

Telekommunikation (RRY 010)

Kurs-PM

Examinator och kursansvarig: Arto Heikkilä, Institutionen för rymd- och geovetenskap
Kontor: J455 (vån. 4, hus Jupiter på Lindholmen) och rum 4320 på vån. 4 i EDIT huset på Johanneberg.

Telefon: 772 5723 (Lindholmen), 772 8587 (Johanneberg)

E-post: arto.heikkila@chalmers.se

Kurshemsida: pingpong.chalmers.se

Assistent: Emma Andersson (emma.andersson@chalmers.se), och Erik Blomberg (blombere@chalmers.se). Båda har sina arbetsrum på vån. 4 i EDIT huset, Johanneberg.

Kursrepresentanter:

Meddelas så snart de har utsetts.

Schemalagda aktiviteter och tentamen

Det lärarledda stödet för ditt lärande är i form av *lektioner* där genomgångar av de viktigaste teoriavsnitten varvas med demonstrationsräkning av övningsexempel (totalt 42 timmar), *räknestugor* (totalt 14 timmar) där du huvudsakligen arbetar självständigt med problemlösning, samt tre obligatoriska *laborationer* (veckorna 47, 48, 50 totalt 13,5 timmar, notera att lab.3 är 5,5 timmar lång) där du genomför experiment som anknyter till kursens teoriavsnitt.

För en normalstudent tar tillägnandet av kunskaperna i en 7,5 högskolepoängs kurs normalt sett en tidsperiod motsvarande 5 veckors heltidsarbete, d.v.s. 200 timmar, vilket för telekommunikationskursens del innebär att man under en läsperiod (inklusive tentamensveckan) utöver de schemalagda aktiviteterna bör bedriva studier utanför schemalagd tid i genomsnitt knappt 3 timmar per arbetsdag. Ta vara på denna tid! *Studera aktivt från första kursdagen!*

Kunskapskontrollen sker genom redovisning (skriftliga rapporter) av laborationer och en skriftlig tentamen (2017-01-10 f.m., 2017-04-12 f.m., 2017-08-23 f.m.). Tillåtna hjälpmedel vid tentamen är typgodkänd räknedosa samt till tentamenstesens bifogade formelblad och Smithdiagram. I samband med laborationerna finns möjlighet att kvalificera sig till bonuspoäng motsvarande 10% av maximala poängsumman på tentamen. Dessa bonuspoäng adderas till tentamensresultatet under läsåret 2016/2017. Förutom godkänd tentamen, så krävs godkända laborationer innan slutbetyg utfärdas. Ytterligare examinationsinformation finns i ett separat dokument.

Kursutvärdering

Efter att kursen har avslutats skickas en kortfattad webbaserad kursutvärderingsenkät som samtliga studenter på kursen bör besvara. Det är av största vikt att svarsfrekvensen är hög så att studenternas samlade erfarenheter kan belysas och ligga till grund för vidare utveckling av kursen. Enkäten är öppen två veckor efter tentamen. Mer info finns på <https://student.portal.chalmers.se/sv/chalmersstudier/minkursinformation/kursvardering/Sidor/default.aspx>

Förändringar i kursen sedan föregående läsår

Rapportskrivningen i lab.1 och 2 dras ihop till en rapport och ett peer-reviewförfarande införs innan första inlämning. Mer inslag av datorhjälpmedel.

Kurslitteratur

- Nathan Ida: *Engineering Electromagnetics* (2015, Springer), urval ur kapitel 12-16
- Fedor Mitschke: *Fiber Optics* (2016, Springer), urval ur kap.1, 2, 4, 5, 8
- Robert Sobot: *Wireless communication techniques* (2012, Springer), urval ur kapitel 1, 9-13
- Per Wallander: *17 lektioner i telekommunikation* (2001, Perant)
- Bengt Molin: *Analog elektronik* (2:a uppl., 2009, Studentlitteratur)
- under kursens gång utdelat kompletterande material

- Christopher Coleman: *An Introduction to Radio Frequency Engineering* (2004, Cambridge University Press)
- Louis E. Frenzel: *Principles of Electronic Communication Systems* (McGraw Hill, 2016)
- Jon B. Hagen: *Radio-Frequency Electronics* (2009, Cambridge University Press)
- Anil K. Maini, Varsha Agrawal: *Satellite Technology: Principles and Applications* (2nd Edition, Wiley 2010) kap.5 & 6
- Donald O. Pederson, Kartikeya Mayaram: *Analog Integrated Circuits for Communication* (2008, Springer)
- David M. Pozar: *Microwave and RF Wireless Systems* (2001, Wiley)
- Héctor J. De Los Santes, Christian Sturm, Juan Pontes: *Radio Systems Engineering* (2015, Springer)

Läsanvisningar kommer att ges till följande verk ur listan ovan: *Ida "Engineering Electromagnetics"*, *Mitschke "Fiber Optics"*, *Sobot "Wireless communication techniques"* samt *Wallander "17 lektioner om telekommunikation"*. **Böckerna av Ida, Mitschke och Sobot finns tillgängliga e-böcker via Chalmers bibliotek.** Beroende på studieambition, så väljer man vilka texter man vill koncentrera sig på. Wallander fungerar bra för betyg 3 (kanske 4), vill man lära sig mer så bör man definitivt ta sig an Idas och Sobots böcker.

Wallanders bok finns tillgänglig via websidan <http://perant.se/17bok.html> (du uppmanas respektera författarens önskemål om inbetalning av en liten summa pengar som ersättning). Dessutom tillkommer kompletterande material i utdrag på ett fåtal sidor ur *Gonzalez: Microwave transistor amplifiers* och ett avsnitt *Molin: analog elektronik*, som användes redan i elteknikkursen, handlar om reflexioner och är av intresse i telekommunikationskursen. Exempelsamlingen (övningsuppgifter) och laborations-PM finns på kurshemsidan. Colemans, Hagens och Pozars verk kommer främst att användas som extra läsning för studenter som önskar ytterligare fördjupningar. De fyra förstnämnda böckerna finns tillgängliga som e-bok via Chalmersbiblioteket. **Pozars bok används även i kursen Analog konstruktion (LET564) i årskurs 3.** I listan nedan finns även Ulaby: *Fundamentals of Applied Electromagnetics* som har ett utmärkt kapitel om transmissionsledning.

Förslag till bredvid- och vidareläsning

- Ahlin m.fl.: *Principles of Wireless Communications* (2006, Studentlitteratur)
- Beasley & Miller: *Modern Electronic Communication* (2008, Prentice Hall)
- Blomqvist m.fl.: *Nya Telekommunikation del 1, Signaler och kretsar* (1983, Liber)
- Blomqvist m.fl.: *Nya Telekommunikation del 2, Informationsöverföring* (1989, Liber)
- Blomqvist m.fl.: *Nya Telekommunikation del 3, Ledningar och vågor* (1988, Liber)
- Coleman: *An introduction to radio frequency engineering* (2004, Cambridge university press)
- Collier: *Transmission lines* (2013, Cambridge university press)
- Frank: *Telekommunikation* (2004, Studentlitteratur)
- Hagen: *Radio-Frequency Electronics* (2009, Cambridge university press)
- Howatson: *Electrical circuits and systems* (1996, Oxford university press)
- Lathi: *Modern Digital and Analog Communication Systems* (1998, Oxford university press)
- Mahon: *Oliver Heaviside – The Maverick Mastermind of Electricity* (2009, Institute of Engineering and Technology)
- Nahin: *The Science of Radio* (2001, Springer)

Nahin: *Oliver Heaviside: The Life, Work, and Times of an Electrical Genius* (2001, Johns Hopkins University Press)
 Nahin: *Dr. Euler's fabulous formula* (2006, Princeton University Press)
 Paul: *Electromagnetics for Engineers* (2003, Wiley)
 Paul: *Transmission lines in digital and analog electronic systems* (2010, Wiley)
 Pierce: *Almost All About Waves* (1974, The MIT Press)
 Pozar: *Microwave and RF Wireless Systems* (2001, Wiley)
 Rao: *Elements of Engineering Electromagnetics* (2004, Prentice Hall)
 Razavi: *RF microelectronics* (2009, Prentice Hall)
 Rutledge: *The Electronics of Radio* (1999, Cambridge university press)
 Stern & Mahmoud: *Communication Systems: Analysis and Design* (2004, Prentice Hall)
 Svärdröm: *Modulation och teleteknik* (1996, Studentlitteratur)
 Tomasi: *Electronic Communication Systems* (2004, Prentice Hall)
 Ulaby: *Fundamentals of Applied Electromagnetics* (2010, Pearson Education)
 Wheeler: *Electronic Communication for Technicians* (2006, Prentice Hall)
 Young: *Electronic Communication Techniques* (2004, Prentice Hall)

De som är bemästrat det finska eller det tyska språket kan med fördel studera valda delar av:

A. Räisänen & A. Lehto: *Radiotekniikan perusteet* (2011, Otatieto)
 K. Silvonen: *Elektroniikka ja puolijohdekomponentit* (2009, Otatieto)
 K. Silvonen: *Sähkötekniikka ja piiriteoria* (2009, Otatieto)
 F. Strauss: *Grundkurs Hochfrequenztechnik* (2012, Vieweg+Teubner)
 M. Werner: *Nachrichtentechnik* (2010, Vieweg+Teubner)

Utdrag ur kursplanen

Syfte

Signaler med allt högre frekvenser används i dagens elektronikkretsar för att ge en så hög informationsöverföringskapacitet och hastighet som möjlig. De höga frekvenserna leder till att den vanliga växelströmsteorin för elektriska kretsar inte räcker till: Man måste beakta att spänningar och strömmar uppför sig som vågor, vilket ställer krav på förtrogenhet med vågrörelselära, särskilt utbredning av spännings- och strömvågor i transmissionsledningar. Vid användning av trådlös teknik behövs kunskaper i frirymdsutbredning. Vidare skall signalen som transmittteras från sändare till mottagare formas med hänsyn till teknik och överföringsmedium. Detta behandlas i modulationsteori.

Kursen syftar till att kursdeltagarna tillägnar sig goda kunskaper om grundläggande begrepp, principer och metoder som används inom teknikområdet telekommunikation så att de har en bra grund för vidare studier inom tele- och datakommunikation samt elektronikkonstruktion (särskilt vid höga frekvenser).

Lärandemål (efter fullgjord kurs ska studenten kunna)

- De viktigaste begreppen och terminologin inom ämnet så att han/hon kan på egen hand läsa och förstå litteratur inom området, samt diskutera ämnesrelaterade problem med inom området aktiva ingenjörer.

- Beskriva utbredningsmekanismen, samt ställa upp, analysera och tillämpa enkla matematiska modeller som beskriver utbredning av spännings- och strömvågor längs transmissionsledningar, samt TEM-vågor i homogena media.
- Laborativt bestämma ledningsparametrar.
- Beskriva hur vågor reflekteras och hur reflexioner kan elimineras, samt utföra impedans- och reflexionsberäkningar (särskilt m.h.a. Smithdiagrammet och reflexionsdiagrammet).
- Beskriva några olika typer av optiska fibrer, hur vågor utbreder sig i optisk fiber, hur dispersion och dämpning uppkommer och förklara hur dessa storheter inverkar på informationsöverföring, samt förklara funktionsprincipen för en Erbiumdopad fiberförstärkare. Utföra beräkningar på storheter som rör utbredningsmekanism och informationsöverföringskapacitet, speciellt för stegindexfibern.
- Beskriva principer för analoga och digitala modulationsmetoder, samt deras för- och nackdelar.
- Beskriva funktionsprincipen för och uppbyggnaden av komponenter och kretsar som används för modulation och demodulation.
- Ha kännedom om olika multiplexeringsmetoder.
- Analysera (teoretiskt och laborativt) och bestämma tidsfunktioner och amplitudspektra som beskriver modulerade signaler, samt kunna göra beräkningar av signalflöden i blockscheman för komponenter och kretsar som används för modulation och demodulation.

Preliminär veckoplanering

Vecka 44: Kursintroduktion. Vågbegreppet och vågfenomen.

Texter:

Ida: avs. 12.1-12.4

Sobot: kap. 1

Vecka 45: TEM-vågor. Transmissionsledningar: parametrar, vågutbredningsmekanismen, telegrafekvationerna, reflexioner.

Texter:

Wallander: avs. 12.1, 14.1, 14.2, 15.1-15.3, 12.2, 12.3, 13.1, 12.4-12.9

Ida: avs. 12.3, 12.7, 12.9, 12.11, 13.2, 14.1-14.6, 14.7.2

Utdelat material: Gonzalez

Molin; avs. 17.2

Coleman: avs. 1.1, 6.1-6.3, 6.5

Hagen: kap. 10

Pozar: kap. 2.1

Ulaby: kap. 2

Vecka 46: Transmissionsledningar: stående vågor, ståendevågförhållandet, impedansbegreppet, ledningar som kretselement, Smithdiagrammet.

Texter:

Wallander: avs. 13.2-13.6

Ida: avs. 14.7.2-14.10, 14.12, 15.1-15.3

Molin: avs. 17.2

Coleman: avs. 6.4

Hagen: kap. 10

Pozar: kap.2.1, 2.2

Ulaby: kap. 2

Vecka 47: Transmissionsledningar: impedansanpassning, multipelreflexioner.

Vågutbredning i optisk fiber. LABORATION 1.

Texter:

Wallander: avs. 13.7-13.11, kap.16

Ida: avs. 15.4.1- 15.4.2.1, 15.5, 15.7, 16.1, 16.4, 16.6, 16.7 & sid. 670, 704, 870, 924

Mitschke: kap.1, 2, 4, 5, 8.1, 8.8.1 (se pingpongsidan om mer detaljer)

Pozar: kap. 2.1

Ulaby: kap. 2

Vecka 48: Optisk fiber (forts.), Signaltyper (analog, digitala). Amplitudspektra. Analog bär vågsmodulation: amplitudmodulation (AM). Blandare. LABORATION 2.

Texter:

Wallander: kap. 16, 4, avs. 5.2-5.4, 5.7

Sobot: kap. 9, 11.1, 11.2, 12.1, 12.2, 13.1, 13.2.4

Coleman: avs. 4.1-4.5, 4.7

Hagen: kap. 6, 7, 8, 18

Pozar: kap.7.1, 7.2, 7.4, 9.1

Vecka 49: Analog bär vågsmodulation: vinkelmodulation (FM, PM).

Texter:

Wallander: kap. 7, avs. 8.1, 8.5-8.7

Sobot: kap. 10, 11.3, 11.4, 8.7

Coleman: avs. 5.4

Hagen: kap. 6, 12, 18

Pozar: kap. 9.1

Vecka 50: Frekvensmultiplikator. Faslåst slinga. Heterodynprincipen för mottagare. Digitalisering. Digital modulation (PCM, ASK, FSK, PSK, QAM). Multiplexering. LABORATION 3.

Texter:

Wallander: avs.8.5-8.7, 6.1, 9.2-9.4, 10.3-10.10

Sobot: kap. 10, 11.3, 13.1, 13.2.4

Coleman: 5.6-5.9

Hagen: kap. 22

Pozar: 8.4, 9.2, 9.5

Vecka 02: Tentamen.

Övningar

Två timmar av lektionstiden per vecka kommer att ägnas åt övningarna i räknestugeform. Övrig schemalagd lektionstid ägnas åt föreläsningar med insprängd demonstrationsräkningsverksamhet.

Det är viktigt att du på egen hand eller gärna i liten grupp går igenom kursmaterialet och reflekterar över teorin och exempel som diskuteras under lektionerna, samt tränar upp problemlösningssförmågan genom att lösa övningsuppgifter. *Sträva efter förståelse, inte utantillinläring och mekaniskt räknande!* Antalet uppgifter i listan nedan är stort och det gör ingenting om du inte hinner arbeta med samtliga. Det är bättre att lösa ett mindre antal uppgifter ordentligt än att hastiga igenom hela listan. *Arbeta aktivt, fundera, reflektera, diskutera och fråga!*

Rekommenderade övningsuppgifter ur övningshäftet

Vågrörelselära

Allmänt om vågrörelse: V1, V2d, V3, V4ad, V5abf, V6ag, V8

Repetition elektromagnetiska fält: F2, F3abcde, F16

TEM-vågor: F6, F8, F9, F11, F12

Transmissionsledningsteori

Repetition om komplexa tal: S1

Ledningsparametrar: L2cdefg, L4, L6, L8, L11, L10, L50ab, L51ab

Reflexions- och impedansberäkningar (analytiskt): L28, L18, L19, L20

Reflexions- och impedansberäkningar (Smithdiagram): L12, L13, L30a-l,o, L15acfi, L16, L23, L25, L26abc

Impedansanpassning: L31, L47, L48, L32, L33, L35, L36abc, L45, L43

Multipelreflexioner: L38, L39, L40

Optisk fiber: O1-O10

Modulationsteori

Repetition om amplitudspektrum: S2bcfhklm

Amplitudmodulation (AM): M1, M2, M3, M5, M6, M7, M13, M17, M18, M12, M33

Frekvensmodulation (FM): M19, M20, M22, M24, M26, M27, M28, M29, M30, M36

Kretsar för AM och FM: K1, K2, K3a, K5, K6, K7, K9, K21, K10, K12, K15, K20, K18

Digitala modulationsmetoder: D1, D2, D3, D4, D5, D6, D8

Laborationer

Instruktioner och uppgifter för kursens laborationsdel ges i ett separat dokument.