

Telekommunikation (RRY 010)

Kurs-PM

Examinator och kursansvarig: Arto Heikkilä, Inst. för rymd-, geo- och miljövetenskap
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

Assistent: Wiebke Aldenhoff (wiebke.aldenhoff@chalmers.se) och Erik Blomberg (blombere@chalmers.se). Båda har sina arbetsrum på vån. 4 i EDIT huset, Johanneberg.

Lärlarlagets arbetsfördelning

Arto Heikkilä (föreläsningar), Wiebke Aldenhoff (laborationer, övningar), Erik Blomberg (laborationer, övningar).

Studentrepresentanter:

Aladin Becovic, Alan Cordic, Samuel Ferreras, Amer Mesic

Kurshemsida: <https://pingpong.chalmers.se/launchCourse.do?id=8856>

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* (under veckorna 47, 48 och 50; totalt 13,5 timmar, notera att lab.3 är 5,5 timmar lång) där du genomför experiment som anknyter till kursens teoriavsnitt. I laborationsdelen ingår också aktivt deltagande vid ett obligatoriskt diskussionstillfälle om samhälleliga konsekvenser av telekommunikation och elektroteknik. 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 (2018-01-09 f.m., 2018-04-06 f.m., 2018-08-29 f.m.) Kontrollera dock alltid aktuell information i Studentportalen). Tillåtna hjälpmedel vid tentamen är typgodkänd räknedosa samt till tentamensten bifogade formelblad och Smithdiagram. Förutom godkänd tentamen, så krävs godkända laborationer innan slutbetyg utfärdas. Ytterligare examinationsinformation finns i ett separat dokument.

Kursvärdering

Efter att kursen har avslutats skickas en kortfattad webbaserad kursenkät 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

- Delvis ny kurslitteratur (boken av Frenzel).
- Diskussion av samhällseliga konsekvenser av telekommunikation.
- Bonuspoängsuppgifterna har tagits bort (då de inte har lett till eftersträvad förbättring av laborationsförberedelserna och i slutändan lärandet).
- Antalet uppgifter i övningshäftet har utökats.

Kurslitteratur

- Louis E. Frenzel: *Principles of Electronic Communication Systems* (4th Edition, 2016, McGraw Hill)
- Nathan Ida: *Engineering Electromagnetics* (2015, Springer), urval ur kapitel 12-16
- Under kursens gång tillhandahållt kompletterande material
- Övningsuppgifter och laborations-PM finns på kurshemsidan.

Andra läsvärda verk

- 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)
- Christopher Coleman: *An Introduction to Radio Frequency Engineering* (2004, Cambridge University Press)
- Jon B. Hagen: *Radio-Frequency Electronics* (2009, Cambridge University Press)
- Anil K. Maini, Varsha Agrawal: *Satellite Technology: Principles and Applications* (2nd Edition, 2010, Wiley) 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 Santos, Christian Sturm, Juan Pontes: *Radio Systems Engineering* (2015, Springer)
- Ulaby: *Fundamentals of Applied Electromagnetics* (2010, Pearson Education)

Böckerna publicerade av förlagen "Springer" respektive "Cambridge University Press" finns tillgängliga e-böcker via Chalmers bibliotek. Wallanders bok finns tillgänglig via websidan <http://perant.se/17bok.html>. Pozars bok används i kursen Analog konstruktion (LET564) i årskurs 3. Ulabys bok har ett utmärkt kapitel om transmissionsledning.

Ytterligare 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)
- Collier: *Transmission lines* (2013, Cambridge university press)
- Frank: *Telekommunikation* (2004, Studentlitteratur)
- 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)
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)
Svårdström: *Modulation och teleteknik* (1996, Studentlitteratur)
Tomas: *Electronic Communication Systems* (2004, Prentice Hall)
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: *Elektronikka ja puolijohdekomponentit* (2009, Otatieto)
K. Silvonen: *Sähkötekniikka ja piiriteoria* (2009, Otatieto)
F. Strauss: *Grundkurs Hochfrequenztechnik* (2012, Vieweg+Teubner)
M. Werner: *Nachrichtentechnik* (2010, Vieweg+Teubner)

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 problemlösningsskillnaden 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 hasta 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 (Grönt: nya uppgifter, gult: omnumrerad)

Repetition om komplexa tal: S1

Ledningsparametrar: L2cdefg, L4, L6, L8, L11, L10, L55, L56, L59acde, L60ac, L61, L52ab, L53ab, L63

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, L64

Multipelreflexioner: L38, L39, L40

Optisk fiber: O1-O10

Modulationsteori (Grönt: nya uppgifter)

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, K22, K23, K25, K10, K12, K15, K20, K18, K27, K28

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

Laborationer

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

Utdrag ur kursplanen (fullständig kursplan finns i studentportalen)

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 på egen hand kan läsa och förstå litteratur inom området, samt diskutera ämnesrelaterade problem med inom området aktiva ingenjörer.
- Diskutera samhällseliga konsekvenser av telekommunikation.
- Redovisa experimentella studier i en skriftlig rapport.
- 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 (teoretiskt och med kretssimulering) av signalflöden i blockscheman för komponenter och kretsar som används för modulation och demodulation.

Veckoplanering (tema för respektive lektion finns i annat dokument i pingpong)

Vecka 44: Kursintroduktion. Vågbegreppet och vågfenomen. TEM-vågor.

Texter:

Ida: avs. 12.1-12.4, 12.7, 12.9, 12.11

Frenzel: kap. 1, avs. 14-1, (Bra ordlista med terminologi finns på sid.898-917)

Vecka 45: Transmissionsledningar: parametrar, vågutbredningsmekanismen, telegrafekvationerna, reflexioner.

Texter:

Ida: , 13.2, 14.1-14.6, 14.7.2

Frenzel: avs. 13-1, 13-2, 12-2 (sid.441-444), 12-3 (sid.451-456)

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

Texter:

Ida: 14.7.2 - 14.10, 14.12, 15.1-15.3

Frenzel: 13-2, 13-3, 13-4, 16-2 (sid.596-601), 22-1 (sid. 854-855 om SWR-meter), 22-2 (sid. 881 om TDR)

Vecka 47: Transmissionsledningar: impedansanpassning, multipelreflexioner.

Vågutbredning i optisk fiber. LABORATION 1.

Texter:

Ida: avs. 15.4.1- 15.4.2.1, 15.5, 15.7, 16.1, 16.4, 16.6, 16.7 & sid. 670-672, 703-705, 870, 924

Frenzel: kap. 16-2 (sid.596-601), 14-2 (sid.534-535), 19-1, 19-2, 19-3, 19-4, 19-5

Vecka 48: Optisk fiber (forts.), Signaltyper (analog, digital). Amplitudspektra. Analog bärvågsmodulation: amplitudmodulation (AM). Blandare. LABORATION 2.

Texter:

Frenzel: kap.1, 3, 4, 8, 9

Vecka 49: Analog bärvågsmodulation: vinkelmodulation (FM, PM).

Texter:

Frenzel: kap. 5, 6, avs. 8-2 (sid.248 om fasdetektor)

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

Texter:

Frenzel: kap.7-1, 7-3 (sid.197-201), 7-4 (sid.223-224 om PCM), 8-1 (sid.240-241 om IQ-modulator), 9-1, 9-2, 9-3, 9-4, 9-16 (sid.333-334 om SSB), kap.10, avs.11-4, 11-5, 20-1 (sid.778-782 om multiplexering)

Vecka 02: Tentamen.