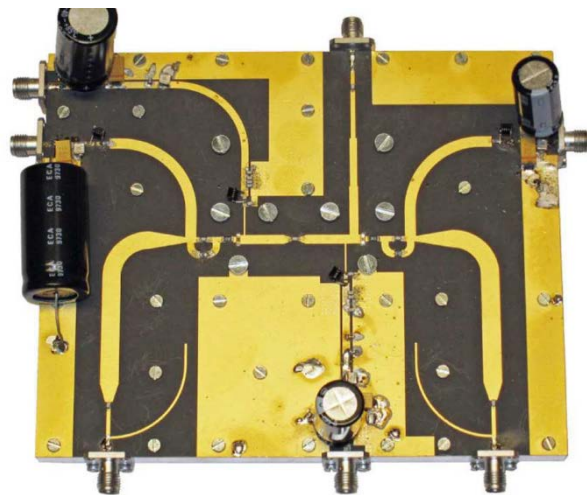


Projekt i Analog konstruktion (LET564)

Design och tillverkning av en mikrovågsförstärkare



Mattias Thorsell, 2017

Innehåll

Syfte.....	3
Inledning.....	3
Teknisk information.....	3
Substrat	3
Transistor.....	3
Passiva komponenter	3
Utförande	4
Projektrapport.....	4
Advanced Design System (ADS).....	6
Köra ADS på Chalmers.....	6
Installation av ADS på egen dator	6
Vecka 1, ADS Introduktion.....	7
Vecka 2, Biaseringsnät.....	7
Vecka 3, Stabilitet.....	7
Vecka 4, Anpassningsnät	8
Vecka 5, Layout	8
Vecka 6, Förstärkarsimuleringar.....	8
Vecka 7, Tillverkning och mätning.....	8

Syfte

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

Inledning

Er uppgift är att designa en förstärkare för mikrovågsfrekvenser där hänsyn till komponenters elektriska längd måste göras. Förstärkaren skall användas som en lågbrusig mottagare, och en avvägning mellan brusfaktor och förstärkning måste därmed göras.

Ni skall lära er att designa en mikrovågsförstärkare genom att kombinera analytiska beräkningar och moderna CAD verktyg. Tanken är att ni först gör uträkningar hemma, och sedan använda kretssimulatore för att få en större noggrannhet när ni gör förstärkardesignen. Ni kommer att förstå hur man måste göra avvägningar mellan olika krav på prestanda beroende på vilken tänkt tillämpning kretsen har. Utöver detta så kommer ni att få en bra grund i ett av de mest använda designverktygen för mikrovågskretsar, nämligen Keysight ADS.

Teknisk information

Förstärkaren designas för tillverkning på så kallad Printed Circuit Board (PCB) teknologi med ytmonterade komponenter på ett FR-4 substrat. Alla datablad för komponenterna samt substratet finns på kursens hemsida.

Substraten kommer att tillverkas hos Sunstone Circuits (www.sunstone.com). Ni kommer sedan själva att löda på de ytmonterade komponenterna i vårt studentlab på MC2.

Substrat

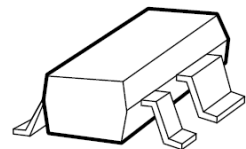
FR-4 är ett av de allra vanligaste substraten för elektronikkonstruktion. Det fungerar även utmärkt som substrat för mikrovågskretsar vid lägre frekvenser. Det finns ingen standard för FR-4, utan varje tillverkare har sitt egna datablad. Följande gäller för FR-4 substratet från Sunstone.

- Dielektricitetskonstant (@1 GHz): 4.25-4.55
- Substrattjocklek: 62 mil (1.57 mm)
- Metalltjocklek: 1.0 oz. (35 μ m)

Transistor

Transistorn i projektet är en så kallad *Enhancement Mode Pseudomorphic High Electron Mobility Transistor* (E-PHEMT) från Avago Technologies.

Modellbeteckningen är ATF-55143, och den är kapslad i en SOT-343 kapsel med fyra ben. Enhancement mode innebär att transistorn börjar leda ström för positiva gate spänningar, vilket eliminerar behovet av att tillhandahålla en negativ spänning till kretsen. ATF-55143 är tänkt för mikrovågsförstärkare inom frekvensområdet 450 MHz – 6 GHz, och detaljerad information finns i databladet.



Passiva komponenter

Det kommer även behövas ett antal passiva komponenter för avkoppling, stabilisering, samt biasering. Komponenterna i projektet är i storleken 0603.

Resistorer

Det finns en sortimentspärm med resistorer från Mutlicomp. Dessa används framförallt för stabilisering. Ta en titt i databladet för att se vilka värden som finns att välja mellan.



Kondensatorer

För DC blockering samt avkoppling av biaseringsnätet finns keramiska kondensatorer från muRata på 100 pF tillgängliga.



För avkoppling av biaseringsnätet så finns även tantal kondensatorer från Vishay på 10 μ F tillgängliga. Tantalkondensatorer till skillnad från keramiska kondensatorer ger betydligt högre kapacitansvärden för samma volym. Tänk på att tantalkondensatorer är känsliga för pålagd spänning, och måste monteras åt rätt håll.



Induktorer

Vid design av biaseringsnätet så är det ofta bra att inkludera en extra induktans om det är möjligt. Därför finns det induktorer från Coilcraft tillgängliga med 100 nH induktans. Coilcraft är ledande när det gäller lindade induktorer med luftkärna för mikrovågstillämpningar. Dessa har betydligt högre Q-värde än motsvarande keramiska induktorer från andra tillverkare.



Utförande

Projektet utförs självständigt i grupper om två och två, men all form av diskussion mellan grupperna uppmuntras. Designen utförs med hjälp av mjukvaran Keysight Advanced Design System (ADS), vilken finns tillgängligt på alla Linux datorer på Chalmers. Man kan även ladda hem ADS för installation på egen dator.

En arbetsordning enligt följande rekommenderas:

1. Bestäm arbetspunkt genom DC simulering
2. Designa biaseringsnät
3. Kontrollera stabilitet vid designfrekvensen och stabilisera om nödvändigt
4. Beräkna nya S-parametrar för den stabila transistor
5. Bestäm Γ_s och Γ_L genom att simulera förstärkningscirkel
6. Ta fram ledningslängder analytiskt med hjälp av Smith diagram
7. Designa matchningsnät i mikrostrip på givet substrat
8. Rita upp designen i ADS schematics
9. Gör layout: Generera en layout från schematics och anpassa sen layouten med lödpaddar för komponenter och kontakter
10. Förstärkarsimuleringar

Krav på förstärkaren

Centerfrekvens	1.8 – 2.2 GHz
Minsta förstärkning	17 dB
Maximal return loss	20 dB
Maximal brusfaktor	3 dB

Projektrapport

Projektet examineras genom att varje grupp skriver en projektrapport som bedöms med antingen godkänt eller underkänt. **För slutbetyg i kursen krävs godkänd projektrapport.** Under kursens gång så erbjuds lärarledda projekttilfällen i datorsal.

Rapporten ska innehålla följande rubriker

- Inledning
 - Klargör syfte och mål med arbetet
- Teori och analytiska beräkningar
 - Här presenteras viss teori samt de analytiska beräkningar ni genomfört t.ex
 - 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
 - Beskriv hur ni har jobbat med CAD verktyget och presentera simuleringsresultat för förstärkaren. Data skall anges för en 100% bandbredd runt designfrekvensen.
 - DC simulering
 - S-parametrar
 - Brus
 - Uteffekt och linjäritet vid designfrekvensen
- Layout, tillverkning och verifiering
 - Skriv en monteringsanvisning för förstärkaren (t.ex komponentval och placering)
 - Presentera uppmätt S-parameterdata
- Slutsatser

Rapporten ska skickas till Mattias (mattias.thorsell@chalmers.se).

Advanced Design System (ADS)

ADS är den ledande kretssimulatorn när det gäller design av mikrovågskretsar och används i stor utsträckning inom industrin. Företaget som utvecklar ADS heter sedan 2014 Keysight Technologies (tidigare Agilent), vilket innebär att tidigare versioner samt dokumentation innehåller en blandning av företagsnamnen Keysight och Agilent. Den främsta konkurrenten till ADS är programmet Microwave Office, som utvecklas av AWR (ägt av National Instruments).

Köra ADS på Chalmers

- Använd en studentdator med Linux
- Öppna kommandoprompten och skriv *ads*

Köra ADS hemifrån på Chalmers server

- Installera en X-server (t.ex Xming)
<http://www.straightrunning.com/XmingNotes/>
- Installera en ssh-klient (t.ex putty)
- Anslut till remote11.student.chalmers.se
- Starta ADS genom att skriva *ads*

Installation av ADS på egen dator

Det finns två sätt att installera ADS på den egna datorn. I båda fallen så laddar man hem installationsfilen från

www.keysight.com/find/eesof-evaluation

I kursen så används ADS 2015.01

Begära en prövolicens

Gå in på www.keysight.com/find/eesof-evaluation och begär en "ADS Evaluation License Request"

Det tar ungefär en vecka innan du får licensfilen.

Kör på Chalmers licensserver

Du måste koppla upp din dator genom VPN mot Chalmers. För information och hjälp om detta så får ni vända er till eran help desk.

När man startar ADS så anges följande licensserver istället för licensfil

27002@mc2-m148.mc2.chalmers.se

Vecka 1, ADS Introduktion

Mål för denna vecka

- Bekanta sig med ADS
- Sätta upp en simuleringsmiljö för projektet
- Göra DC samt S-parameter simulering av transistorn

Förberedelseuppgifter

- Starta ADS på en Linuxdator på Chalmers
- Skapa ett nytt *Workspace* för projektet
- Importera transistormodellen från hemsidan

Uppgifter

- Sätt upp en DC simulering
- Bestäm arbetspunkt för transistorn
- Simulera S-parametrarna för vald arbetspunkt

Vecka 2, Biaseringsnät

Mål för denna vecka

- Förstå behovet av biaseringsnät
- Designa ett biaseringsnät
- Simulera biaseringsnätets S-parametrar

Förberedelseuppgifter

- Bestäm biaseringsnätets dimensioner med hjälp av diagram
- Bestäm avkopplingskondensatorns storlek analytiskt

Uppgifter

- Beräkna biaseringsnätet med hjälp av LineCalc i ADS
- Designa biaseringsnätet i Schematic
- Simulera S-parametrar och fundera över bandbredd och prestanda vid $2f_0$

Vecka 3, Stabilitet

Mål för denna vecka

- Förstå behovet av stabilisering

Förberedelseuppgifter

- Bestäm stabilitetsfaktorn för transistorn vid designfrekvensen
- Bestäm nödvändig stabiliseringsresistans

Uppgifter

- Design av stabiliseringsnät
- Framtagning av S-parametrar för stabil transistor
- Simulera förstärknings- och bruscirklar för stabil transistor

Vecka 4, Anpassningsnät

Mål för denna vecka

- Förstå avvägning mellan brus och förstärkning

Förberedelseuppgifter

- Bestäm Γ_s genom en avvägning mellan brus och förstärkning
- Bestäm Γ_L för att maximera förstärkningen
- Ta fram ingångs samt utgångsmatchningsnät med hjälp av Smithdiagram

Uppgifter

- Beräkna dimensioner på anpassningsnät med hjälp av LineCalc
- Designa ingångs och utgångsmatchningsnäten

Vecka 5, Layout

Mål för denna vecka

- Färdig layout som kan skickas för tillverkning

Förberedelseuppgifter

- Färdig förstärkare i Schematic

Uppgifter

- Skapa layout från Schematic

Vecka 6, Förstärkarsimuleringar

Mål för denna vecka

- Simulera prestanda på hela förstärkaren

Uppgifter

- Simulera DC, och markera arbetspunkten för förstärkaren
- Simulera S-parametrar för förstärkaren mot frekvens
- Simulera brus för förstärkaren mot frekvens
- Uteffekt mot ineffekt (Harmonic balance) vid designfrekvensen

Vecka 7, Tillverkning och mätning

Mål för denna vecka

- S-paramettermätning på förstärkaren

Uppgifter

- Montera de ytmonterade komponenterna på PCB
- Mäta S-parametrar på förstärkaren med hjälp av nätverksanalysator