

Analog konstruktion (LET564)

Läsperiod 2, 2017-2018

Mattias Thorsell

Mattias Thorsell

- 2007 Civilingenjörsexamen inom elektroteknik Chalmers
- 2011 Doktorsexamen vid avd. Mikrovågselektronik
- Forskarassistent vid avd. Mikrovågselektronik
 - Jobbar 50% på Saab AB
 - Bedriver forskning och undervisning
 - Projektledare för industrinära forskning
 - Handler doktorander
 - Karakterisering och modellering av III-N komponenter

Mattias Thorsell

1



Mattias Thorsell

2



Kontaktinformation

- Institutionen för Mikroteknologi och Nanovetenskap (MC2)
 - Avdelningen för Mikrovågselektronik
- Examinator: Mattias Thorsell
 - Rum: C611, våning 6
 - E-post: mattias.thorsell@chalmers.se
 - Tel: 772 18 96
- Kursassistenter:
 - Johan Bremer
bremerj@chalmers.se
 - Ibrahim Can Sezgin
cani@chalmers.se

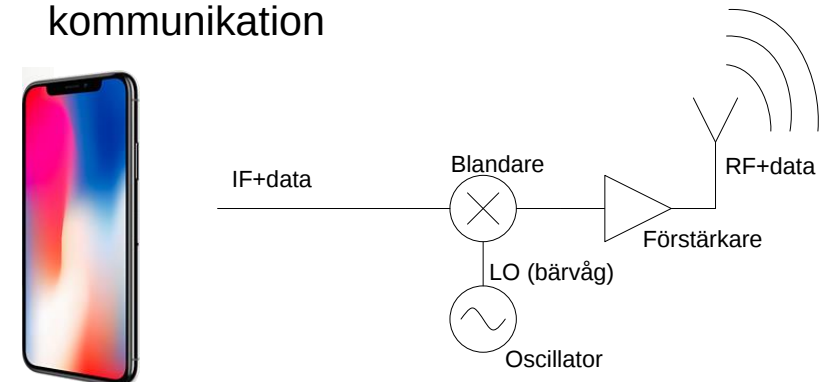
Mattias Thorsell

3



Kursens syfte

- Kursen avser att ge kunskaper rörande analys och konstruktion av högfrekventa elektriska kretsar av väsentlig betydelse för trådlös kommunikation



Mattias Thorsell

4



Mål

- Analysera elektriska tvåportar
- Designa och analysera högfrekventa kretsar, t.ex förstärkare och oscillatorer
- Konstruera högfrekventa kretsar med hjälp av CAD mjukvara
- Förklara ickelinjäriteter i högfrekventa kretsar
- Förklara brus i elektriska kretsar

Kursinnehåll

- Passiva kretsar
 - Transmissionsledningar
 - Filter och matchningsnät
 - Tvåports matrisrepresentation
- Förstärkar design
 - Förstärkningsberäkningar
 - Stabilitetskriterier
 - Biaseringsnät
 - Brus
 - Ickelinjäriteter
 - Kaskadkopplade förstärkare
 - Småsignalförstärkare
 - Lågbrusförstärkare
 - Effektförstärkare
- Oscillatorer
 - Oscillationskriterie
 - Design av enkel oscillator
- Blandare
 - Ickelinjäriteter
 - Spegelfrekvens
- CAD mjukvara
 - Design
 - Simulering
 - Layout

Kursupplägg

- Föreläsningar och övningar
- Projekt
 - Design och tillverkning av en mikrovågsförstärkare
 - CAD design i Keysight ADS
 - Rapportdeadline: Fredag 5:e januari
- Tentamen: Onsdag 10:e januari (em)
- Kursbok: *D. M. Pozar, Microwave and RF Design of Wireless systems*
Finns att köpa på Cremona
Hjälpmedel vid tentamen!

Examination

- Skriftlig tentamen
 - 5 problem graderade med 0-4 poäng (max 20)
 - Betygsgränser:
 - 3a: 8p
 - 4a: 12p
 - 5a: 16p
 - Hjälpmedel är godkänd miniräknare samt kursbok
- Projektrapport
 - Godkänd / underkänd
- För slutbetyg krävs godkänd tentamen samt godkänd rapport

Schema

- Föreläsningar
 - Tisdagar 8.00-9.45, Fasrummet (A820, MC2)
 - Onsdagar 8.00-9.45, Fasrummet (A820, MC2)
 - 15/11 Luftbryggan A810 MC2
- Övningar
 - Tisdagar 10.00 – 11.45, Fasrummet (A820, MC2)
- Projektet
 - Fredagar 8.00-9.45, ED3582 (EDIT-huset)
 - V44, Torsdag 8.00-9.45, ED3582 (EDIT-huset)
 - V50, Montering och mätning av förstärkare, MC2

Kurshemsida

- Pingpong
 - <https://pingpong.chalmers.se>
 - LET564 Analog Konstruktion H17
- Används för att dela ut material
 - Kurs pm
 - Projekt pm
 - Datablad
 - Övningshäften
 - Gamla tentor

Kursutvärdering

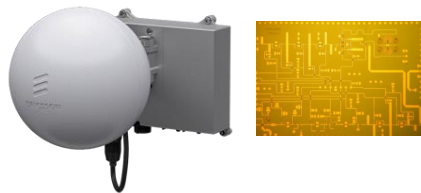
- Kontinuerligt under kurs
 - Tre möten, i början, mitten och efter tenta
 - Vid första två mötena deltar lärare och kursrepresentanter
 - Vid sista mötet även programledning
- Kursrepresentanter:
 - Jacob Andersson anjacob@student.chalmers.se
 - Dunia Fakhruideen duniaf@student.chalmers.se
 - David Grundberg davgru@student.chalmers.se
 - Alfred Jonsson Kulldorff alfredk@student.chalmers.se
 - Tobias Möllerstedt tobmol@student.chalmers.se

Föreläsning 1: Introduktion till trådlösa kommunikationssystem

Kapitel 1.1-1.3 i Pozar

Exempel på analog elektronik

Mikrovågslänkar



Radar

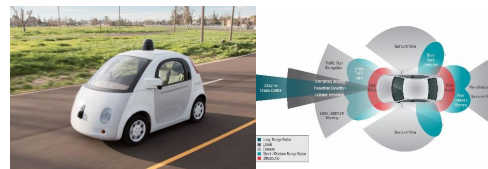


Mattias Thorsell

Mobil kommunikation

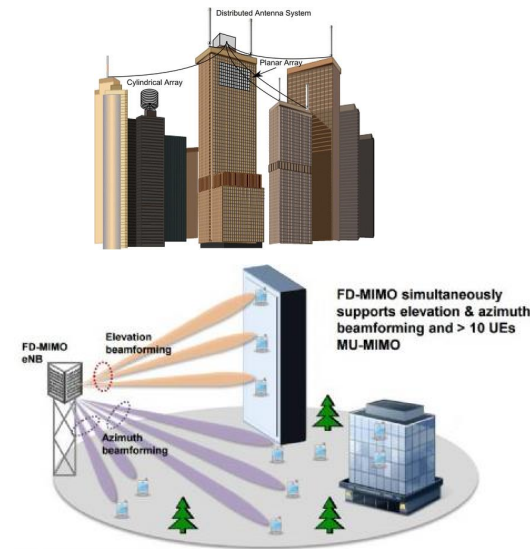


Autonoma bilar



13

Kommande system (5G)



Mattias Thorsell



14

Trådlösa system

Envägs (simplex)

- Broadcast
- Radar
- ...



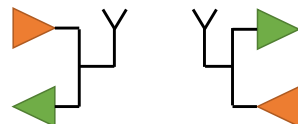
Sändare



Mottagare

Tvåvägs (duplex)

- Mobiltelefoni
- WLAN
- Mikrovågslänkar
- ...



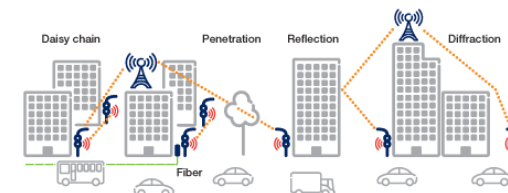
Sändare / Mottagare (Transceiver)

Mattias Thorsell

15

Punk till Punkt

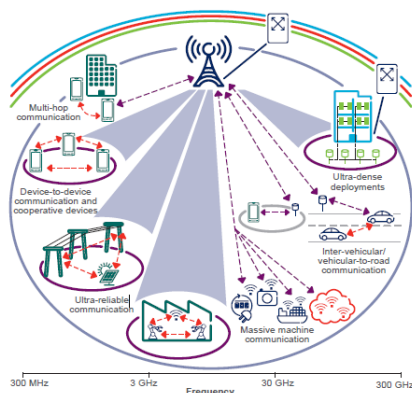
- Två transceiver kommunicerar med varandra
 - Alternativt, daisy chain
- Karaktäristik Punkt till Punkt
 - Antenner sänder i en riktning, hög direktivitet
 - Kräver lägre effekt hos sändaren
- Exempel: Mikrovågslänkar



Mattias Thorsell

16

Punkt till Multipunkt

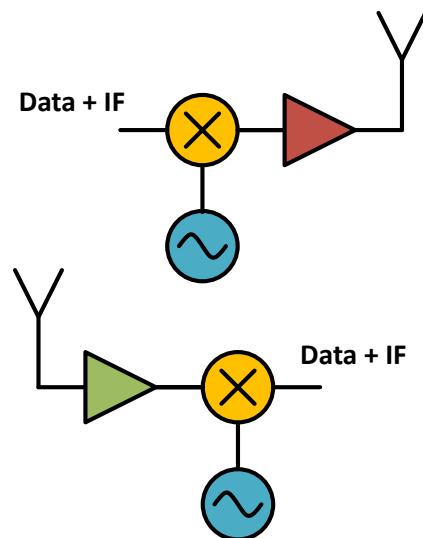


- En basstation kommunicerar med flera enheter / subnätverk
- Karaktäristik
 - Rundstrålande antenner
 - Hög uteffekt
- Exempel
 - Mobiltelefoni
 - WLAN
 - Smarta hem
 - Broadcast (simplex)

Mattias Thorsell

17

Sändare / Mottagare



- Information
 - Basband
 - IF + basband
- Bärvåg
 - Oscillator
- Modulera bärvåg
 - Blandare
- Utsignal
 - Effektförstärkare
- Antenn
- Insignal
 - Lågbrusförstärkare

Mattias Thorsell

18

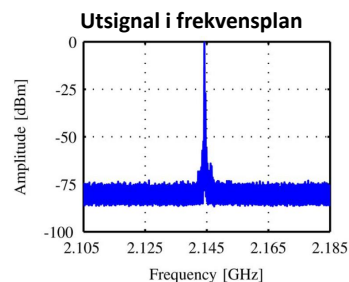
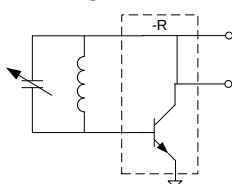
Oscillatorn

- En icke-stabil (självsvängande) förstärkare
- Genererar bärvåg i sändaren samt en referens för nedblandning i mottagaren
- Viktig karaktäristik
 - Fasbrus
 - Frekvensavstämning (VCO)
 - Uteffekt

Symbol



Kretsdesign

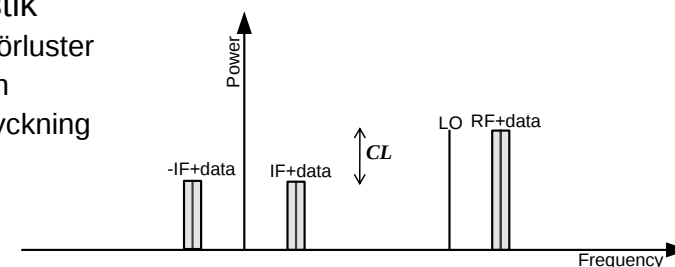
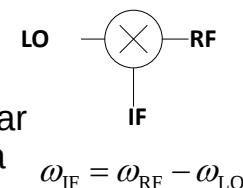


Mattias Thorsell

19

Blandaren (Mixern)

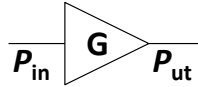
- Ickelinjär treportskomponent som producerar summa och skillnadsfrekvenser av två olika insignaler
- Väsentlig för frekvenstranslation och modulering av bärvåg
- Viktig karaktäristik
 - Konverteringsförluster
 - LO/RF isolation
 - Spegelundertryckning



Mattias Thorsell

20

Förstärkaren



- Förstärker en inkommande RF signal
 - Lågbrusförstärkare (LNA, Low Noise Amplifier)
 - Brusfaktor
 - Förstärkning
 - Linjäritet
 - Effektförstärkare (PA, Power Amplifier)
 - Uteffekt
 - Verkningsgrad
 - Linjäritet
 - IF förstärkare, variabel gain förstärkare
 - Förstärkning

$$G_{dB} = 10 \log_{10} \left| \frac{P_{ut}}{P_{in}} \right|$$

Mattias Thorsell

21

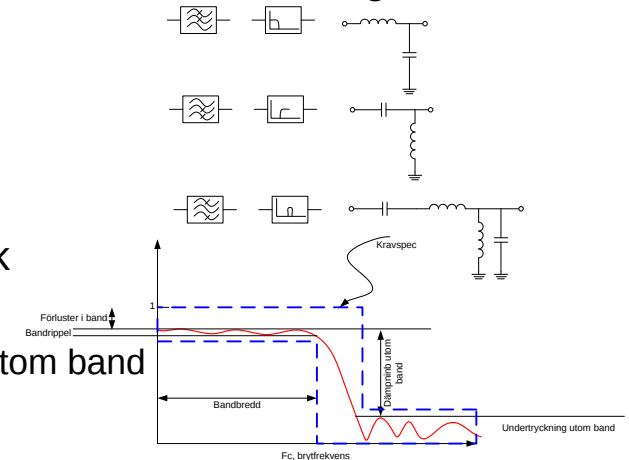
Filter

- Frekvensselektion i en sändare/mottagare

- Lågpassfilter
- Högpasfilter
- Bandpassfilter

- Viktig karakteristik

- Dämpning i band
- Undertryckning utom band



Mattias Thorsell

22

Antennan

- Övergång mellan sändaren/mottagaren och luft
- Dipolantenn, patchantenn, hornantenn, parabolantenn, riktantenn, rundstrålande
- Viktiga egenskaper
 - Strålningsmönster
 - Verkningsgrad (η)
 - Direktivitet (D), förmåga att rikta loben
 - Antennförstärkning (ηD)

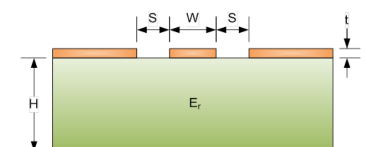
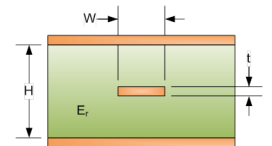
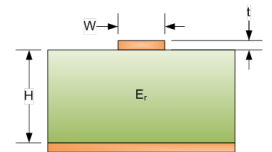


Mattias Thorsell

23

Kretskort (PCB)

- Transmissionsledningar
 - Microstrip
 - Stripline
 - Coplanar vågledare (CPW)
- Dielektricitetskonstant (ϵ_r)
- Förluster ($\tan \delta$)
- Tjocklek (H)
- Ledarbredd (W)
- Ledartjocklek (t)

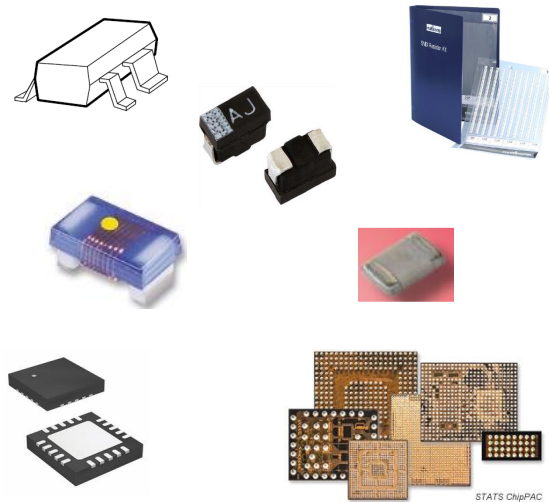


Mattias Thorsell

24

Ytmonterade komponenter

- Transistorer
- Resistorer
- Kondensatorer
- Induktorer
- QFN
- eWLB



Mattias Thorsell

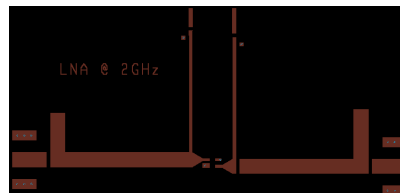
25



Introduktion till projektet

Syfte

- Använda kretssimulator för design av mikrovågskretsar
- Tillämpa teorin som presenteras under kursens föreläsningar
- Tillverka och mäta på en egendesignad mikrovågsförstärkare



Mattias Thorsell

27



Utförande

- Utförs i grupper om 2 studenter
- Instruktioner på hemsidan
 - Transistormodell finns för nedladdning
- Ett projekt ni själva driver
 - Inga steg för steg instruktioner
 - Designa en förstärkare som uppfylla specifikationen
 - Ni bestämma själva lösningen
 - Motivera val i projektrapporten
 - Använd kursassistenter samt ADS hjälpen
 - Diskutera med övriga kursdeltagare

Mattias Thorsell

28



Designspecifikation

- Centerfrekvens 1.8 – 2.2 GHz
 - Beror på grupptillhörighet
- Minsta förstärkning 17 dB
- Maximal return loss 20 dB
- Maximal brusfaktor 3 dB

Förslag på arbetsgång

1. Bestäm arbetspunkt (DC-simulering)
2. Tag fram biaseringsnät
3. Undersök stabilitet
4. Tag fram anpassningsnät
 - Avvägning mellan förstärkning och brus
5. Generera layout
6. Förstärkarsimuleringar
7. Tillverkning och mätning

Projektrapport

- Inledning
 - Klargör syfte och mål med arbetet
- Teori och analytiska beräkningar för minst följande
 - Dimensionering av biaseringsnät med hjälp av diagram
 - Stabilisering av transistor med hjälp av Smith diagram
 - Dimensionering av anpassningsnät med hjälp av Smith diagram
 - Beräkning av förväntad förstärkning samt brusfaktor
- Design och simuleringar i ADS
 - Designbeskrivning
 - DC simulering
 - S-parametrar (100% bandbredd)
 - Brus (100% bandbredd)
 - Uteffekt och linjäritet vid designfrekvensen
- Layout, tillverkning och verifiering
 - Skriv en monteringsanvisning för förstärkaren (t.ex komponentval och placering)
 - Presentera uppmätt S-parameterdata
- Slutsatser

Datorsal

- Sal ED3582
- Torsdag 8:00-9:45
- Sedan
 - Fredagar 8.00 – 9.45



Montering och mätning

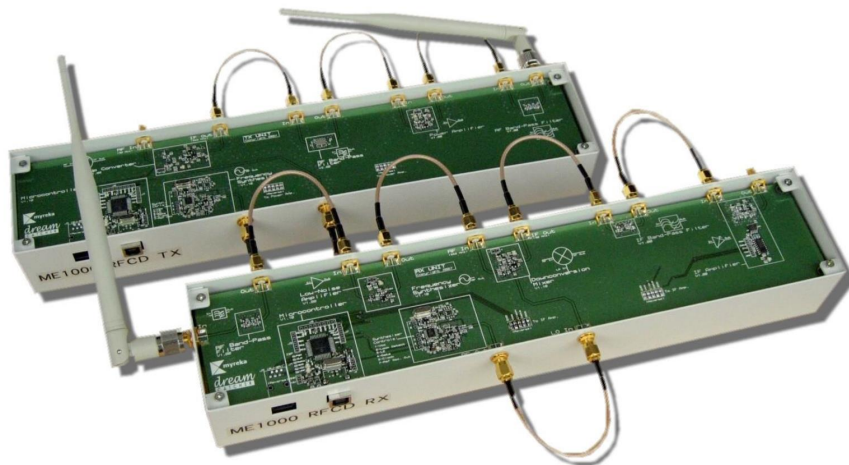
- Sista veckan
 - Bokningslista kommer
- Studentlabbet B518 våning 5 MC2
- Montering av diskreta komponenter på PCB
- Introduktion till nätverksanalys och mätningar

Mattias Thorsell

33



Demo: Trådlös kommunikation



Mattias Thorsell

35



Sammanfattning

- Var används analog elektronik
 - Mobil kommunikation
 - Radar
 - Mikrovåglänkar
 - ...
- Analoga kretsar i trådlösa system
 - Antenner
 - Förstärkare
 - Blandare
 - Oscillatorer
 - Filter

Mattias Thorsell

34

