



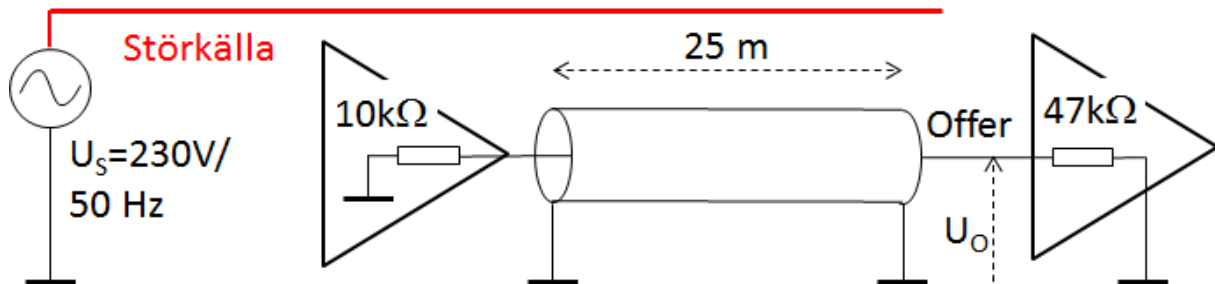
Skolan för teknik och hälsa

Tentamen

Kurs:	EMC elektronik
Kursnummer:	HE1019
Moment:	RED1: 4hp
Program:	MT
Åk:	3 (TIMEL3)
Examinator:	Mats Nilsson
Rättande lärare:	Nils Holmström
Datum:	Fredag 14 mars, 2014
Tid:	9 - 13
Plats:	
Hjälpmedel:	Räknedosa, formelsamling i tentamen
Omfattning och betygsgränser:	Tentamen består av 20 frågor som kan ge maximalt 25 poäng. Betygsättning: A 23-25 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 skriva in svaren i respektive ruta under frågan. 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. Överhörning (2p)

Två ljudutrustningar är kopplade till varandra med en 25 m lång koaxialkabel med läckkapacitansen 1 pF/m. Utgångsimpedansen från en förstärkare i den ena ändan är 10 k Ω och ingångsimpedansen i den andra ändan är 47 k Ω . Hela koaxialkabeln ligger i en kabelränna tillsammans med 230 V / 50 Hz nätkablar.



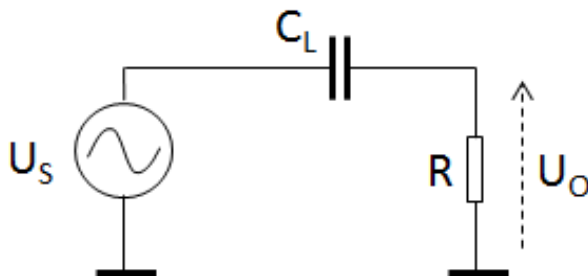
Rita ekvivalentschema för störningssituationen samt beräkna den överförda störningens amplitud!

Lösning:

Först kollar man om offret ligger i när- eller fjärrfältet från störkällan. För störningen gäller att frekvensen $f = 50$ Hz. Detta ger våglängden $\lambda = c/f = 6 \times 10^8$ m. Kritiska avståndet blir då $d_{\text{krit}} = \lambda/2\pi = 955$ km och man kan anta att offret ligger i närfältet av störkällan.

$R = 10 \text{ k}\Omega$ parallellt med $47 \text{ k}\Omega = 8,25 \text{ k}\Omega$

$C_L = 25 \text{ m} \times 1 \text{ pF/m} = 25 \text{ pF}$



Eftersom fasvridningen genom en kondensator är 90 grader gäller

$U_o = U_s \cdot R / X_C$, där $X_C = 1/2\pi fC$ (s. 11)

$$\Rightarrow U_o = U_s \cdot R \cdot 2\pi fC = 15 \text{ mV}$$

Alternativ lösningsmetod:

En sinusformad växelström på 230V / 50 Hz kan beskrivas som $u(t) = \hat{U} \sin(\omega t)$. Detta ger att

$$\frac{du}{dt} = \omega \hat{U} \cos(\omega t)$$

$$i(t) = C_L \frac{du}{dt}$$

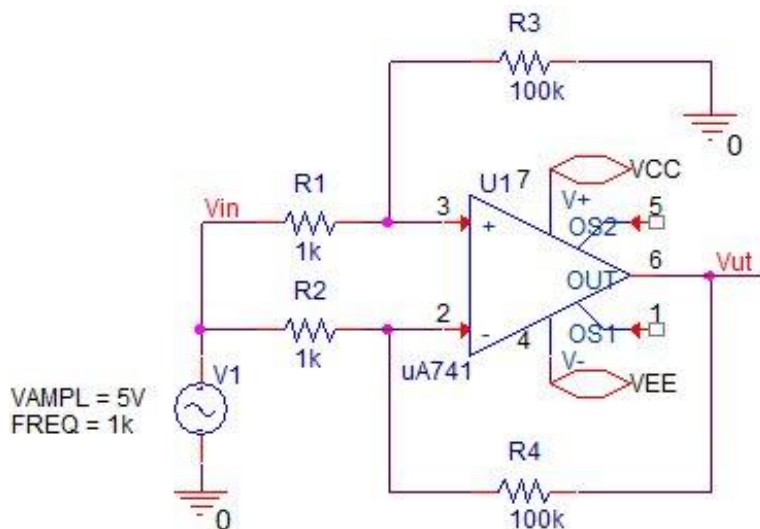
Och $u(t) = R \times i(t)$ vilket ger att

$$u_o(t) = RC_L \frac{du}{dt} = RC_L \omega \hat{U} \cos(\omega t)$$

$$U_o = RC_L \omega U_s = 8,25 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^{-12} \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 230 = 15 \text{ mV}$$

2. CMRR (1p)

Förstärkningen för en differentialsförstärkare är 40 dB. När man kortsluter ingångarna som i figuren nedan fås utsignalen $V_{ut} = 5 \text{ mV}$ när insignalen V_1 är en 1 kHz sinusspänning på 5 V. Beräkna CMRR vid denna frekvens!



Lösning:

Förstärkningen A_{DM} för förstärkaren beräknas först: $20 \log(A_{DM}) = 40 \text{ dB} \Rightarrow A_{DM} = 100$

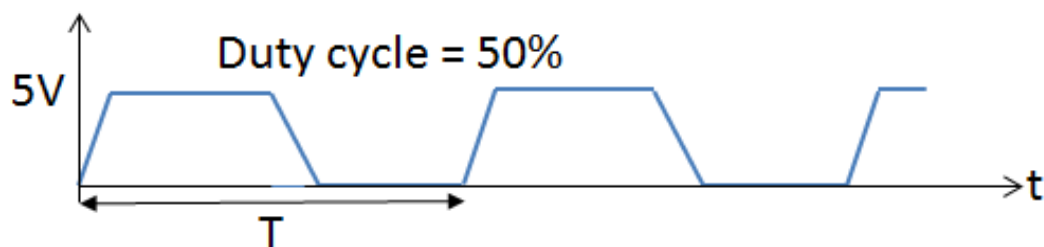
Förstärkningen för längsspänningar (Common mode) är som angivits $A_{CM} = 5 \text{ mV}/5 \text{ V} = 10^{-3}$

$$\Rightarrow \text{CMRR} = 20 \log(A_{DM}/A_{CM}) = 20 \log(100/10^{-3})$$

$$\Rightarrow \text{CMRR} = 100 \text{ dB}$$

3. Filter (1p)

En digital signal med amplituden 5 V och frekvensen är 50 MHz ser ut som i figuren. Stigtiden $t_r = 2 \text{ ns}$ och falltiden $t_f = 3 \text{ ns}$. Under vilken brytfrekvens ligger det mesta av signalens energi?



Lösning:

Den kortaste av stig- respektive falltid är $t_r = 2 \text{ ns}$.

Den gränshfrekven under vilken det mesta av signalens energi finns är

$$f_b = 1/\pi t_r = 159 \text{ MHz}$$

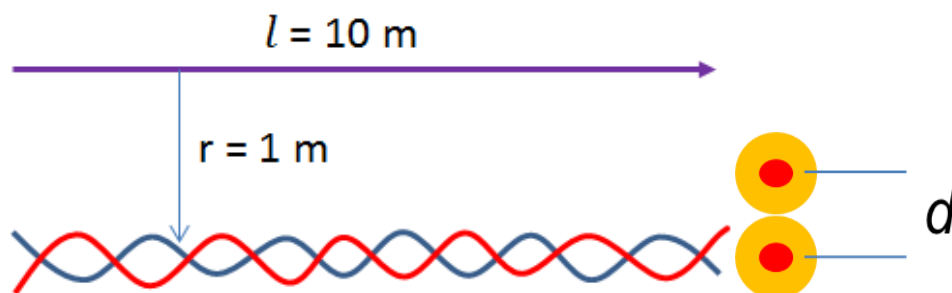
4. Kablar (1p)

En tvinnad signalkabel går parallellt med en kraftkabel på en sträcka av $l = 10 \text{ m}$. Avståndet mellan kablarna är $r = 1 \text{ m}$. Vid en transient förändras strömmen i kraftkabeln från 20 A till 120 A på $1 \mu\text{s}$.

Koppartråden i signalkablarna har diametern $a = 0.5 \text{ mm}$ och isolationen är $t = 0.5 \text{ mm}$ tjock.

Tvinningen är välgjord, vilket ger en areaobalans $A_{\text{eff}} = 1 \%$.

Beräkna den inducerade spänningen i signalkabeln!



Lösning:

Först beräknas ytan A (projektion) av den tvinnade kabeln. Avståndet mellan kopparledarna

$$d = 2 \times a/2 + 2 \times 0.5 \text{ mm} = 1.5 \text{ mm}.$$

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

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

Den effektiva arean $A_{\text{eff}} = 0.01 \times A = 106 \times 10^{-6} \text{ m}^2$.

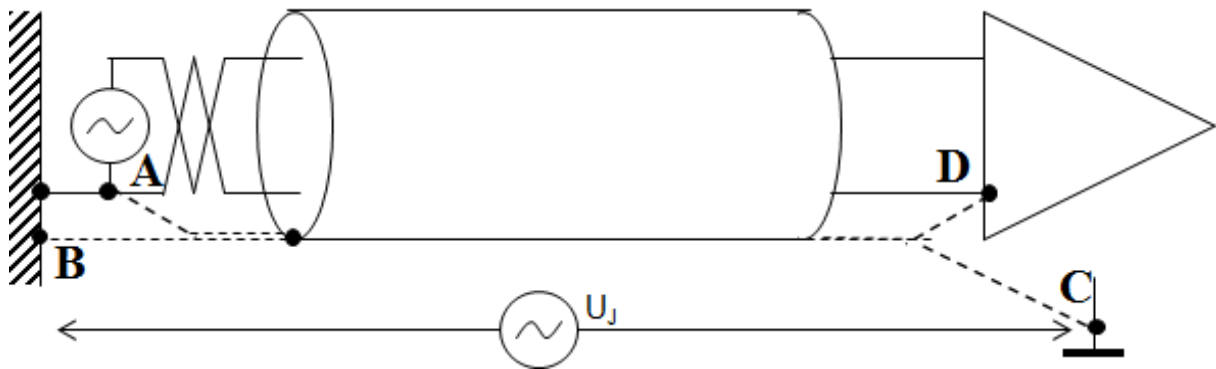
I formelsamlingen sid 305, inducerad emk i slinga

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

$$\Rightarrow E = 2.1 \text{ mV}$$

5. Jordning av kablar (1p)

Bilden visar en koppling där signalkällan till vänster är jordad. Kabeln är elektriskt kort, dvs. skärmen är mycket kortare än störningens våglängd. De streckade linjerna visar fyra möjliga sätt att jorda skärmen (A, B, C och/eller D). Välj det bästa alternativet och motivera varför!

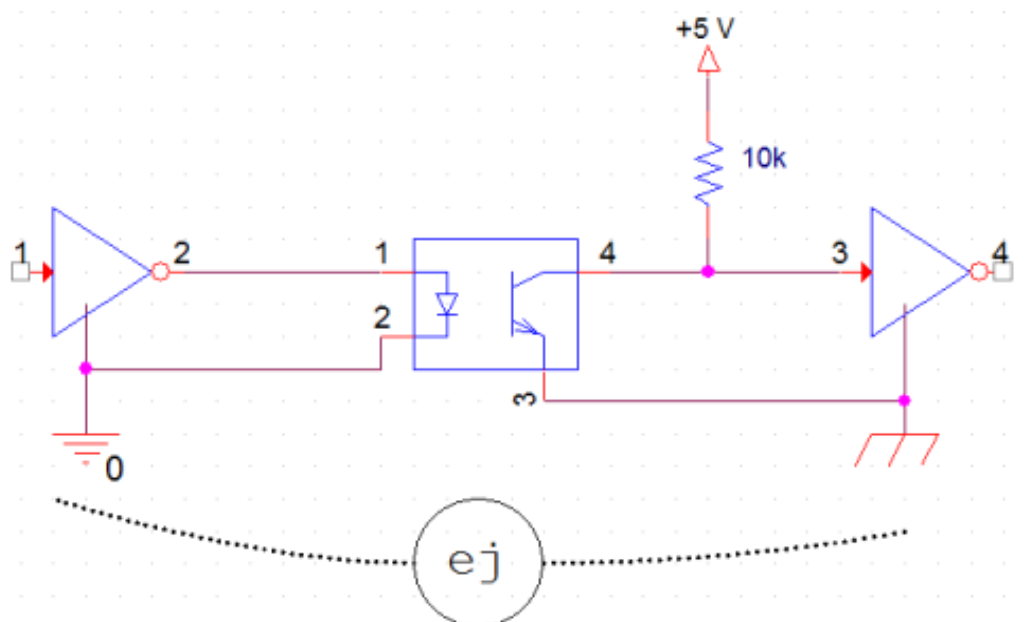


Lösning:

Generellt kopplas skärmen till den punkt som bäst följer innerledarnas potential. Det isolerande snittet ligger här vid den differentiella ingången på förstärkaren vilken måste kunna undertrycka längsspänningen U_j . Den koppling som bäst leder skärmströmmen till jord och därigenom skyddar signalledarna är B.

6. Isolering (1p)

En oskärmad optokopplare har $C_L = 0,6 \text{ pF}$ längskapacitans och hälften av denna kapacitans kopplar till fototransistorns bas. Antag att fototransistorns strömförstärkning $\beta = 100$. Inverteraren till höger, som har hög inimpedans, byter värde från logisk nolla till etta då inspänningen understiger $2,5 \text{ V}$. Inspänningen till optokopplaren är 0 V vilket betyder att lysdioden är släckt. Vilken positiv transient spänningsförändring du/dt på "ej" krävs för att inverteraren skall byta värde till etta på utgången?



Lösning:

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

Kollektorströmmen i_c beräknas som funktion av spänningsförändringen enligt följande.

Basströmmen $i_b = i_c / \beta$.

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

$$i_c = \beta \cdot i_b = \beta \cdot \frac{C_L}{2} \cdot \frac{du}{dt}$$

$$\frac{du}{dt} > \frac{2i_c}{\beta C_L}$$

⇒ Trancienten $du/dt > 8,3 \text{ V}/\mu\text{s}$

7. Skärmning (3p)

Vad är den totala skärmningseffektiviteten för en plastlåda som på insidan är täckt av en 20 μm tjock kopparfolie? Lådan befinner sig i luft och störfrekvensen är 10 MHz.

Lösning:

Skärmningseffektiviteten $SE = R + A + B$

Beräkna först reflektionsdämpningen $E_1/E_0 = 4 Z_0 Z_s / (Z_0 + Z_s)^2$ (s. 307)

Vågimpedans i luft $Z_0 = 377 \Omega$ (s. 306)

Vågimpedansen Z_s för koppar vid 10 MHz beräknas enligt formel (s. 306)

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

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

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

$$\Rightarrow Z_s = 1,16 \times 10^{-3} \Omega$$

$$\Rightarrow \text{Reflektionsdämpningen } E_1/E_0 \approx 4 Z_s / Z_0 = 12 \times 10^{-6}$$

$$R = 20\log(E_0/E_1) = 20\log(1/(12 \times 10^{-6})) = 98 \text{ dB}$$

Beräkna sedan absorptionsdämpningen $E_1/E_0 = e^{-t/\delta}$ (s. 307)

Inträngningsdjupet i koppar δ

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

$$\Rightarrow \delta(10 \text{ MHz}) = 20.9 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{Laminatets tjocklek } t = 20 \text{ } \mu\text{m} \Rightarrow E_1/E_0 = e^{-t/\delta} = 0,384$$

$$A = 20\log(E_0/E_1) = 20\log(1/0,384) = 8,3 \text{ dB}$$

Multipla reflektioner B måste beaktas eftersom $A < 10 \text{ dB}$ (regel sid108).

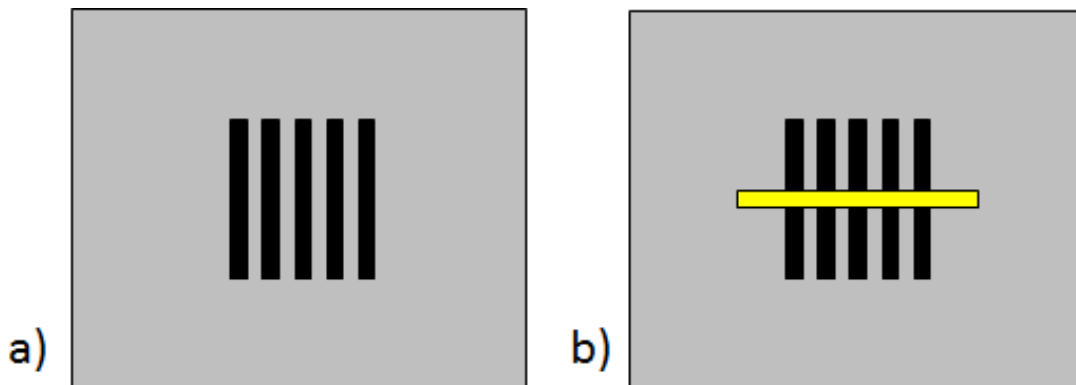
$$\text{Multipel reflektion } E_1/E_0 = 1 - e^{-2t/\delta} = 0,852 \quad (\text{s. 307})$$

$$\Rightarrow B = 20\log(E_1/E_0) = 20\log(0,852) = -1,4 \text{ dB} \text{ (B är alltid negativt)}$$

$$\Rightarrow \text{Totala skärmningseffektiviteten } SE = R + A + B = 98 + 8,3 - 1,4 \text{ [dB]} = \underline{105 \text{ dB}}$$

8. Skärmning (2p)

En ventilationsöppning på en datorlåda av metall består av fem vertikala täta öppningar med storleken $1 \times 10 \text{ cm}$ enligt figur a). Hur mycket förbättras skärmningseffektiviteten vid 10 MHz om man lägger en 1 cm bred remsa av EMC-tape tvärs över hålen som i figur b)? EMC-tape är elektriskt ledande tape.



Lösning:

$\lambda = c/f = 30 \text{ m}$ vilket är $\gg a = 10 \text{ cm}$, dvs. öppningen är liten relativt våglängden.

a) Beräkna skärmningseffektiviteten då $a = 10 \text{ cm}$ och $b = 1 \text{ cm}$. (s. 307)

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

$$\Rightarrow SE = 43,5 \text{ dB} + 10,4 \text{ dB} = 53,9 \text{ dB}$$

b) Remsan gör att det bildas tio mindre hål, alla med storleken $a = 4,5 \text{ cm}$ och $b = 1 \text{ cm}$.

$$\Rightarrow SE = 50,5 \text{ dB} + 8,0 \text{ dB} = 58,5 \text{ dB}$$

Följaktligen förbättras skärmningseffektiviteten med 4,6 dB eller 1,7 ggr.

9. Kontaktdskydd (1p)

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

1) V_G är den lägsta spänning som kan ge upphov till glimning, dvs. en gnista mellan elektroderna i en omkopplare. Hur stor är V_G under normala omständigheter? Ange ett av alternativen!

(a) 12-15 V

(b) 30-50 V

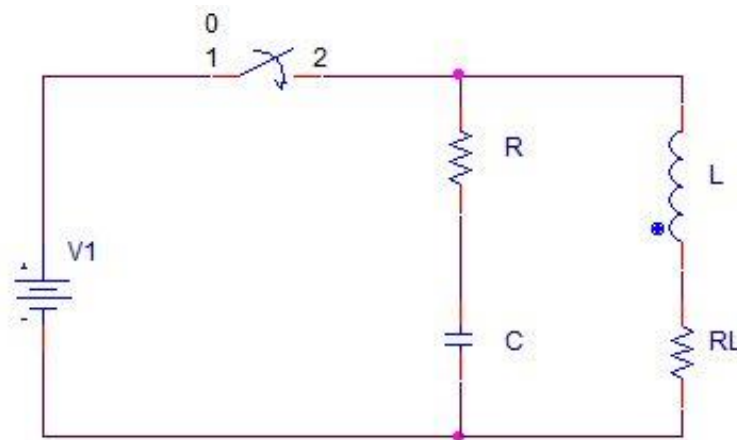
(c) 50-80 V

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

(a) 100 V

(b) 300 V

(c) 500 V

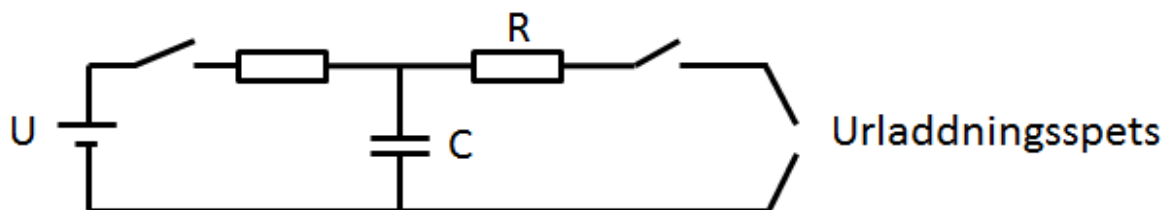


Lösning:

1. (a) 12 – 15 V.
2. (b) 300 V

10. ESD (1p)

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



Beräkna kortslutningsströmmen vid $t=0$, $t=30\text{ns}$ och $t=60\text{ns}$ 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: $u(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

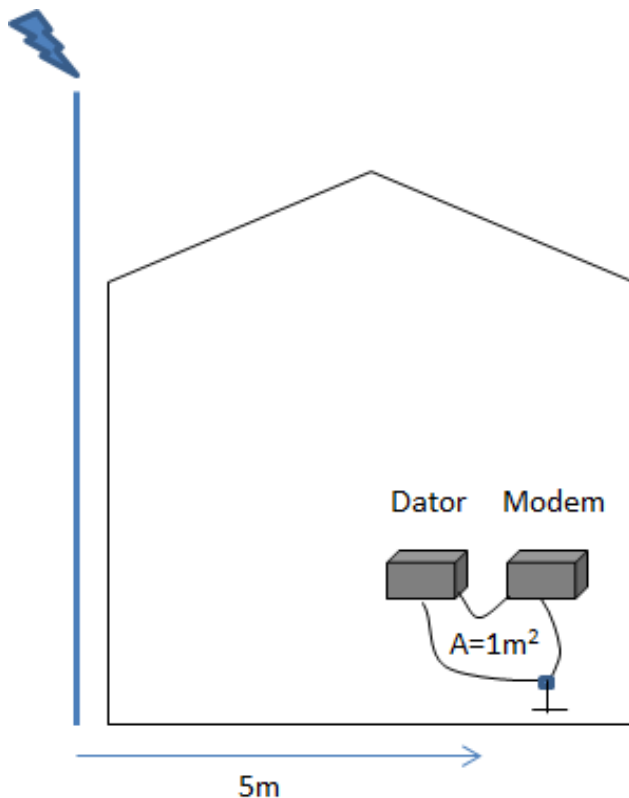
$$u(30\text{ ns}) = 4 \cdot 10^3 \cdot e^{-\frac{30 \cdot 10^{-9}}{330 \cdot 150 \cdot 10^{-12}}} = 2,18\text{ kV}$$

$$\Rightarrow i(30\text{ ns}) = u(30\text{ ns}) / R = \underline{6,6\text{ A}}$$

$$u(60\text{ ns}) = 1,19\text{ kV} \Rightarrow i(60\text{ ns}) = \underline{3,6\text{ A}}$$

11. Blixurladdning (1p)

Åskan slår ned i åskledaren som går längs väggen på utsidan av ett hus. I rummet på andra sidan väggen, 5 m från åskledaren, står en dator ansluten med en signalkabel till ett modem, båda anslutna till 230 V elnätet på ett sådant sätt att en öppen slinga på 1 m^2 bildas. Vid ett blixtnedslag stiger strömmen i åskledaren från noll till maximala 300 kA på $2\text{ }\mu\text{s}$. Vilken spänning induceras då i slingan?



Lösning:

Enligt formelsamlingen sid 305 är

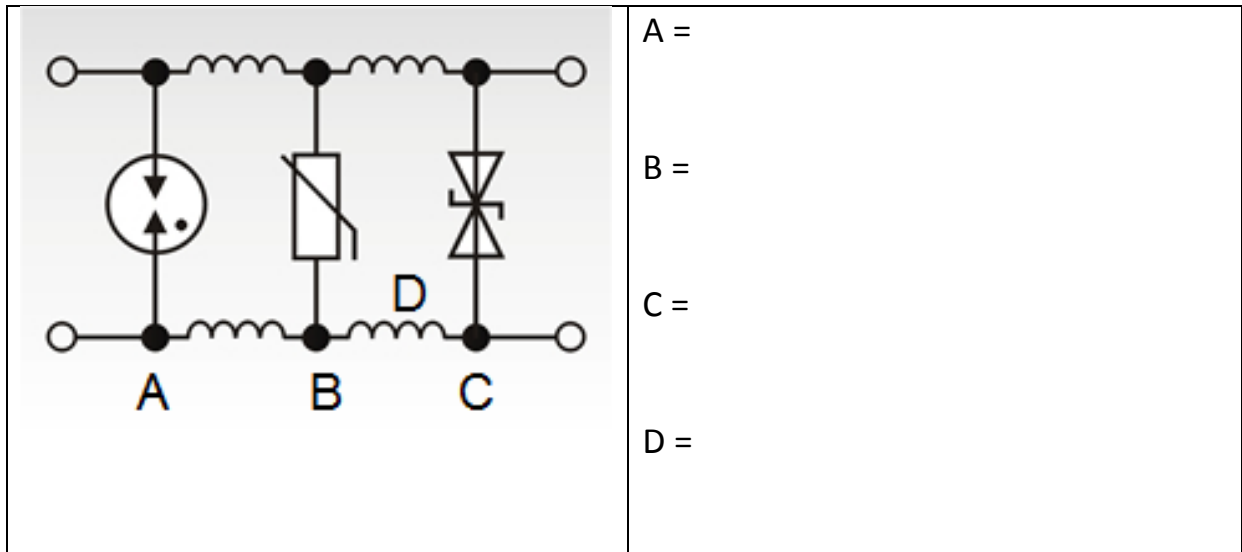
$$E \approx \frac{\mu_0 A}{2\pi r} \frac{di}{dt}$$

$$E \approx \frac{4\pi 10^{-7} \times 1}{2\pi \times 5} \times \frac{300 \times 10^3}{2 \times 10^{-6}}$$

E = 6 kV

12. Åskskydd (1p)

Bilden visar ett kombinerat överspänningsskydd (åskskydd) med fyra olika typer av komponenter, vilket kan användas för att skydda utrustning som är ansluten till 230 V elnätet! Vad kallas komponenterna?



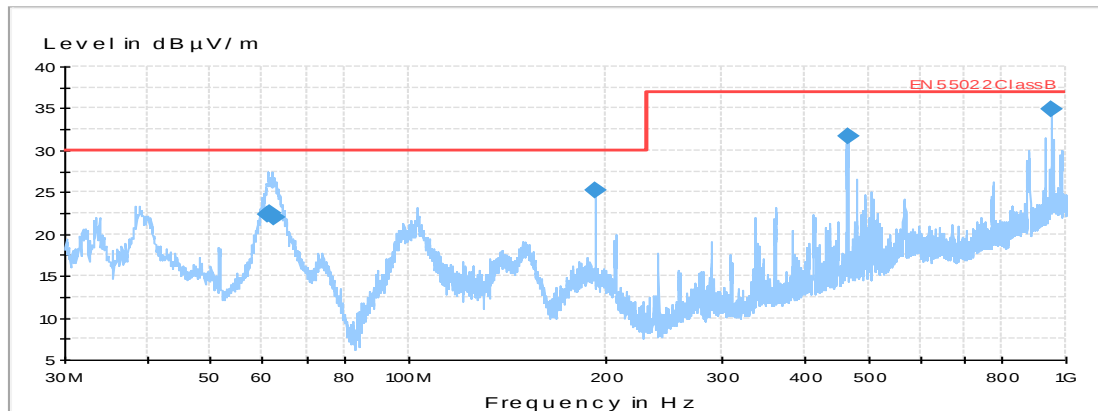
Lösning:

Vanliga typer av överspänningsskydd vid t.ex. åska är

- A. Gasurladdningsrör
- B. MOV (metal oxide varistor).
- C. TranZorb (transient voltage suppressor),
- D. Balun eller Drossel

13. Normer (1p)

Bilden visar den emitterade strålningen från en elektronikkonstruktion vid olika frekvenser. På vilket avstånd från testobjektet skall den mätande antennen befinna sig vid testet som uppfyller normen EN55022 klass B? Klarar testobjektet kraven?

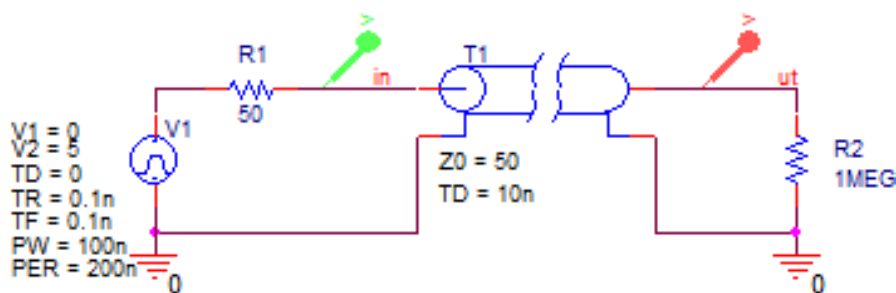


Lösning:

Avstånd mellan EUT och antenn skall vara 10 m. Ja, testobjektet får godkänt.

14. Reflektion (2p)

Vid ett laborationstillfälle kopplas signalgeneratorns utgång direkt till en BNC koaxialkabel med karaktäristiska impedansen $Z_0 = 50 \Omega$ och transmissionstiden $T_D = 10 \text{ ns}$. Signalgeneratorns utgångsimpedans $R_1 = 50 \Omega$. I andra ändan har man anslutit kabeln direkt till ett oscilloskop med ingångsimpedansen $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$ till jord. Pulsen som matas från generatoren går vid tidpunkten $t = 0$ från 0 till 5 V. Vilka spänningar återfinns på ingången respektive utgången till koaxialkabeln efter 5, 15 och 25 ns?



Lösning:

Beräkna först inspänningen när signalen når T1 första gången: $V_s = V_2 \times Z_0 / (R_1 + Z_0) = 2,5 \text{ V}$.

Reflektionskoefficienten $\rho_s = (R_1 - Z_0) / (R_1 + Z_0) = 0$

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

Från $t = 0$ till $t = 2T_D$ är spänningen på ingången till kabeln $V_s = 2,5 \text{ V}$. Alltså är **$V_s(5\text{ns}) = V_s(15\text{ns}) = 2,5 \text{ V}$** .

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

Efter första reflektionen ($T_D < t < 3T_D$) reflekteras $V_{r1} = \rho_T V_S = 1 \times 2,5 \text{ V} = 2.5 \text{ V}$.

$V_{T1} = V_S + V_{r1} = 2,5\text{V} + 2.5\text{V} = 5 \text{ V}$. Alltså fås att $V_T(15\text{ns}) = V_T(25\text{ns}) = 5 \text{ V}$.

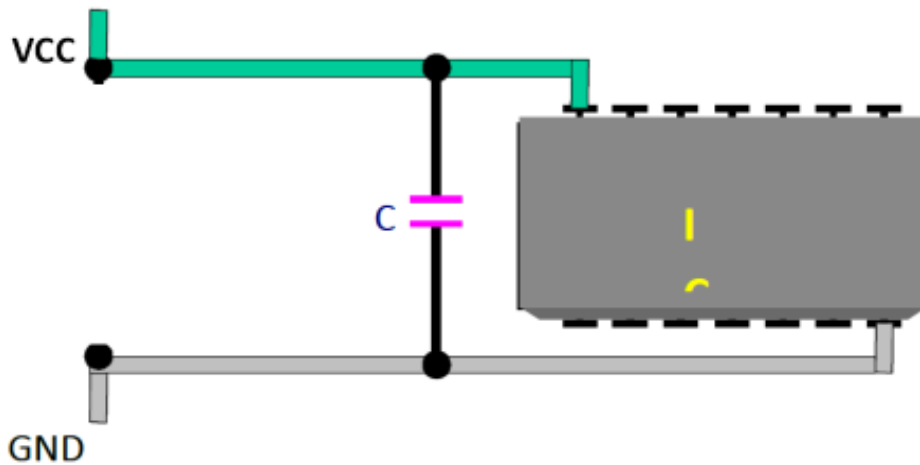
Efter andra reflektionen ($2T_D < t < 4T_D$) reflekteras $V_{r2} = \rho_S V_{r1} = 0 \times 2.5 \text{ V} = 0 \text{ V}$

Från $t = 2T_D$ till $t = 4T_D$ är $V_S = V_{T1} + V_{r2} = 5 \text{ V} + 0 \text{ V} = 5 \text{ V}$. Alltså är $V_S(25\text{ns}) = 5 \text{ V}$.

	$V_S \text{ (V)}$	$V_T \text{ (V)}$
$-PW + 2T_D < t < 0 \text{ (0 – 10 ns)}$	0	0
$0 < t < T_D \text{ (0 – 10 ns)}$	2,5	0
$T_D < t < 2T_D \text{ (10 – 20 ns)}$	2,5	5
$2T_D < t < PW \text{ (20 – 100 ns)}$	5	5
$PW < t < PW + T_D \text{ (100 – 110 ns)}$	2,5	5
$PW + T_D < t < PW + 2T_D \text{ (110 – 120 ns)}$	2,5	0
$PW + 2T_D < t < PER \text{ (120 – 200 ns)}$	0	0

15. Avkoppling (1p)

När en digital krets med matningsspänningen $V_{CC} = 3 \text{ V}$ byter värde på en utgång går det en tvärström på 50 mA i medeltal under 30 ns . Beräkna det minsta värdet en avkopplingskondensator C över matningsspänningen till kretsen måste ha för att spänningen inte skall sjunka mer än 10% på grund av detta omslag.



Lösning:

Spänningsfallet skall vara mindre än $\Delta V = 0,1 \times 3 \text{ V} = 0,3 \text{ V}$. I formelsamlingen sid 303 fås att $i = C \times \frac{dV}{dt} \Rightarrow C = i \times \frac{dt}{dV} = 50 \times 10^{-3} \times 30 \times 10^{-9} / 0,3 = 5 \text{ nF}$

16. Transmission (1p)

Den elektriska ledaren mellan två kretsar på ett mönsterkort är 10 cm lång och 0.3 mm bred. Signalen som går i ledaren har sin returström i jordplanet på andra sidan av kortet. Kortet är 1 mm tjockt och har ett dielektricitetsstal $\epsilon_r = 4,5$. Tjockleken på kopparlaminaten är $17 \mu\text{m}$. Beräkna transmissionstiden T_D mellan kretsarna samt den karaktäristiska impedansen Z_0 . Hur förändras T_D

och Z_0 om man i stället använder ett lika tjockt mönsterkort med tre lager och lägger ledaren mitt emellan två jordplan?

Lösning:

$$\epsilon_r = 4,5$$

Fall A: Formelsamlingen sid 308 (microstrip):

$$T_0 = 3.34\sqrt{0.47\epsilon_r + 0.67}$$

Detta ger att $T_0 = 5.57$ ns/m. Längden på ledaren $l = 0.1$ m =>

$$T_D = l \times T_0 \Rightarrow T_D = \mathbf{0.56 \text{ ns}}$$

$h = 1$ mm, $b = 0.3$ mm, $t = 17$ μ m och den karaktäristiska impedansen för "Microstrip" är:

$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon_r + 1.41}} \ln\left(\frac{5.98h}{0.8b + t}\right)$$

Detta ger att $Z_0 = \mathbf{113 \Omega}$.

Fall B: Formelsamlingen sid 308 (Stripline):

$$T_0 = 3.34\sqrt{\epsilon_r}$$

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln\left(\frac{4h}{0.67\pi(0.8b + t)}\right)$$

$$\Rightarrow T_0 = 7,09 \text{ ns/m} \Rightarrow T_D = \mathbf{0,71 \text{ ns}}$$

Detta ger att $Z_0 = \mathbf{57 \Omega}$, dvs hälften så mycket.

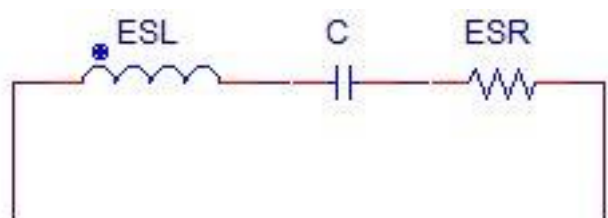
17. Verkliga komponenter (1p)

Man har valt att inte korta av benen till en kondensator utan låtit den behålla sina 2 cm långa ben med diametern 0.5 mm. Rita upp kondensatorns egentliga schema med strökomponenter samt beräkna resonansfrekvensen om kapacitansen är $C = 33$ nF. För beräkningen kan höga frekvenser antas.



Kondensator

Lösning:



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

$$ESL \approx \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot l \cdot \left(\ln \left(\frac{4l}{d} \right) - 1 \right)$$

$$l = 2 \times 2 \times 10^{-2} \text{ m}, d = 0.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \text{ESL} = 38 \text{ nH}$$

Ur formelsamlingen s. 306 fås serieresonansfrekvensen

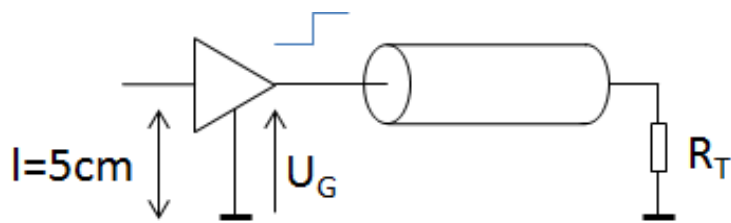
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\Rightarrow \text{Resonansfrekvensen } f_r = 4.5 \text{ MHz}$$

18. Kretskort (1p)

En buffert driver en koaxialkabel med impedansen $Z_0 = 50 \Omega$. Vid ett spänningsomslag är stigtiden för drivarens utsignal $t_r = 5 \text{ ns}$ och svinget går från noll till 3 V. Komponenten (bufferten) är placerad på ett 1.2 mm tjockt mönsterkort. Jordledaren till bufferten är 5 cm lång, 0.5 mm bred (w) och går över ett jordplan på kortets motsatta sida. Höga frekvenser antas, dvs. $w \gg$ inträngningsdjupet. Hur stort blir spänningsfallet U_G i jordledaren vid spänningsomslaget?



Lösning:

Beräkna först induktansen för jordledaren till bufferten. Enligt formelsamlingen sid 304 är

$$L \approx \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln\left(\frac{2\pi h}{w}\right)$$

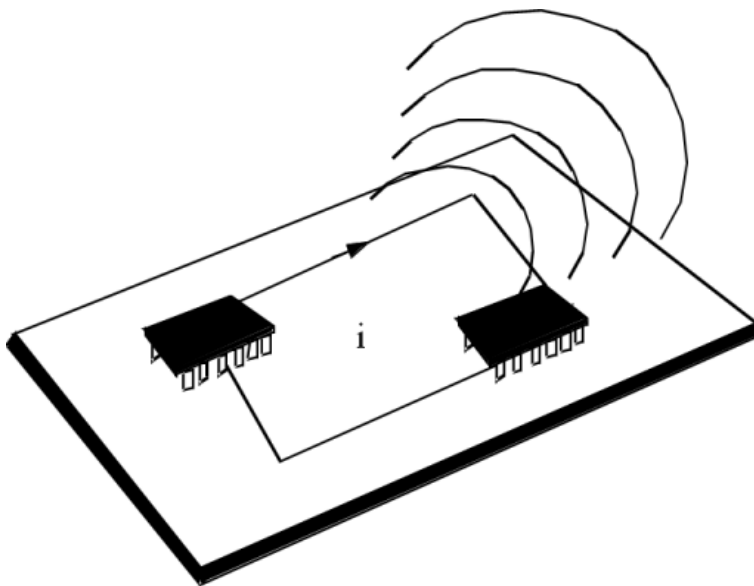
$$\Rightarrow L = 27 \text{ nH}$$

Spänningen på utgången av bufferten stiger från noll till 3V på 5ns. Eftersom belastningen $Z_0 = 50 \Omega$ stiger då strömmen från noll till 60 mA på samma tid. $\Rightarrow$

$$U_G = L \frac{di}{dt} = 27 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{60 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-9}} = 0.32V$$

19. Strålkällor (1p)

Mönsterdragningen på ett kretskort är dragen olyckligt så att en öppen strömslinga bildas. Den area som strömslingan bildar på kortet är $A = 50 \text{ cm}^2$. Strömmen i slingan är 100 mA vid frekvensen 15 MHz. Kortet saknar ledande jordplan. Vilken är den maximala elektriska fältsyrkan på avståndet 10 m från kortet?



Lösning:

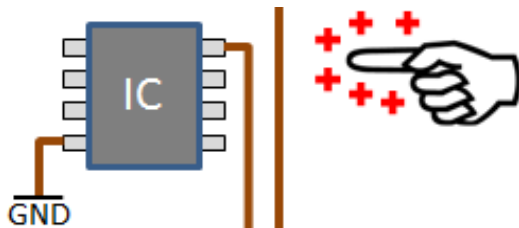
Strömmen i slingan genererar ett magnetsiskt fält. Först kontrolleras om man befinner sig i när- eller fjärrfältet. $d_{\text{krit}} = \lambda/2\pi = c/2\pi f = 3,2 \text{ m}$, alltså befinner vi oss i fjärrfältet. Enligt formelsamlingen s. 307 är elektriska fältsyrkan i fjärrfältet

$$E \leq \frac{132 \cdot 10^{-16} \cdot f^2 AI}{r}$$

$$\Rightarrow E < 149 \text{ uV/m}$$

20. ESD (1p)

När olika material gnids mot varandra kan statisk elektricitet uppstå på ytorna. Detta kallas ibland för triboelektrisk effekt. När en uppladdad yta, t.ex. ett finger, närmar sig en komponent på ett kretskort kan en urladdning ske, vilket kan skada den eller dess funktion allvarligt. Nämn fyra olika sätt på vilka en elektrostatisk urladdning (ESD) kan påverka kretsen!



Lösning:

ESD påverkan på en krets

