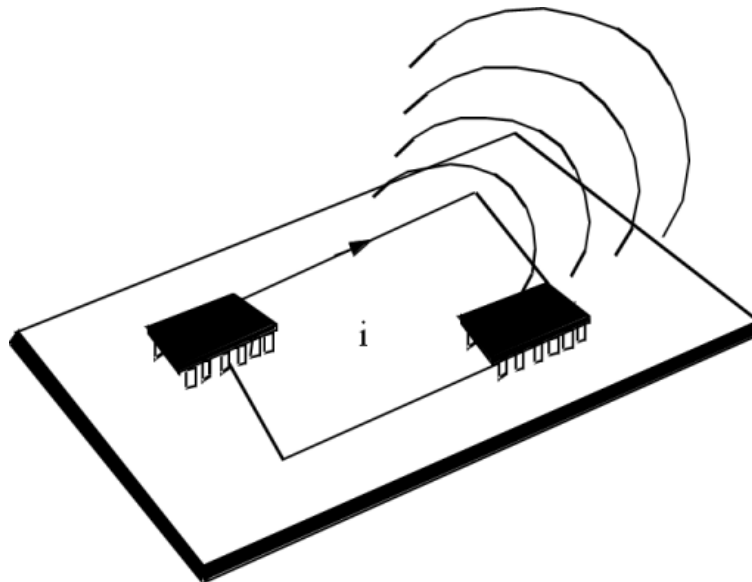


- b) Koppla in ett seriemotstånd R3 på 50 Ω på ingången och lägg till ett termineringsmotstånd R2 på 75 Ω.



13. Strålkällor (1p)

Mönsterdragningen på ett kretskort är olyckligt dragen så att en öppen strömslinga bildas som i figuren. Detta ger upphov till stark elektromagnetisk strålning i kortets omgivning. Föreslå tre åtgärder för att minska den elektriska fältstyrkan runt kortet?



Lösning:

Strömmen i slingan genererar ett magnetiskt fält i närzonen och ett elektromagnetiskt fält i fjärrzonen. Den elektriska fältstyrkan i fjärrfältet definieras av

$$E \leq \frac{132 \cdot 10^{-16} \cdot f^2 A I}{r} \text{ [V/m]}$$

1. För att minska E är det bästa sättet att minska på ytan A av strömslingan. Detta görs genom att flytta ledarna närmare varandra samt lägga komponenterna så nära varandra som möjligt.
2. Om signalen i strömslingan består av övertoner och oönskade högfrekventa signaler kan man filtrera bort dessa.
3. Om det är möjligt kan man försöka sänka strömmen i slingan genom impedansanpassning.
4. Om strömmen uppstår vid oönskade oscillationer elimineras dessa genom annat komponentval, omkonstruktion och filtrering.

5. Kapsla in kortet i ett tätt metallhölje, dvs. skärmning.

14. Skärmning (2p)

Vad är den totala skärmningseffektiviteten för en plastlåda som på insidan är täckt av en 25 μm tjock kopparfolie? Lådan befinner sig i luft och störfrekvensen är 100 MHz.

Lösning:

Generellt gäller att

$$SE = 20\log \frac{Z_0}{4Z_s} + 20\log e^{t/\delta} + 20\log \left| 1 - e^{-\frac{2t}{\delta}} \right|$$

Skärmningseffektiviteten $SE = R + A + B$

Beräkna först reflektionsdämpningen $E_1/E_0 = 4 Z_0 Z_s / (Z_0 + Z_s)^2$

Vågimpedans i luft $Z_0 = 377 \Omega$

Vågimpedansen Z_s för koppar vid 100 MHz beräknas enligt formel

$$Z_s = \sqrt{\frac{j\omega\mu_r\mu_0}{\sigma + j\omega\epsilon_r\epsilon_0}}$$

Enligt formelsamling (sid 309) är $\sigma_r = 1$ för koppar och $\sigma_0 = 5.82 \times 10^7 [1/\Omega\text{m}]$.

$$\Rightarrow \sigma = \sigma_r\sigma_0 = 5,82 \times 10^7 [1/\Omega\text{m}]$$

Termen $\omega\epsilon_r\epsilon_0 = 2\pi f \cdot 1 \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} [\text{F/m}] = 556 \times 10^{-6} [\text{F/sm}]$

Eftersom $\sigma \gg \omega\epsilon_0$ och $\mu_r = 1$ för koppar kan formeln förenklas till

$$|Z_s| = \sqrt{\frac{2\pi f \mu_0}{\sigma}}$$

$$\Rightarrow Z_s = 3,68 \times 10^{-3} \Omega$$

$$\Rightarrow \text{Reflektionsdämpningen } E_1/E_0 \approx 4 Z_s / Z_0 = 39 \times 10^{-6}$$

$$R = 20\log(E_0/E_1) = 20\log(1/(12 \times 10^{-6})) = \mathbf{88 \text{ dB}}$$

Beräkna sedan absorptionsdämpningen $E_1/E_0 = e^{-t/\delta}$

Inträngningsdjupet i koppar δ

$$\delta = \frac{66 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{\sigma_r f}}$$

$$\Rightarrow \delta(10 \text{ MHz}) = 6.6 \mu\text{m}$$

Laminatets tjocklek $t = 25 \mu\text{m} \Rightarrow E_1/E_0 = e^{-t/\delta} = 0,0226$

$$A = 20\log(E_0/E_1) = 20\log(1/0,0226) = \mathbf{33 \text{ dB}}$$

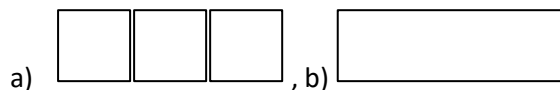
Multipla reflektioner B behöver inte beaktas eftersom $A > 10 \text{ dB}$.

$$\Rightarrow \text{Totala skärmningseffektiviteten } \mathbf{SE = R + A = 88 + 33 \text{ [dB]} = \underline{121 \text{ dB}}}$$

15. Skärmning (1p)

a) Om man gör tre kvadratiska hål som sitter tätt intill varandra i en metallskärm med höjd och bredd = 2 cm vardera, vad blir då skärmningseffektiviteten SE vid 10 MHz?

b) Vad blir SE om man tar bort de två balkarna i mitten och bara har ett enda hål med bredden 6 cm och höjden 2 cm?



Lösning:

Våglängden $\lambda = c/f = 30 \text{ m}$. Bredden på den sammansatta öppningen är $6 \text{ cm} \ll \lambda = 30 \text{ m}$, dvs. öppningen är liten relativt våglängden.

$$SE \approx 20\log\left(\frac{\lambda}{2a}\right) + 20\log\left(1 + \ln\left(\frac{a}{b}\right)\right)$$

a) $a = b = 2 \text{ cm}$

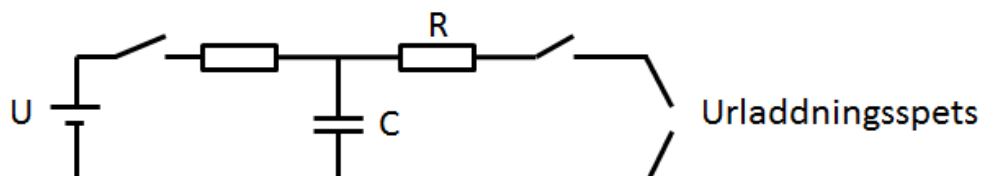
$$SE = 20\log(30/2 \times 2 \times 10^{-2}) = 57.5 \text{ dB}$$

b) $a = 6 \text{ cm}, b = 2 \text{ cm}$

$$SE = 20\log(30/2 \times 6 \times 10^{-2}) + 20\log(1 + \ln(6/2)) = 54.4 \text{ dB}$$

16. ESD (1p)

Enligt EN61000-4-2 skall generatoren för ESD-testning se ut som i figuren, där $R = 330 \text{ ohm}$ och $C = 150 \text{ pF}$.



Beräkna kortslutningsströmmen $i(t)$ vid $t = 0$ och $t = 50 \text{ ns}$ efter brytarens slutning när kondensatorn C är uppladdad till $U = 4 \text{ kV}$.

Lösning:

Vid $t = 0$ är spänningen över C och R : $U_0 = 4 \text{ kV}$, och strömmen

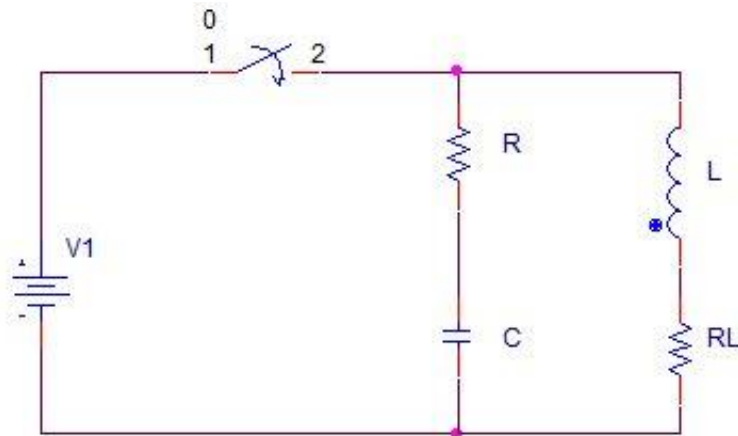
$$i(0) = U_0 / R = 4 \text{ kV} / 330 \Omega = \underline{12,1 \text{ A}}$$

Allmänt gäller vid urladdning av kondensator: $u(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

$$\Rightarrow u(50 \text{ ns}) = 4 \cdot 10^3 \cdot e^{-\frac{50 \cdot 10^{-9}}{330 \cdot 150 \cdot 10^{-12}}} = 1,46 \text{ kV}$$
$$\Rightarrow i(50 \text{ ns}) = u(50 \text{ ns}) / R = \underline{4,4 \text{ A}}$$

17. Kontaktskydd (1p)

Bilden visar ett exempel på en omkopplare som styr ett relä. Två komponenter R och C har lagts till för att förhindra överslag så att elektrodytorna inte skall förstöras.



1) Vad är lägsta spänningen som kan ge en gnista mellan två elektroder i en omkopplare? Ange ett av alternativen!

(a) 12-15 V

(b) 20-30 V

(c) 50-80 V

2) Vilken lägsta spänning mellan elektroderna krävs för att överslag skall kunna ske via jonisation av luften? Ange ett av alternativen!

(a) 200 V

(b) 300 V

(c) 500 V

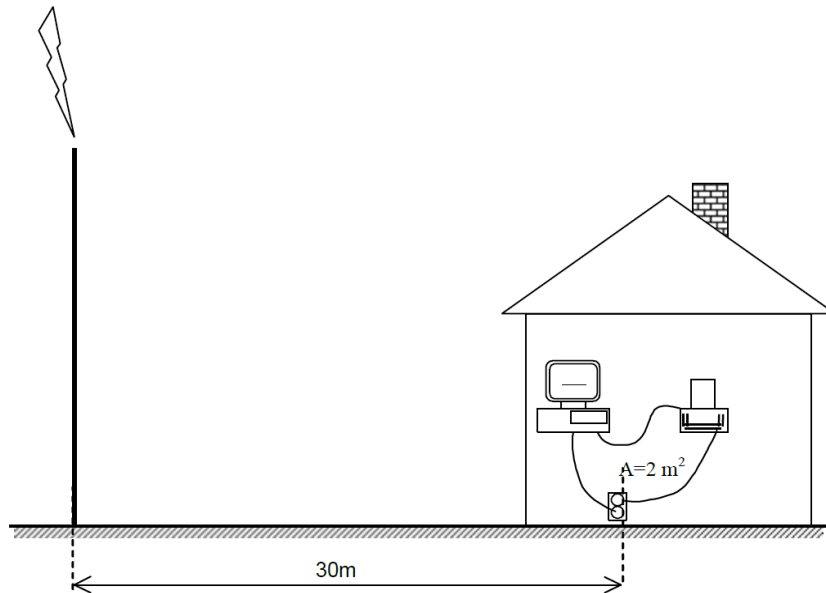
Lösning:

1. 12 – 15 V.

2. 300 V

18. Blixurladdning (1p)

Åskan slår ned i en åskledare på 30 m avstånd från en dator. Datorn är kopplad till en skrivare med en signalkabel. Både datorn och printern är anslutna till 230 V elnätet på ett sådant sätt att en öppen slinga på 2 m^2 bildas. Under blixurladdningen stiger strömmen i åskledaren från noll till toppströmmen 500 kA på $3 \mu\text{s}$. Vilken är den maximala spänningen som induceras i slingan om överspänningsskydd saknas?



Lösning:

Inducerad EMK i en slinga fås ur

$$E \approx \frac{\mu_0 A}{2\pi r} \frac{di}{dt}$$

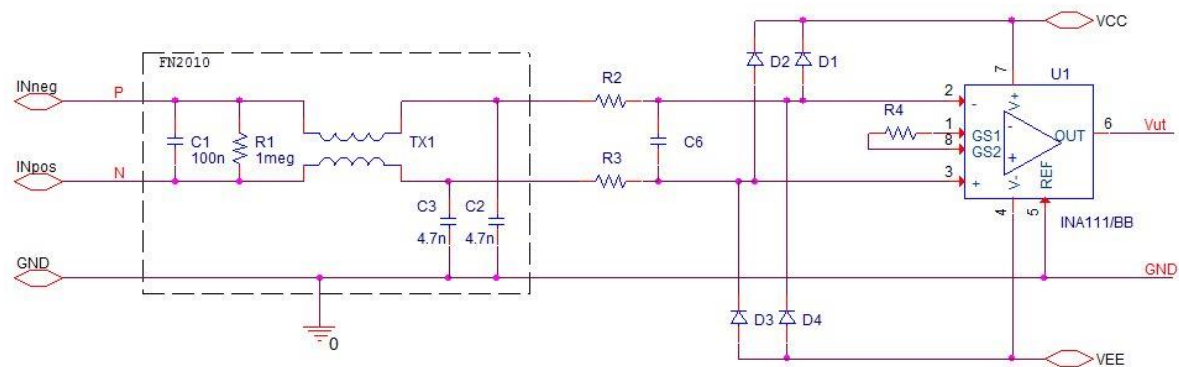
, där arean A vinkelrätt mot det magnetiska fältet är 2 m^2 , $di = 500 \text{ kA}$, $dt = 3 \mu\text{s}$ och $r = 30 \text{ m}$.

$$E \approx \frac{4\pi 10^{-7} \times 2}{2\pi \times 30} \times \frac{500 \times 10^3}{3 \times 10^{-6}}$$

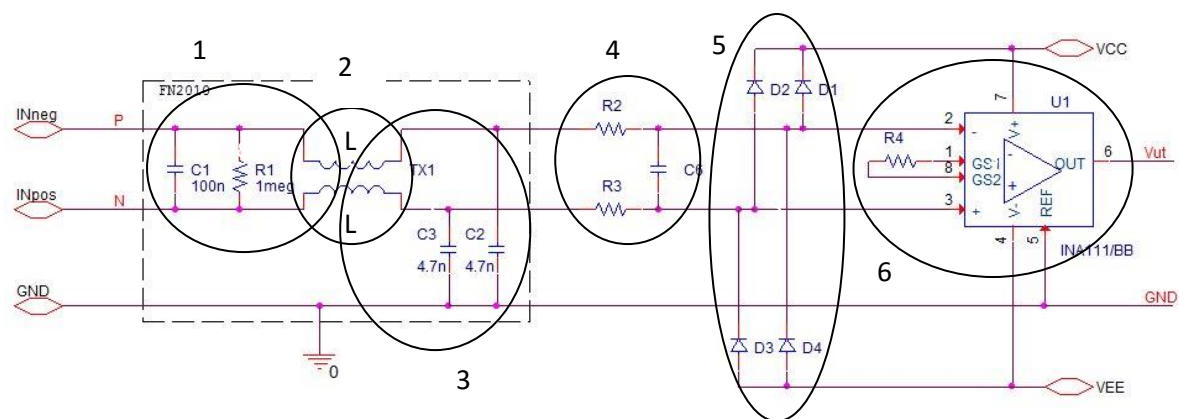
$$E = 2,2 \text{ kV}$$

19. Störningsfilter (1p)

Bilden nedan visar ett schema på ingången till ett mätsystem. Det finns sex olika skydd mot elektromagnetiska störningar i bilden. Omringa minst fem av dessa och beskriv vad är det för typ av skydd och mot vad det skyddar.



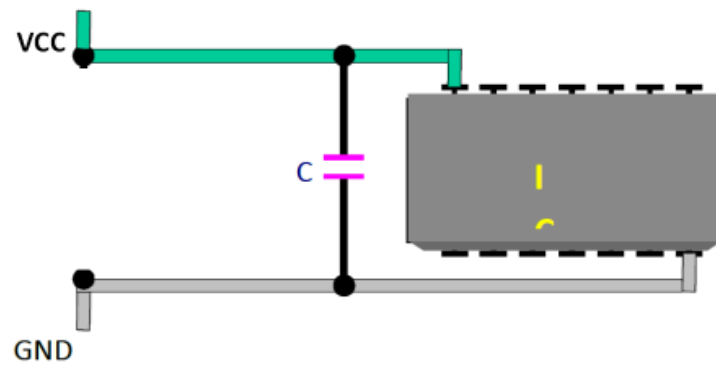
Lösning:



- 1: Differentialt lågpasfilter (C1, L)
- 2: Common Mode Choke (Balun), filter för asymmetrisk störning
- 3: Common mode filter (L, C2, C3)
- 4: Differentialt lågpasfilter (LP)
- 5: Överspänningsskydd
- 6: Common mode filter (CMR)

20. Kretskort (1p)

När en digital krets med $V_{CC} = 3\text{ V}$ matningsspänning byter värde på en av utgångarna går det en tvärström på 100 mA under 10 ns . Beräkna det minsta värdet en avkopplingskondensator C över matningsspänningen till kretsen måste ha för att spänningen inte skall sjunka mer än 30 mV på grund av detta omslag.



Lösning:

$$Q = CU \text{ och } i = dQ/dt \Rightarrow i = C \cdot du/dt \Rightarrow$$

$$C > i \cdot dt/du = 0.1 \cdot 10 \cdot 10^{-9} / (30 \cdot 10^{-3}) = \mathbf{33 \text{ nF}}$$