

TELEKOMMUNIKATION

RRY 010

Fem tentamina från läsåren
2011/2012 - 2015/2016

Tillåtna hjälpmedel:

Typgodkänd räknare

Till tentamenstesens bifogade formelblad och Smithdiagram

Betygsgränser:

Betyg 3: 16-23 poäng

Betyg 4: 24-31 poäng

Betyg 5: 32-40 poäng

Övrig information:

Hela beräkningsgången skall redovisas och använda formler skall motiveras. Vid grafitning skall axlar graderas och enheter sättas ut. Var vänlig och skriv tydligt och rita tydliga figurer!

Se även utdelad examinationsinformation!

Lösningsförslag/svar till uppgifter kommer att finnas på kurshemsidan.

TENTAMEN 13/12-2011

1.

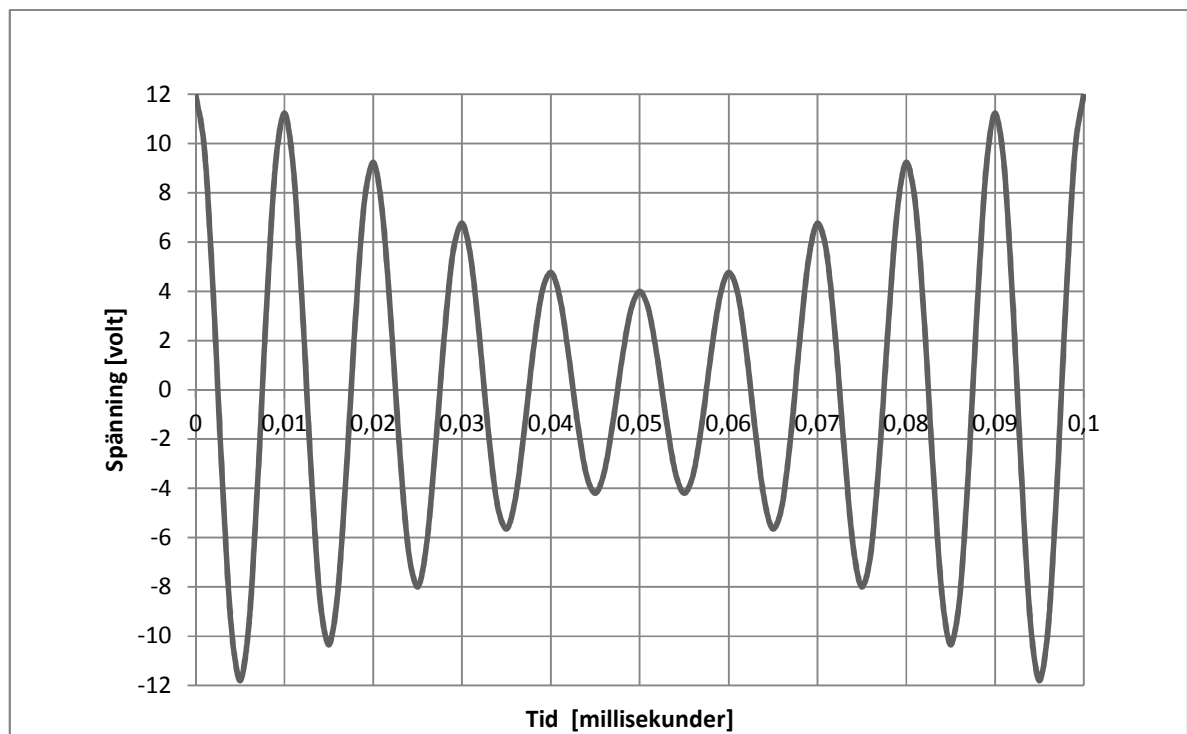
a) Rita kretsschema för en *dioddemodulator* (=enveloppdetektor) och förklara hur den fungerar. Rita exempel på grafer (som funktion av tiden) av *signalen som matas in* i demodulatorn och *signalen som fås vid utgången*. (3p)

b) Redogör kortfattat för multiplexeringsmetoderna FDMA och CDMA. (2p)

c) Redogör kortfattat för modulationsmetoderna 16-PSK och 16-QAM. Rita exempel på konstellationsdiagram som illustration. (2p)

2. En cosinusformad bärvåg med amplituden 10 volt och frekvensen 400 kHz frekvensmoduleras med meddelandesignalen $v_m(t) = 2,5 \cos(\pi 10^4 t)$ volt. Modulatorns känslighet är $k_o = 6$ kHz per volt. Rita FM-signalens amplitudspektrum. Markera även in signalens bandbredd in i figuren. (4p)

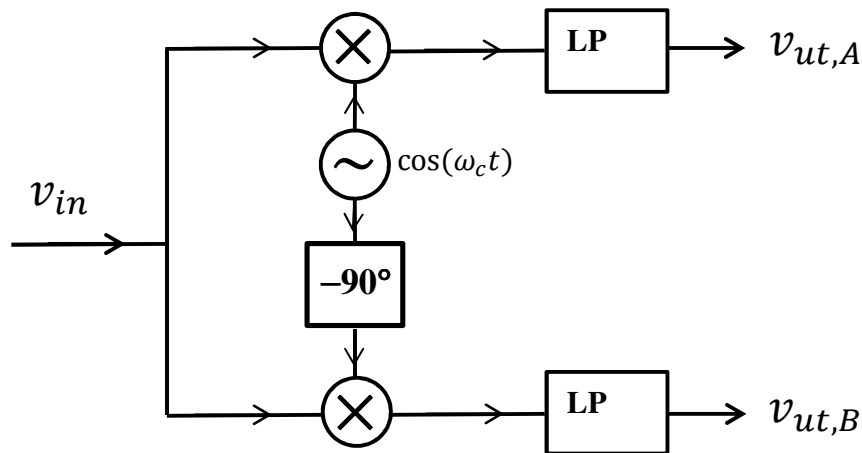
3. I grafen nedan visas en DSB-FC signal.



- a) Hur stor är modulationsgraden? (1p)
b) Skissera signalens amplitudspektrum. (3p)
c) Beräkna medeleffekten om signalen ansluts till en 100Ω belastning. (2p)

4. Signalen $v_{in} = -\sin(\omega_c t) + \cos(\omega_c t)$ matas in i en I/Q-demodulator (se figur).

- a) Bestäm utsignalerna $v_{ut,A}$ och $v_{ut,B}$ och ange vilken "dibit" denna signal motsvarar. Utgång "A" ger den mest signifikanta biten och utgång "B" ger den minst signifikanta biten. En positiv utspänning representerar en logisk "1:a" och en negativ utspänning representerar en logisk "0:a". (3p)



- b) Fasvridaren (-90°) i denna krets skulle kunna åstadkommas genom att ha *olika långa ledningar* från bärvågsoscillatorn till de två blandarna. Hur stor skall längdskillnaden vara (uttryckt i våglängder)? (1p)

5. En förlustfri ledning (längd 6,0 m, $Z_0 = 75 \Omega$) förbinder en likspänningskälla ($U_G = 15$ volt, $Z_G = 50 \Omega$) i serie med en strömbrytare med en last ($Z_L = 100 \Omega$). Strömbrytaren sluts vid tiden $t=0$. Spänningsvågen utbreder sig med 80% av ljusets fart i vakuum.

- a) Rita en graf som visar hur *spänningen mitt på ledningen* (d.v.s. 3,0 meter från *generatorn*) varierar med tiden under den första 100 nanosekunderna. (4p)

- b) Bestäm spänningen över *ledningsingången* när kretsen har varit sluten en lång tid. (1p)

- c) Likspänningskällan byts ut mot en växelspänningskälla inställd på en frekvens som ger en våglängd på 8,0 m. Skissera hur spänningens *toppvärde* varierar som funktion av positionen på ledningen. Detaljerade beräkningar behöver ej utföras, men kurvans form skall motiveras ordentligt. (2p)

6. En signalgenerator (inre impedans 50Ω , frekvens 30 MHz) är ansluten till en förlustfri transmissionsledning med karakteristiska impedansen 50Ω . Vid mätningar

finner man att första spänningsminimat inträffar 1,4 m från lasten, första spänningsmaximat inträffar 3,9 m från lasten, samt att ståendevågförhållandet är 3,0. Vågens fashastighet är lika med ljusets fart i vakuum. Den mot lasten infallande vågens amplitud är 2,0 volt. Ledningslängden motsvarar $0,5\lambda$.

- a) Bestäm lastens impedans. (2p)

Om du **inte** löste deluppgift **a**, så använder du $60+j65\ \Omega$ som last i övriga deluppgifter.

- b) Bestäm spänningens *minsta* toppvärde längs ledningen. (4p)
c) Dimensionera en impedansanpassare av valfri typ. (4p)

7. Under andra halvan av 1800-talets installerades ca. 4000 km långa undervattenskablar avsedda för telekommunikation över Atlanten. Ledningsparametrarna för en av kablarna var: längsinduktans 280 nH/m, tvärkapacitans 113 pF/m, längsresistans 0,0048 Ω /m (tvärkonduktansen kan sättas till noll). Beräkna fashastigheten för en signal med frekvensen 1 Hz. (2p)

TENTAMEN 18/12-2012

1.

a) Rita kretsschema för en *dioddemodulator* (=enveloppdetektor) och förklara hur den fungerar. Rita exempel på grafer (som funktion av tiden) av *signalen som matas in* i demodulatorn och *signalen som fås vid utgången*. (3p)

b) Redogör kortfattat för multiplexeringsmetoderna TDMA och CDMA. (2p)

2. Redogör kortfattat för uppbyggnaden och funktionsprincipen för en heerodynmodtagare. Rita ett blockschema med de viktigaste delarna. (3p)

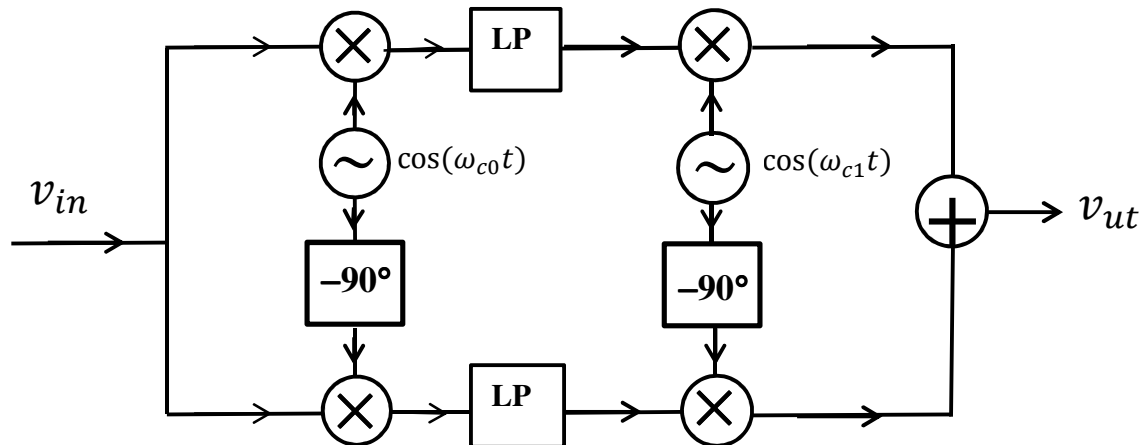
3. En cosinusformad bärvåg med amplituden 12 volt och frekvensen 600 kHz amplitudmoduleras (DSB-FC) med meddelandesignalen $v_m(t) = 6 \cos(\pi 10^4 t)$ volt.

a) Rita AM-signalens amplitudspektrum. (3p)

b) Beräkna AM-signalens effektivvärde. (2p)

4. Betrakta modulatoren i figuren nedan. Insignalen är ett entonigt meddelande $v_{in} = V_m \cos(\omega_m t)$. För oscillatorfrekvenserna gäller att $\omega_{c1} \gg \omega_{c0}$, $\omega_{c1} \gg \omega_m$, och ω_{c0} är lite mindre än ω_m . Lågpasfiltrens brytpunkt ligger strax över ω_m .

Bestäm utsignalens amplitudspektrum. Vilken typ av modulation utför denna krets? (3p)



5. Ur ett amplitudspektrum för en FM-signal utläses följande spektralkomponenter:

f (kHz)	50	58	66	74	82	90	98	106	114	122	130
V_n (volt)	0,054	0,23	0,81	1,97	2,78	0,55	2,78	1,97	0,81	0,23	0,054
	7	8	2	5	0	2	0	5	2	8	7

Meddelandet är entonigt och såväl bärvågen som meddelandet har cosinusformat tidsberoende.

a) Skissera en graf som visar hur frekvensens ögonblicksvärde varierar med tiden. (2p)

b) Beräkna hur stor andel (svara i procent) av FM-signalens medeleffekt finns inom bandbredden. (2p)

6. Förklara vad som avses med kromatisk dispersion respektive moddispersion och hur de inverkar på dataöverföring via optisk fiber. (2p)

7. En förlustfri ledning (längd 12 m, $Z_0 = 75 \, \Omega$) förbinder en likspänningskälla ($U_G = 12$ volt, $Z_G = 50 \, \Omega$) i serie med en strömbrytare med en last ($Z_L = 25 \, \Omega$). Strömbrytaren sluts vid tiden $t=0$. Spänningsvågen utbreder sig med ljusets fart i vakuum.

a) Rita en graf som visar hur *spänningen över lasten* varierar med tiden under den första 180 nanosekunderna. (4p)

b) En spänningsvåg som utbreder sig längs ledningen hör samman med en strömvåg. Bestäm toppvärdet för den strömvåg som sändes ut vid tiden noll och utbreder sig mot lasten. (1p)

c) Bestäm effektutvecklingen i lasten när kretsen har varit sluten en lång tid. (2p)

d) Likspänningskällan byts ut mot en växelspänningskälla inställd på en frekvens som ger en våglängd på 48 m. Skissera hur spänningens *toppvärde* varierar som funktion av positionen på ledningen. Detaljerade beräkningar behöver ej utföras, men kurvans form skall motiveras ordentligt. (2p)

8. En signalgenerator (inre impedans $50 \, \Omega$, frekvens 20 MHz) är ansluten, via en förlustfri transmissionsledning med karakteristiska impedansen $50 \, \Omega$ till en $20 + j40 \, \Omega$ last. Vågens fashastighet är fart $2 \cdot 10^8$ m/s. Den mot lasten infallande vågens amplitud är 2,0 volt. Ledningslängden motsvarar $0,6\lambda$.

a) Bestäm ståendevågförhållandet. (1p)

b) Bestäm inimpedansen. (1p)

c) Var längs ledningen inträffar spänningsminima (ange avstånd från lasten)?
Hur stort är spänningens toppvärde i ett sådant minimum? (3p)

d) Dimensionera en impedansanpassare av valfri typ. (4p)

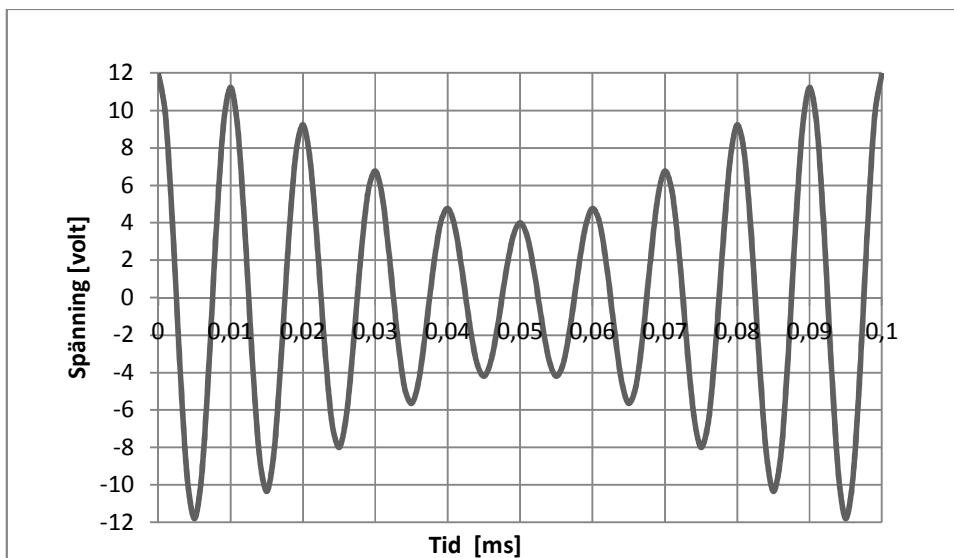
TENTAMEN 17/12-2013

1.

- a) Rita kretsschema för en enveloppdemodulator (dioddetektor) och förklara dess funktionsprincip. Vilken typ av signaler kan demoduleras med denna krets? (3p)
- b) Rita ett konstellationsdiagram för en 16-QAM signal. (1p)
- c) En heterodynmodtagare har mellanfrekvensen 4,0 GHz. Lokaloscillatorn ställs in på 102 GHz. Bestäm frekvensen för en av de inkommande signaler som kommer att förstärkas av mellanfrekvensförstärkaren. (1p)

2. I grafen nedan visas tidsfunktionen för en AM-signal. Signalen ansluts till en $10\ \Omega$ resistor.

- a) Beräkna signalens bandbredd (2p)
- b) Beräkna medeleffektutvecklingen i resistorn. (3p)



3. Betrakta en optisk fiber av typen *stegindexfiber*.

a) Är brytningsindexet i kärnan högre än, lägre än eller lika stort som i manteln? (1p)

b) På vilket sätt skiljer sig uppbyggnaden av en singelmodfiber från en stegindexfiber som medger utbredning i flera moder? (1p)

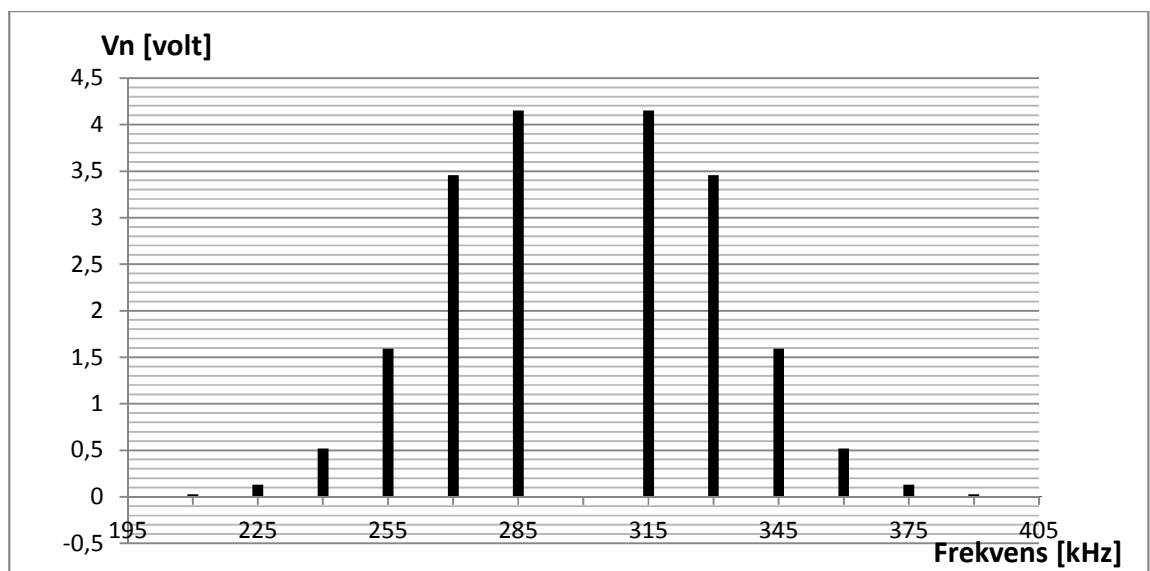
Motivera dina svar ordentligt!

4. En i tid cosinusformad bärvåg moduleras med ett entonigt meddelande. I grafen visas den resulterande FM-signalens amplitudspektrum.

a) Bestäm bärvågens frekvens och amplitud. (3p)

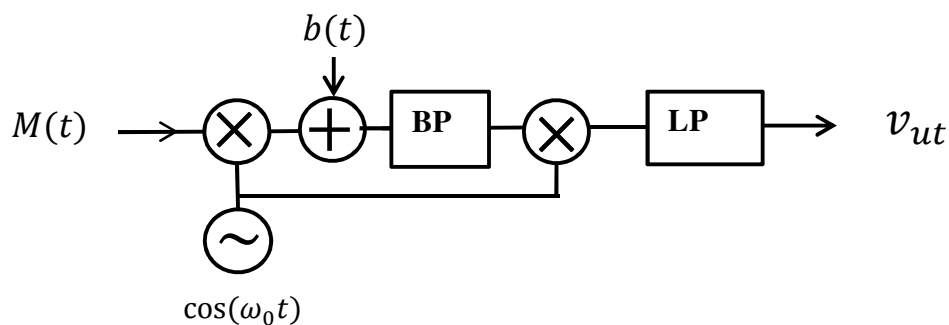
b) Bestäm frekvensens högsta ögonblicksvärde. (2p)

c) Kommer amplituden hos 315 kHz spektralkomponenten att öka, minska eller förbli oförändrad om meddelandets amplitud ökas med 10%? Motivera ditt svar! (2p)



5. En s.k. *lock-in förstärkare* kan användas för att detektera signaler som ligger i ett mycket brusigt frekvensområde. Informationen flyttas till ett frekvensområde som har lägre brus genom att DSB-SC modulera storheten av intresse. Detektion sker med en produktmodulator. I figuren nedan representeras signalen av $M(t)$ medan bruset (slumpmässiga oönskade störningar) representeras av $b(t)$.

- Bestäm utsignalen. (2p)
- Om ledningarna från oscillatoren till blandarna har olika längd, så kan utsignalen bli felaktig. Förklara orsaken till detta! (2p)



$b(t)$ representerar bruset som adderas.

Bandpassfiltret släpper genom signaler i ett intervall kring ω_0 så att DSB-SC signalen (och en liten del av bruset) passerar.

6. En spänningsvåg med sinusformat tidsberoende (frekvens 15 MHz) utbreder sig längs en transmissionsledning. Utbredningskonstanten (=gångkonstanten) är

$$\gamma = 0,35 \cdot e^{j86^\circ} \text{ 1/meter.}$$

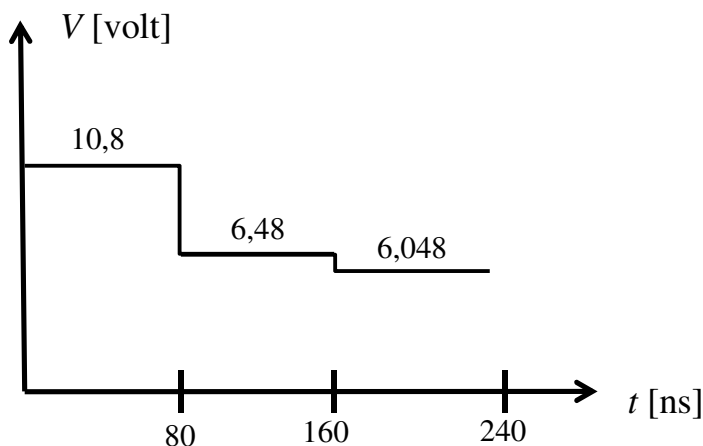
Spänningens toppvärde vid ledningsingången är 10 volt.

- Bestäm fashastigheten. (2p)
- Bestäm toppvärdet vid en position 50 meter in på ledningen. (1p)

7. En signalgenerator (inre impedans 50Ω , frekvens 20 MHz) är ansluten, via en förlustfri transmissionsledning med karakteristiska impedansen 50Ω till en $40 - j100 \Omega$ last. Vågens fashastighet är fart $2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Den mot lasten infallande vågens amplitud är $4,0 \text{ volt}$. Ledningslängden motsvarar $0,3\lambda$.

- Bestäm ståendevågförhållandet. (1p)
- Bestäm avståndet från lasten till första spänningsminimat. (1p)
- Bestäm inimpedansen. (1p)
- Bestäm den totala spänningsvågens största och minsta toppvärde. (3p)
- Dimensionera en impedansanpassare av valfri typ. (4p)

8. En förlustfri ledning ($Z_0 = 75 \Omega$) förbinder en likspänningskälla ($U_G = 18 \text{ volt}$, Z_G) serie med en strömbrytare med en last (Z_L). Strömbrytaren sluts vid tiden $t=0$. Spänningsvågen utbreder sig med farten $2 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$. Spänningen över *ledningens ingång* mäts under drygt 200 ns och resultatet presenteras i grafen nedan. Aktuella värden på spänningen står vid respektive nivå.



Bestäm ledningens längd, generatorns inre impedans (Z_G) samt lastimpedansen (Z_L).

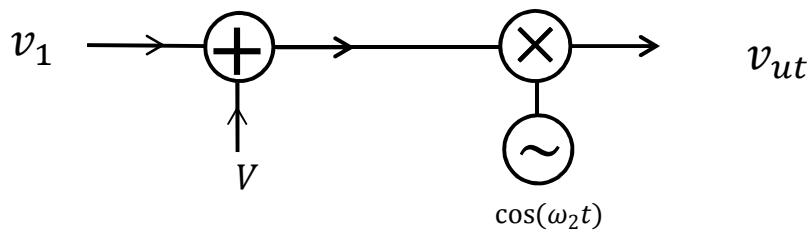
(4p)

TENTAMEN 13/1-2015

1.

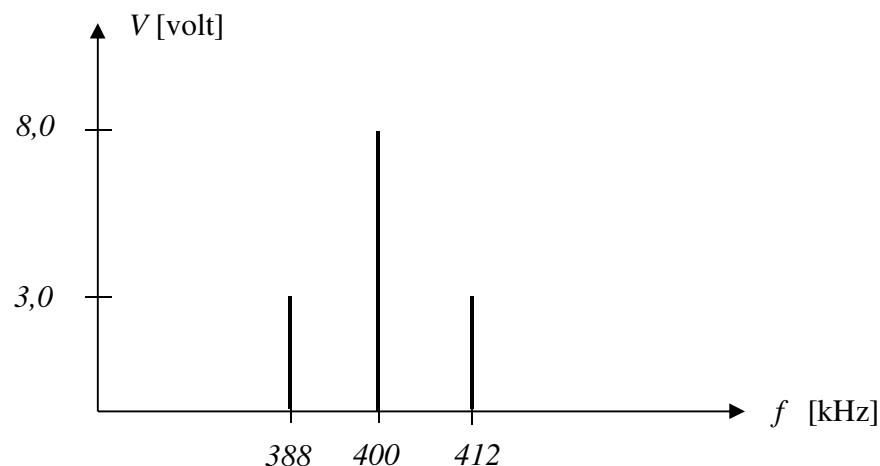
- a) Rita ett konstellationsdiagram för en 8-QAM signal. (1p)
- b) I modulationsmetoden ortogonal-FDM (OFDM), som används exempelvis i digital-TV, så delas meddelandet upp i parallella dataströmmar som sänds med ett stort antal ”underbärvågor”. Vilken *matematisk metod* används för att generera dessa underbärvågor? (1p)
- c) Beskriv två metoder för att åstadkomma multiplikation av två elektriska signaler (d.v.s. två sätt att konstruera en blandare). (2p)
- d) Kan en SSB-SC signal demoduleras med en enveloppdetektor? (1p)
- e) Vad avses med spegelfrekvensen i en heterodynmottagare? (1p)

2. Betrakta följande blockschema:



Adderaren har två insignaler $v_1 = V_1 \cdot \cos(\omega_1 t)$ samt en likspänning V . Förklara vilken typ av modulation kretsen åstadkommer. Bestäm ett uttryck för utsignalens bandbredd. (2p)

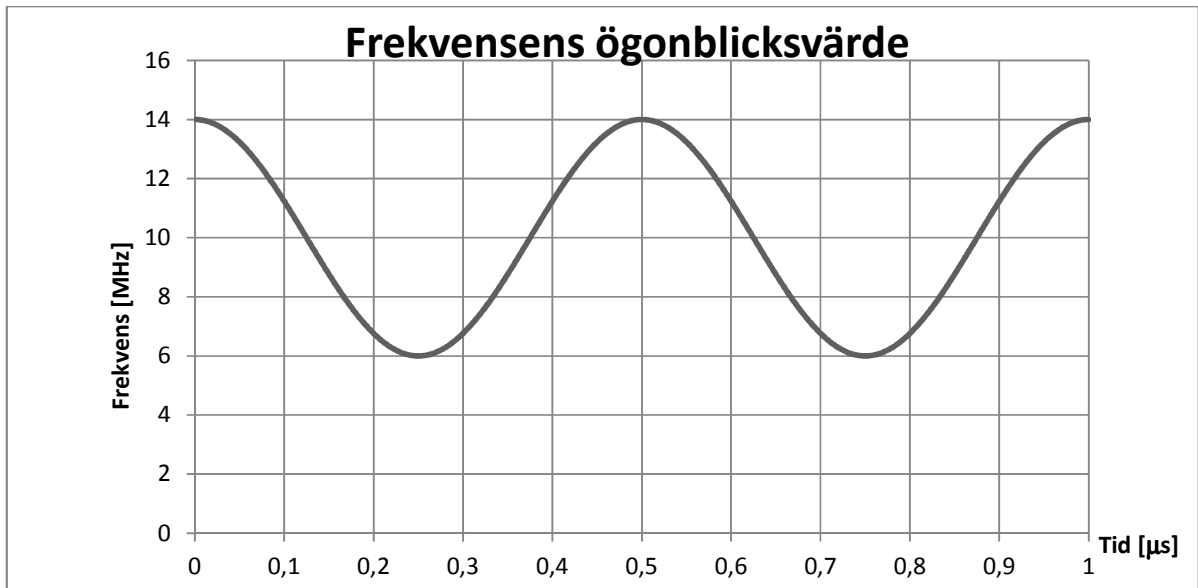
3. Grafen nedan visar amplitudspektrumet för en AM-signal. Bestäm AM-signalens modulationsgrad och effektivvärde, samt bärvågens frekvens och meddelandets frekvens. (4p)



4. En FM-signal är ansluten till en $10\ \Omega$ last och utvecklar där medeleffekten $5,0\ \text{W}$. Frekvensens tidsvariation visas i grafen nedan.

a) Bestäm FM-signalens bandbredd. (3p)

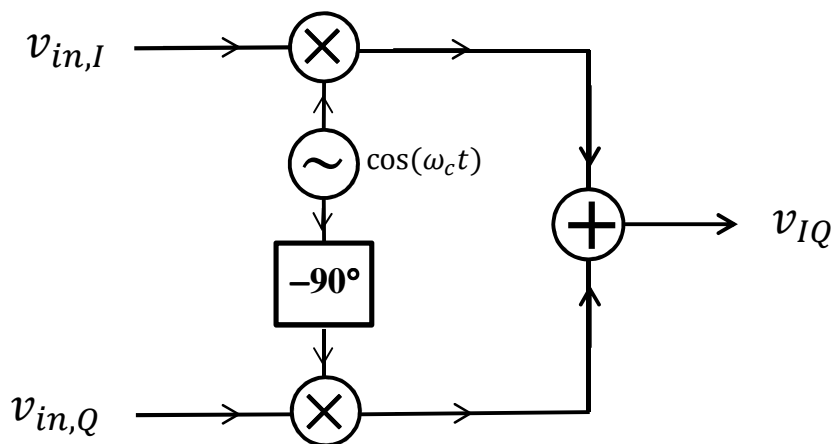
b) Bestäm amplituden och frekvensen för den spektralkomponent som har högst amplitud. (2p)



5. I/Q-modulatorn i figuren nedan har två insignaler $v_{in,I}$ och $v_{in,Q}$. Vilken modulationsmetod åstadkommer man om insignalerna är:

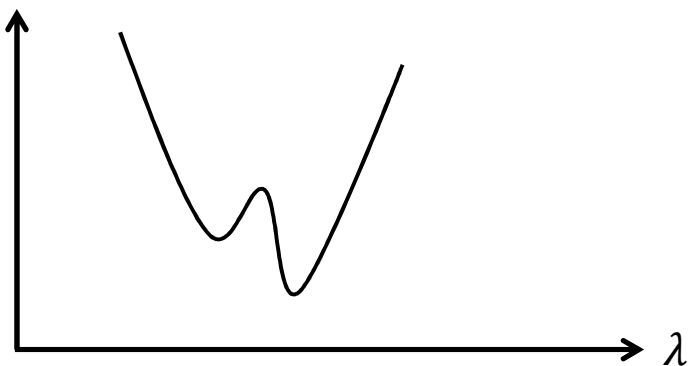
a) två cosinusformade tidssignaler med olika frekvens? (1p)

b) två pulståg med likspänningsnivåer som kan vara +1 V eller -1 V? (1p)



6. Grafen nedan visar hur en storhet som är mycket relevant för optiska fibrer (av SiO_2) varierar som funktion av våglängden.

- Vilka storheten anges på y- axeln? (1p)
- Grafen innehåller två prominenta minima; ange våglängderna för dessa. (1p)
- Ett av dessa minima (vilket?) är också ett minimum för ytterligare en för fiberkommunikation betydelsefull storhet, vilken? (1p)



7. Ett spänningssteg från en signalgenerator ($U_G=10\text{ V}$, $Z_G=50\ \Omega$) ansluts vid tiden noll till en förlustfri transmissionsledning ($Z_0=100\ \Omega$) som har en $300\ \Omega$ last i fjärrändan. Ledningen är 10 meter lång, och vågutbredningsfarten är $2 \cdot 10^8\text{ m/s}$.

Beräkna spänningen mitt på ledningen vid följande tre tider 20 ns, 140 ns, respektive 100 ms. (3p)

8. En signalgenerator (inre impedans $50\ \Omega$, frekvens 20 MHz) är ansluten, via en förlustfri plattledning med karakteristiska impedansen $50\ \Omega$, till en $80 - j150\ \Omega$ last. Den mot lasten infallande vågen har amplituden 2,0 volt och fashastigheten $2 \cdot 10^8\text{ m/s}$. Ledningslängden motsvarar $0,5\lambda$.

- a) Bestäm ståendevågförhållandet. (1p)
- b) Bestäm toppvärdet för spänningen över lasten. (3p)
- c) På vilket avstånd från lasten finner man det högsta toppvärdet för strömmen? (1p)

Nedan måste du göra ett val: Lös deluppgifterna d & e ELLER deluppgifterna f & g. Du får INTE lämna in lösningar på båda kombinationerna.

- d) Dimensionera en impedansanpassare i form av en parallellkopplad, kortsluten stubbe (med samma karakteristiska impedans som själva ledningen). Stubben skall placeras så nära lasten som möjligt. (4p)
- e) Antag nu att stubben istället tillverkas av en ledning med karakteristiska impedansen $100\ \Omega$. Kommer stubben i så fall att bli längre än, kortare än eller lika lång som stubben i deluppgift d? Motivera ordentligt! (2p)
- f) Dimensionera en impedansanpassare i form av en kvartsvågstransformator (som placeras så nära lasten som möjligt.) (4p)
- g) Transformatorn tillverkas av en ledning med samma plattavstånd och plattbredd som själva transmissionsledningen. Skall transformatorns relativa permittivitet vara högre än, lägre än eller lika hög som motsvarande storhet hos själva ledningen? Motivera ordentligt! (2p)

9. En transmissionsledning har följande primära parametrar: $R = 0,5\ \Omega/\text{m}$, $G = 0\text{ S/m}$, $L = 250 \cdot 10^{-9}\text{ H/m}$ och $C = 100 \cdot 10^{-12}\text{ F/m}$. Vågen som utbreder sig längs ledningen har frekvensen 10 MHz. Vid ledningsingången är amplituden 3,0 V.

- a) Beräkna vågens toppvärde efter 100 m utbredning. (2p)
- b) Bestäm vågens fashastighet. (2p)

TENTAMEN 12/1-2016

1.

a) Rita kretsschema för en *dioddemodulator* (=enveloppdetektor) och förklara hur den fungerar. Rita exempel på grafer (som funktion av tiden) av *signalen som matas in* i demodulatorn och *signalen som fås vid utgången*. (3p)

b) Betrakta två optiska fibrer: Fiber A är en *singelmod stegindexfiber* och fiber B är en *multimod stegindexfiber*. Fiber B har en väsentligt lägre dataöverföringshastighet över långa avstånd. Förklara dels vilket *fysikaliskt fenomen* som är orsaken till detta, dels vilken *skillnad i dessa fibrers inre struktur* leder till att fenomenet inte uppkommer i fiber A. (2p)

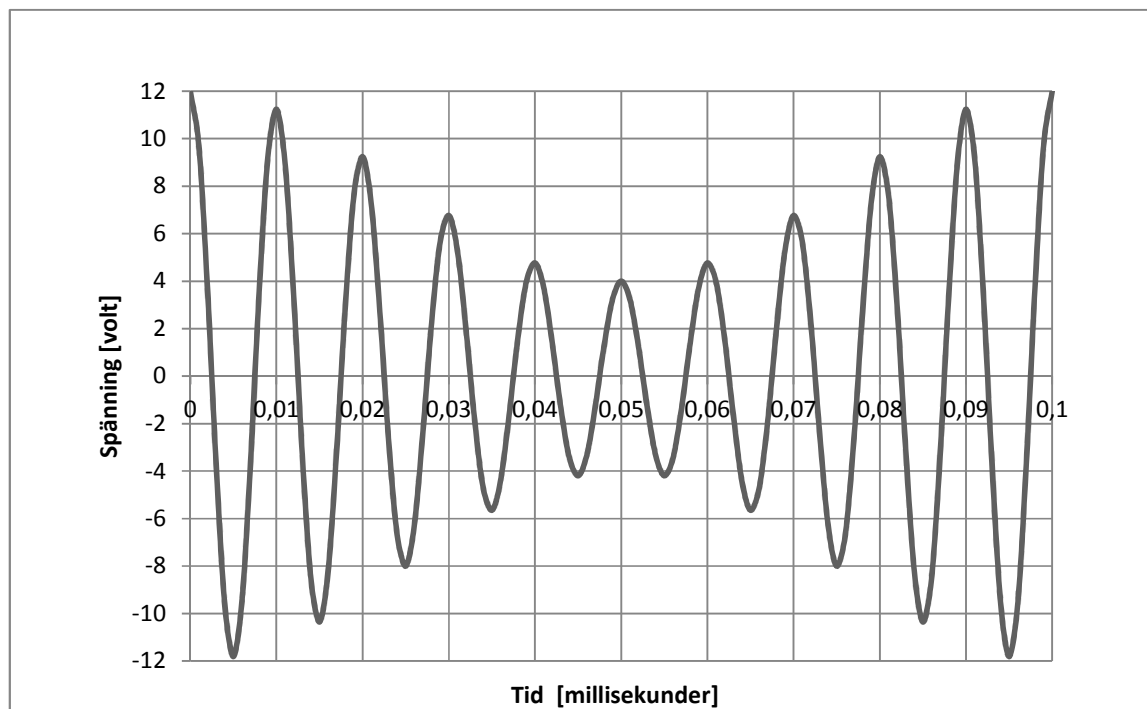
c) Redogör kortfattat för modulationsmetoden 8-QAM. Rita exempel på ett konstellationsdiagram som illustration. (2p)

2. En cosinusformad bärvåg med amplituden 10 volt och frekvensen 400 kHz

frekvensmoduleras med meddelandesignalen $v_m(t) = 2,5 \cos(\pi 10^4 t)$ volt.

Modulatorns känslighet är $k_f = 6$ kHz per volt. Rita FM-signalens amplitudspektrum (ta med samtliga spektralkomponenter inom signalens bandbredd). (4p)

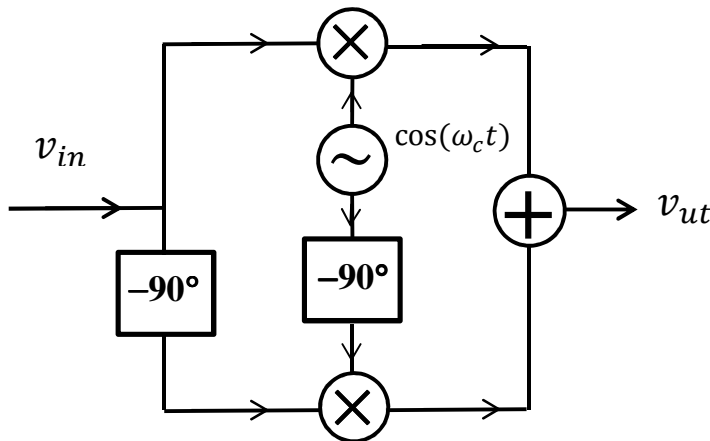
3. I grafen nedan visas en DSB-FC signal.



a) Skissera signalens amplitudspektrum. (3p)

b) Beräkna medeleffekten om signalen ansluts till en 100 Ω belastning. (2p)

4. Bestäm utsignalen och förklara vilken modulationsmetod realiseras med denna krets.
 $v_{in} = V \cos(\omega t)$. (3p)



5. En förlustfri ledning (längd 6,0 m, $Z_0 = 75 \Omega$) förbinder en likspänningskälla ($U_G = 15$ volt, $Z_G = 50 \Omega$) i serie med en strömbrytare med en last ($Z_L = 100 \Omega$). Strömbrytaren sluts vid tiden $t=0$. Spänningsvågen utbreder sig med 80% av ljusets fart i vakuum.

- a) Rita en graf som visar hur *spänningen mitt på ledningen (d.v.s. 3,0 meter från generatorn)* varierar med tiden under den första 100 nanosekunderna. (4p)
- b) Bestäm spänningen över *ledningsingången* när kretsen har varit sluten en lång tid. (1p)

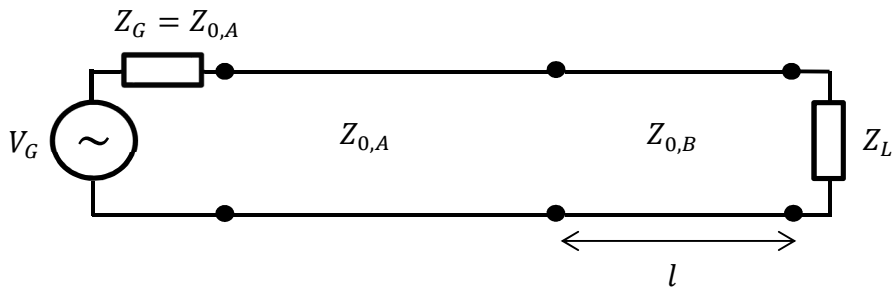
6. En last med impedansen $20 - j40 \Omega$ är ansluten till en förlustfri transmissionsledning med $Z_0 = 50 \Omega$. En växelspänningskälla med $Z_G = 50 \Omega$ matar ledningen med en signal med frekvensen 40 MHz och amplituden 5,0 volt.

- a) Bestäm ståendevågförhållandet och avståndet (uttryckt i våglängder) från last till första spänningsminimum. (2p)
- b) Dimensionera en impedansanpassare i form av en kortsluten parallellkopplad stubbe eller en kvartsvågstransformator. (4p)

7. Tänk dig ett mycket stort rumsområde. Mediet i området $x < 0$ är vakuum, medan området $x \geq 0$ utgörs av ett annat material. En plan TEM-våg genereras i vakuumdelen ($x < 0$). Vågen utbreder sig samriktat med x -axeln och infaller mot gränsen ($x = 0$) mellan de två olika media och reflekteras. När stationärtillstånd uppnåtts ges den sammanlagda vågens elektriska fältstyrka i $x < 0$ av $E_{tot}(x) = 2 \cdot e^{-j2\pi x} + (-1 + j0,5) \cdot e^{j2\pi x}$ volt/meter.

- Förklara kortfattat vad som karakteriserar en TEM-våg. Illustrera gärna ditt svar med en figur. (1p)
- Beräkna effekttätheten (uttryckt i W/m^2) i den reflekterade vågen. (2p)
- Utred om mediet som vågens reflekteras mot (vid $x = 0$) är förlustfritt. (2p)

8. En komplex last $Z_L = R_L + jX_L$ är ansluten till en växelspanningskälla via två ledningar, A respektive B, med karakteristiska impedanserna $Z_{0,A}$ och $Z_{0,B}$.



- Visa att ingen reflekterad våg fås i ledning A om $Z_{0,B}$ väljs till

$$Z_{0,B} = \sqrt{Z_{0,A} R_L + \frac{Z_{0,A} X_L^2}{R_L - Z_{0,A}}}. \quad (3p)$$

- Studera specifikt fallet $Z_L = 100 + j50 \, \Omega$, $Z_{0,A} = 50 \, \Omega$ och bestäm karakteristiska impedansen och längden (uttryckt i våglängder d.v.s. l/λ) för ledning B. (2p)