



Skolan för teknik och hälsa

Tentamen

Kurs:	EMC elektronik
Kursnummer:	HE1019
Moment:	RED1: 4hp
Program:	MT
Åk:	2 (TIMEL + TITEH METL)
Examinator:	Mats Nilsson
Rättande lärare:	Nils Holmström
Datum:	Fredag 17 mars, 2017
Tid:	14 - 18
Plats:	Campus Flemingsberg
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!

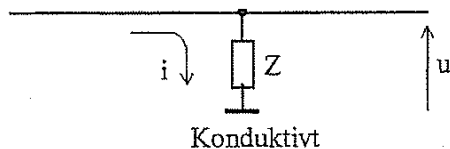
1. Kopplingsvägar (1p)

Varje störning har en källa, en kopplingskanal och ett offer. Fortplantningen av störningen (kopplingskanalen) kan antingen ske genom rummen eller genom ledare. Förklara två sätt störningar kan överföras via ledare! Rita gärna figurer och ge exempel!

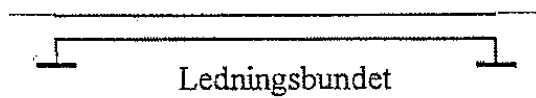


Lösning:

- 1) **Konduktivt** kopplade störningar uppstår över en gemensam kretsimpedans Z . T.ex. kan konduktiva störningar uppstå vid "hoppande jord".



- 2) **Ledningsbundna** störningar följer ledningen. T.ex. kan symmetriska och asymmetriska störningar vara ledningsbundna.

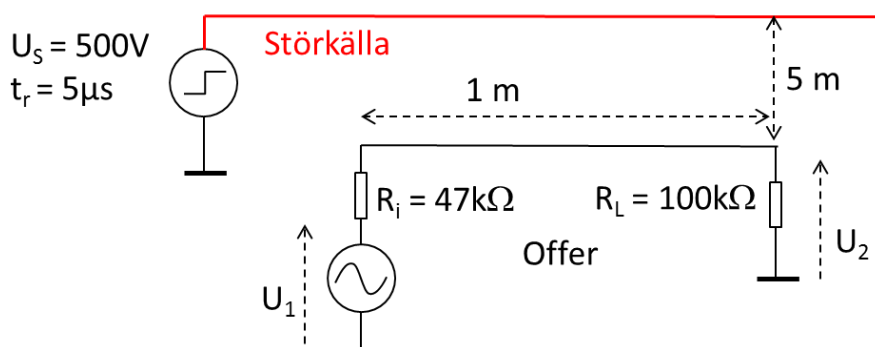


2. Överhörning (2p)

En kraftledning ligger på 5 m avstånd från ett störningsupptagande offer. En transient på kraftledningen med diametern 2 mm har amplituden 500 V och stigtiden 5 μ s.

Offret har en 1 m lång oskärmad ledning av 2 mm tjock koppartråd som drivs av en signalkälla U_1 med impedansen 47 k Ω . Ledningen termineras med 100 k Ω last. Hur stor blir störningsspanningen U_2 ?

Både storkälla och offer befinner sig i luft.



Lösning:

Först kollar man om offret ligger i när- eller fjärrfältet från störkällan. För störningen gäller att gränshfrekvensen $f_b = 1/\pi t_r = 64 \text{ kHz}$. Detta ger våglängden $\lambda = c/f_b = 4.7 \text{ km}$. Kritiska avståndet blir då $d_{\text{krit}} = \lambda/2\pi = 750 \text{ m}$ och man kan anta att offret ligger i närfältet av störkällan. Då gäller att störningen överförs kapacitivt eller induktivt. I beskrivningen saknas uppgift om strömstyrka i störkällan mm så vi får anta kapacitiv störningsväg.

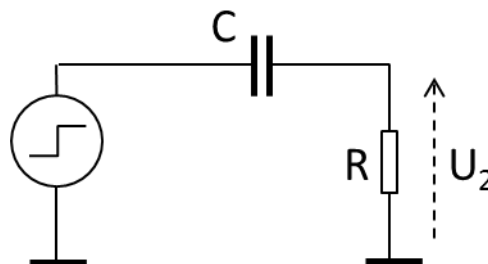
Formelsamlingen ger att kapacitansen mellan parallella ledare när $a \ll d$ är

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

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

$R = 47 \text{ k}\Omega$ parallellt med $100 \text{ k}\Omega = 32 \text{ k}\Omega$

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



För en flank gäller (formelsamling sid 303) att

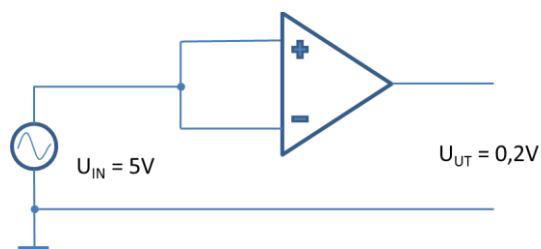
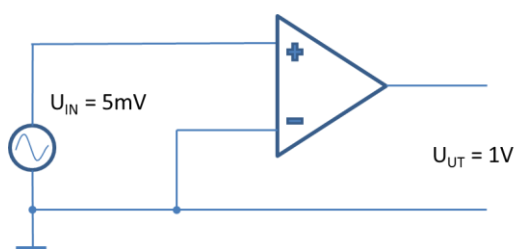
$$i = C \frac{du}{dt}$$

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

$$U_2 = RC \frac{du}{dt} = 32 \times 10^3 \times 3,3 \times 10^{-12} \frac{500}{5 \times 10^{-6}} \approx 11 \text{ V}$$

3. CMRR (1p)

En mätförstärkare kopplas enligt figuren till vänster till en sinusformad insignal med amplituden $U_{\text{IN}} = 5 \text{ mV}$ och frekvensen 10 kHz . Amplituden på utsignalen U_{UT} blir då 1 V . Sedan kopplar man samma förstärkare enligt figuren till höger. När insignalen är 10 kHz och amplituden $U_{\text{IN}} = 5 \text{ V}$ fås en utsignal $U_{\text{UT}} = 0,2 \text{ V}$.



- Beräkna förstärkningen vid 10 kHz
- Ange formel för att beräkna $CMRR_{dB}$
- Beräkna $CMRR_{dB}$ vid 10 kHz

Lösning:

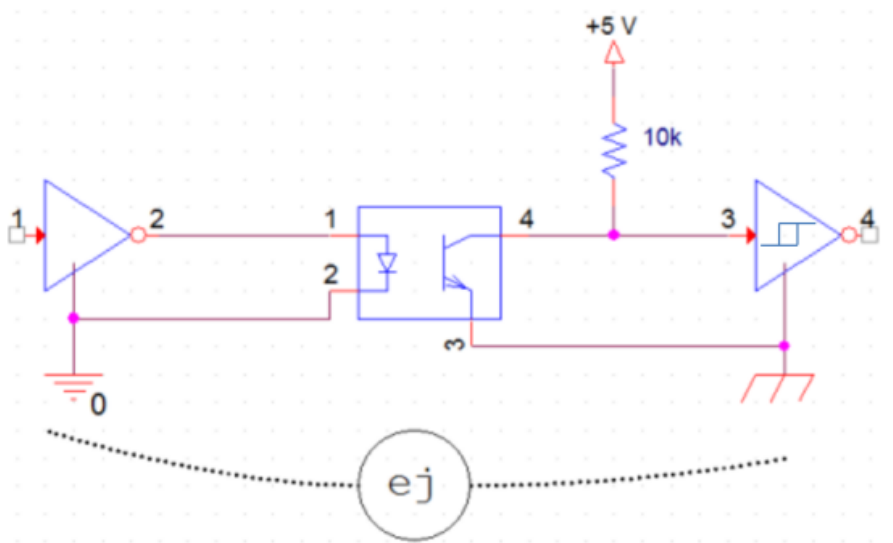
Förstärkningen $A_{DM} = 1V / 5 mV = 200$ ggr

$$CMRR_{dB} = 20 \log \left(A_{DM} \frac{U_{IN}}{U_{UT}} \right)$$

$$\Rightarrow CMRR = 20 \log (200 \times 5 / 0,2) = 74 \text{ dB}$$

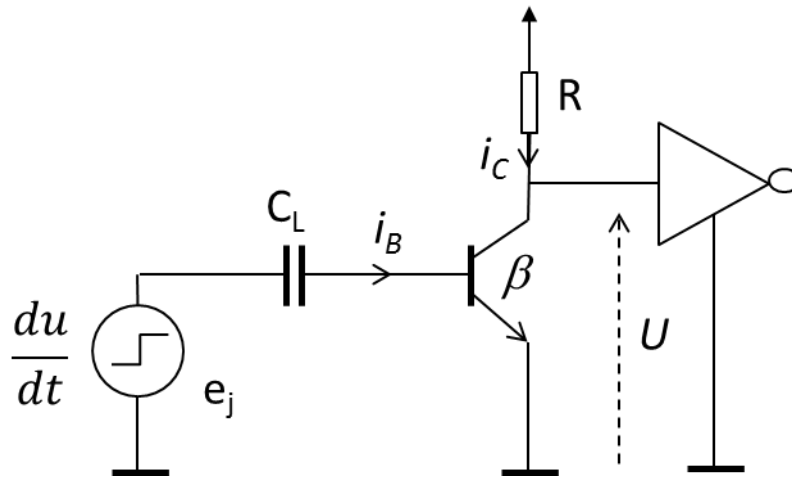
4. Isolering (2p)

En optokopplare har läckkapacitansen $C_L = 1 \text{ pF}$ vilken kopplar direkt till fototransistorns bas. Antag att fototransistorns strömförstärkning $\beta = 250$. Schmitttrigger inverteraren till höger, som har hög inimpedans, byter värde från logisk nolla till etta då inspänningen understiger 2 V. Inspänningen till optokopplaren är 0V 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 motståndet $R = 10 \text{ k}\Omega$, $i_c > (5V - 2 \text{ V}) / 10 \text{ k}\Omega = 300 \mu\text{A}$ blir $U < 2 \text{ V}$ och inverteraren byter värde.



Kollektorströmmen i_C beräknas som funktion av spänningsförändringen enligt följande.

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

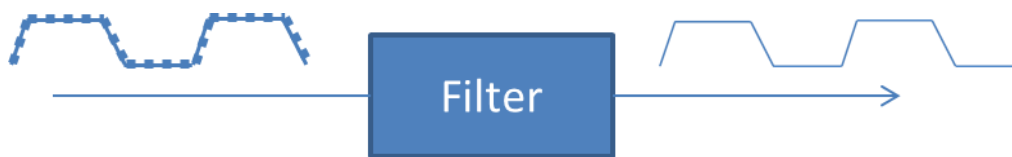
$$i_C = \beta \cdot i_B = \beta \cdot C_L \cdot \frac{du}{dt}$$

$$\frac{du}{dt} > \frac{i_C}{\beta C_L} = \frac{300 \cdot 10^{-6}}{250 \cdot 10^{-12}} = 1,2 \cdot 10^6 \text{ V/s}$$

⇒ Transienten $du/dt > 1,2 \text{ V}/\mu\text{s}$

5. Filter (1p)

En digital signal har grundfrekvensen 100 MHz och stigtiden $t_r = 1 \text{ ns}$ och falltiden $t_f = 2 \text{ ns}$. Eftersom signalen har ett överlagrat högfrekvent brus skickas den genom ett LP-filter. Beräkna den brytfrekvens filtret skall ligga över för att grundsignalen skall passera oförvanskad.



Lösning:

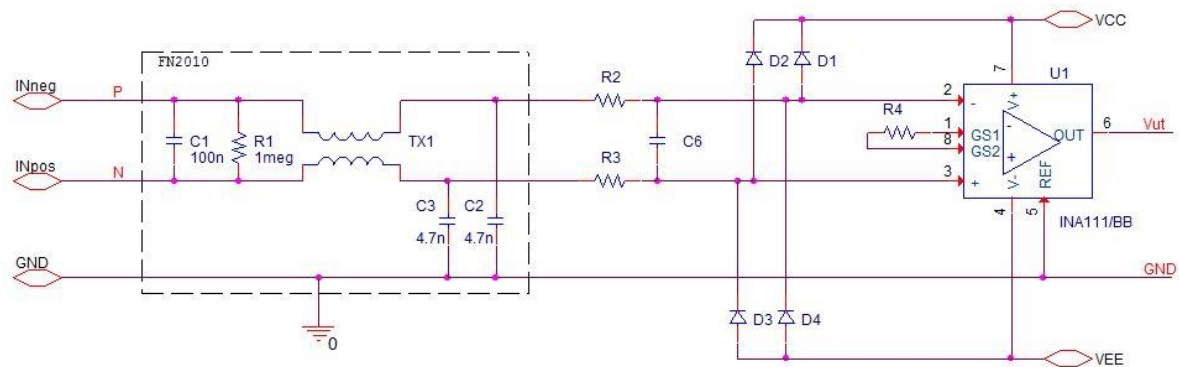
Den kortaste av stig- respektive falltid är $t_r = 1 \text{ ns}$.

Den brytfrekvens under vilken det mesta av signalens energi finns är

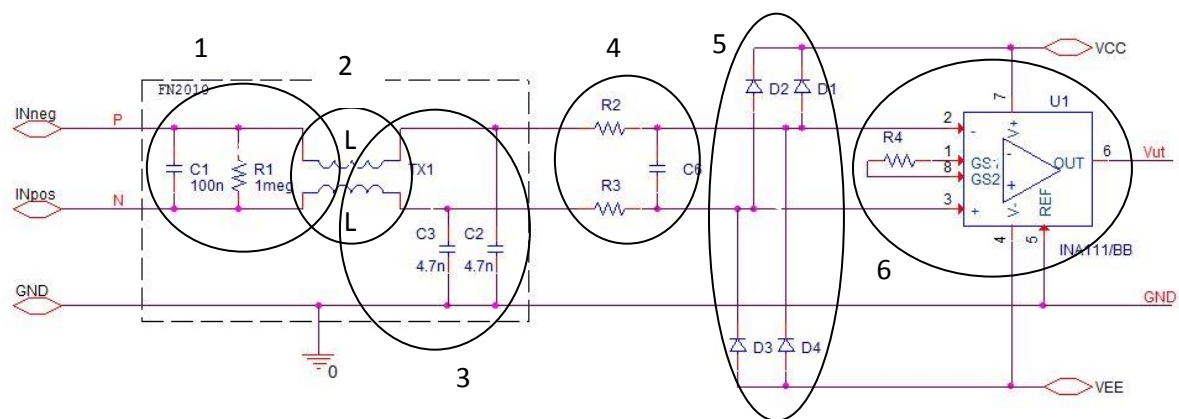
$$f_b = 1/\pi t_r = \mathbf{318 \text{ MHz}}$$

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

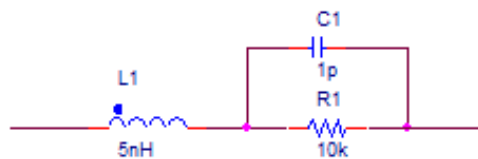
7. Verkliga komponenter (1p)

Teori och verklighet är inte alltid överensstämmande i komponenternas värld. Exempelvis har både kondensatorer och induktorer inte bara kapacitiva respektive induktiva egenskaper utan det förekommer alltid parasiter som beror av t.ex. geometri och materialval. Nedan visas ett motstånd med resistansen $R = 10 \text{ k}\Omega$. Rita ett schema för den verkliga komponenten med ingående parasitkomponenter samt skissera hur impedansen beror av frekvensen! Kan motstånd ha en egen resonansfrekvens?



Lösning:

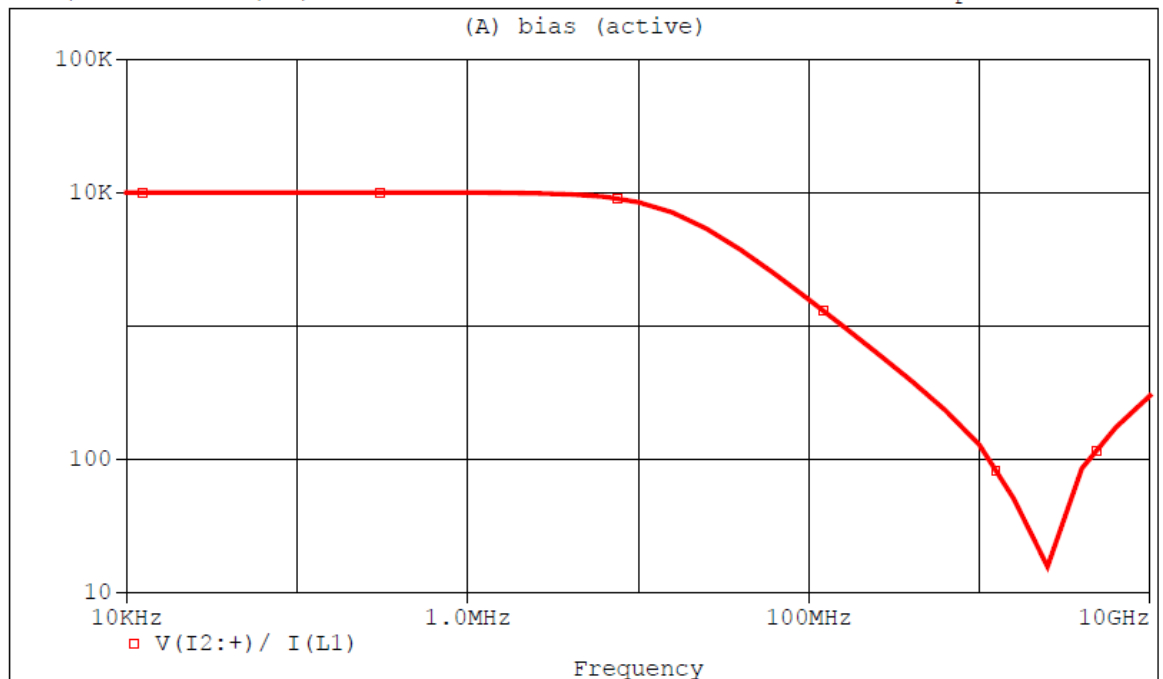
Det finns alltid en parallellkapacitans C över motståndet och en serieinduktans L i den ledare som ansluter till motståndet. Ett vanligt sätt att avbilda ett egentligt motstånd visas i figuren.



Vid låga frekvenser kan man betrakta komponenten som ett motstånd. Går man upp i frekvens börjar de kapacitiva egenskaperna dominera och impedansen minskar med frekvensen. Vid riktigt höga frekvenser är däremot de induktiva egenskaperna dominerande. Motståndet är egentligen resistivt bara vid låga frekvenser, i grafen nedan under 10MHz. Man kan också se att det uppstår en resonansfrekvens f_0 som kan beräknas om man känner till L och C. I simuleringen för ett 1206 SMD motstånd nedan är f_0 ca 2 GHz.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

** Profile: "SCHEMATIC1-bias" [D:\Dropbox\NeosenseTechnologies\Project\EI...
Date/Time run: 03/09/17 09:06:20 Temperature: 27.0



Date: March 09, 2017

Page 1

Time: 09:27:49

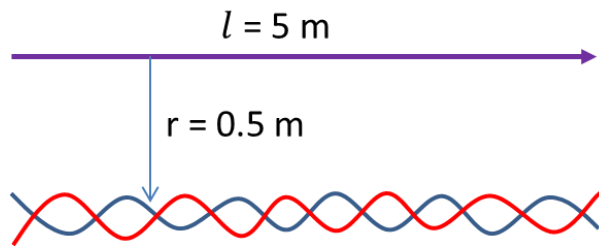
Figur. Motståndets impedans Z som funktion av frekvensen.

8. Kablar (1p)

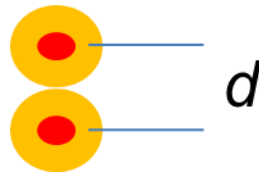
En tvinnad signalkabel går parallellt med en kraftkabel på en sträcka av 5 m. Avståndet r mellan kablarna är 0,5 m. Strömderivatan i kraftkabeln di/dt har vid ett tillfälle uppmätts till $200 \text{ A}/\mu\text{s}$.

Koppartråden i signalkablarna har diametern $a = 0,8 \text{ mm}$ 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 $d = 2 \times a/2 + 2 \times 1 \text{ mm} = 2,8 \text{ mm}$. Om man antar att tvinningen är jämn fås arean

$$A = \frac{ld}{\sqrt{2}} = \frac{5 \cdot 2,8 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} \text{ m}^2$$

, vilket ger att $A = 9,9 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Den effektiva arean $A_{\text{eff}} = 0,05 \times A = 495 \times 10^{-6} \text{ m}^2$.

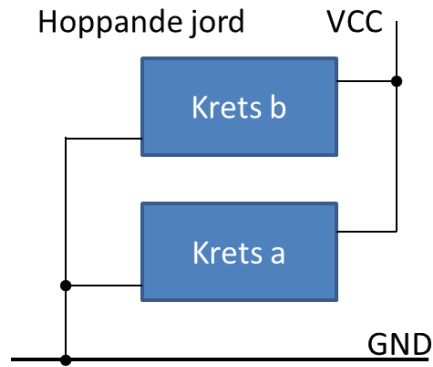
I formelsamlingen sid 305, inducerad emk i slinga

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

$\Rightarrow E \approx 40 \text{ mV}$

9. Jordning (1p)

Man bör välja olika typer av jordning beroende på de frekvenser som används i en kretslösning. I nedanstående exempel används s.k. "Hoppende jord". Skriv in i tabellen vid vilka frekvenser det är lämpligt med denna typ av jordning! Fyll också i vilken typ av jordning som är lämpligast vid de två andra frekvensintervallen i tabellen!



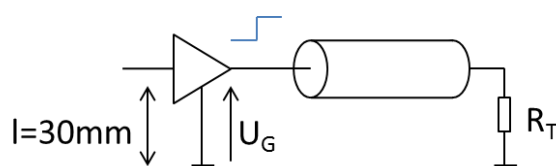
Frekvens f	Jordning
$f < 1 \text{ MHz}$	
$1 \text{ MHz} < f < 10 \text{ MHz}$	
$f > 10 \text{ MHz}$	

Lösning:

Frekvens f	Jordning
$f < 1 \text{ MHz}$	Hoppande jord
$1 < f < 10 \text{ MHz}$	Trädstruktur, stjärnjordning
$f > 10 \text{ MHz}$	Jordplan

10. Jordledare (1p)

En buffert driver en koaxialkabel med impedansen $Z_0 = 75 \Omega$. Vid ett spänningsomslag är stigtiden för drivarens utsignal $t_r = 2 \text{ ns}$ när spänningen går från noll till 5 V . Komponenten (bufferten) är placerad på ett 1.5 mm tjockt (h) mönsterkort. Jordledaren till bufferten är 3 cm lång, 0.5 mm bred (w) och går över ett jordplan på kortets motsatta sida. Höga frekvenser antas. Hur stort blir spänningsfallet U_G i jordledaren vid spänningsomslaget?



Lösning:

Beräkna först induktansen för jordledaren till bufferten. Enligt formelsamlingen är

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

$$\Rightarrow L = 17,6 \text{ nH}$$

Spänningen på utgången av bufferten stiger från noll till 5V på 3ns. Eftersom belastningen $Z_0 = 75 \Omega$ stiger då strömmen från noll till 66.7 mA på samma tid. $\Rightarrow$

$$U = L \frac{di}{dt} = 17,6 \times 10^{-9} \frac{66,7 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-9}} \text{ V} \approx 0,59 \text{ V}$$

11. Transmission (1p)

Den elektriska ledaren mellan drivkrets och mottagande krets på ett mönsterkort är 10 cm lång och 0.4 mm bred. Signalströmmen som går i ledaren har sin returström i jordplanet på andra sidan av kortet. Kortet är 1,5 mm tjockt och gjort av glasfiberarmerad epoxi, FR4, vilket har ett dielektricitetsstal $\epsilon_r = 4,5$. Tjockleken på kopparlaminatet är 17 μm . Beräkna transmissionstiden T_D mellan kretsarna samt den karaktäristiska impedansen Z_0 .

Lösning:

$$\epsilon_r = 4,5$$

Formelsamlingen ger för "Microstrip":

$$T_0 = 3.34 \sqrt{0,47\epsilon_r + 0,67}$$

Detta ger att $T_0 = 5.57 \text{ ns/m}$. Längden på ledaren $l = 0.1 \text{ m} \Rightarrow$

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

$h = 1,5 \text{ mm}$, $b = 0.4 \text{ mm}$, $t = 17 \mu\text{m}$ och den karaktäristiska impedansen för "Microstrip" är:

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

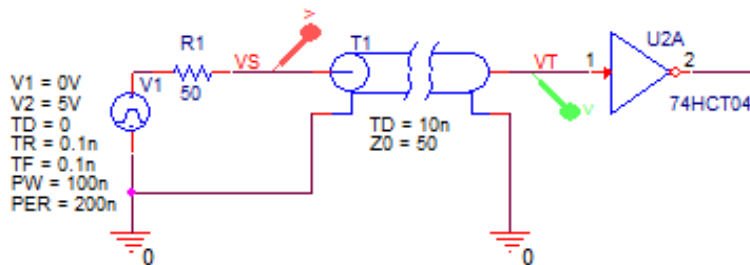
Detta ger att $Z_0 = 117 \Omega$.

12. Terminering (3p)

- a) Utgången på en signalgenerator kopplas direkt till en 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 kopplat kabeln till ingången på en MOSFET inverterare med mycket hög ingångsimpedans. Pulsen som matas från generatoren

går vid tidpunkten $t = 0$ från 0 till 5 V. Vilken amplitud har signalen på ingången (V_S) och utgången (V_T) av transmissionsledningen T1 efter 5 ns, 15 ns och 25 ns? (2p)

- b) Eftersom inverterarens insignal ($=V_T$) bör vara 5 V för logisk "Hög" och 0 V för "Låg", vad händer med spänningen V_T om man terminerar kablenn för minsta möjliga reflektion? Hur måste signalgenerators amplitud ändras vid reflektionsfri terminering för att insignalen till inverteraren skall alternera mellan 0 och 5 V? (1p)



Lösning:

a)

Beräkna först inspänningen när signalen når T1 första gången: $V_S = V_2 \times Z_0 / (R_1 + Z_0) = 2,5$ V. Denna spänning V_S finns på ingången från $t = 0$ till 20 ns. **$V_S(5 \text{ ns}) = V_S(15 \text{ ns}) = 2,5$ V.**

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

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

Från $t = 0$ till 10 ns är spänningen V_T på ingången till bufferten = 0 V. Alltså är **$V_T(5 \text{ ns}) = 0$ V.**

Efter första reflektionen reflekteras $V_{r1} = \rho_T V_S = 2,5$ V

$V_{T1} = V_S + V_{r1} = 2,5 \text{ V} + 2,5 \text{ V} = 5 \text{ V}$

Från $t = 10$ ns till 30 ns är $V_T = 5$ V. Alltså är **$V_T(15 \text{ ns}) = V_T(25 \text{ ns}) = 5$ V.**

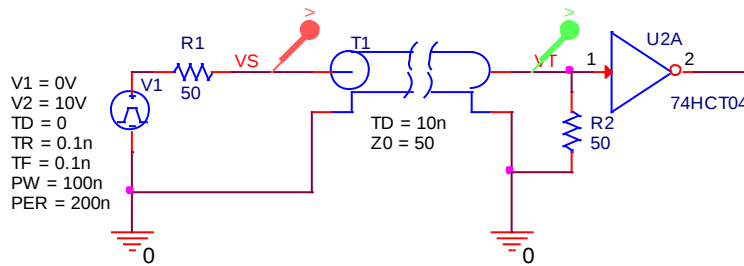
Efter andra reflektionen ($2T_D < t < 4T_D$) reflekteras $V_{r2} = \rho_S V_{r1} = 0 \times 2,5 \text{ V} = 0 \text{ V}$.

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

t (ns)	V_S (V)	V_T (V)
5	2,5	0,0
15	2,5	5,0
25	5,0	5,0

b)

Ingången på T1 är redan reflektionsfri så inget termineringsmotstånd behövs ytterligare. Om utgången på T1 skall göras reflektionsfri kopplas lämpligen ett motstånd på 50 Ω till jord ($\Rightarrow \rho_S = \rho_T = 0$). Detta gör att utspänningen blir otillräckliga 2,5 V. Dubbla därför signalgenerators spänning till 10 V så att V_T efter $T_D = 10$ ns blir 5 V!



Tabell: Spänningar vid 10 V amplitud från signalgeneratoren.

t (ns)	V _s (V)	V _T (V)
5	5,0	0,0
15	5,0	5,0
25	5,0	5,0

13. Skärmning (2p)

Vad är den totala skärmningseffektiviteten SE för en tät apparatlåda omsluten av 17 µm tjock kopparplåt? Lådan befinner sig i luft och störfrekvensen är 1 MHz?

Lösning:

Skärmningseffektiviteten för lådan $SE = R + A + B$.

Vågimpedans i luft $Z_0 = 377 \Omega$

Vågimpedansen Z_s för koppar vid 1 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 $\sigma_0 = 5.82 \times 10^7 [1/\Omega\text{m}]$.

$$\Rightarrow \sigma = \sigma_r\sigma_0 = 5.82 \times 10^7 [1/\Omega\text{m}]$$

Koppar: $\epsilon_r = 1$. Termen $\omega\epsilon_r\epsilon_0 = 2\pi f \cdot 1 \cdot 8.854 \cdot 10^{-12} [F/m] = 55,6 \times 10^{-6} [F/sm]$

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

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

$$\Rightarrow Z_s = 368 \times 10^{-6} \Omega$$

$$\Rightarrow \text{Reflektionsdämpningen } E_1/E_0 = 4 Z_0 Z_s / (Z_0 + Z_s)^2 \approx 4 Z_s / Z_0 = 3,9 \times 10^{-6}$$

$$R = 20\log(E_0/E_1) = 20\log(1/3,9 \times 10^{-6}) = \mathbf{108 \text{ dB}}$$

$$\text{Absorptionsdämpningen } E_1/E_0 = e^{-\alpha\delta}$$

Inträngningsdjupet δ i koppar:

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

$$\Rightarrow \delta(1 \text{ MHz}) = 66 \text{ } \mu\text{m}$$

$$\text{Plåtens tjocklekt} = 17 \text{ } \mu\text{m} \Rightarrow E_1/E_0 = e^{-t/\delta} = 773 \times 10^{-3}$$

$$A = 20 \log(E_0/E_1) = 20 \log(1/0,773) = \mathbf{2,2 \text{ dB}}$$

Eftersom $A < 10 \text{ dB}$ måste multipl reflektion beaktas:

$$\frac{E_1}{E_0} = 1 - e^{-2\frac{t}{\delta}}$$

$$E_1/E_0 = 0.403$$

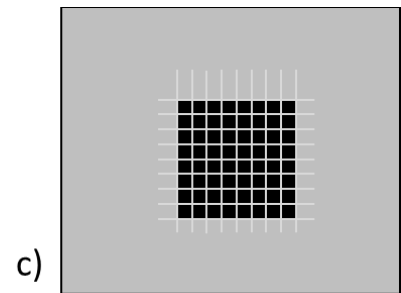
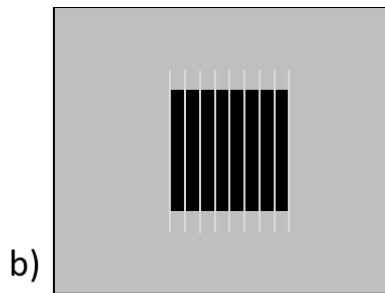
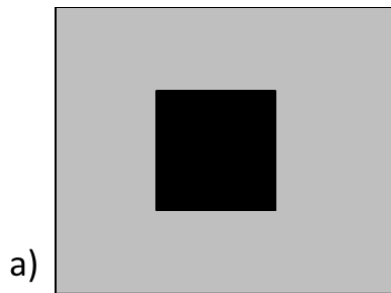
$$B = 20 \log(E_1/E_0) = \mathbf{-7.9 \text{ dB}}$$

B är alltid negativ!

$$SE = R + A + B = 108 \text{ dB} + 2 \text{ dB} - 8 \text{ dB} = \mathbf{102 \text{ dB}}$$

14. Skärmning (2p)

- En ventilationsöppning på en datorlåda av metall är $10 \times 10 \text{ cm}$ (Figur a). Vad blir skärmningseffektiviteten SE vid $f = 100 \text{ MHz}$?
- Vad blir SE vid samma frekvens om man delar upp öppningen med metalltrådar i tio vertikala täta öppningar med storleken $1 \times 10 \text{ cm}$ enligt figur b?
- Vad blir SE vid samma frekvens om man i stället gör ett rutnät (Figur c) där varje ruta är $1 \times 1 \text{ cm}$?



Lösning:

$\lambda = c/f = 3 \text{ m}$ vilket är $\gg a = 10 \text{ cm}$, dvs. öppningen är liten relativt våglängden.

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

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

$$\Rightarrow \mathbf{SE = 23,5 \text{ dB}}$$

- b) När öppningen delas upp i flera smala spalter med storleken $1 \times 10 \text{ cm}$ kan SE beräknas.

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

$$\Rightarrow SE = 23,5 \text{ dB} + 10,4 \text{ dB} = \mathbf{33,9 \text{ dB}}$$

c) Med ett rutnät fås $a = b = 1 \text{ cm}$

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

$$\Rightarrow SE = \mathbf{43,5 \text{ dB}}$$

15. Kontaktskydd (1p)

Bilden visar ett exempel på en omkopplare.



1) Vad är lägsta spänningen som kan få en gnista att hoppa mellan elektroderna i omkopplaren?
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 inuti kontakten? Ange ett av alternativen!

(a) 200 V

(b) 300 V

(c) 500 V

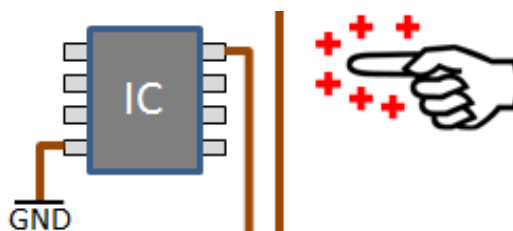
Lösning:

1. 12 – 15 V.

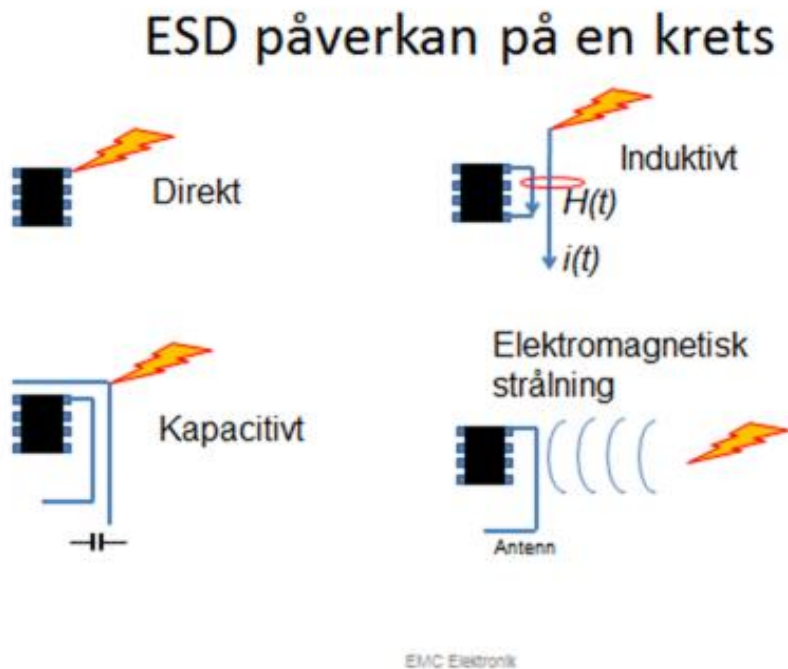
2. 300 V

16. 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 överföras till kretsen!

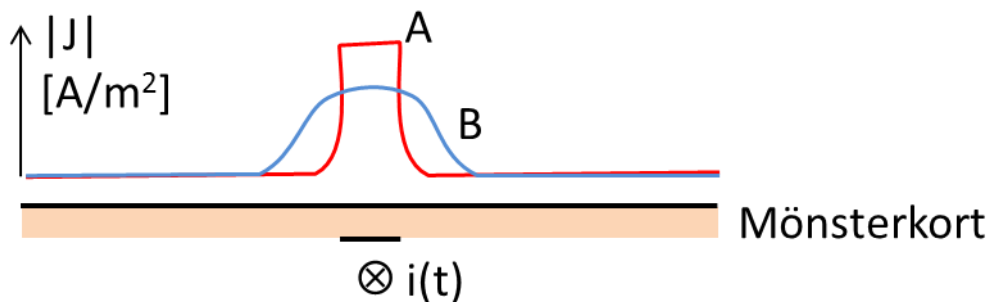


Lösning:



17. Returströmmar (1p)

På ett dubbelsidigt mönsterkort används den undre sidan för signaler $i(t)$ och den övre som ett ledande jordplan. Bilden visar ett tvärsnitt av kortet och två olika strömtäthetskurvor för returströmmarna som går i jordplanet. Den ena kurvan är vid en lägre frekvens och den andra vid en högre. Vilken strömtäthetskurva beskriver hög frekvens och vilken beskriver lägre frekvens?

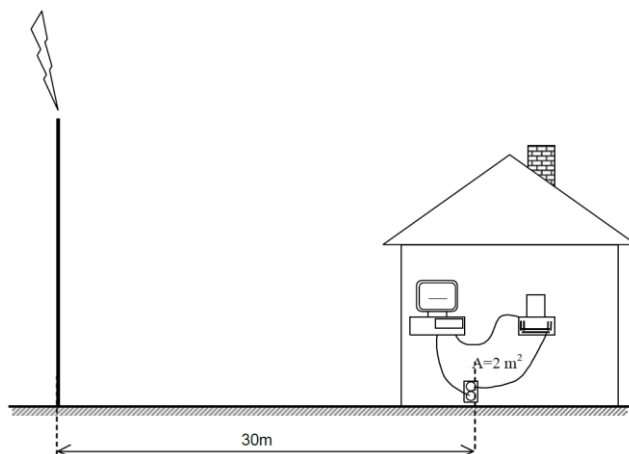


Lösning:

A = hög frekvens, B = låg frekvens

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 300 kA på $5 \mu\text{s}$. Vilken är den maximala spänningen som induceras i slingan?



Lösning:

Enligt formelsamlingen sid 305 är

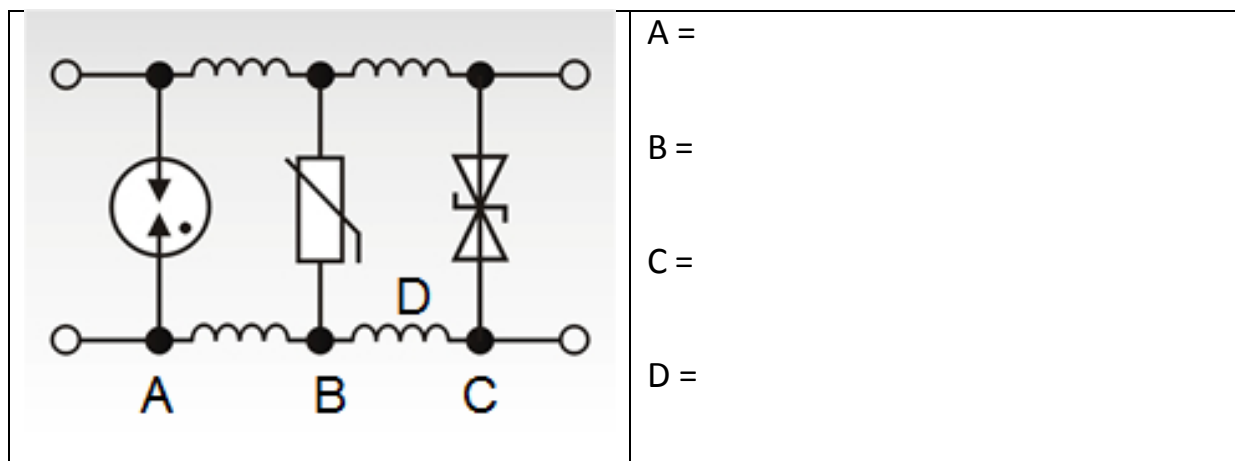
$$E \approx \frac{\mu_0 A di}{2\pi r dt}$$

$$E \approx \frac{4\pi 10^{-7} \times 2}{2\pi \times 30} \times \frac{300 \times 10^3}{5 \times 10^{-6}}$$

E = 800 V

19. 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 elnätet! Vad kallas komponenterna?



Lösning:

Vanliga typer av överspänningsskydd vid t.ex. åska är

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

20. Normer (1p)

På baksidan av ett mätinstrument hittar man både ett CE-märke och ett S-märke. Vad innebär dessa två märken?

Lösning:

- a) CE-märkning är en produktmärkning inom främst EU men även inom EES. Bokstäverna CE är en förkortning för Conformité Européenne ('i överensstämmelse med EG-direktiven'). En produkt med CE-märkning får säljas i EES-området utan ytterligare krav.
- b) S-märkning innebär att en produkt provats mot valda europeiska produktstandarder för kontroll av elsäkerhet, brandskydd, mekaniska skaderisker och strålningsrisker med mera. För att erhålla S-märket krävs att ett oberoende provningslaboratorium har kontrollerat att produkten uppfyller gällande produktsäkerhetskrav inom EU.