

Högskoleverkets kvalitetsutvärderingar 2011 – 2014

Självvärdering

Lärosäte: Lunds universitet	Utvärderingsärende reg.nr 643- 01844-12
Huvudområde: Elektroteknik, Masterprogram ”System on Chip”	Masterexamen

INLEDNING – ALLMÄNT OM UTBILDNINGEN

Organisation och ledning

Masterutbildningen i Master of Science in System-on-Chip ges av Lund Tekniska Högskola (LTH) som utgör den tekniska fakulteten inom Lunds universitet. Utbildningsprogrammet är inrättat av Universitetsstyrelsen, men LTH har det fulla ansvaret för utbildningens genomförande. Internt inom LTH är ansvaret för planering, beslut om utbildnings- och kursplaner samt individärenden fördelat mellan fakultetsnivån och LTH:s fem utbildningsnämnder. Varje utbildningsnämnd ansvarar i sin tur för ett antal utbildningsprogram inom närliggande teknikområden. Varje program har programledningar med programledare som utses av LTH:s dekanus. Programledningarna har huvudsakligen beredande och uppföljande uppgifter, men fattar även vissa beslut delegation, exempelvis individbeslut. Kurserna genomförs av institutionerna som har fullt ansvar för examinationen utifrån de kursplaner som fastställts av ansvarig utbildningsnämnd. LTH har således en tämligen renodlad matrisorganisation.

Utbildningsplanen finns på:

http://www.lth.se/english/education/master/system_on_chip/study_plan/

Läro- och timplanen för programmet som helhet finns på:

http://kurser.lth.se/lot/?lasar=12_13&val=program&prog=MSOC

Enskilda kursplaner, med sexställiga kurskoder XXXXXX, finns på:

<http://kurser.lth.se/kursplaner/arets/XXXXXX.html>

Programmet är ett internationellt masterprogram, vilket innebär att all undervisning sker uteslutande på engelska. All undervisning sker tillsammans med inhemska studenter företrädesvis från olika civilingenjörsprogram. Programmet erbjuder studenterna ett 30-tal kurser varav alla utom 5 är klassade som ”kurser på avancerad nivå”. Programmet startade 2003 som ett masterprogram. Det var då en del av ett större nationellt forsknings- och utbildningsprogram, Socware (System-on-Chip ware) vilket presenterats på två internationella konferenser [1][2]. Ett större studentprojekt som ingått i programmet har också presenterats [3]. Efter en större omarbetning år 2007 omformades programmet till ett Master of Science Program. Det nuvarande programmet presenteras på websidan [4].

Utbildningens syfte

I studieplanen kan man läsa:

”Den internationellt inriktade masterutbildningen syftar till att utveckla studenternas kunskaper, färdigheter och värderingar inom system på chips. En sådan utbildning motiveras av den dramatiska förändringen inom ASIC- och IC konstruktionsområdet. Trettio års kretskonstruktion har dominerats av konstruktion av enstaka funktioner, processorkärnor, accelerators, etc. Med morgondagens teknik kan man integrera hela system på ett chips. Forskningen i Lund, har under ett antal år fokuserat kring denna problematik. Erfarenheterna härifrån förs vidare till masterutbildningen.”

Utbildningen syftar till

- a. Att ge konstruktörerna goda interdisciplinära kunskaper inom områdena elektroteknik och datateknik,
- b. Att ge studenterna en djup kunskap som sträcker sig över alla abstraktionsnivåer från elektroniska system ner till fysisk kretskonstruktion.
- c. Programmet präglas av en holistisk syn på kretskonstruktion, vilken leder till en examen som är direkt användbar i industrin, internationellt, nationellt och regionalt.

Utbildningens huvudsakliga utformning

Betyg sätts både för hel kurs och för eventuella delprov. Delproven för varje kurs framgår av respektive kursplan. För hel kurs används betygsskalan TH (underkänd, 3, 4, 5) eller betygsskalan UG (underkänd, godkänd). I de fall avvikande betygsskala förekommer för ingående delprov så anges denna i kursplanen. I examensbeviset tas endast med hela avslutade kurser med godkänt betyg (G, 3, 4, 5). Betygssättning inom det svenska utbildningsväsendet sker enligt en målrelaterad betygsskala d.v.s. studenternas prestationer sätts i relation till utbildningens mål och innebär därmed ingen inbördes rangordning inom en viss grupp studenter.

Ett flertal kurser har skriftlig examination som en examinationsform. Den skriftliga tentamen kan vara obligatorisk men den kan också ges som en valfri examination för de studenter som

vill ha högre betyg. Även skriftlig så kallad *open-book* examination förekommer. Den allra vanligaste examinationsformen är laborationer, som ges kontinuerligt under kursernas gång. Laborationerna ger en operativ utvärdering av lärandet i kursen. Fel, misstag och missförstånd kan rättas till redan under kursens gång vilket underlättar lärandet i resten av kursen. En annan viktig operativ form av examination är kontinuerlig uppföljning i projektarbeten. Handledningen är ofta schemalagd med fasta tidpunkter för olika delmoment, men till största delen består projekten av självständigt arbete, vilket är viktigt för kurser på avancerad nivå. Studenterna ska alltså självständigt kunna gå från analys till syntes och värdering av sitt projekt. Andra former av operativt lärande är att låta studenterna lösa uppgifter på tavlan inför en mindre grupp eller att de förbereder en kortare föreläsning som ges inför de andra studenterna. Detta leder till tankeväckande diskussioner mellan studenterna och läraren. Inlämningsuppgifter och laborationsrapporter är andra former för examination. Anonyma utvärderingar ger också viktig information om hur det går med undervisningen.

Progression

Samtliga kurser på LTH är nivåindelade. Kurserna på grundnivå delas in i två undernivåer, grundnivå (G1) och grundnivå, fördjupad (G2). G2-nivån är en progression i förhållande till G1-nivå. Eftersom LTH har valt att definiera examensordningens krav på fördjupning i termer av kurser på avancerad nivå (A) ställs höga krav för att en kurs ska kunna klassas som A. Programmet bygger på att studenterna redan har en examen på grundnivå. Progressionen kommer genom att programmets obligatorium omfattar studier om 45 hp på A-nivå följt av valfria kurser, också på A-nivå. Examinationen ska innehålla element av konceptualisering och problemlösning utöver vad som direkt behandlas i undervisningen.

Kvalitetssäkring

LTH har sedan 2003 ett enhetligt kursutvärderingssystem som omfattar alla obligatoriska kurser och en stor del av de valfria kurserna. Systemet baserar sig på enkäten Course Experience Questionnaire, CEQ och kallas CEQ-systemet.

Mer information, inklusive genomförda kursutvärderingar, finns på: <http://www.ceq.lth.se/>

Masterprogrammen har tyvärr inte kommit med i sammanställningarna i kursutvärderingssystemet CEQ. Enbart de obligatoriska kurserna för civilingenjörsprogrammen är med, alltså inte masterprogrammen. I stället har 2 anonyma kursutvärderingar tagits med som exempel. Båda enkäterna samlades in som sista uppgift på den skriftliga tentamen. Kurserna är obligatoriska.

På enkäten för *Digital IC design* svarade 23 masterstudenter. Kursen är en tekniskt inriktad kurs, klassad som kurs på avancerad nivå, som behandlar konstruktion av integrerade kretsar (IC) på en låg abstraktionsnivå. Kretsbyggblock konstrueras från transistornivå. De dynamiska egenskaperna beskrivs för att ge förståelse för t.ex. effektförbrukning och fördröjningar. Kursen har fått ett mycket bra betyg i en 5-gradig skala, som visas i tabell I.

Tabell I. Kursutvärdering för kursen *Digital IC Design* hösten 2011.

Kurs	Bok	Hemsida	Föreläs.	Övningar	Labbar
4,6	4,4	4,4	4,7	4,8	4,9

På enkäten för *Intellectual Property Rights* svarade 22 masterstudenter. Kursen är en icke-tekniskt inriktad kurs, klassad som kurs på grundnivå, som omfattar patent, upphovsrätt, skydd för formgivning och kännetecken samt andra immateriella rättigheter. Kursen har fått ett mycket bra betyg som visas i tabell II. Av de tre föreläsarna är det värt att notera att huvudföreläsaren fick betyget 5.0 av samtliga studenter.

 Tabell II. Kursutvärdering för kursen *Intellectual Property Rights* våren 2012.

Kurs	Kursmaterial	Hemsida	Föreläsningar	Tentamen
4,6	4,6	4,3	4,6	4,6

Det är vår bedömning att kurserna i programmet generellt har höga betyg.

Sammanfattande schematisk bild över utbildning

Ett trettiotal kurser ingår i programmet vilket omfattar minst 90 högskolepoäng (hp), där en hp motsvarar en poäng i den internationella ECTS skalan. Utöver det ingår ett examensarbete om 30 hp. Totalt ger det en utbildning på 2 år. Sedan ickeuropeiska studenter har blivit avgiftsbelagda är alla kurser omformade till att omfatta jämna enheter om 7.5 hp, så att de kan avsluta utbildningen på precis 120 hp. Nedan visas de kurser som ingår i programmet. Varje kursnamn är en länk till kursens websida.

Code	Mandatory Courses	ECTS
ETIN20	Digital IC Design	7.5
EITF35	Introduction to Structured VLSI Design	7.5
ETIN40	IC Project 2, analog	7.5
ETIN40	IC Project 2, digital	7.5
ETIN25	Analogue IC Design	7.5
ETIN55	Integrated A/D and D/A Converters	7.5
ETIA10	Patent and Intellectual Property Rights	7.5
ETIN35	IC-project 1 , analog	7.5
ETIN35	IC-project 1 , digital	7.5
EDAN15	Design of Embedded Systems	7.5
	Degree Project	30

Code	Elective Courses	ECTS
ETIF05	Basic Wireless Communication Technique	7.5

EDA385	Embedded Systems Design, Advanced Course	7.5
ETIN70	Modern Electronics	7.5
FFF110	Processing and Device Technology	7.5
FFF021	Semiconductor Physics	7.5
EITF20	Computer Architecture	7.5
ETIN45	DSP-design	7.5
ETIN50	RF Amplifier Design	7.5
FFF042	Physics of Low-Dim. Struct. and Quantum Physics	7.5
ETIN80	Algorithms in Signal Processors - Project Course	7.5
ETIN10	Channel Modeling for Wireless Communication	7.5
FFF115	High-Speed Devices	7.5
ETIN30	Integrated Radio Electronics	7.5
ETIN60	Advanced A/D and D/A Converters	7.5
ETIN75	Advanced Analogue Design	7.5
EEMN01	Micro Sensors	7.5
FFF160	Nano Electronics	7.5
EIT140	OFDM for Broadband Communication	7.5
ETIN65	Radio Project	7.5
ETIN15	Radio Systems	7.5
Other Elective		ECTS
EITN25	Project	15
	Free choice	7.5
EXTA20	Swedish	7.5

Del 1

Examensmål 1

För masterexamen ska studenten visa kunskap och förståelse inom huvudområdet för utbildningen, inbegripet såväl brett kunnande inom området som väsentligt fördjupade kunskaper inom vissa delar av området samt fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete

För att uppnå examensmål 1 uppnår studenterna följande delmål:

Examensmål 1A: *visa brett kunnande inom området*

Programmet syftar till att ge breda kunskaper i modern kretskonstruktion baserad på integrering av strukturer huvudsakligen på kisel. Omfånget ger studenten kunskaper i hela spektret av konstruktion av så kallade CMOS-kretsar. Denna bredd tillgodoses med fyra obligatoriska kurser den första terminen: *ETIN25 Analogue IC Design*, *ETIN20 Digital IC Design*, *EITF35 Introduction to Structured VLSI Design*, *ETIN55 och Integrated A/D and D/A Converters*. Kurserna är analoga, digitala, samt blandat digitala – analoga kretsar.

De digitala strukturerna är ofta kopplade till området radiokommunikation, även kallat digitalt basband. De analoga kretsarna är många gånger relaterade till sändar- och mottagarstrukturer som opererar med mycket höga frekvenser, ofta kallat kretsar för *radio frontends*. Blandat digitala – analoga kretsar syftar ofta till att sammanfoga de andra två domänerna så att de kan kommunicera med varandra. Denna spännvidd garanteras genom att studenterna har obligatoriska kurser inom vart och ett av de tre områdena. Bredden, som utgörs av de tre områdena, illustreras av de gråa rutorna, första terminen, i figur 1. Med tanke på den starka kopplingen till området radiokommunikation kan studenterna bredda sig ytterligare genom att studera radiokommunikation, både teoretiskt och tillämpat. Studenterna har också möjlighet att studera näraliggande fysik, så kallad halvledarfysik, där man studerar integration på andra material än kisel, ofta under benämningen ”exotiska material”. Denna utökade bredd illustreras av ljusgråa fälten i figur 1.

YEAR 1				YEAR 2			
HT1	HT2	VT1	VT2	HT1	HT2	VT1	VT2
Digital IC Design	Integrated A/D and D/A Conv.	IC Project and Verification I		IC Project and Verification II		Master Thesis Work	
Introduction to Structured VLSI	Analog IC-design	Intellectual Property Rights	Embedded Systems	Processing and Device Technology	Semiconductor Physics	Nano Electronics	Advanced Analog Design
Modern Electronics	Computer Architecture	Integrated Radio Electronics	Advanced A/D and D/A Conv.	Embedded Sys. Adv. Course	High Speed Devices		Microsensors
Basic Wireless Com. Technique	RF Amplifier Design	Alg. in Signal Proc. Project Course	Radio Project	LTE and Beyond	DSP Design	Channel Modelling for Wireless Com.	Radio Systems
MANDATORY COURSES				ELECTIVE COURSES			

Figur 1. Kursplan för programmet *Master of Science in System-on-Chip*

Nedan följer tre exempel på examination.

Exempel 1: Typisk tentamensuppgift i den obligatoriska kursen *Digital IC Design*, hösten 2011. Exemplet skall visa på den förståelse studenterna skall erhålla, både vad det gäller kretsars funktionalitet samt den analysförmåga som behövs för att kunna modifiera en given krets för att förbättra prestanda. Kursen examineras med skriftlig *open-book* tentamen och obligatoriska laborationer. Kursen är på avancerad nivå (A) och ingår i den breddande delen av programmet.

The figure shows a circuit chart for a digital CMOS circuit. The supply voltage V_{DD} is 2.5 V. All transistors are short channel transistors. Assume that all transistors are minimum sized with the equivalent resistances for the n - respective p -channel transistors are $R_{eq-n} = 10 \text{ k}\Omega$ and $R_{eq-p} = 35 \text{ k}\Omega$. The threshold voltage $V_{T-n} = V_{T-p} = 0.45 \text{ V}$.

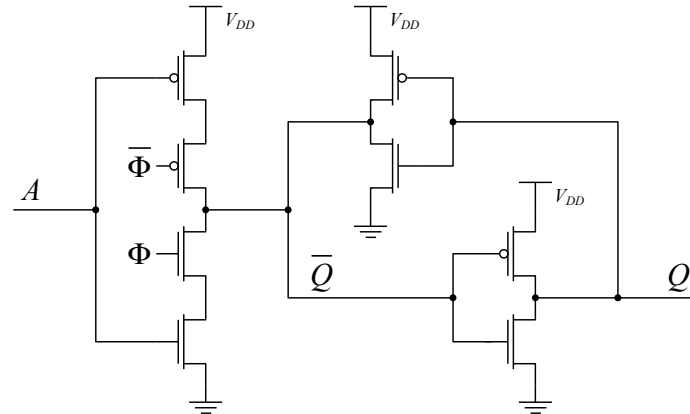


Figure. The circuit chart for a digital CMOS circuit.

Table I. The initial state.

A	Φ	$\bar{\Phi}$	Q	\bar{Q}
0 V	0 V	2.5 V	V	0 V

Table II. Towards next state.

A	Φ	$\bar{\Phi}$	Q	\bar{Q}
0 V	2.5 V	0 V	2.5 V	?

- What do we call the circuit and how does it work? (0.5p)
- Describe the concept of level-sensitive versus edge-triggered **briefly**. Which category does this circuit belongs to. (0.5p)
- Let say that we have the state in Table I and we are moving to the state in Table II (we assume that Q still is fixed to high for the moment).
- Determine the voltage in the node \bar{Q} . (2.5p)
- Comment on the result in c. (0.5p)
- Suggest a change in transistor dimensions that gives a better result. (2p)

Exempel 2: Typisk tentamensuppgift i den obligatoriska kursen *Analog IC Design*, hösten 2011. Exemplet visar på studenternas förmåga att analysera en given krets och dimensionera ingående komponenter. Kursen examineras med skriftlig tentamen och tre obligatoriska

laborationer. Kursen är på avancerad nivå (A) och ingår i den breddande delen av programmet.

The circuit below is to be used as a band-gap reference. Consider the OP amplifier ideal. $V_{out} = V_{BE1} + I_1 R_1$ and $I_1 R_1 = I_2 R_2$.

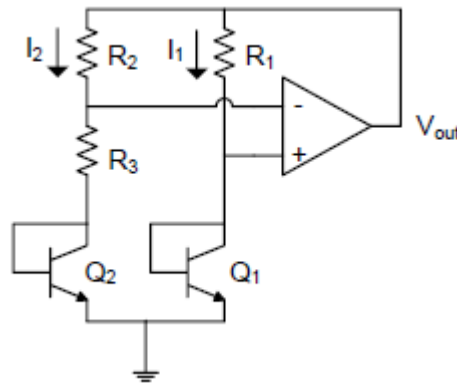


Figure.

- Realize a zero TC_F of V_{out} at 25°C , i.e. determine R_1 , R_2 , and R_3 . Assume that $V_{BE1} - V_{BE2} = 100\text{mV}$, $I_S = 5 \cdot 10^{-15}\text{A}$, and that I_1 is to be made equal to $190\mu\text{A}$. Neglect the base currents.

(Hint: For zero TC_F at $25^\circ\text{C} \rightarrow V_{out} = 1.262\text{ V.}$) (4p)

- Describe the principle operation of a band-gap circuit. What is the main implementation difficulty of a band-gap circuit utilizing parasitic bipolar transistors in a standard CMOS process? (2p)

Exempel 3: Laboration i den obligatoriska kursen *Introduction to Structured VLSI Design* hösten 2012. Målen med laboration är angivna i exemplet nedan. Kursen examineras med 1 laboration och fyra beting. Kursen följer ett mycket strikt schema med hårda deadlines för dessa moment. Texten är något nerkortad. Kursen är på grundnivå (G2) och ingår i den breddande delen av programmet.

State Machine Modeling (Sequence Detector)

1.1 Introduction

You will create a sequence detector for bit a given sequence. You will develop a sequence detector using Mealy/Moore machine model. This will help you become more familiar with how to implement an FSM based controller in VHDL. This lab is completed using the ModelSim tool. You will use a typical HDL flow, write the HDL code, and run a behavioral HDL simulation.

1.2 Objectives

After completing this lab, you will be able to:

Perform the design flow to generate state machines in VHDL.

Simulate a VHDL based design in ModelSim.

1.3 Design Example

As an illustrative example a sequence detector for bit sequence '1011' is described. Every clock-cycle a value will be sampled, if the sequence '1011' is detected a '1' will be produced at the output for 1 clock-cycle. There are two methods to design state machines, first is Mealy and second is Moore style. We will give you an example for both styles.

Following is the behavior description of the sequencer for a Mealy style implementation and the state diagram is shown in the first figure:

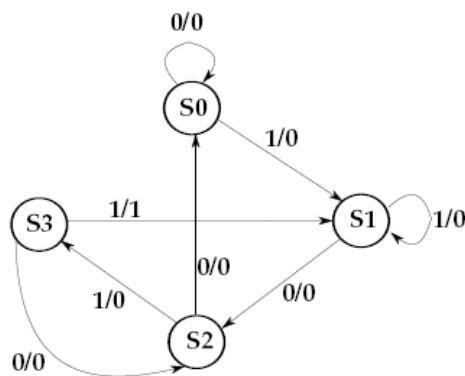


Figure. Mealy State Machine for Detecting a Sequence of '1011'

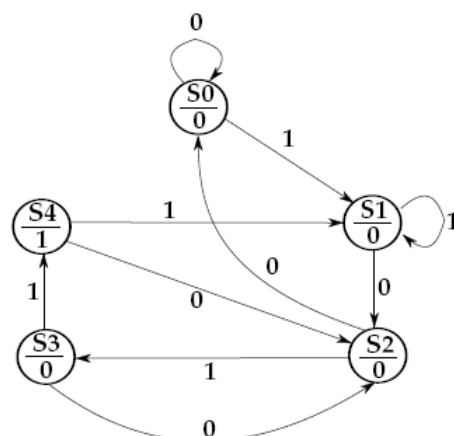


Figure. Moore State Machine for Detecting a Sequence of '1011'

2 Assignment

You have to perform the following tasks and in-order to get approved on this assignment you are required to complete all tasks in time:

- Submit the State Diagram for both Mealy and Moore Styles before lab for the assigned sequence. Deadline 2012-09-11.
- Implement the same algorithm for detection of the sequence in VHDL using both Mealy and Moore Style.
- Show the simulation of the design in the LAB using ModelSim. Deadline 2011-09 14.

You are to generate the sequence for this assignment by using your birthday. As an example, if your birth date is December 31st, i.e., 31/12, your 16-bit sequence is 0011 0001 0001 0010. The third figure shows the generation procedure and also identifies the start of the sequence. Each team member needs to implement his/her own birthday sequence.

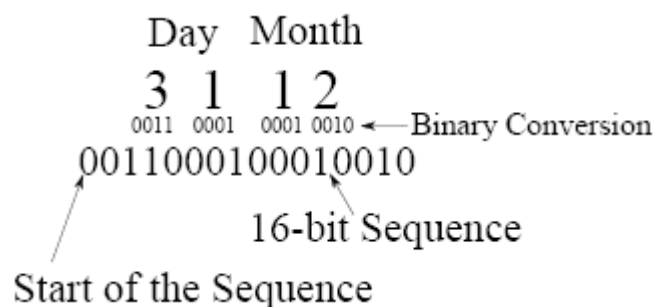


Figure. Sequence Generation

Examensmål 1B: *visa väsentligt fördjupade kunskaper inom vissa delar av området*

Programmet syftar till att ge djupa kunskaper i modern kretskonstruktion. Studenterna har möjlighet att väsentligen fördjupa sig genom att fokusera på någon av de tre domänerna, beskrivna ovan. Den inledande bredden hjälper studenten att avgöra vilken eller vilka av områdena som passar honom/henne bäst.

Fördjupningarna är till stor del baserade på omfattande projekt. Fördjupade kunskaper får de först genom två obligatoriska kurser i *IC-Project* 1 och 2 om 2x7,5 högskolepoäng (hp), motsvarande en halv termins studier, se figur 1. Studenterna får ta sig an realistiska projekt, ofta kopplade till tillämpningar med ett industriellt perspektiv. I kursen får de välja om de vill fokusera på digitala, analoga eller blandat digitala – analoga kretsar.

De kan också fördjupa sig genom fortsättningskurser i de tre domänerna. Dessa kurser syftar till att ge en påbyggnad som ofta är av mer teoretisk karaktär, vilket ger en nödvändig bakgrund i projektarbetena. Vidare, studenterna kan välja att göra ett projekt om 15 hp, vilket kan utföras antingen i akademisk eller också i industriell miljö. Projektet kan också anslutas

till ett utökat, men ändå självständigt, examensarbete. Det obligatoriska examensarbetet, om 30 hp, utgör själva finalen på hela utbildningen. I examensarbetet, som ska vara av forskningskaraktär, ska de tillämpa de gedigna lärdomar de tillägnat sig under utbildningen. Examensarbetet kan utföras på universitetet men också i industrin, vilket är vanligt förekommande. En hög andel av studenterna väljer att genomföra examensarbetet utomlands, företrädesvis i Europa.

I de fördjupande kurserna har studenterna tillgång till de allra modernaste datorbaserade verktygen. Det är samma verktyg som industrin använder men våra verktyg är mer omfattande än de i industrin, detta beroende på att universitetet får mycket förmånliga licensavtal.

Nedan följer två exempel på fördjupande uppgifter:

Exempel: Analoga projekt i den obligatoriska kursen *IC project*, 2011. Målet med kursen är att studenterna skall konstruera en krets i en modern teknologi och använda datorverktyg som är industristandard. Studenterna följer hela processen från ide till tillverkad krets, och lär sig därigenom alla de ingående momenten. Kursen examineras med godkänt projekt, mätningar och verifiering samt projektrapport. Kursen är på avancerad nivå (A) och ingår i den fördjupande delen av programmet.

In this course you will have the opportunity to design your own chip in a 130nm CMOS technology!

The chips will be carefully designed and sent for fabrication so that you can measure them.

In this course you will work in a group together with one or two more students, and together you will then be able to design a larger system.

Examples of chips designed the last years:

- Fully integrated FM transmitter, featuring delta-sigma modulator and PLL (cooperation between 2 groups), published at Norchip 2011
- Image sensor
- Class-D audio amplifiers, several different designs, 2 papers published at Norchip
- FM-radio front-end
- DC/DC converter

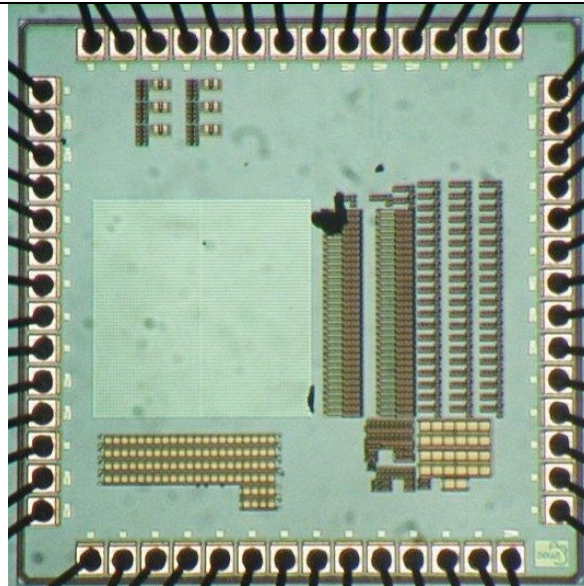


Figure. Chip photo of a 130nm CMOS image sensor and an FM transmitter

Exempel: Hemuppgift hösten 2011, i den valfria kursen *DSP Design*, som redovisas av en student i gruppen inför 7 andra studenter. Det kontrolleras att samtliga i gruppen har gjort alla uppgifter, sen lottas det vilken de skall redovisa på tavlan. Alla i gruppen skall delta i diskussionen och läraren är med för att styra diskussionen men studenterna skall själv komma fram till en lösning. Uppgiften nedan är ett exempel som skall ge studenten förståelse för vad som händer när vi går från en teoretiskt baserad lösning till de begränsningar som hårdvarubaserad implementering medför, i detta fallet begränsad ordlängd. Förutom hemuppgifterna examineras kursen med valfri skriftlig tentamen, för högre betyg, och två obligatoriska laborationer. Kursen är på avancerad nivå (A) och ingår i den fördjupande delen av programmet.

Consider the 1st order IIR filter in the figure. Assume that $e(n)$ is uniformly distributed white noise and uncorrelated to all other signals.

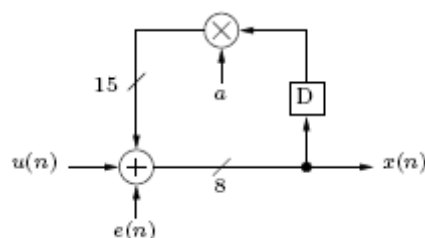


Figure.

- Calculate the interval of the round-off error $e(n)$ for both truncation and ceiling.
- Determine mean value and variance of $e(n)$ for both cases.
- Do the error distributions have any DC error? If so, what is it in either case?

Examensmål 1C: *visa fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete*

Utbildningen har en mycket stark koppling till forskning. Med få undantag är samtliga lärare, i den teknikorienterade undervisningen också forskare, som i utvärderingar, flera gånger, har klassats som att vara på den absoluta toppen i världen. Några av lärarna har dessutom en mindre andel av sin anställning förlagd till forskningsavdelningar i industrin. Syftet med konstellationen forskning/undervisning är att lyfta ner de senaste forskningsresultaten till studenterna. Utbildningen är därför i ständig förvandling och studenterna får hela tiden tillgång till de mest moderna teknologierna.

Den starka kopplingen till forskningen är mycket uppskattad av studenterna. Vid en handuppräckning, bland nyanlända studenter, visade det sig att cirka 60 % av dem ville fortsätta mot doktorsexamen efter masterutbildningen, vilket de i stor utsträckning också gör.

Examensmål 1D: *visa fördjupad metodkunskap inom huvudområdet för utbildningen*

Kurserna i programmet har ett stort mått av metodik, vilket är speciellt viktigt i kurser på avancerad nivå. Modern kretskonstruktion kräver metoder för att hitta bra och effektiva lösningar på de problem som en student kan utsättas för i en framtida anställning. Det kan vara på låga abstraktionsnivåer, tillämpat på rena kretslösningar, såväl som på högre systemnivåer. Brist på metodik leder till ett ineffektivt arbetssätt och lösningar som kanske förbrukar mycket effekt eller är för långsamma. Bristen på metoder kan dessutom leda till konstruktioner som inte fungerar och som är svåra att felsöka i. En bristfällig konstruktion i industrin leder inte bara till stora kostnader för att göra nya kretsar utan också till att man kommer sist ut på marknaden, vilket kan vara förödande för en ny produkt. Till exempel lär man sig i kursen DSP Design ETIN45 en strukturerad designmetodik vad det gäller hårdvaruarkitektur som skiljer sig från ett mer *ad hoc* betonat tillvägagångssätt. Detta tränas studenterna i, i projekt och laborationer. Det är också viktigt att ha en metodik av mer teoretisk karaktär. Att finna optimala lösningar på systemnivå kan leda till nya effektiva konstruktioner som t.ex. förbrukar mindre energi eller upptar mindre kiselyta.

Integrerade kretsar är mycket komplexa system och deras professionella utveckling och tillverkning kräver stora resurser. På ett företag är konstruktionsprocessen oftast uppdelad i flera avdelningar som är ansvariga för, till exempel system och hårdvaruarkitektur, implementering av algoritmer och kontrollstruktur, verifiering, syntes och fysiks placering. Som ingenjör är det viktigt att man har en bra överblick över alla ingående moment som krävs för att kunna göra en kostnadseffektiv hårdvaruimplementering. Genom de ingående kurserna försöker vi ge insyn in de mest betydelsefulla metoder som krävs för att lyckas med en integrerad krets.

Studenterna börjar SoC programmet (HT1) med två grundläggande kurser där de lär sig hur man kan designa enkla digitala grundblock för specifika ändamål med transistorer (ETIN20

Digital IC-konstruktion) och hur man kan realisera en digital krets på en högre abstraktionsnivå med hjälp av hårdvarubeskrivande språk (Digitala Strukturer på Kisel EITF35). I dessa kurser har studenterna tillgång till moderna designverktyg och hårdvaraplattformar, t.ex. modern processteknologi samt Field Programmable Gate Arrays (FPGA).

Examinationsform: i ETIN20 sätts betygen genom skriftlig tentamen medan kursen EITF35 examinerar studenterna kontinuerligt genom olika moment där kontrollstrukturer och algoritmer integreras i ett större system under kursens gång. För att klara kursen med betyg 3 krävs tre hårdvaruimplementeringar som måste demonstreras för en lärare, dvs muntlig och praktisk examination. Studenter som önskar ett högre betyg måste realisera ytterligare två små projekt.

För studenter som väljer en digital inriktning rekommenderas de i andra läsperioden (HT2) att läsa DSP Design (ETIN45) och/eller Datorarkitekturer (EITF20). I DSP design lär vi ut hur man kan designa arkitekturer för olika ändamål, t.ex. hög prestanda eller liten kretsytta. I Datorarkitekturer lär studenterna sig hur man kan konstruera en typisk mikroprocessor som är ett primärt byggblock för digitala plattformar. I VT1 fortsätter utbildningen med IC-Projekt I Digitalt (ETIN35) där studenterna lär sig nya designverktyg (verifiering, syntes, fysiks placering) genom genomförandet av ett mindre projekt. Studenterna jobbar i grupper om två med individuell examination genom muntligt redovisning av projektet. Under VT2 fortsätter utbildningen med andra delen IC Projekt II. I denna del skall studenterna genomföra ett projekt som adresserar väsentliga metoder samt lär ut designmetodik som krävs för att konstruera integrerade kretsar i en modern designmiljö. Typiska konstruktionsexempel är mikroprocessorer eller någon algoritm kopplad till trådlös överföring. Studenterna skall planera projektet med tydliga mål och deadlines i ett GANTT-schema. I projektplaneringen är studenterna helt fria men får stöd och återkoppling till genomförbarheten. Uppföljning av projektplanen sker genom tre presentationer under kursens gång i föreläsningssmiljö där de andra grupperna är närvarande. Syftet med presentationerna är att de lär sig redovisa inför en större grupp, att de ser att andra grupper också har problem, och att de får insyn i olika lösningar till samma problemställning. Kopplingen till ett näringslivet görs genom en eller två gästföreläsningar från industrin. Genom det omfattande projektarbetet syntetiserar studenterna kunskaper de inhämtat i förberedande kurser, och de i studenternas ögon löst kopplade delmomenten knyts samman till ett system. Målsättningen är att ge studenterna förståelse för att det behövs detaljkunskaper för att lyckas med implementeringen av ett större system. Ett moment som uppskattas av studenterna är förståelsen för problematiken med exakt tidsplanering, i de flesta fall var de för ambitiösa och underskattade uppgifternas svårighetsgrad och tidsåtgång. I andra läsåret fortsätter kursen (IC Projekt 2, ETIN40) med verifiering i labmiljö där studenterna skall implementera sina konstruktioner på en FPGA-plattform. Verifieringen genomförs genom funktionella tester och mätningar. Studenterna får uppleva att de kan verifiera den simulerade funktionaliteten på en mycket högra abstraktionsnivå sex månader tidigare. I detta skede har studenterna fått insyn i de väsentliga

metoder som krävs inom kretstillverkning och fått erfarenhet av en konstruktionsmiljö som i allt väsentligt är densamma som används inom industrin.

För studenter som väljer en analog inriktning av projektdelen följs i stort sätt samma flöde men med ett mindre inslag av datorbaserade konstruktionsprogram, även industriellt följer detta gängse industrimetodik.

I kurser på avancerad nivå finns ofta inte läromedel som passar. I forskningsanknytningen ingår därför att självständigt söka information och material i vetenskapliga artiklar och annan litteratur. Väl ute på arbetsmarknaden är det viktigt att ha med sig en metodik för att tillägna sig information på ett vetenskapligt sätt. Det handlar i stor utsträckning om att kunna omsätta vetenskap till reella konstruktioner.

Examensmål 2

För masterexamen ska studenten visa förmåga att kritiskt och systematiskt integrera kunskap och att analysera, bedöma och hantera komplexa företeelser, frågeställningar och situationer även med begränsad information

För att uppnå examensmål 2 uppnår studenterna följande delmål:

Examensmål 2A: att kritiskt och systematiskt integrera kunskap

Att kunna kritiskt och systematiskt integrera kunskap är en av hörnpelarna i utbildningen. Studenterna lär sig att systematiskt väga ihop kunskap från flera domäner, såsom digitala, analoga samt blandat digitala – analoga kretsar. De lär sig att kritiskt granska sina konstruktioner, projektkurserna och på laborationerna, för att kunna inse vad som kan leda till lösningar med bättre prestanda eller vad som rent av kan gå fel. Systematiken kan vara såväl på det teoretiska som på det tillämpade planet. Till hjälp har de ofta olika vetenskapliga artiklar. Det främsta exemplet på var kunskap integreras är naturligtvis examensarbetet men även inom den obligatoriska kursen IC Projekt 1 & 2 samt andra valfria projektkurser.

Att systematiskt ta en struktur i form av ekvationer i en algoritm eller ett blockschema ner till en praktiskt fungerande konstruktion är en konst som studenterna tillägnar sig. På vägens gång lär de sig att jämföra olika lösningar och kritiskt granska arbetet.

Examensmål 2B: analysera, bedöma och hantera komplexa företeelser, frågeställningar och situationer

Teoretisk analys baserad på fysikaliska modeller eller praktisk analys genom datorsimuleringar är en förutsättning för att kunna gå vidare och ta beslut i konstruktionsprocessen. Det är inte bara de inledande kurserna som har ett stort mått av detta utan även de fortsatta kurserna behöver analys parallellt med det praktiska konstruktionsarbetet. I projektkurser och laborativa kurser lär sig studenterna att hantera komplexa företeelser och frågeställningar i olika situationer, igen är det främsta exemplet IC

Projekt 1 & 2. Detta genom avancerade och realistiska problem som ska realiseras som fungerande kretsar. Till sin hjälp har de läromedel, i förekommande fall, samt vetenskapliga artiklar. De har också stor hjälp av avancerade datorhjälpmedel, t.ex. *cadtools*, för kretskonstruktion, i de flesta (alla) laborativa kurser. Värt att nämna är också att även i den icketekniska kursen *Intellectual Property Rights* (IPR) lär de sig analysera och bedöma olika frågeställningar och situationer, i form av olika *cases*.

Examensmål 3

För masterexamen ska studenten visa förmåga att kritiskt, självständigt och kreativt identifiera och formulera frågeställningar, att planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom givna tidsramar och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen samt att utvärdera detta arbete

För att uppnå examensmål 3 uppnår studenterna följande delmål:

Examensmål 3A: visa förmåga att bidra till kunskapsutvecklingen genom att kritiskt, självständigt och kreativt identifiera och formulera frågeställningar

Kurserna i programmet är till större delen på avancerad nivå förutom i de fall där inhämtande av förkunskaper kräver andra lösningar. Enligt Blooms taxonomi [6] är avancerad nivå det högsta stadiet i lärande dvs. studenterna ska utifrån analys kunna gå till syntes och värdering. Detta är fundamentalt för kurserna i programmet. Projekt och laborationer utförs självständigt. Kreativiteten är mycket viktig i detta sammanhang, eftersom det är studenterna själva som ska formulera frågeställningar för att finna lösningar på olika problem. En kritisk förmåga är också viktigt för att kunna värdera inte bara sitt eget arbete utan även andras vid gemensamma sammankomster och redovisningar. I flera kurser, tex IC Projekt och DSP Design, presenterar studenterna sina resultat för andra studenter genom muntliga redovisningar samt genom att visa lösningar av hemarbeten. Lärarna deltar och uppmuntrar till dialog men huvudsyftet är att det är studenterna som skall vara aktiva, de som presenterar såväl som de som lyssnar.

Examensmål 3B: visa förmåga att bidra till kunskapsutvecklingen genom att planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter

Metodiken är grunden i många av kurserna. Att självständigt kunna använda metoder för att lösa komplexa uppgifter är en viktig del i framförallt projekt och examensarbeten. Utan en välbetänkt metodik blir det svårt att komma fram till lösningar som ger bra resultat. Målsättningen är att de färdiga studenterna ska gå ut med så pass höga kunskaper i metodik, för kretskonstruktion, att de redan i arbetslivets början kan bli involverade i olika sammarbetsprojekt där de självständigt kan ta sig an olika delprojekt. Exempel på metodik från den digitala världen:

Studera problemet t.ex. genom artikelsökning → finn en eller flera passande algoritmer samt utvärdera dem, t.ex. genom simulering → utarbeta och utvärdera arkitekturer → bitoptimera arkitekturerna → implementera en vald arkitektur → utvärdera effektförbrukning, area och prestanda → börja om, om det inte blev bra.

Man kan notera att nya studenter ofta vill börja implementera direkt, men avsteg från metodiken leder oftast till att man förbrukar onödigt mycket tid och till ett sämre resultat, vilket de ganska snart inser, detta är speciellt påtagligt i kursen IC Projekt där dålig planering kan göra att resultatet blir undermåligt eller att tiden som krävs ökar betydligt.

Examensarbetet fyller en speciellt viktig funktion, eftersom studenterna då självständigt tillämpar den metodik de har lärt sig i andra projekt. Värt att nämna är att examensarbetena och projekten håller så pass god kvalitet att ett stort antal, 29, har lett till vetenskapliga publikationer [8 – 37]. Två av examensarbetena har också utmynnat i patent [38 – 39].

Examensmål 3C: visa förmåga att genomföra detta inom givna tidsramar

I många projekt är det viktigt att tidsplanen hålls, inte bara för de enskilda studenterna utan även för att andra studenter ofta är beroende av samtidighet. Som exempel kan nämnas att vi fabricerar en del av studenternas konstruktioner, för att kunna få mikrochips att mäta på. Ofta ska konstruktionerna, från olika grupper, sättas samman till en större konstruktion vilket är fallet inom den analoga delen av IC Projekt 1 & 2. Att hålla tidsramarna är därför ytterst viktigt. I andra projekt sätts hårda tidsramar för redovisning av delresultat och granskning. Studenterna lär sig att hålla dessa tidsramar, eftersom de som fallerar att hålla ramarna riskerar att bli underkända, vilket kan leda till att de får gå om kursen året därpå.

Examensmål 3D: visa förmåga att utvärdera sitt arbete

Studenterna har stora möjligheter att läsa kurser som är projektbaserade. Programmet ger tre stora projektkurser, två obligatoriska kurser *IC Project 1* och *2* om totalt 15 hp, samt en valfri kurs *Project in System-on-Chip* om 15 hp. Utöver det ges ett antal kurser med mindre projekt. Studenterna tvingas här i mycket hög utsträckning till att självständigt identifiera och formulera komplexa frågeställningar. Utvärdering av resultaten är ett viktigt moment för att nå bra framgång i projektarbetet. Det krävs att de planerar sitt arbete väl för att slutföra dessa projekt före deadline. Ett flertal olika moment krävs för att genomföra projekten, till exempel specifikation, arkitekturval, hierarkisk delning av problemet, fördelning av arbetsuppgifter vid grupparbete, och studenterna måste själv utvärdera vilken lösningsmetod som är lämplig för det identifierade problemet. Detta blir också särskilt tydligt i examensarbetet. Genom opposition på andra gruppers arbete tränas studenterna i utvärdering av eget och andras arbete.

Examensmål 4

För masterexamen ska studenten visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang muntligt och skriftligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa i dialog med olika grupper

För att uppnå examensmål 4 uppnår studenterna följande delmål:

Examensmål 4A: visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang muntligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa

Programstudenterna ställs hela tiden inför uppgiften att presentera vad de har åstadkommit. Det kan vara muntlig redovisning av resultaten från laborationer eller redovisning av hemuppgifter muntligen, inför läraren och andra studenter. Muntliga projektredovisningar är ett ständigt återkommande inslag, dels kontinuerligt längs kursens gång och dels slutredovisning när projektet är klart, speciellt är detta tydligt inom kursen IC Projekt. Mot slutet av utbildningen är studenterna därför väl förberedda för den muntliga presentationen av examensarbetet. Värt att nämna är att allt detta sker i en internationell miljö, där det gängse språket är engelska. Det kan också nämnas att studenterna förbättrar sig i det engelska språket, både muntligen och skriftligen, ju längre de kommit i programmet.

Examensmål 4B: visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang skriftligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa

Precis som ovan, studenterna ställs hela tiden inför uppgiften att presentera vad de har åstadkommit, även skriftligen. Det kan vara skriftlig redovisning av resultaten från laborationer eller redovisning av hemuppgifter skriftligen. Vid tentamen måste studenten kunna redogöra för lösningarna på ett begripligt sätt. Skriftliga laborations- och projektrapporter förekommer kontinuerligt. Finalen på de skriftliga arbetena utmynnar i examensarbetet i form av en cirka 50-100 sidor lång rapport.

Examensmål 4C: visa förmåga till dialog med olika grupper

Masterprogrammet antar studenter från alla möjliga kulturer. Man skulle kunna tro att de skulle ha svårt att sammarbeta med varandra, men det har visat sig att det fungerar mycket bra. De utför olika arbeten tillsammans, med mycket bra resultat. De presenterar sina arbeten inför varandra och de jobbar ihop när de ska läsa inför tentamen. Det har också visat sig att de samarbetar mycket väl med de inhemska studenter som de går tillsammans med i alla kurser. Även doktorander och lärare har mycket varierande bakgrund. Här fungerar kontakterna mycket väl, även om de kommer från olika kulturer.

Många studenter gör sitt examensarbete i industrin, företrädesvis i Europa. Där träffar de på helt andra grupperingar som de kan föra en dialog med. Vid presentation av examensarbetet uppmanas de att hålla en nivå på föredraget så att vilken annan student, inom näraliggande områden, kan förstå arbetet, samtidigt som experter från industrin deltar. De måste också, i förekommande fall, rikta sig till de vänner de har, när de kommer för att lyssna.

Examensmål 5

För masterexamen ska studenten visa förmåga att inom huvudområdet för utbildningen göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhällliga och etiska aspekter samt visa medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete

För att uppnå examensmål 5 uppnår studenterna följande delmål:

Examensmål 5A: visa förmåga att göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga aspekter

Utbildningen syftar till att ge en väsentligt fördjupad förmåga att med holistisk syn kunna angripa ett problem, utifrån vetenskapliga aspekter. Detta speciellt i huvudområdet *System-on-Chip*. Denna övergripande syn var en av anledningarna till att programmet startades. Andra utbildningar ledde till en smalare kompetens med ett mindre mått av helhetsaspekter. Rent vetenskapligt har möjligheterna och förutsättningarna förändrats så att behovet av en både bred och djup kompetens har ökat, detta genom den fantastiska utvecklingen av kiselteknologierna, där både analoga och digitala delar kan samsas.

Studenterna lär sig att ett system är inte bara en summa av de ingående komponenterna utan det är beståndsdelar som måste interagera med varandra, för att ge ett fungerande och effektivt system. Vetenskapligt måste de kunna ta till sig, analysera och kritiskt granska nya rön på systemnivå.

De måste också vetenskapligt kunna angripa och diskutera olika lösningar som rör alla delar i systemet samt även hur dessa delar interagerar, detta som en förberedelse för arbetslivet. Här har studenterna stor nytta av att forskarna också undervisar och för ner de senaste rönen till studenterna.

Examensmål 5B: visa förmåga att göra bedömningar med hänsyn till relevanta samhällliga och etiska aspekter

I miljön för de internationella masterstudenterna finns representanter för många olika kulturer och nationaliteter. De representerar också ett flertal olika religioner och etniska grupperingar. Mångfalden bland studenterna är alltså stor. Etniciteten är också stor bland de undervisande doktoranderna. Av 26 undervisande doktorander, har 8 utländsk bakgrund, dvs. nästan en tredjedel. Däremot har vi endast haft enstaka inhemska studenter på programmet, under de 9 åren det har existerat, men eftersom alla kurserna i programmet ges tillsammans med studenterna på civilingenjörsprogrammen, blir mångfalden mycket tydlig. Vi ser att de

diskuterar och interagerar med varandra. Vi ser väldigt få konflikter, utan istället samarbetar de med varandra, även med de inhemska studenterna. Manliga studenter, som kommer från kulturer där kvinnor ofta inte är likabehandlade, visar inga sådana tecken här vid utbildningen. Genom denna mångfald lär sig studenten att göra bedömningar i hur man ska hantera olika situationer på ett etiskt sätt.

Denna interaktion är väldigt positiv för studenterna. Många gånger hör man att de fått vänner för livet. Jämställdhet, etnisk och kulturell mångfald är därför en självklarhet i programmet, inte bara för studenterna utan även för den personal som undervisar och administrerar programmet.

De ser det positivt att ha engelska som bas, möjligen därför att de har insett att goda kunskaper i engelska, i skrift och tal, är nödvändigt i karriären efter Masterexamen. Vi ser hur de utvecklas i kommunikationen med det engelska språket. De som hade relativt svårt att uttrycka sig när de startade har utvecklats sig bra, efter de år de studerat här. Ett antal studenter läser även svenska, vilket är ett tecken på att de gärna vill ha en fortsatt karriär här i Sverige. Kort sagt, man kan konstatera att mångfalden är väldigt stor, vilket också är ett ändamål med programmet.

Många stannar i Sverige, Europa eller far västerut efter utbildningen, medan andra vänder hem till sina hemländer. De som stannar tillför industrin med viktig välutbildad arbetskraft eller går de vidare i en forskningskarriär, medan de som vänder hem verkar som ambassadörer för Sverige. Med sig har de också en gedigen förmåga att göra bedömningar i etiska frågor, som de kanske inte hade före de startade på utbildningen.

I ett genusperspektiv ser vi att andelen kvinnor i utbildningar, av elektroteknisk karaktär, har historiskt varit väldigt låg. Ett ökat antal kvinnor i programmet välkomnas varmt. I detta masterprogram, under de år då programmet har varit ett *Master of Science* program 2007-2012, har andelen kvinnor varit cirka 15 % i medeltal, med ett maximum på 19 % år 2010. Det får anses som anständiga, men inte tillräckliga, siffror för utbildningar av elektroteknisk karaktär. Antalet kvinnor är trots allt tillräckligt för att studenterna ska lära sig att göra etiska och samhällseliga bedömningar ur ett jämställdhetsperspektiv.

Examensmål 5C: *visa medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete*

”Forskaren har nämligen ytterst själv ansvaret att se till att forskningen är av god kvalitet och moraliskt acceptabel.” [7].

Forsknings- och utvecklingsetiska frågor är sålunda en viktig del för alla inblandade. Det finns en mängd normer både lokalt och nationellt i detta sammanhang. Det handlar om regler och moral kring att plagiera, förvanska och fabricera resultat. Det kan även vara att tillhandahålla material till någon som man vet har för avsikt att kopiera det.

Det är ofta inte lätt för en internationell student att ta till sig dessa normer eftersom de kommer från en annan kultur med helt andra krav och regler. Därför är det speciellt viktigt att vi förmedlar de etiska grundvalarna i forsknings- och utvecklingsproblematiken. Studenterna måste ha ett gott synsätt, både i sin egen och i andras verksamhet. Trots allt, de allra flesta har en uppfattning om vad akademisk hederlighet innebär. Många av studenterna är t.ex. *student Members of IEEE*, den största ingenjörsgenomsättningen i världen, som har en yrkeskodex, *IEEE code of ethics*.

Studenterna informeras i etikfrågor redan när de registrerar sig för programmet. De signerar ett kontrakt där de intygar att de kommer följa de regler och den moral som gäller här. Etikfrågorna diskuteras i flera kurser. I bland annat kursen *Intellectual Property Rights* (IPR) ventileras dessutom etiska aspekter när det gäller frågor som patent, mönsterskydd, upphovsrätt, skydd för formgivning och varumärke. Vi har haft obligatoriska föreläsningar i akademisk hederlighet. Inför examensarbetet informeras de om akademisk hederlighet och att vi testar rapporterna i "Urkund". Trots stora ansträngningar, har det tyvärr ändå förekommit några enstaka fall av plagiat som lett till att studenter suspenderats, under kortare tid.

Betraktelser från tre före detta studenter

Betraktelserna visar att de är mycket nöjda och att vi uppnår målen med utbildningen. Texterna är nedkortade men finns i sin helhet på websidan [5].

Deepak Dasalukunte: Deepak tog sin masterexamen 2006 vid LTH och fortsatte till doktorsgrad år 2012 vid Institutionen för Elektro- och informationsteknik, LTH.

"... During my Master studies, the curriculum provided a good and balanced exposure to both theory and practical aspects in the subjects being taught. While the quarterly system at Swedish universities can be a bit challenging, it is also an opportunity to test one's ability to learn quickly and apply the same into practice. The interaction with the faculty is quite informal and they are quite open and encourage students to come up with new ideas to solve problems.

Most courses in the curriculum include applied parts of theory where one has to work on a project or in a lab. Prior preparation can really make a difference both in terms of time and the amount of learning one can achieve. ...

"... Overall, my experience at Lund University has been a highly positive, rewarding and an encouraging experience."

Peyman Pouyan: Peyman tog sin masterexamen 2010. Han är nu doktorand vid University Polytechnique of Catalonia in Barcelona.

”... There were many international students in the SoC program and I was feeling excited to be able to meet and be classmate with students from various countries and cultures, that with most of them I have still kept contact after my graduation.

Most of the courses in the SoC program were scheduled in such a way that they contained homework and laboratory experiments during the whole semester so usually during the week and sometimes on the weekends I was busy to finish the assignments. Most of these assignments and lab experiments were possible to be done in groups of two or three students and that could help me for a better understanding of the concepts. The labs at the department were equipped with updated hardware and software used in the industry and could help us to learn about the latest technology for our future careers. ...

... At the end of my second year of the program I finished the enough credits and started to do my master thesis at the Electrical and Information department. My thesis subject was about hardware implementation of some unary function, which was so interesting and supervised by two of my tutors at the university. I could finish the thesis successfully on time by guide of my supervisors and we published the thesis results in an academic paper. ...

... In my current research work sometimes I exploit the knowledge of digital design that I could obtain from my studies at Lund University from the courses such as digital circuit design and IC design. ...”

Vara Prasad Goluguri: Vara tog sin masterexamen år 2007

“...Professors are very open, feel free to talk to them, discuss your ideas, they would be the first to encourage you. ...

... The courses are pretty intensive and one has to start working from Day-1. This is especially true because the terms here are short and the delay in solving exercises and labs seems to pile up exponentially.

There are many expensive tools for you to use. Many universities elsewhere in the world cannot afford to have them. So use them to your advantage. Spend time. While applying for jobs after graduating, employers want the applicant to be very comfortable with the tools. One cannot be comfortable just by doing the 4-hour lab sessions. The tools used at the school are just the ones that the industry uses. ...

... Labs - Try to do them before you enter the lab. If you start everything from scratch in the lab, you will ask simple and silly questions to the lab assistants. That means you are losing valuable advice that the lab assistants can give. These guys are PhD. students and they know a lot. So, it is completely up to you how you use them. ...

... Ask questions! No one takes offense here for questions. They actually appreciate it.

Something you do not get without asking. For example, a Lecturer gave a course in English just because of one English-speaking person ...”

Referenser

- [1] Peter Nilsson and Viktor Öwall, "Socware: A New System-on-Chip Curriculum at Lund University", in Proceedings of the 4th European Workshop on Microelectronics Education (EWME'2002), Baiona, Spain, May 23-24, 2002
 - [2] Peter Nilsson, Petru Eles, and Hannu Tenhunen, "Socware: A New Swedish Design Cluster for System-on-Chip", in Proceedings of the 2001 Microelectronic Systems Education Conference (MSE'01), Las Vegas, USA, June 17-18, 2001
 - [3] Hugo Hedberg, Thomas Lenart, Henrik Svensson, Peter Nilsson, and Viktor Öwall, "Teaching Digital HW-Design by Implementing a Complete MP3 Decoder", in Proceedings of the 2003 Microelectronic Systems Education Conference (MSE'03), Anaheim, USA, June 1-2, 2003
 - [4] <http://soc.eit.lth.se/>
 - [5] <http://soc.eit.lth.se/> under "Student views"
 - [6] Bloom, B. S. "Taxonomy of educational objectives, handbook I: Cognitive domain," New York: David McKay, 1956.
 - [7] <http://www.codex.vr.se/forskarensetik.shtml>
- De följande 29 referenserna [8 - 37] visar publikationer som resultat av masterstudenters projekt- och examensarbeten. Samtliga är har genomgått/genomgår granskning (*Peer Reviewed*).
- [8] Mehmood, D. Dasalukunte, V. Öwall, "Hardware architecture of IOTA pulse shaping filters for multicarrier systems," Transactions on Circuits and Systems - I, Regular papers, 2013.
 - [9] Dawei Ye, Ping Lu, Pietro Andreani, and Ronan van der Zee, "A Wide Bandwidth Fractional-N Synthesizer for LTE with Phase Noise Cancellation Using a Hybrid DAC and Charge Re-timing," submitted to ISCAS 2013.
 - [10] Mohammed Al-Obaidi, Harshavardhan Kittur, Håkan Andersson and Viktor Öwall, "Hardware Acceleration of the Robust Header Compression (RoHC) Algorithm", submitted to IEEE ISCAS 2013.
 - [11] Ping Lu, Ying Wu, Pietro Andreani, "A 90nm CMOS Digital PLL Based on Vernier-Gated-Ring-Oscillator Time-to-Digital Converter," ISCAS 2012.

- [12] P. Meinerzhagen, O. Andersson, B. Mohammadi, Y. Sherazi, A. Burg, J. Rodrigues, "A 500 fW/bit 14 fJ/bit-access 4kb Standard-Cell Based Sub-VT Memory in 65nm CMOS," IEEE, ESSIRC 2012, Bordeaux, France, 2012-09-17/2012-09-21.
- [13] Karlsson, O. Andersson, J. Sparsø, J. Rodrigues, "IR-Drop Reduction in Sub-VT Circuits by De-synchronization," IEEE Subthreshold Microelectronics Conference, IEEE-Sub-Vt 2012, Waltham, Massachusetts, USA, 2012-10-09/2012-10-10.
- [14] H. Prabhu, S. Thomas, J. Rodrigues, T. Olsson, A. Carlsson, "A GALS ASIC implementation from a CAL dataflow description," IEEE, NORCHIP, Lund, Sweden, 2011-11-14/2011-11-15.
- [15] Muhammad Shakir, Mohammed Abdulaziz, Ping Lu, Pietro Andreani, "A Mixed Mode Design Flow for multi GHz ADPLLs," IEEE, NORCHIP, Lund, Sweden, 2011-11-14/2011-11-15.
- [16] Ying Wu, Ping Lu, Pietro Andreani, "A Digital PLL with a Multi-Delay Coarse-Fine TDC," IEEE, NORCHIP, Lund, Sweden, 2011-11-14/2011-11-15.
- [17] Mohammed Abdulaziz, Muhammad Shakir, Ping Lu, Pietro Andreani, "A 2.7GHz Divider-less All Digital Phase-Locked Loop with 625Hz Frequency Resolution in 90nm CMOS," IEEE, NORCHIP, Lund, Sweden, 2011-11-14/2011-11-15.
- [18] Xiaodong Liu, Vijay Viswam, Stefan Andersson, Johan Wernehag, Imad ud Din, Pietro Andreani, "Highly Linear Direct Conversion Receiver using Customized On-chip Balun," IEEE, Norchip, Lund, Sweden, 2011-11-14/2011-11-15.
- [19] Y. Wu, X. Liu, D. Ye, V. Viswam, L. Zhu, P. Lu, D. Radjen, H. Sjöland, "A 0.13 μ m CMOS PLL FM Transmitter," Norchip, Lund, Sweden, 2011-11-14/2011-11-15
- [20] Peter Nilsson and Syed Nadeemuddin, "Power Reductions in Unrolled CORDIC Architectures," in the Proceedings of the European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD 2011), August 29-31, 2011, pp. 725-728, Linköping, Sweden
- [21] Peyman Pouyan, Erik Hertz, and Peter Nilsson, "A VLSI Implementation of Logarithmic and Exponential Functions Using a Novel Parabolic Synthesis Methodology Compared to the CORDIC Algorithm," in the Proceedings of the European Conference on Circuit Theory and Design (ECCTD 2011), August 29-31, 2011, pp. 729-732, Linköping, Sweden
- [22] Diaz, B. Sathyanarayanan, A. Malek, F. Foroughi, J. Rodrigues, "Highly Scalable Implementation of a Robust MMSE Channel Estimator for OFDM Multi-Standard Environment," IEEE Workshop on Signal Processing Systems, Beirut, Lebanon, pp. 311-315, 2011-10-4/7.
- [23] M. Stala, C. Bilgin, R. Gangarajaiah, J. Rodrigues, "Hardware Implementation of an Iterative Sampling Rate Converter for Wireless Communication," IEEE Global Telecommunications Conference (Globecom), IEEE GLOBECOM 2010, Miami, Florida, USA, 2010-12-04.

- [24] Johan Löfgren, Shahid Mehmood, Nadir Khan, Babar Masood, M. Irfan Z. Awan, Imran Khan, Nafiz A. Chisty, and Peter Nilsson, "Implementation of an SVD Based MIMO OFDM Channel Estimator," in the Proceedings of the NORCHIP 2009 Conference, pp, Trondheim, Norway, November 16-17, 2009
- [25] K. K. Lee, C. Bryant, M. Törmänen, H. Sjöland, "Design and analysis of an ultra-low-power LC quadrature VCO," Analog Integrated Circuits and Signal Processing, 2010
- [26] K. K. Lee, C. Bryant, M. Törmänen, H. Sjöland, "A 65-nm CMOS ultra-low-power LC quadrature VCO," Proc. IEEE NORCHIP, NORCHIP 2009, Trondheim, Norway, pp. 1-4, 2009-11-16/2009-11-17.
- [27] Rodrigues, O. Akgun, A. de la Calle, P. Acharya, Y. Leblebici, V. Öwall, "Energy dissipation reduction of a cardiac event detector in the sub-V_t domain by architectural folding," Integrated Circuit and System Design: Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation, 19th International Workshop on Power and Timing Modeling, Optimization and Simulation (PATMOS) 2009, Delft, The Netherlands, Vol. 5953, pp. 347-356, 2009-09-9/11.
- [28] C. Zhang, T. Lenart, H. Svensson and V. Öwall, "Design of coarse-grained dynamically reconfigurable architecture for DSP applications," International Conference on Reconfigurable Computing and FPGAs, 2009
- [29] S. R. Rupanagudi, V. Rupanagudi, M. Kamuf and V. Öwall, "Reducing computational complexity of branch metric calculations in a trellis decoder," International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), Saariselkä, Finland, 2008.
- [30] K. Chalermasuk, R.H. Spaanenburger, L. Spaanenburger, M. Seutter, and H. Stoorvogel, "Flexible-Length Fast Fourier Transform for COFDM," Electronics, Circuits and Systems, 2008. ICECS 2008, 15th IEEE International Conference on, Aug. 31 2008-Sept. 3 2008
- [31] V. P. Goluguri, J. Wernehag, H. Sjöland, N. Troedsson, "A Quad-Core 130-nm CMOS 57-64 GHz VCO," Proceedings from the 9th GigaHertz Symposium 2008, Mars 5-6, 2008, Göteborg, Sweden, 2008-03-05/2008-03-06. A. Axholt, W. Ahmad, H. Sjöland, "A 90nm CMOS UWB LNA," Norchip 2008, Tallin, pp. 25-28, 2008-11-17/2008-11-18
- [32] K. K. Lee, Y. Wang, Q. Zhang, H. Sjöland, "A 1W Class-D Audio Power Amplifier in a 0.35um CMOS Process," Norchip 2008, Tallinn, 2008-11-18.
- [33] J. Lindstrand, D. Radjen, R. Fitzgerald, A. Axholt, H. Sjöland, "An integrated 3-level fully adjustable PWM class-D audio amplifier in 0.35um CMOS," Norchip 2008, Tallin, pp. 168-171, 2008-11-17/2008-11-18.
- [34] Fredrik Kristensen, Rafael Cervino, Peter Nilsson, and Viktor Öwall, "Low Complexity Real-Time Feature Extraction Using Image Projections," in Proceedings of the NORCHIP 2007 Conference, pp, Aalborg, Denmark, November 19-20 2007.

- [35] Rodrigues, Y. Fuqiang, X. Lin, V. Öwall, "Leakage Minimization in Cardiac Rhythm Management Devices by Time-multiplexing," IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference (BIOCAS), London, England, 2006.
- [36] D. Dasalukunte, A. Palsson, M. Kamuf, P. Persson, R. Veljanovski, V. Öwall, "Architectural Optimization for Low power in a Reconfigurable UMTS filter", International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), San Diego, 2006.
- [37] Dongdong Chen, Bintian Zhou, Zhan Guo, and Peter Nilsson, "Design and Implementation of Reciprocal Unit," in the Proceedings of IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MIDWEST), Cincinnati, USA, August 2005

Patent

- [38] Matthias Kamuf, Lay Hong Ang, Wee Guan Lim, "Soft Output Viterbi Algorithm Method and Decoder," June, 21 2012: US 20120159288
- [39] Bilgin Can, Gangarajaiah Rakesh, Stala Michal, "Procédé et agencement pour conversion du taux d'échantillonnage / Verfahren und Anordnung zur Abtastratenumwandlung / Method and arrangement for sampling rate conversion," Ericsson Telefon LM. Jul, 6 2011: EP2341621 (A2)

Del 2

Lärarkompetens och lärarkapacitet

Nedanstående analys baserar sig på situationen vid utgången av läsåret 2011/2012.

I programmets huvudområde, dvs. IC-konstruktion, finns ett högt antal disputerade forskare som också undervisar. Fakultetsmedlemmarna inom huvudområdet består av 5 professorer, 1 docent och 4 lektorer. Utöver det har programmet 26 undervisande doktorander. I stora drag sköter fakultetsmedlemmarna kursutvecklingen, administrerar kurserna och föreläsningarna. Doktoranderna har hand om övningar, seminarier, laborationer och projektuppföljning. Fakultetsmedlemmarna undervisar 20 till 25 % och doktoranderna 15 till 20 %. Eftersom programmet är i ständig utveckling möts fakultetsmedlemmarna regelbundet, en till två gånger i månaden, för att diskutera programmets utformning och andra eventuella frågor. Speciellt viktigt är det att se hur kurserna kopplar till varandra. I varje kurs, eller näraliggande kurser, diskuteras även kurserna med alla inblandade, både fakultetsmedlemmarna och doktoranderna.

Lärarkompetensen är mycket hög eftersom vi enbart har forskande lärare, som dessutom forskar på världsnivå. Lärarkapaciteten kan tyckas vara mycket hög men det krävs i ett program som har så stort inslag av projekt och laborationer. Som det ser ut idag så är kapaciteten fullt tillräcklig.

Del 2

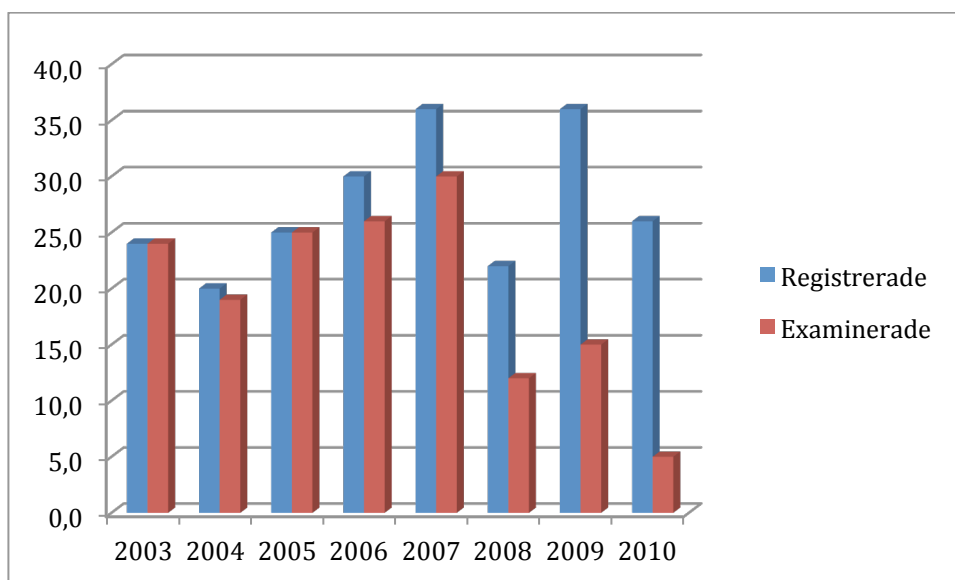
Antal helårsstudenter

Antal helårsstudenter i aktuell utbildning läsåret 2011/2012.

	Antal
Helårsstudenter	43

Studenternas förutsättningar

De antagna studenterna har en bakgrundsexamen, *Bachelor*, generellt på grundnivå, motsvarande tre års universitetsstudier men oftast har de studerat fyra eller fem år i sitt hemland, för att få sin examen. Deras examen ska vara i området *Electrical Engineering (EE)*, *Computer Engineering (CE)* eller *Computer Science (CS)*. De måste också ha läst elektronik. Det görs inga undantag från dessa förkunskaper.



Figur 2. Antalet registrerade och examinerade studenter, 2003 – 2010.

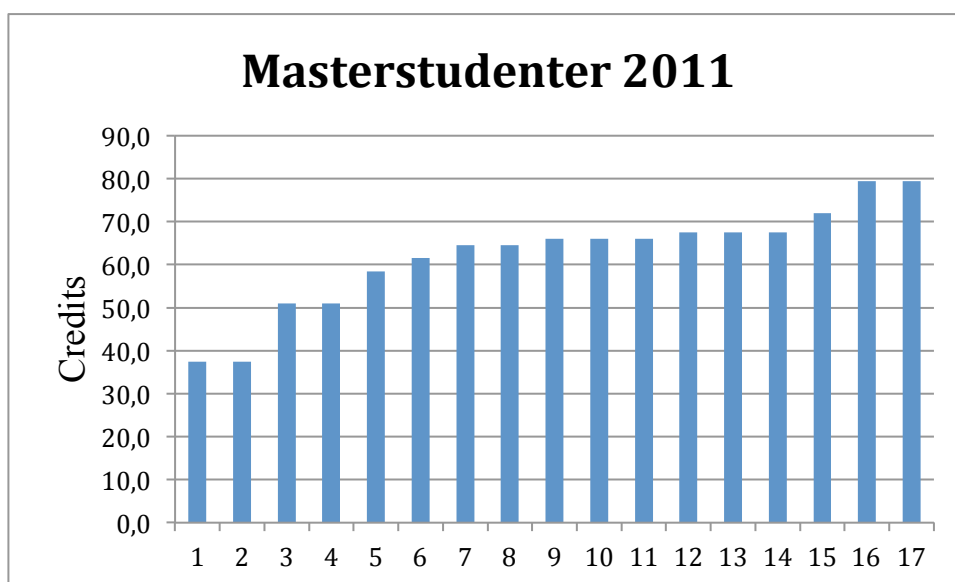
Figur 2 visar antalet registrerade och examinerade studenter, åren 2003 – 2010. Några få som har väldigt få poäng, dvs. de som avslutade studierna redan första läsperioden, är inte medräknade. Man kan se att genomströmningen är mycket hög. Mellan åren 2003 och 2007, då man kan anta att inga aktiva studenter är kvar på programmet, har genomströmningen varit 93 % i medeltal. Detta får ses som ett mycket gott betyg för utbildningen. Efter 2007 finns fortfarande aktiva studenter.

Även om de på pappret har goda förkunskaper, är det svårt att avgöra kvaliteten på studenterna vid antagningen. Vi kan inte intervjua studenterna eftersom vi har hundratals

ansökningar varje år. Enstaka studenter som kommer hit är svaga. Det märks genom att de tar lite längre tid på sig. Dock är en överväldigande majoritet mycket duktiga studenter. En annan anledning till att examen fördröjs är att vissa företag kräver längre examensarbeten. Ytterligare en orsak är att de ofta läser fler kurser än de behöver. Anledningen till det är ofta att de inte tar ut examen förrän de har fått en anställning. Är de inte sysselsatta, kommer Migrationsverket att avvisa dem, mer eller mindre direkt. Det viktiga är trots allt att de tar sin mastersexamen. Dessa effekter syns i staplarna från 2008 och 2009 i figur 2.

Från och med 2011 infördes ett system med betalande studenter. Studenter utanför EU/EES blir belagda med en studieavgift om 140 000 SEK per år. Antalet studenter på programmet gick som väntat ner år 2011. Kvaliten på studenterna är lika hög som tidigare år. Figur 3 visar antalet poäng som 2011 års studenter tagit efter första året. I figuren kan man se att 70 % av studenterna har tagit mer än 60 hp, där 60 hp motsvaras av ett års helårsstudier.

Genomströmningen är mycket hög och förutsättningarna för att studenterna ska lyckas är alltså mycket höga.



Figur 3. Antal hp som var och en, av 2011 års studenter, tagit efter första året.

Del 3

Andra förhållanden

Examensarbetenas mål, ingående moment och förläggning

Examensarbetet är klassat som en kurs på avancerad nivå. Syftet med examensarbetet är att studenten skall utveckla och visa sådan kunskap och förmåga som krävs för att självständigt arbeta som en *Master of Science*. De ska visa fördjupad kunskap inom teknikområdet *System-on-Chip*.

I studieplanen kan man läsa om målen

Kunskap och förståelse

För godkänd kurs skall studenten

- visa fördjupad kunskap inom det valda teknikområdet

Färdighet och förmåga

För godkänd kurs skall studenten

- visa förmåga att med helhetssyn kritiskt, självständigt och kreativt identifiera, formulera och hantera komplexa frågeställningar,
- visa förmåga att delta i forsknings- eller utvecklingsarbete och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen
- visa förmåga att planera och med vetenskapliga och ingenjörsmässiga metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom givna ramar,
- visa förmåga att kritiskt och systematiskt integrera kunskap förvärvad i centrala och kvalificerade kurser inom programmet, och
- visa förmåga att på nationell som internationell nivå för examen muntligt och skriftligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa
- självständigt identifiera relevanta informationskällor, utföra informationssökningar, värdera informationens relevans samt använda sig av korrekt referenshantering

Värderingsförmåga och förhållningssätt

För godkänd kurs skall studenten

- visa förmåga att bedöma eget och andras examensarbeten med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhällseliga och etiska aspekter.

Det övergripande målet för utbildningen – anställningsbarhet

Det övergripande målet med utbildning är att kunna examinera skickliga studenter för en yrkesroll inom teknikområdet *System-on-Chip*. Det finns ett stort behov av personer med den bakgrunden. Industrin i Sverige och övriga västvärden anställer dessa specialister. Många av dem anställs av den lokala industrin i Lund. Man kan se det som att svenska staten bekostar en 2-årig utbildning för studenter, som redan har en 12- till 14-årig utbildning, och får en yrkesman som direkt passar in i den svenska industrin. En ren vinst för samhället. Andra

studenter fortsätter med en forskarkarriär, här i Sverige och övriga västvärden. I forskargruppen har vi 12 före detta masterstudenter som är eller har varit doktorand.

Andra förhållanden som påverkar utbildningens kvalitet

Migrationsverket påverkar studenterna negativt, vilket är en stressfaktor för de som drabbas. Studenterna har ofta upp till fem månaders handläggningstid, för ett förlängt visa. Den drabbade studenten kan då inte resa och presentera sitt arbete eftersom han/hon inte blir insläppt i Sverige igen. Migrationsverket avvisar också studenter om de inte har någon anställning när de har tagit ut sin examen eller till och med om de tagit för få poäng under en kortare period. Det händer ibland när de har långa examensarbeten.

Bostadssituationen i Lund påverkar också negativt. Många studenter får bo en bit utanför Lund och måste pendla, vilket upplevs som besvärligt.

Bilaga – Lärarkompetens och lärarkapacitet

Denna tabell avser de lärare som var kursansvariga/examinatorer på Masterprogrammet i system på chips läsåret 2011/2012.

Förklaringar:

Docent avser lärare som innehar oavlönad docentur på LTH.

ETP avser lärare som innehar den högskolepedagogiska kompetensgraden ETP, Excellent Teaching Practitioner. Denna kompetensgrad erhålls efter en prövning motsvarande docentkompetens. Lärare med ETP ska ha en högskolepedagogisk kompetens minst motsvarande SUHF norm om 10 veckors högskolepedagogisk utbildning.

Lärarkapacitet avser antalet tillsvidareanställda lärare vid lärarens institution på LTH. I de fall uppgift saknas är läraren anställd vid en avdelning/institution vid Lunds universitet som inte tillhör LTH.

	Kurskod	Kursnamn	Nivå	Kursansvarig/examinator	Tjänstetitel	Docent	ETP	Lärar- kapacitet
Årskurs 1	EDAN15	Konstruktion av inbyggda system	A	Krzysztof Kuchcinski	professor	JA		26
	EITF35	Digitala strukturer på kisel	G2	Joachim Rodrigues	univlekt, biträdan			43
	ETI220	Integrerade A/D och D/A omvandlare	A	Pietro Andreani	univlekt			43
	ETI280	Immaterialrätt	G1	Peter Nilsson	professor	JA		43
	ETIN01	IC-projekt & verifiering	A	Joachim Rodrigues	univlekt, biträdan			43
	ETIN01	IC-projekt & verifiering	A	Henrik Sjöland	professor	JA		43
	ETIN20	Digital IC-konstruktion	A	Peter Nilsson	professor	JA		43
	ETIN25	Analog IC-konstruktion	A	Markus Törmänen	univlekt, biträdan			43
Valfria kurser	EDA385	Konstruktion av inbyggda system, fördjupningskurs	A	Flavius Gruian	univlekt			26
	EEMN01	Mikrosensorer	A	Martin Bengtsson	gästlärare	JA		8
		OFDM för						43

	Kurskod	Kursnamn	Nivå	Kursansvarig/examinator	Tjänstetitel	Docent	ETP	Lärar-kapacitet
	EITF20	Datorarkitektur	G2	Anders Ardö	univlekt	JA		43
	EITN25	Projekt i system på chips	A	Peter Nilsson	professor	JA		43
	ETI031	Radio	G2	Göran Jönsson	univadj		JA	43
	ETI032	Radioelektronik	A	Göran Jönsson	univadj		JA	43
	ETI041	Radioprojekt	A	Göran Jönsson	univadj		JA	43
	ETI121	Algoritmer i signalprocessorer - projektkurs	A	Nedelko Grbic	univlekt	JA		43
	ETI135	Avancerad digital IC-konstruktion	A	Peter Nilsson	professor	JA		43
	ETI170	Integrerad radioelektronik	A	Henrik Sjöland	professor	JA		43
	ETI180	DSP-design	A	Viktor Öwall	professor			43
	ETI290	Avancerad analog design	A	Bertil Larsson	univadj		JA	43
	ETIN05	Avancerade AD/DA omvandlare	A	Pietro Andreani	univlekt	JA		43

	Kurskod	Kursnamn	Nivå	Kursansvarig/examinator	Tjänstetitel	Docent	ETP	Lärar-kapacitet
	ETIN10	Kanalmodellering för trådlös kommunikation	A	Fredrik Tufvesson	univlekt			43
	ETIN15	Radiosystem	A	Ove Edfors	professor			43
	FFF021	Halvledarfysik	A	Carina Fasth	univlekt	JA		15
	FFF042	Fysiken för låg-dimensionella strukturer och kvantkomponenter	A	Mats-Erik Pistol	professor	JA		15
	FFF110	Process- och komponentteknologi	G2	Claes Thelander	univlekt, biträdan	JA		15
	FFF115	Höghastighetselektronik	A	Erik Lind	univlekt	JA		43
	FFF160	Nanoelektronik	A	Lars-Erik Wernersson	professor			43