



Linköping University

Reinventing research and education

Elektronikprofilen

LIU EXPANDING REALITY

Vad är elektronik?
Eller - hur skulle världen sett ut utan elektronik?

Född med elektronik!



Om man är född innan 1980

Elektronik i allmänhet

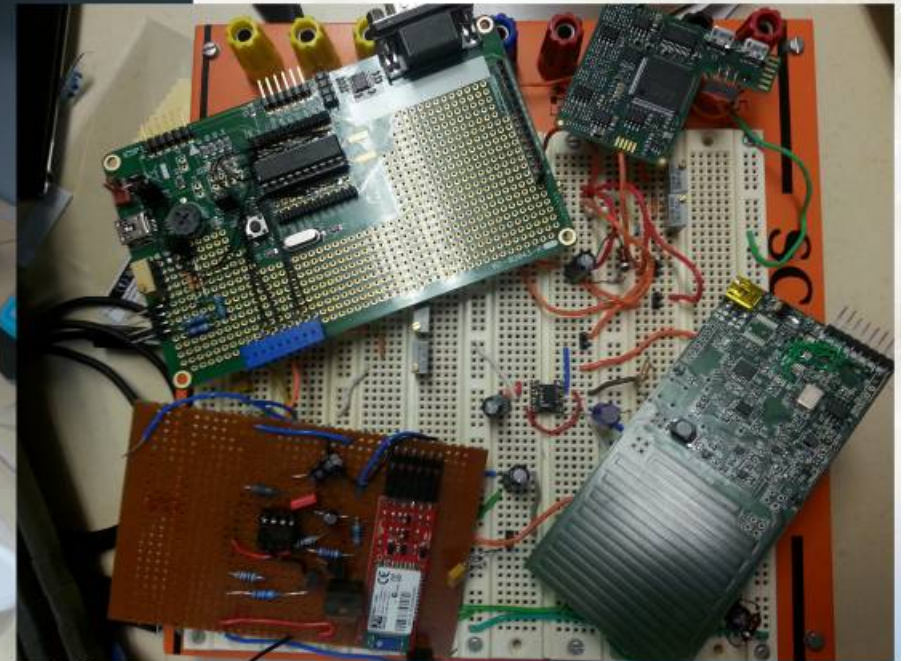
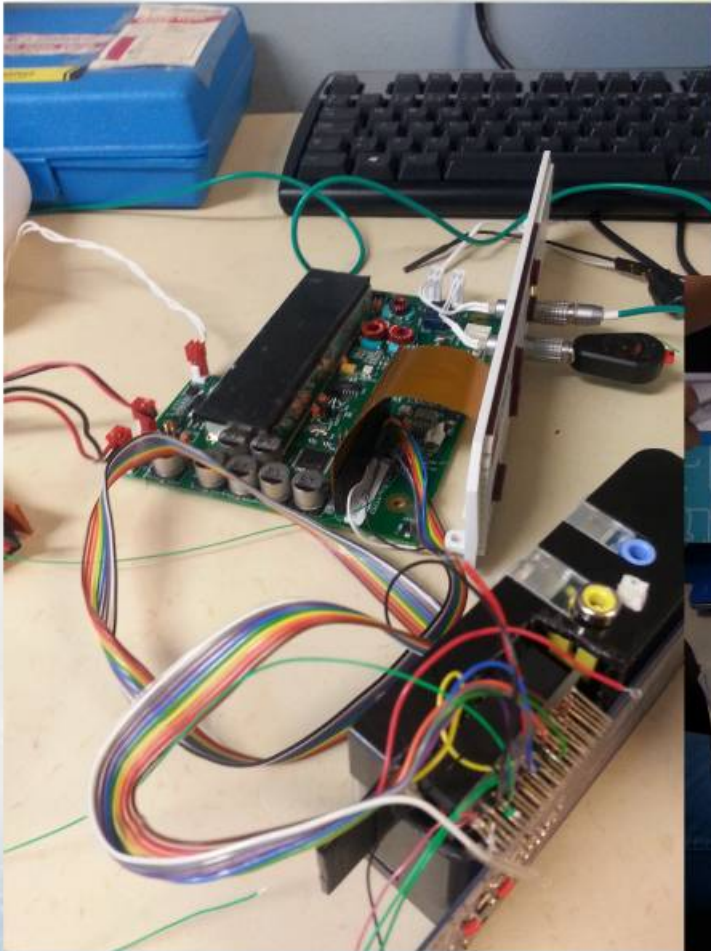
- **En av världens starkaste marknader.** Tillväxten är stor och möjligheterna obegränsade.
- Mobiltelefoner, datorer, internet, TV, GPS, allt-innanför-skalet i bilar
- Otaliga tillämpningar: ICT, eHälsa, sakernas internet, förnybarhet, underhållning, automation, smarta-hemmet, fitness, säkerhet, bil-/flygindustri
- Fantastiska arbetsmöjligheter ... och löner!

Elektronik i Sverige (enligt staten)

- Grupp 1: Framställer elektroniksystem (ca 3 600)
- Grupp 2: Använder elektroniksystem i produkt (ca 7 700)
- Grupp 3: Beroende av elektroniksystem i verksamhet (ca 14 900)
- Möjliggörare, tillväxtmotor och hävstång för alla industribranscher

- Grupp 1 och 2 sysselsätter 300 000 och omsätter > 1 biljon kronor.
- Med grupp 3 landar siffran på 2 500 miljarder kronor i omsättning och över 700 000 anställda.
- 28% av svenskt näringslivs totala förädlingsvärde.
Enbart grupp 1 står för 11% av exporten.

Elektronik i synnerhet? Lödkolv? Multimeter?



Processorer 1971 till 2002

2300 trans @108 kHz - 220M trans @1 GHz



4004 Processor
 Introduced: **1971**
 Initial clock speed: 108 KHz
 Number of transistors: 2,300
 Circuit line width: 10 micron



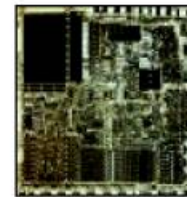
8008 Processor
 Introduced: **1972**
 Initial clock speed: 500-800 KHz
 Number of transistors: 3,500
 Circuit line width: 10 micron



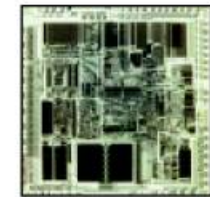
8080 Processor
 Introduced: **1974**
 Initial clock speed: 2 MHz
 Number of transistors: 4,500
 Circuit line width: 6 micron



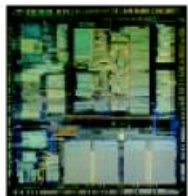
8086 Processor
 Introduced: **1978**
 Initial clock speed: 5 MHz
 Number of transistors: 29,000
 Circuit line width: 3 micron



8088 Processor
 Introduced: **1979**
 Initial clock speed: 5 MHz
 Number of transistors: 29,000
 Circuit line width: 3 micron



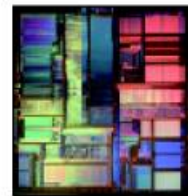
Intel286 Processor
 Introduced: **1982**
 Initial clock speed: 6 MHz
 Number of transistors: 134,000
 Circuit line width: 1.5 micron



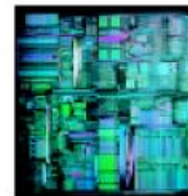
Intel386 Processor
 Introduced: **1985**
 Initial clock speed: 16 MHz
 Number of transistors: 275,000
 Circuit line width: 1.5 micron



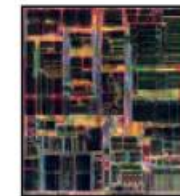
Intel486 Processor
 Introduced: **1989**
 Initial clock speed: 25 MHz
 Number of transistors: 1.2 million
 Circuit line width: 1 micron



Pentium Processor
 Introduced: **1993**
 Initial clock speed: 66 MHz
 Number of transistors: 3.1 million
 Circuit line width: 0.8 micron



Pentium Pro Processor
 Introduced: **1995**
 Initial clock speed: 200 MHz
 Number of transistors: 5.5 million
 Circuit line width: 0.35 micron



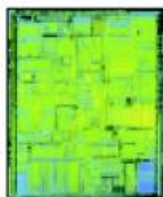
Pentium II Processor
 Introduced: **1997**
 Initial clock speed: 300 MHz
 Number of transistors: 7.5 million
 Circuit line width: 0.25 micron



intel



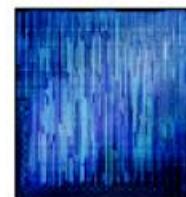
Celeron Processor
 Introduced: **1998**
 Initial clock speed: 266 MHz
 Number of transistors: 7.5 million
 Circuit line width: 0.25 micron



Pentium III Processor
 Introduced: **1999**
 Initial clock speed: 500 MHz
 Number of transistors: 9.5 million
 Circuit line width: 0.25 micron



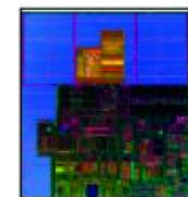
Pentium 4 Processor
 Introduced: **2000**
 Initial clock speed: 1.5 GHz
 Number of transistors: 42 million
 Circuit line width: 0.18 micron



Itanium Processor
 Introduced: **2001**
 Initial clock speed: 800 MHz
 Number of transistors: 25 million
 Circuit line width: 0.18 micron



Intel Xeon Processor
 Introduced: **2001**
 Initial clock speed: 1.7 GHz
 Number of transistors: 42 million
 Circuit line width: 0.18 micron



Itanium 2 Processor
 Introduced: **2002**
 Initial clock speed: 1 GHz
 Number of transistors: 220 million
 Circuit line width: 0.18 micron

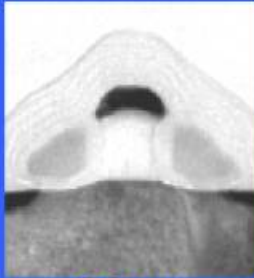


**90nm Node
2003**



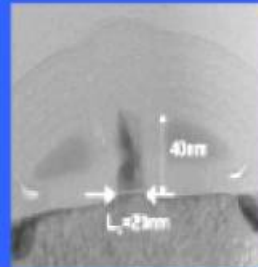
50nm
Length

**65nm Node
2005**



30nm
Prototype

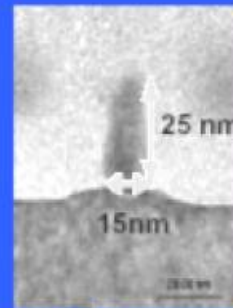
**45nm Node
2007**



20nm
Prototype

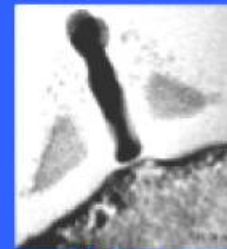
2003 – 2012

**32nm Node
2009**



15nm
Prototype

**22nm Node
2011**



10nm
Prototype

**16nm Node
2013**



7nm

2013 – 2017

**11nm Node
2015**



5nm

**8nm Node
2017**



3nm

Roadmap

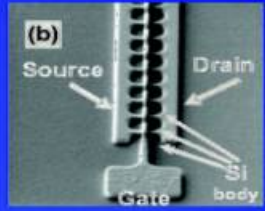
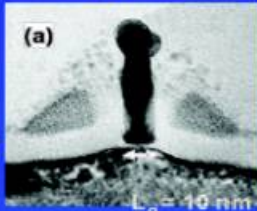
Research

4
Source: Intel

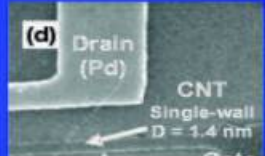
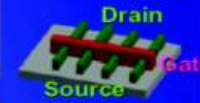
Nya möjligheter!

Innovations Will Extend Silicon Technology

Silicon Device Miniaturization*



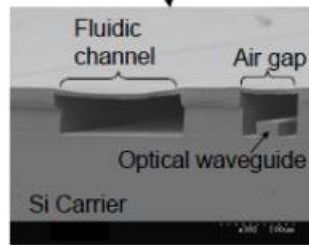
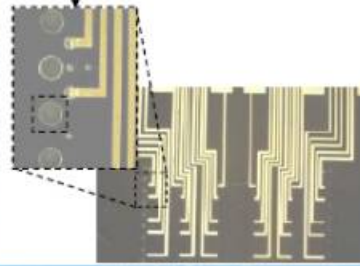
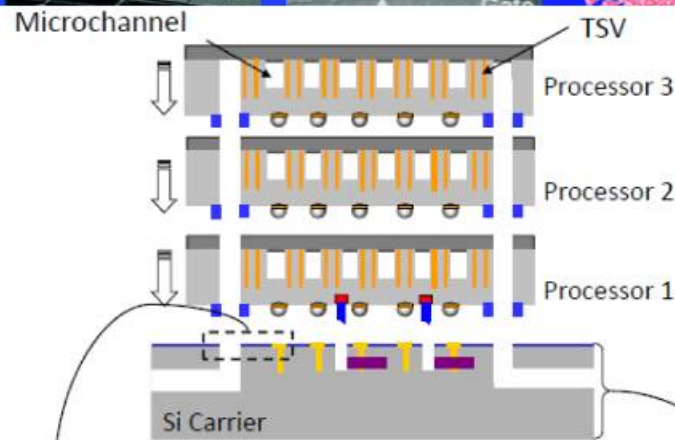
Non-planar Tri-Gate Architecture*



Carbon Nanotube Transistor*

III-V Device Research*

* Speculative Research

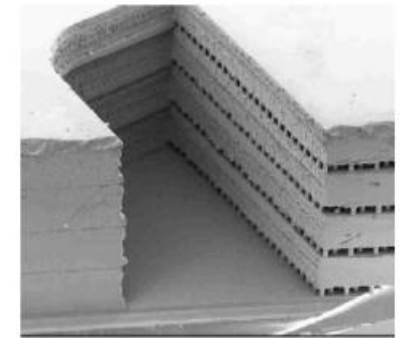
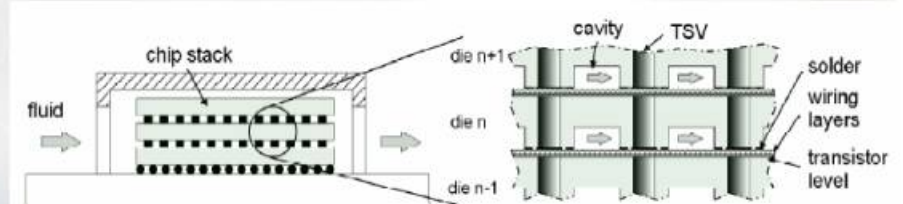
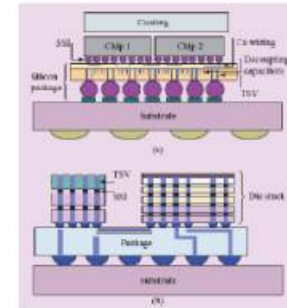


IBM Silicon Carrier and 3D IC Technology

IBM Journal of Research and Development
Volume 12, Number 6, November 2008



3D Chip Technology
J. U. Knickerbocker, IBM



9 (31) T. Brunswiler et al., 3D-IC 2009 (IBM)



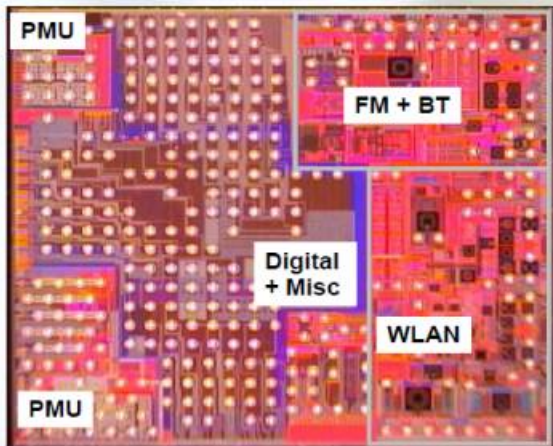
intel

Reprinted with permissions from Intel, Corp.

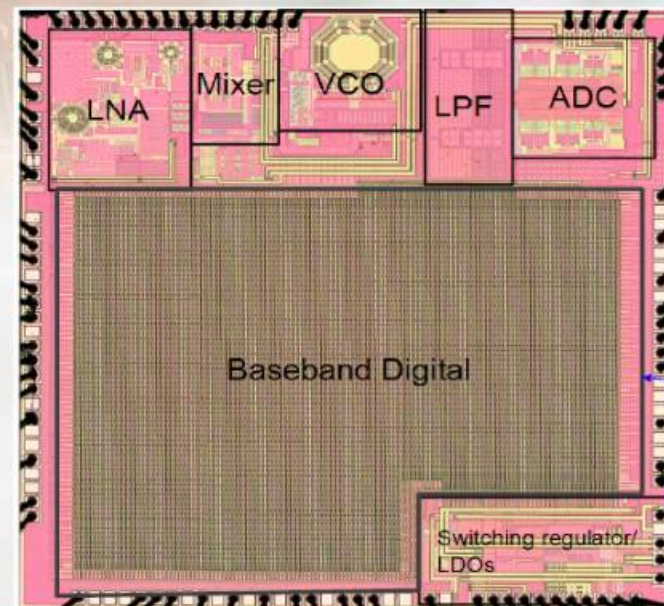
Reprinted with permissions from IBM.

Fullskaliga system - på ett enda chip

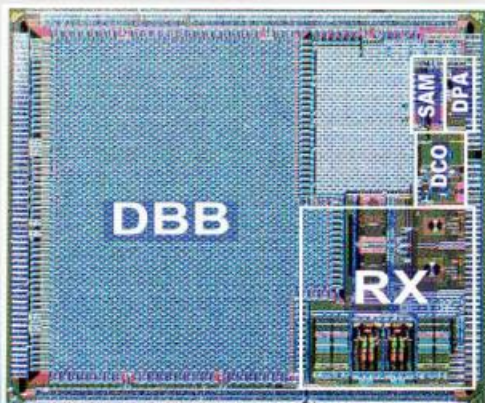
Analogt, digitalt, radio, sensorer, mekanik



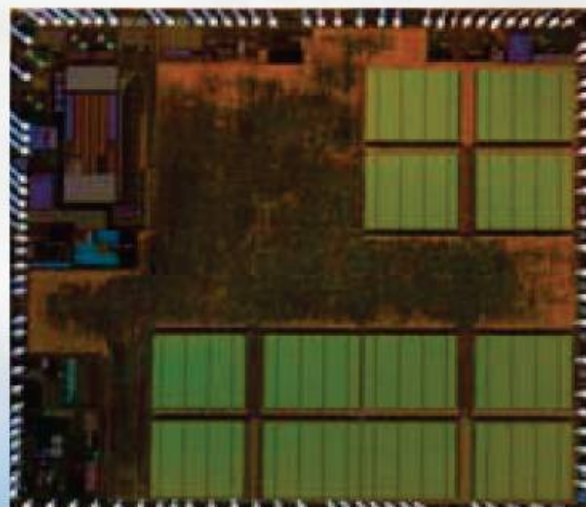
MultiStandard, Multiband SoC with Integrated BT, FM, WLAN Radios and Integrated Power Amplifier
C.P. Lee, Broadcom



Multistandard mobile Broadcasting Receiver SoC
M. Jeong



65nm Single-chip GSM/EDGE SoC. All Digital SAW-Less Polar Transmitter



RF SoC for Wireless Sensor and Body Networks

March 11, 2015, 10 (31)



Vad är elektronik?



Detta är kanske än mer visionärt från Moores sida! Han förutspådde att i framtiden kommer datorer att köpas över disk som vad som helst på en marknad. Ingen bryr sig lika mycket längre om kosmetika och annat. Någon som känner igen sig i kön till Apples nya telefoner?

(Notera den ej så genusneutrala synen på kvinnor till höger.)

March 11, 2015, 11 (31)



Stark elektronikforskning vid LiU!

- Elektronikprofilen utgörs av kurser från ISY
 - Elektroniska kretsar och system
 - Datorarkitektur
 - Kommunikationssystem
- Kontaktnätet spänner över företag från hela världen
 - Ericsson, Intel, NXP, SAAB, Xilinx, Infineon, och många fler
 - Inkörsportar via examensarbeten och internships
- <http://www.isy.liu.se/edu/profiler/elektronik/>

Elektronikprofilen

- *Bred, slagkraftig utbildning med fokus på konstruktion av elektronik och system för avancerad telekommunikation, ICT, och mycket, mycket mer*
- Poängkrav
 - **Totalt 54 HP**
 - **(30) 42 HP obligatoriska**, inkl. en CDIO projektkurs - för Y
 - **(24) 12 HP valbara**
- Engelska (master och erasmusstudenter)
- **Öppen institution (eftermiddagen 26/3)!**

Obligatoriska kurser, alla 6HP (Kronologisk ordning)

- Digital kommunikation
 - Digitala integrerade kretsar
 - Analoga CMOS integrerade kretsar
 - Analoga och tidsdiskreta integrerade kretsar
 - Applikationsspecifika integrerade kretsar
-
- Samt en 12HP CDIO-kurs (ej för D och IT, men för Y)

Tre CDIO-kurser att välja mellan (CDIO = kul, spännande, roligt, ...)

- VLSI-konstruktion
- Blandade analoga och digitala signalbehandlade system
- Systemkonstruktion
- Utvärdering av IC-krets (2HP)
 - Extrakurs till VLSI-konstruktion



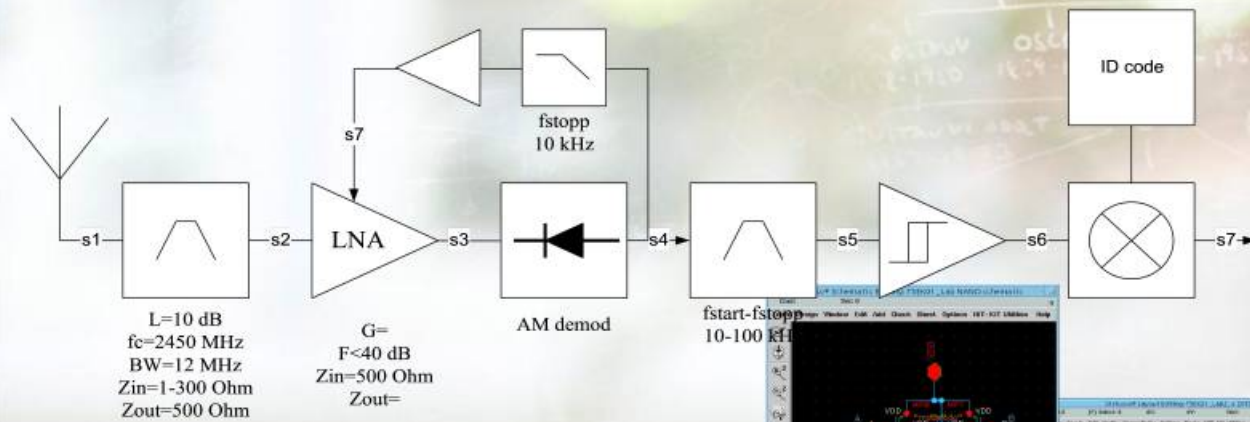
Valbara kurser, alla 6HP

(Ordnat efter teman och i viss mån abstraktion)

- Radioelektronik
- Integrerade radiofrekvenskretsar
- Konstruktion av radiosändtagare
- Analog filter
- Analog konstruktion
- Effektelektronik
- Lågeffektselektronik
- Digitala filter
- Digital aritmetik
- Konstruktion av digitala system
- Konstruktion av inbyggda DSP-processorer
- Datorteknik - ett datorsystem på ett chip

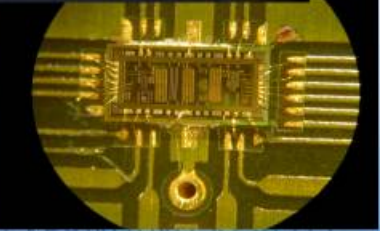
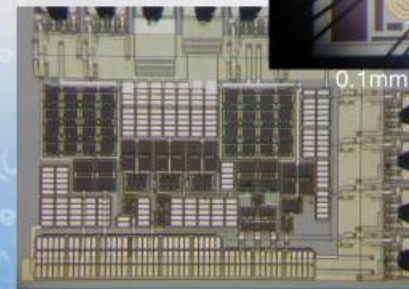
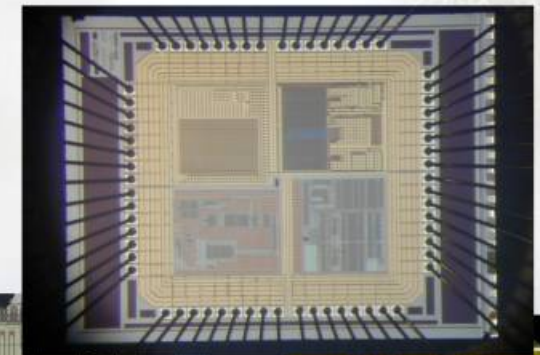
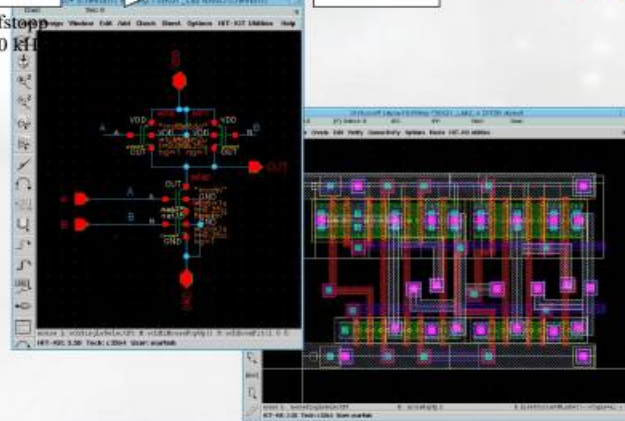


CDIO: "VLSI-konstruktion" och "Blandade analoga och digitala signalbehandlade system"



Studenter får arbeta i IC-konstruktionsprojekt med skarpa deadlines

Från system
hela vägen
till kisel!
Unikt för LiU!



	Block 1	Block 2		Block 3	Block 4		
HT1		Digitala integrerade kretsar		Konstruktion av digitala system	Digital kommunikation		
HT2	Analoga CMOS integrerade kretsar			Radioelektronik			
VT1	Analog konstruktion	Analoga filter	Integrerade radiofrekvenskretsar	Analoga och tidsdiskreta integrerade kretsar		VLSI-konstruktion	
VT2		Applikationsspecifika integrerade kretsar		Digitala filter			
HT1	Konstruktion av inbyggda DSP-processorer	Konstruktion av radiosändtagare		Digital aritmetik	Utvärdering av IC-krets	Blandade analoga och digitala signalbehandlande system	Systemkonstruktion
HT2	Dator teknik - ett datorsystem på ett chip	Lågeffektselektronik			Effektelektronik		

Exempel på examensarbeten de senaste åren

- Integrerade kretsar i olika smaker
 - Fraunhofer, Xilinx, IMMS, IMST, Ericsson, Kisel, Infineon
- Kroppskopplad kommunikation
 - Tryckt elektronik (Acreo)
 - Smarta plåster (Ericsson)
- Implanterbar elektronik
 - Blodflödesmätare (Landstinget), pacemakers
- Energy harvesting (Acreo, Silex)

Vad gör då en DITY:are med elektronikvana? (Ingen nämnd, ingen glömd!)

- Konsultbranschen
 - Prevas, Catena, ...
- Lokala företag
 - SP Devices, Thinfilm Electronics, Acreo, ...
- Storföretagen
 - Ericsson, Xilinx, Arris, Autoliv, Omnivision, Atmel, ...

*“Om du har tio som kan
**hårdvarunära programmering
och analogt** så anställer jag dem direkt”*

Elektronikforskning då - hur ser det ut på LiU?



Body Coupled Communication Demonstrerades på CES i Las Vegas



11/2015, 22 (31)

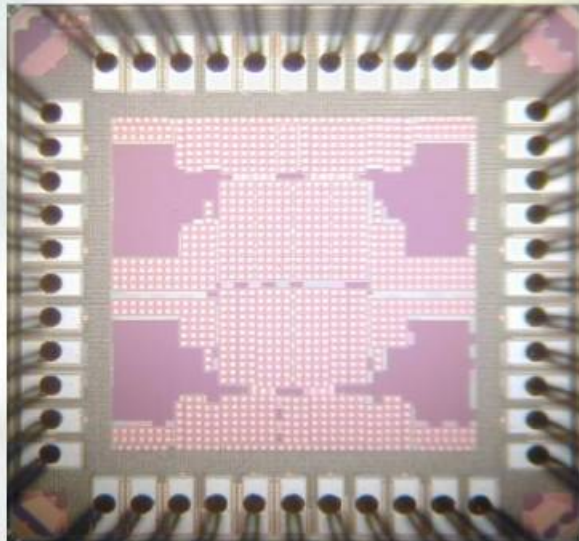
Reprinted with permissions from Ericsson and Acreo.

Implanterbara enheter för effektiv hälsovård

Ett par bilder säger mer än 1000 ord.



A 3-nW 9.1-ENOB SAR ADC at 0.7 V and 1 kS/s in 65nm CMOS, for medical implant devices



ADC MEASUREMENT SUMMARY

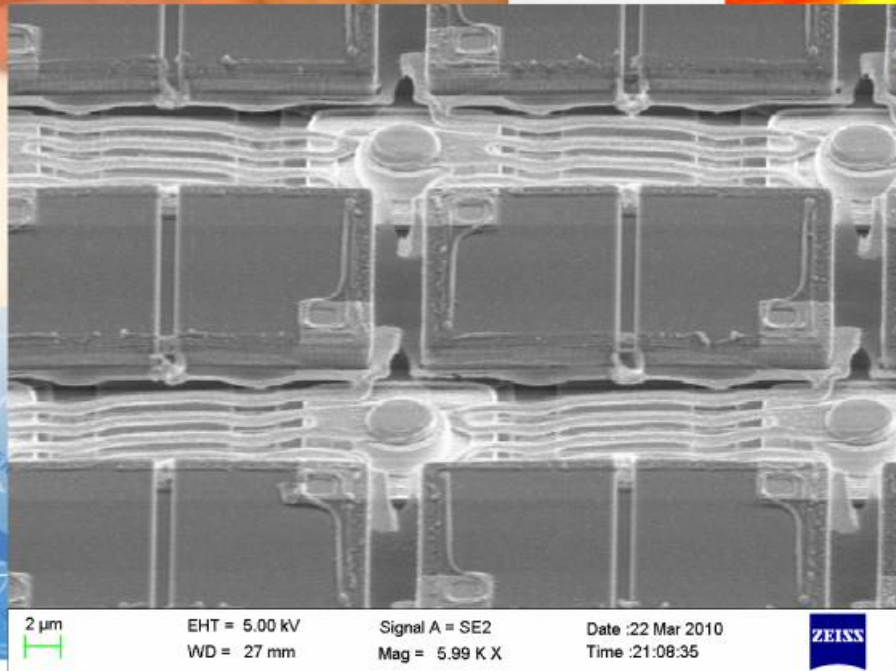
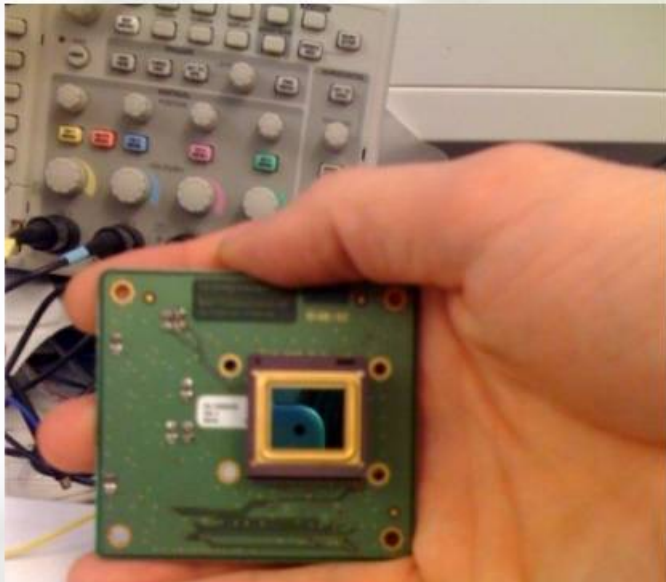
Technology	65 nm CMOS
Core area [mm ²]	0.037
Resolution [bit]	10
Input range [V]	0 - V_{DD}
Sampling rate [kS/s]	1
Supply voltage [V]	0.7
DNL [LSB]	+0.48/-0.55
INL [LSB]	+0.52/-0.61
SNDR (near Nyquist) [dB]	56.6
SFDR (near Nyquist) [dB]	74.5
THD (near Nyquist) [dB]	-68.9
ENOB [bit]	9.1
Total power [nW]	3
FOM [fJ/Conv.]	5.5

ADC COMPARISON

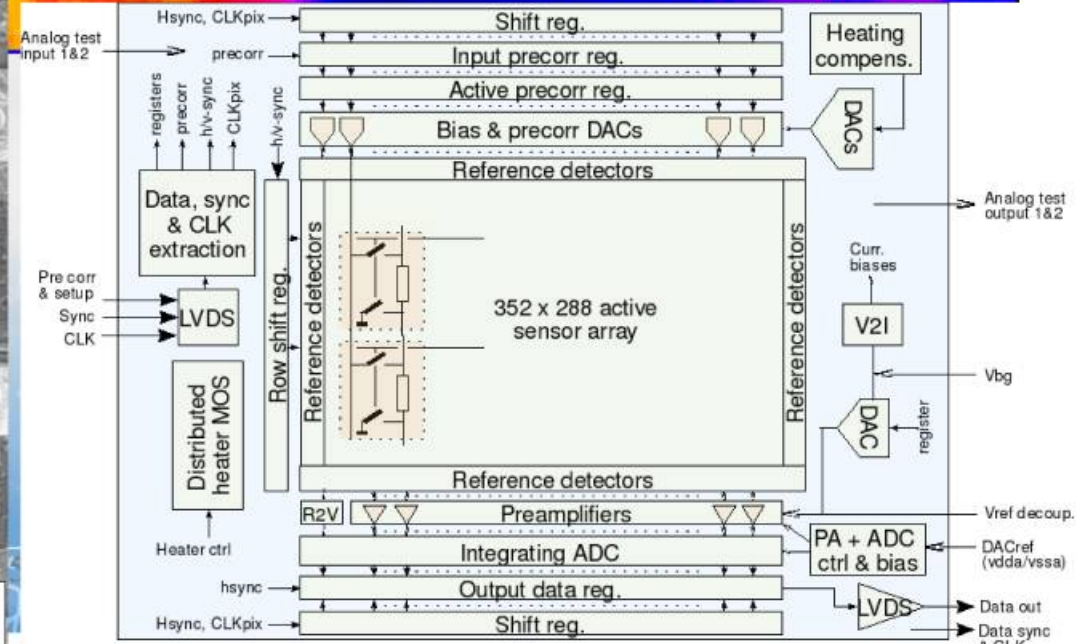
	[7]	[8]	[2]	[9]	This Work
Technology	0.35 μm	0.18 μm	0.13 μm	65 nm	65 nm
Sampling rate	1 kS/s	4.1 kS/s	1 kS/s	20 kS/s	1 kS/s
Area [mm ²]	N/A	0.11	0.19	0.212	0.037
Supply voltage [V]	1.0	0.5	1.0/0.4	0.55	0.7
Power [nW]	230	850	53	206	3
ENOB [bit]	10.2	6.9	9.1	8.84	9.1
FOM [fJ/Conv.]	195	1700	94.5	22.3	5.5

*** Lowest reported power consumption 2012-13 (approaches fundamental power limitations).**

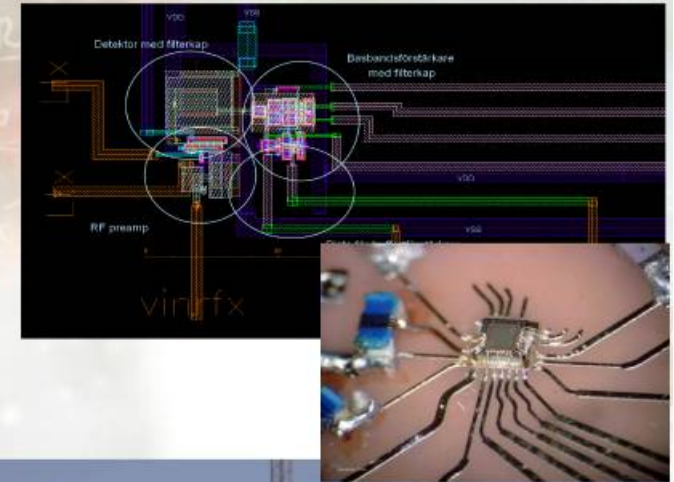
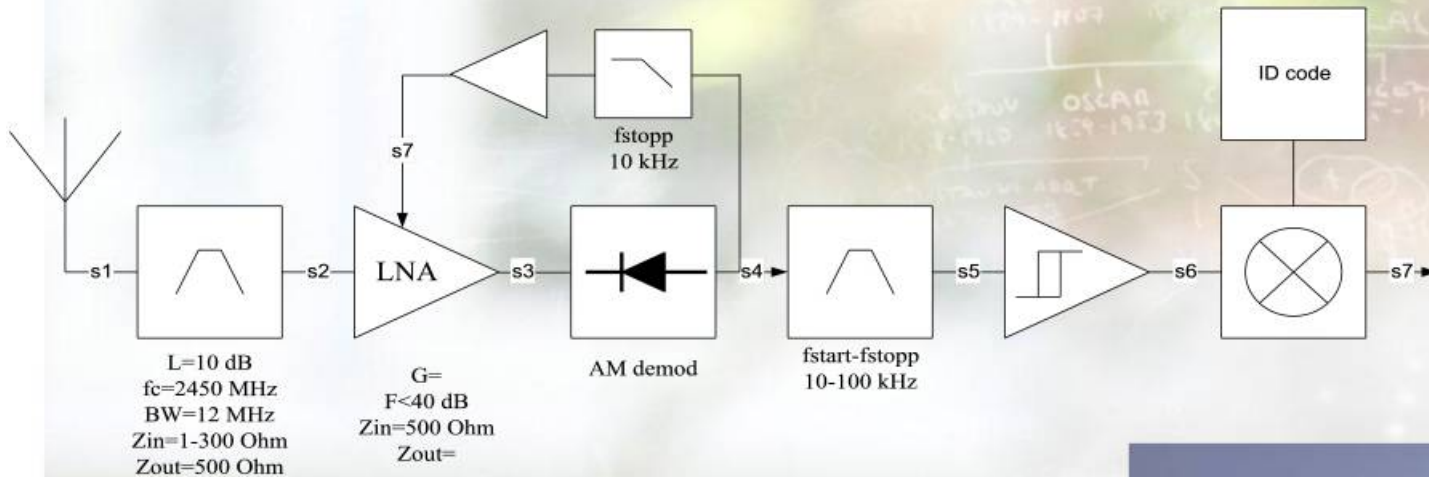
Infraröd kamera



2 μ m EHT = 5.00 kV Signal A = SE2 Date :22 Mar 2010
 WD = 27 mm Mag = 5.99 K X Time :21:08:35



Lågeffektssändtagare (transponder)



$$P_{\text{sens}} = -40\text{ dBm (100 nW)}$$

$$I_{\text{DC}} = 18\text{ uA och } V_{\text{DC}} = 1\text{ V}$$

$$f_c = 2.54\text{ GHz}$$

$$f_{\text{BB}} = 100\text{ kHz}$$

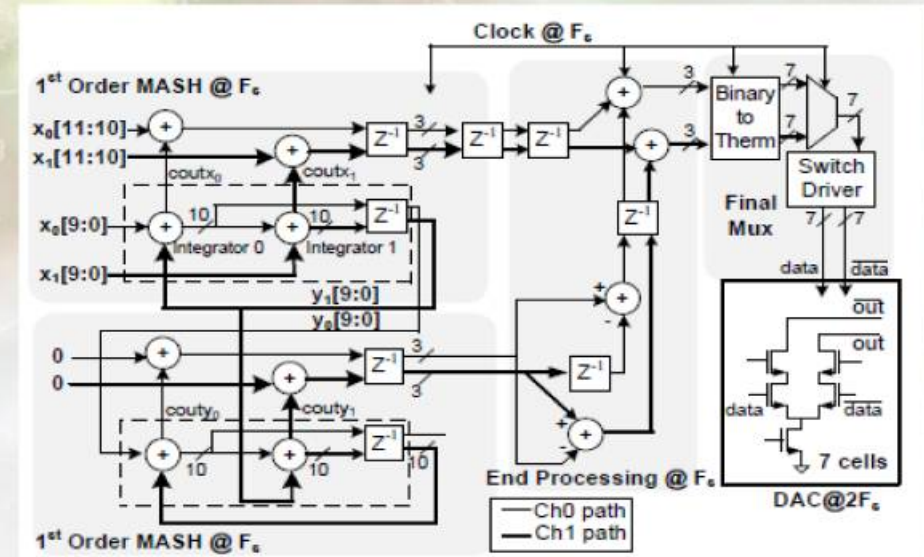
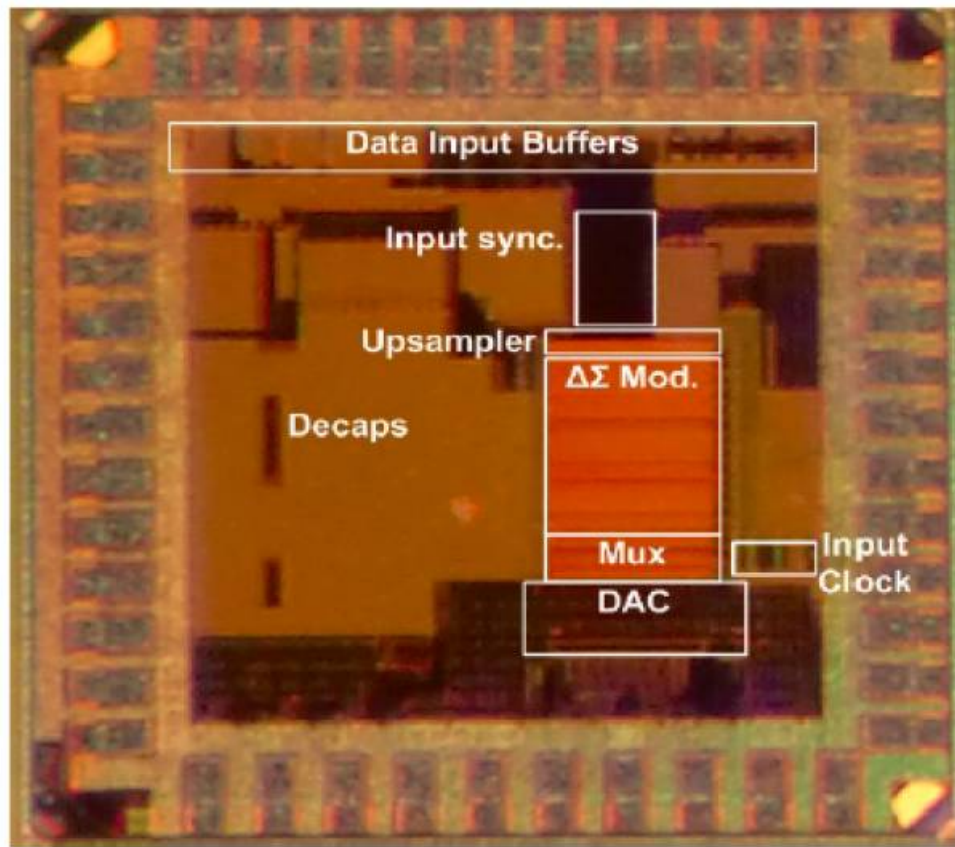


* Kapsch TrafficCom AB

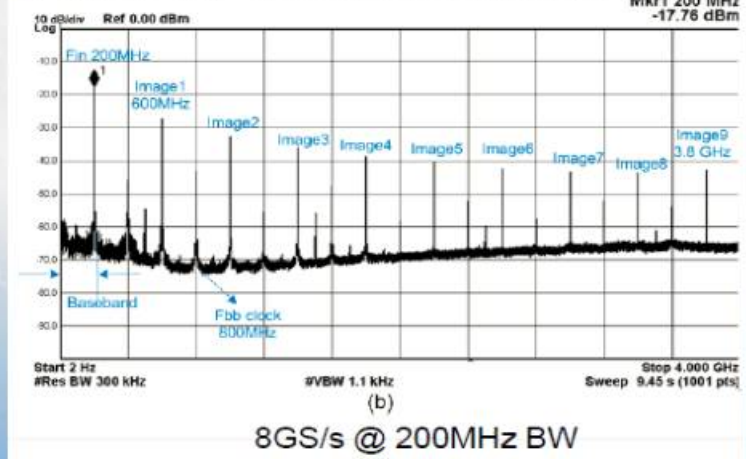
LIU EXPANDING REALITY



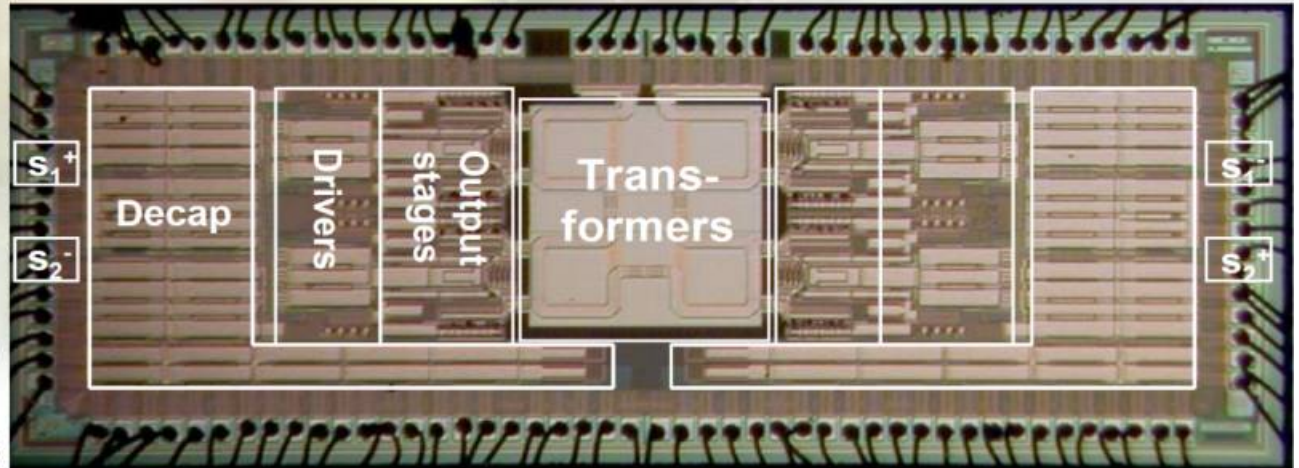
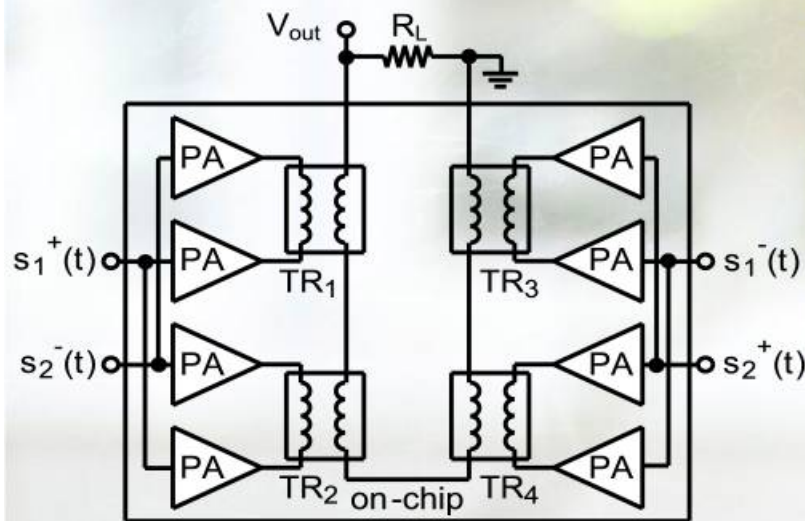
An 8-GS/s 200-MHz bandwidth 68-mW $\Delta\Sigma$ DAC in 65-nm CMOS for wideband radio transmitters



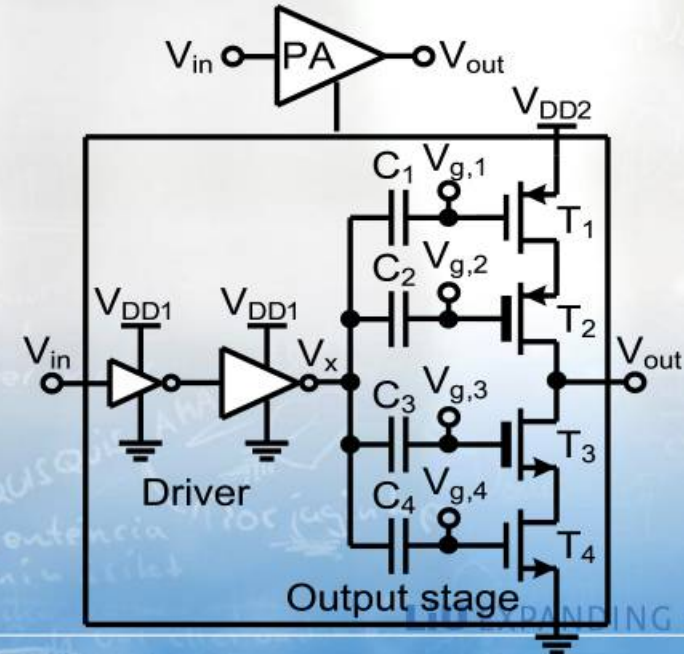
57dB IM3, 48dB SFDR, 26dB SNDR.



A +32dBm 1.85GHz Class-D outphasing RF PA in 130nm CMOS for WCDMA/LTE

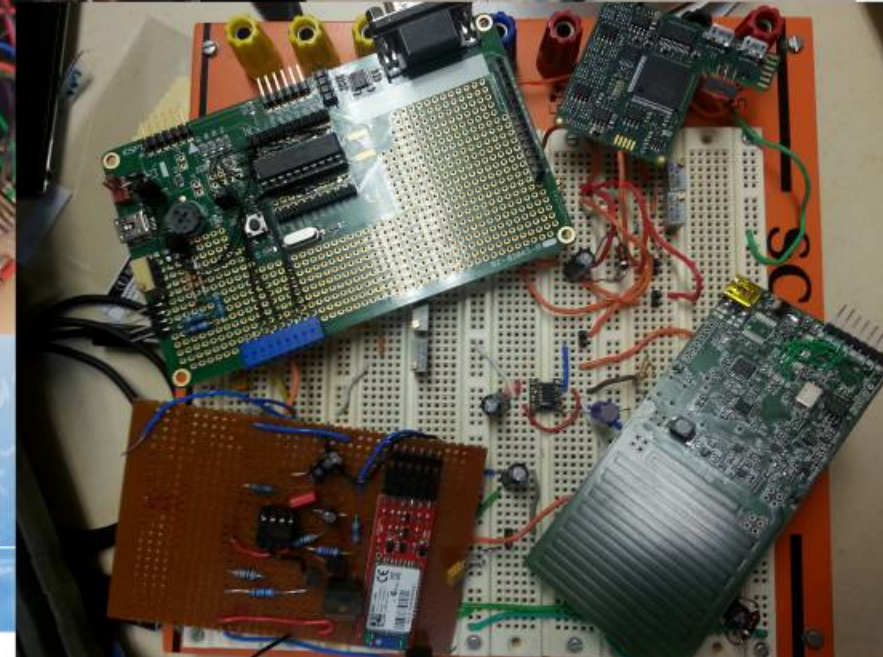
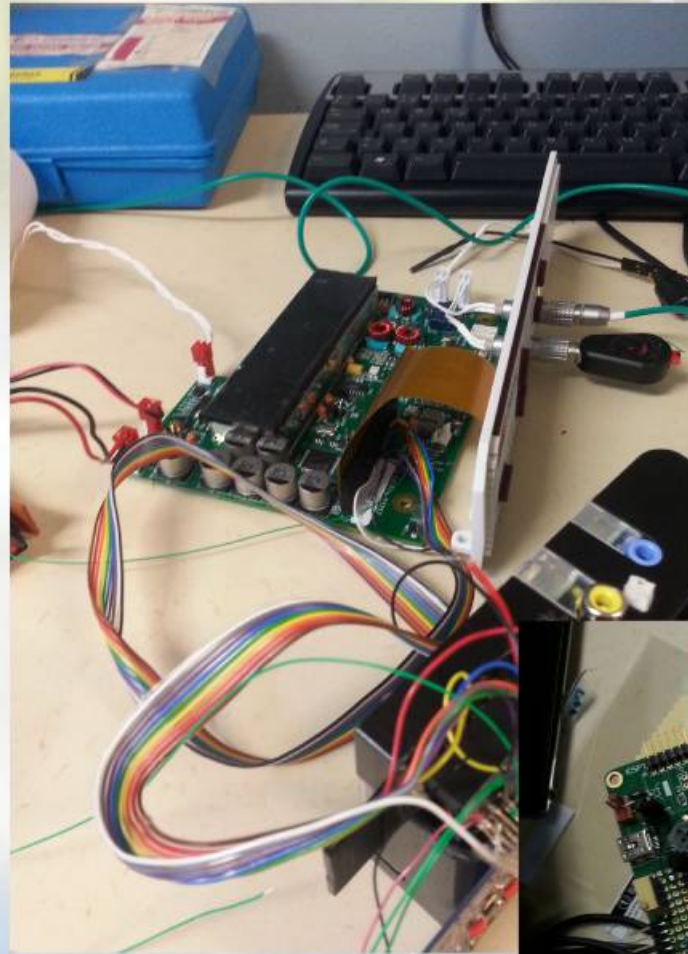


- 8 Class-D stages
- 4 on-chip transformers



Och tillbaka till labbet igen

- Mät- och styr
- Tvärvetenskap
- Prototypning
 - “foo”
- Utveckling
- Inkrementella förbättringar
- Demonstratorer
 - “hello world!”



Elektronik är inte bara elektronik

SIDA-finansierat projekt i Sydafrika

Löser elektronik alla problem?





Linköping University

expanding reality

www.liu.se

LIU EXPANDING REALITY