

# TENTAMEN

KURSNAMN	<b>Telekommunikation</b>
PROGRAM	<b>Elektroteknik, 180 hp, Årskurs 2 / Läsperiod 2</b>
KURSKOD	<b>RRY 011</b>
EXAMINATOR	<b>Arto Heikkilä</b>
TID FÖR TENTAMEN	<b>Tisdag 10 januari 2023, kl. 8.30-12.30</b>
HJÄLPMEDEL	<b>Chalmersgodkänd räknare, samt till tentamen bifogade formelblad och Smithdiagram</b>
ANSVARIG LÄRARE	<b>Arto Heikkilä (tel. 031-772 5723, 073-0284378) Besöker tentamen ca kl. 9.30 och 11.30</b>
BETYGSGRÄNSER	<b>Betygsgränser: betyg 3: 16 p, betyg 4: 24 p, betyg 5: 32 p. Maximalt kan 40 poäng uppnås på denna tentamen.</b>
DATUM FÖR ANSLAG AV RESULTAT	<b>Målet är att rättningen är klar senast 2023-01-31. Information om hur frågor angående rättning ställs meddelas via kurshemsidan för RRY011.</b>
ÖVRIG INFORMATION	<b>Kom ihåg: Fullständiga lösningar skall redovisas och använda formler skall motiveras (det räcker alltså <i>inte</i> med att <i>enbart</i> skriva ett svar, för full poäng krävs korrekt svar och korrekt motivering/lösninggång). Vid grafritning skall axlar graderas och enheter sättas ut. Var vänlig och skriv tydligt och rita tydliga figurer! Lösningarna ska vara tydliga och lätta att följa. Skriv din tentamenskod högst upp på varje sida.</b>

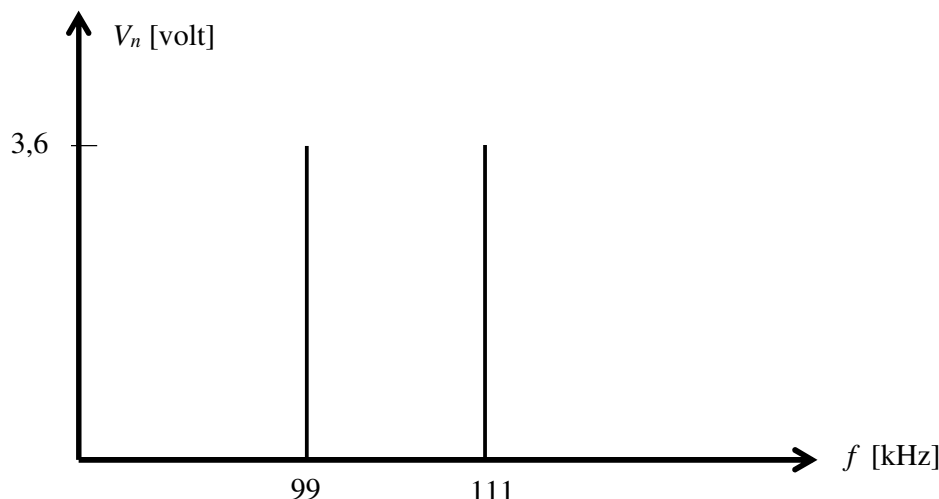
# TÄNK PÅ ATT VISA HELA LÖSNINGSGÅNGEN OCH MOTIVERA DINA LÖSNINGAR/SVAR NOGGRANT!

## 1. Denna uppgift innehåller av varandra oberoende deluppgifter.

- En entonig meddelandesignal frekvensmodulerar en cosinusformad bärvåg ( $f_c = 100$  kHz). Resultande FM-signal har bandbredden 40 kHz, medeleffekten 1 W (ansluten till  $50 \Omega$  last), och frekvensdeviationen 15 kHz. Bestäm FM-signalens tidsfunktion. (2p)
- Om meddelandet och bärvågen är de samma som i deluppgift a, men DSB-FC väljs som modulationsteknik, kommer bandbredden respektive medeleffekten att öka, minska eller vara oförändrade? (2p)
- Förklara kortfattat orsaken till moddispersion i en optisk fiber. (1p)
- Vågutbredning i optiska fibrer uppvisar dämpningsminima vid några olika våglängder;  $1,3 \mu\text{m}$  är en av dessa. Vilken annan, ur informationsöverföringsaspekt, gynnsam egenskap har denna våglängd? (1p)
- Förklara kortfattat i ord principen bakom bredbandstekniken ”direkt sekvens”. Rita också ett blockschema för en modulator som kan realisera denna metod. (3p)
- Beskriv kortfattat vad som karakteriserar modulationsmetoden QAM respektive multiplexeringstekniken TDMA. (2p)
- Antag att en viss bandbredd  $B$  är tillgänglig för informationsöverföring. Då BPSK används så är maximala bithastigheten  $f_{bit}$ . Hur hög bithastighet kan användas vid 8-PSK? (1p)

## 2. En cosinusformad bärvåg har amplitudmodulerats med ett entonigt meddelande. Amplitudspektrumet visas i Figur 1.

- Bestäm meddelandesignalens amplitud och frekvens. (2p)
- Rita ett blockschema för en demodulator som kan utvinna meddelandesignalen ur AM-signalen. Visa genom beräkning att ”din” demodulator fungerar för AM-signalen i denna uppgift. (4p)



Figur 1: Amplitudspektrum.

3. En likspänningskälla ( $U_G = 12$  volt,  $Z_G = 50 \Omega$ ) i serie med en strömbrytare är ansluten till en resistiv last ( $Z_L = 330 \Omega$ ) via en förlustfri ledning (längd 12 m,  $Z_0 = 100 \Omega$ ). Strömbrytaren sluts vid tiden  $t=0$ . Spänningsvågen utbreder sig med ljusets fart i vakuum.
- Rita en graf som visar hur *spänningen över lasten* varierar med tiden under de första 170 nanosekunderna. (4p)
  - Spänningsvågen som utbreder sig längs ledningen hör samman med en strömvåg. Bestäm toppvärdet för strömvågen som sändes ut vid tiden noll och utbreder sig mot lasten. (1p)
  - Bestäm effektutvecklingen i lasten när kretsen har varit sluten en lång tid. (2p)
  - Om lasten istället hade varit en 1 nF kondensator, hur hade spänningen över lasten varierat som funktion av tiden i tidsintervallet 0 till 100 ns? Skissera en graf. (2p)
4. En signalgenerator (inre impedans  $50 \Omega$ , frekvens 20 MHz) är ansluten, via en förlustfri transmissionsledning med karakteristiska impedansen  $50 \Omega$ , till en  $30 + j60 \Omega$  last. Den mot lasten infallande vågen har amplituden 2,0 volt och fashastigheten  $2 \cdot 10^8$  m/s. Ledningslängden motsvarar  $0,8\lambda$ .

**Om du använder Smithdiagram som hjälpmedel i beräkningarna ska det bifogas till inlämnad lösning.**

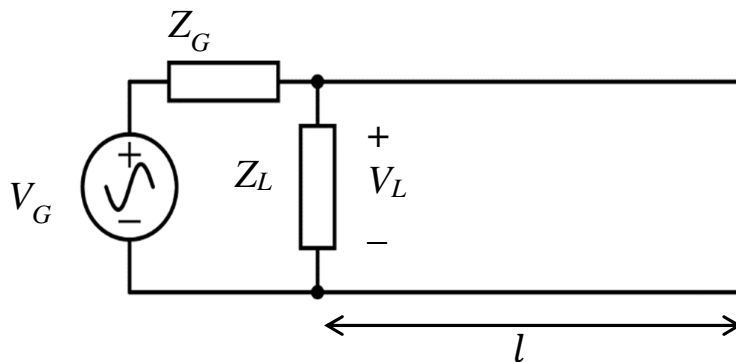
- Bestäm ståendevågförhållandet. (1p)
- Var längs ledningen inträffar spänningsminima (ange avstånd från lasten)? Hur stort är spänningens toppvärde i ett sådant minimum? (3p)
- Dimensionera en impedansanpassare av valfri typ. (4p)

5. Transmissionsledningar kan användas som filter. Ett exempel visas i kretsen i Figur 2:  
 En växelspänningskälla ( $V_G = 1$  volt,  $Z_G = 100 \Omega$ ) är direktansluten till lasten  $Z_L = 300 \Omega$ .  
 En kortsluten stubbe ( $Z_0 = 30 \Omega$ ) kopplas parallellt med lasten.

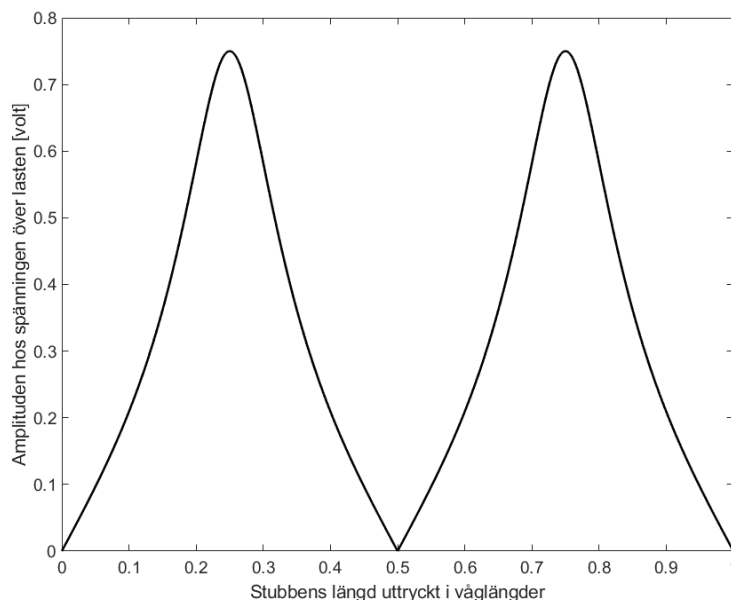
Stubben har en fix längd ( $l$ ), men genom att variera källans frekvens så kan antalet våglängder som  $l$  motsvarar varieras (eftersom  $\lambda = \frac{v_{fas}}{f}$ ).

Figur 3 visar en graf av amplituden hos  $V_L$  som funktion av  $\frac{l}{\lambda}$  i intervallet  $0 \leq \frac{l}{\lambda} \leq 1$ .

- a) Stubben är en mikrostrip. Dimensionera stripens bredd i enheten mm. Substratet har tjockleken 3,0 mm och relativa permittiviteten  $\epsilon_r = 6$ . Stripens tjocklek kan sättas till noll. (2p)
- b) Förklara formen, särskilt förekomsten av och spänningsnivån för maxima och minima, hos grafen i Figur 3. (3p)



Figur 2: Kortsluten stubbe som filter.



Figur 3:  $|V_L|$  som funktion av  $\frac{l}{\lambda}$  i intervallet  $0 \leq \frac{l}{\lambda} \leq 1$ .