

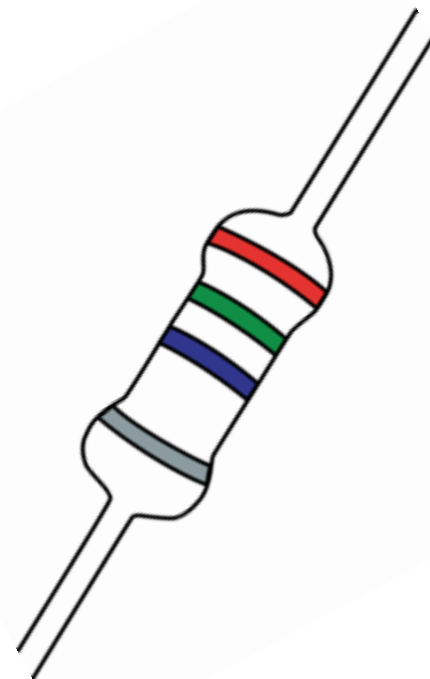
Föreläsning 1 VT1 (AD/DA-lab)

Digitala <-> Analoga signaler

Sampling

Analog-Digital

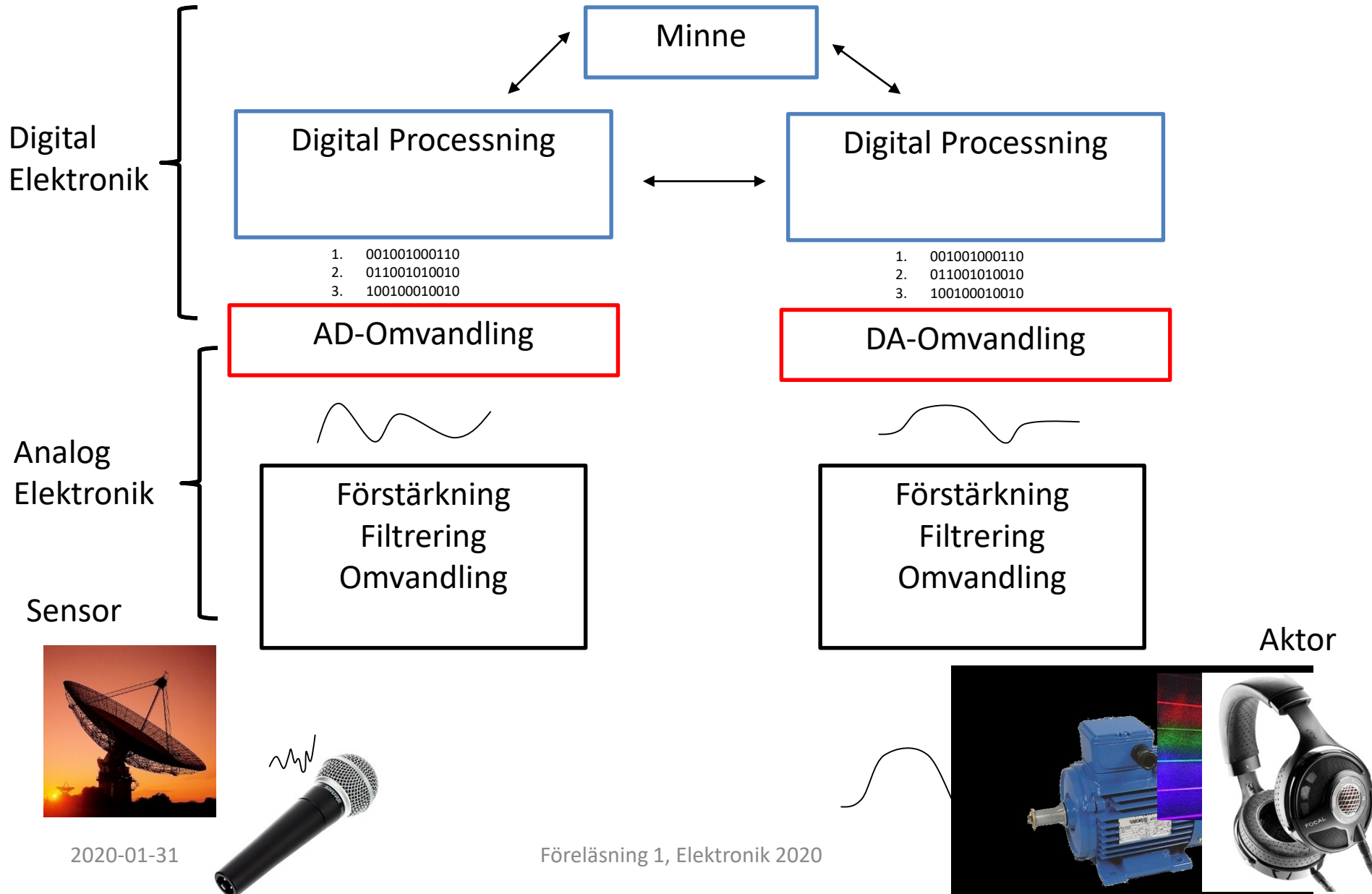
Digital – Analog Omvandling



Tentan

Ska börja rätta idag...

(Alla) Elektroniksystem i dag – digitala och analoga



Binära Talsystemet

- Varje tal/information representeras av en uppsättning *bitar*
- En bit är antingen 0 eller 1
- N antal bitar: 2^N möjliga kombinationer (*ord*)
 - N=3: 8 ord
 - N=16: 65536 ord
 - N=32: 4.3×10^9 ord

• Binära tal – basen 2.

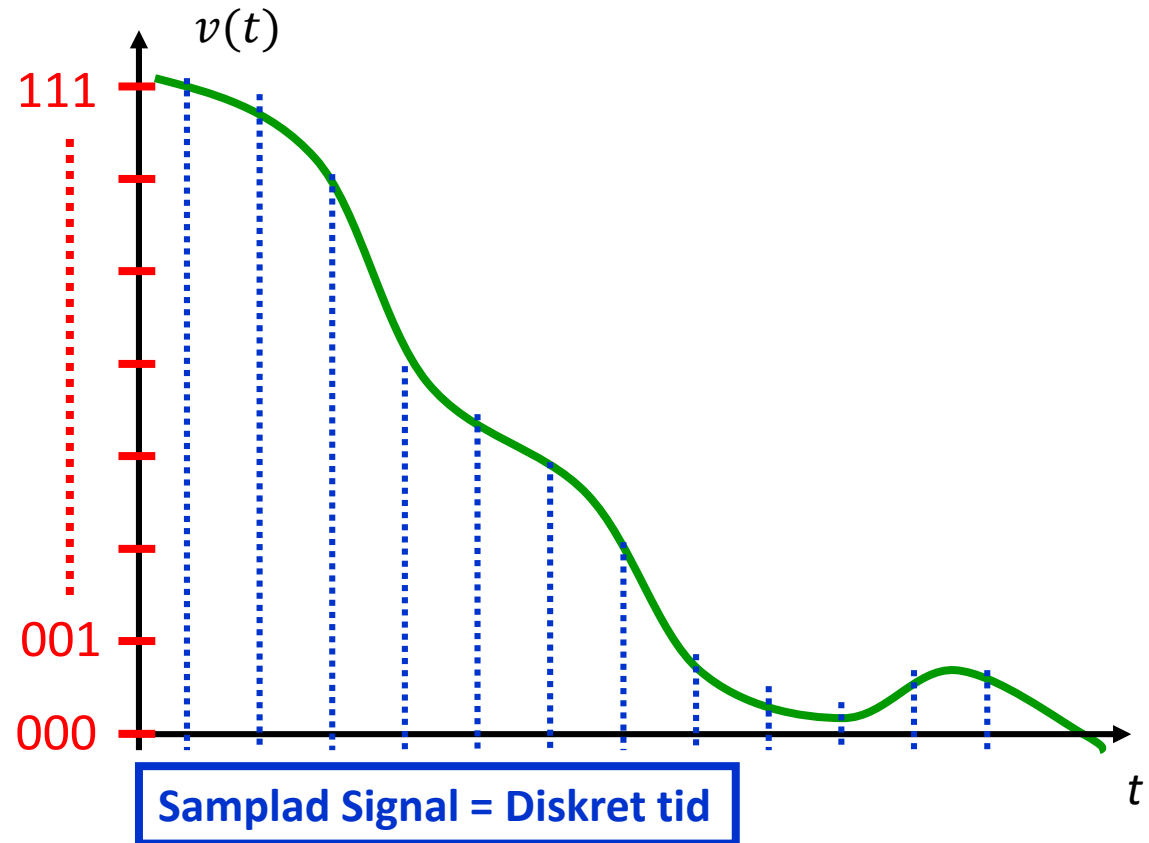
• Naturlig binär representation:

msb-1
msb *lsb*
10010010 ... 010001

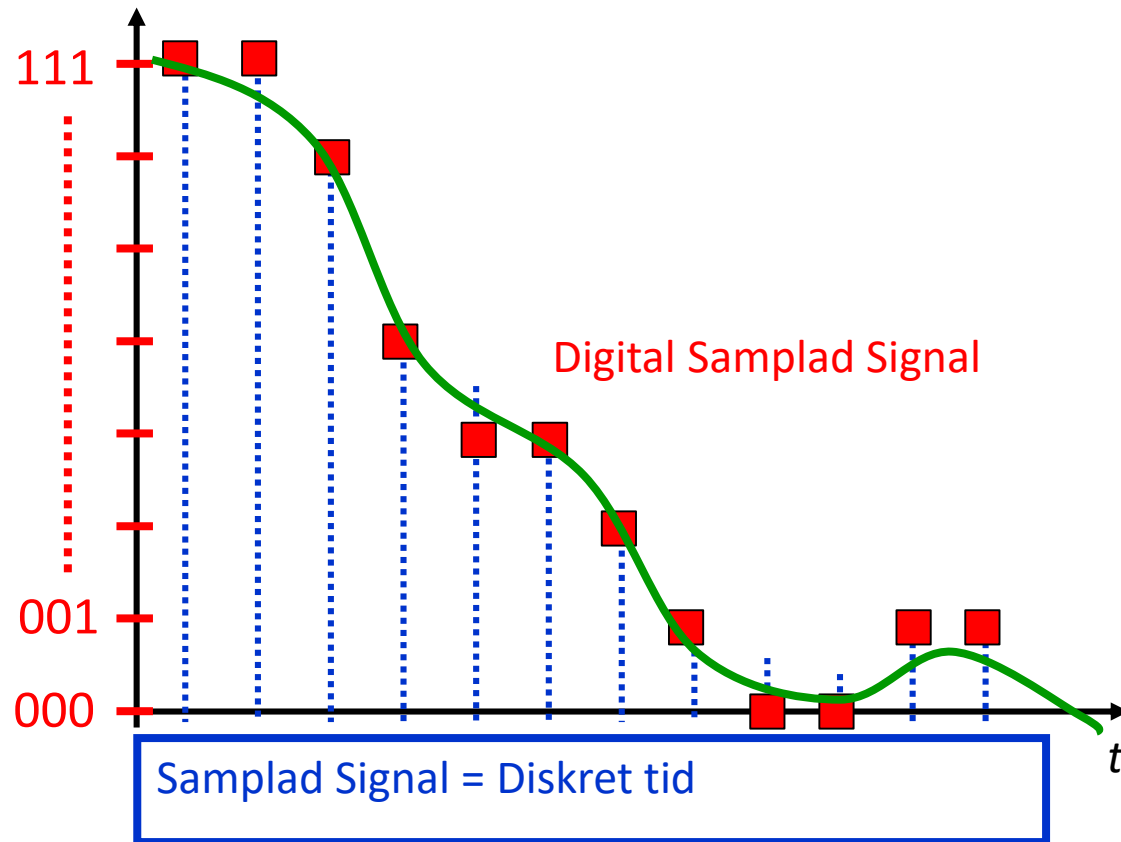
$$V = b_{msb}2^{N-1} + b_{msb-1}2^{N-2} + \dots + b_{lsb+1}2^1 + b_{lsb}2^0$$

Digitala Signaler

**Kvantisering =
Begränsat antal
nivåer =
Diskret Amplitud**



Digitala Signaler



Sampling Binärt tal

1. 111
2. 111
3. 110
4. 101
5. 011
6. 011
7. 010
8. 001
9. 000
10. 000
11. 001
12. 001

Dynamik och Upplösning

Antal bitar	Antal Intervall	Upplösning $V_{fs}=0.5V$	Dynamik $20\log(2^N)$
4	16	0.03125 V	24dB
8	256	2 mV	48dB
12	4096	0.12 mV	72dB
16	65 536	7.6 μV	96dB
24	16 777 216	29.8 nV	144dB

Audio – Hörseldynamik ungefär 130 dB

Dynamik och Upplösning

Specification	CD Audio	FLAC
Sampling Rate	44.1 kHz	<655 kHz
Sampling Accuracy	16-bit	<32-bit
Number of Possible Output Levels	65,536 (96 dB)	$<4.295 \times 10^9$ (192 dB)

Hörsel – Dynamik 130 dB

LP – Dynamik ~65 dB

Varför samplar man inte alltid audio vid 655 kHz och 32 bitars upplösning?

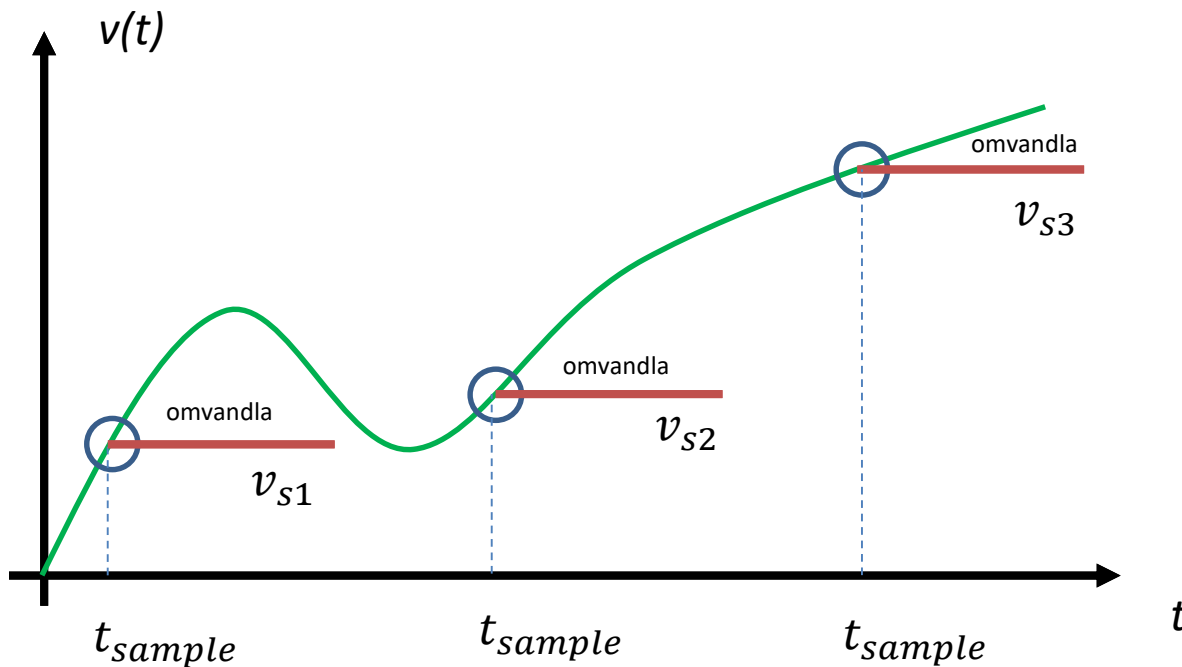
Vikningsdistortion



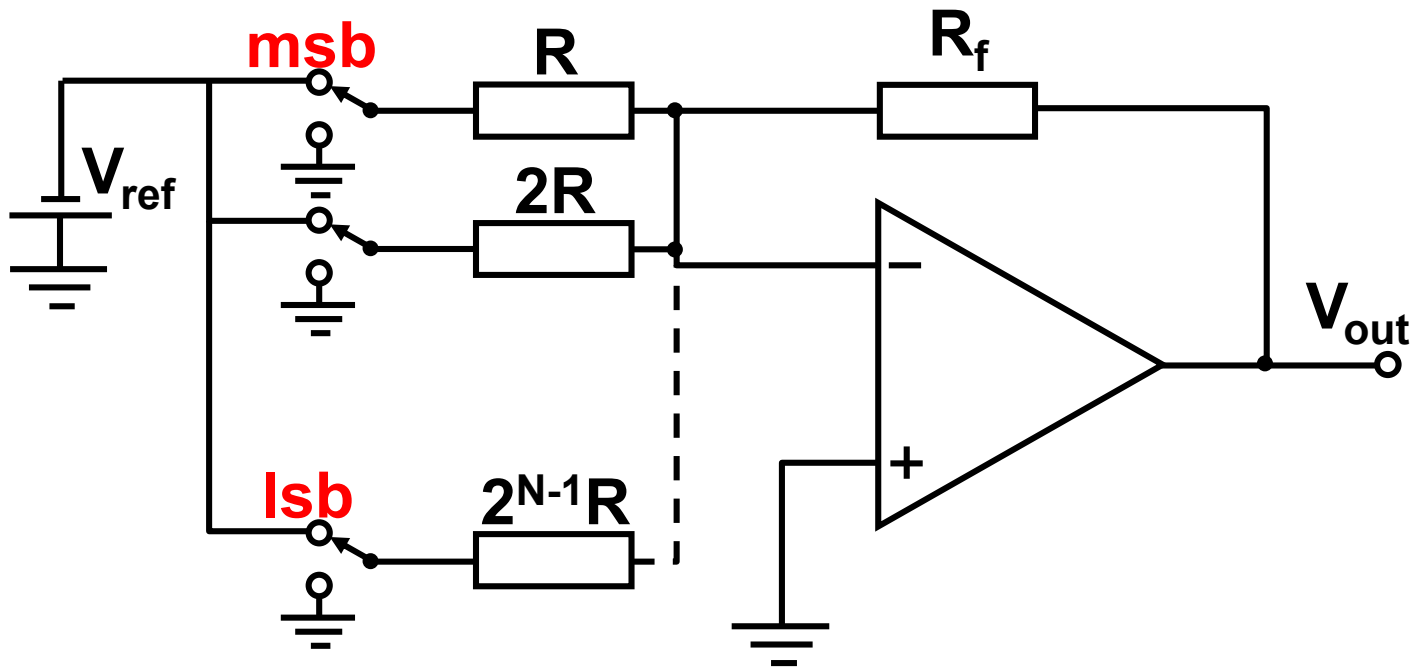
Digital Bild – pixlar (samplade!)

Sample and Hold (S&H)

- AD och DA omvandling tar en viss tid!
- Vi vill inte att signalen ska förändras
- **Sample and hold**-krets
- **Mäter signalen** vid samplingstillfället
- **Sparar signalen** under omvandlingstiden



Digital – Analogomvandlare



Summerande
förstärkare

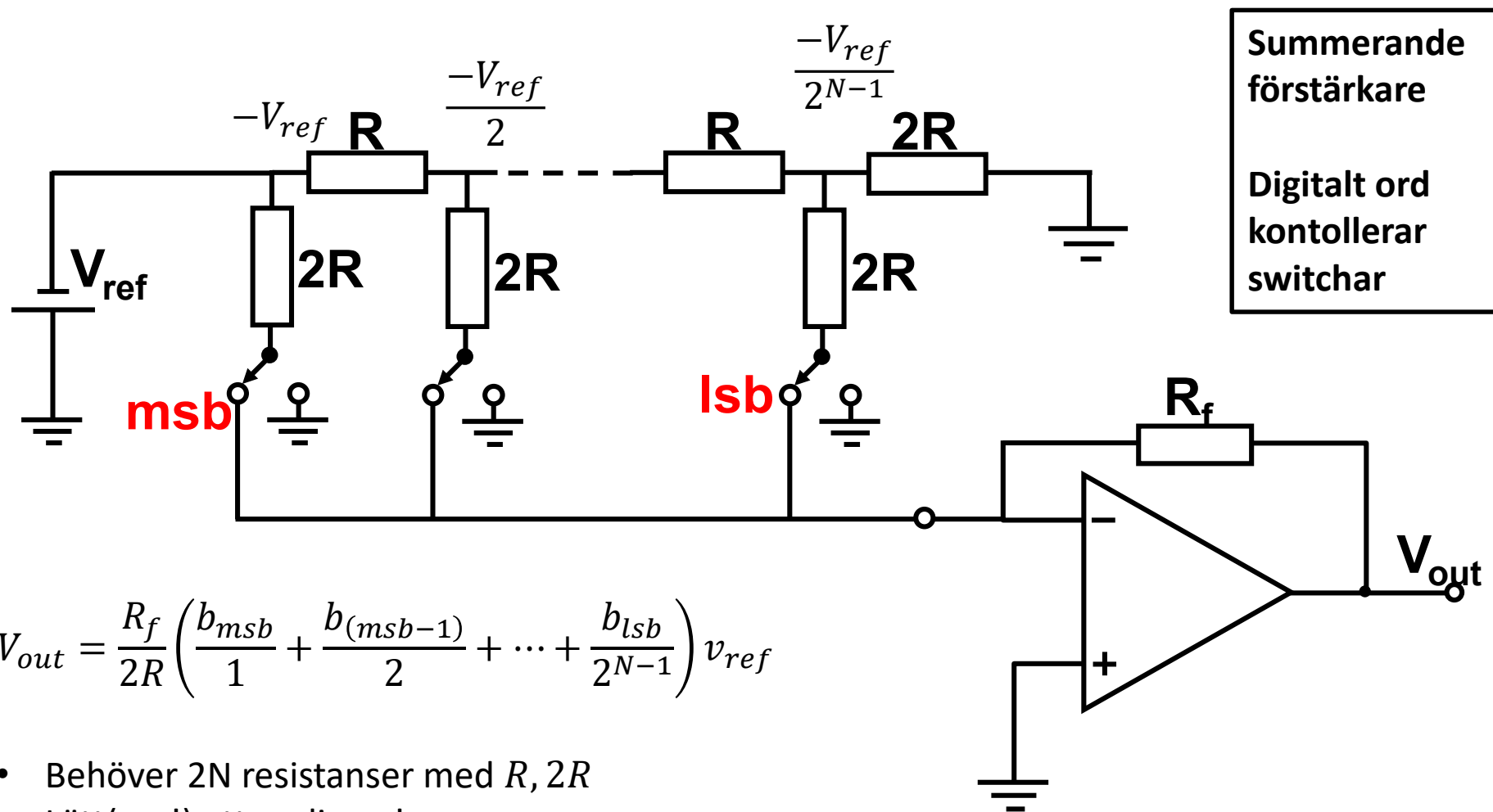
Digitalt ord
kontrollerar
switchar

$$V_{out} = R_f \left(\frac{b_{msb}}{R} + \frac{b_{(msb-1)}}{2R} + \dots + \frac{b_{lsb}}{2^{N-1}R} \right) v_{ref}$$

Problem – vi behöver N resistanser mellan R och $2^{N-1}R$
Svårt!

Originalbild av V. Öwall

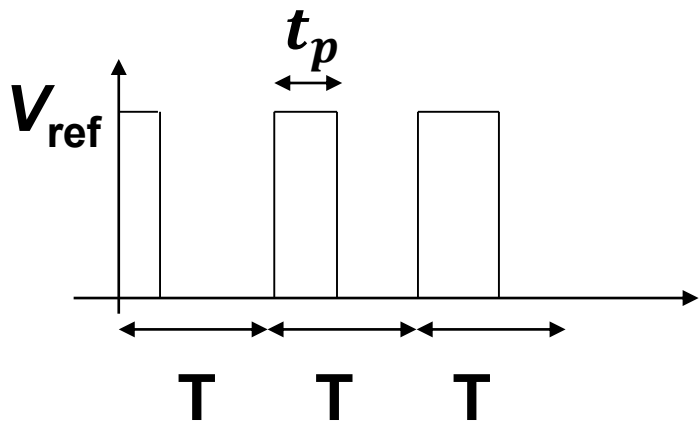
Digital – Analogomvandlare: R-2R stege



- Behöver $2N$ resistanser med $R, 2R$
- Lätt(are!) att realisera!

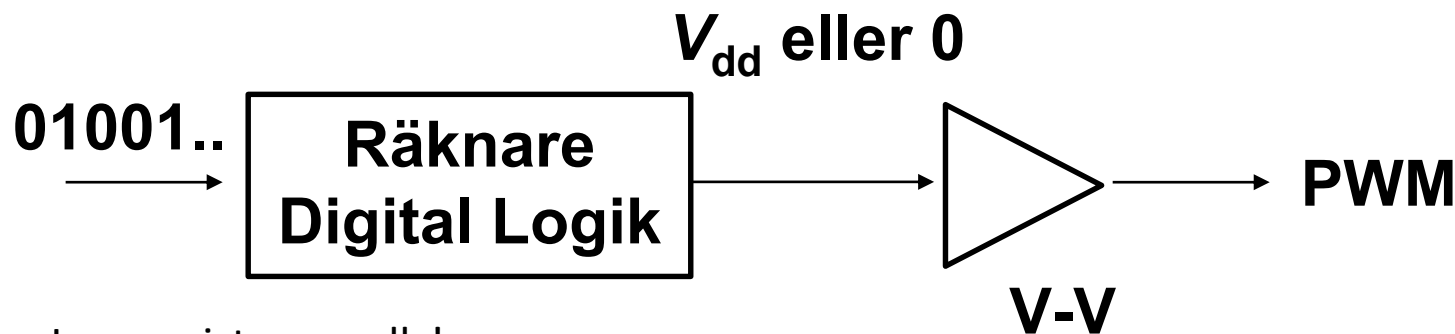
Originalbild av V. Öwall

Pulse Width Modulation (PWM)



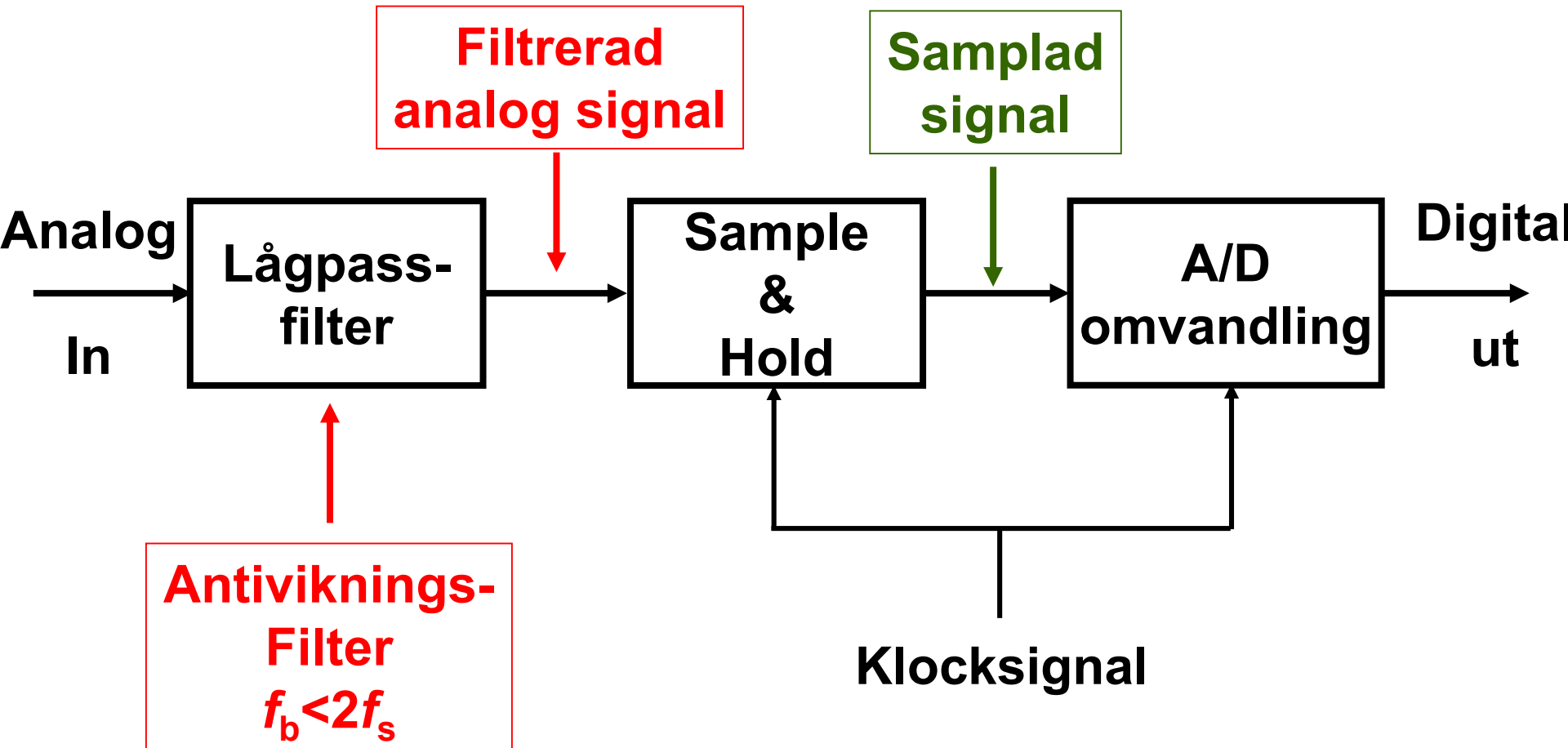
Set av pulser med fix frekvens $1/T$
Digital elektronik genererar olika pulslängder t_p
Amplitud väljs genom $t_p(t)$

$$\overline{v_{ut}(t)} = \frac{V_{ref} t_p(t)}{T}$$

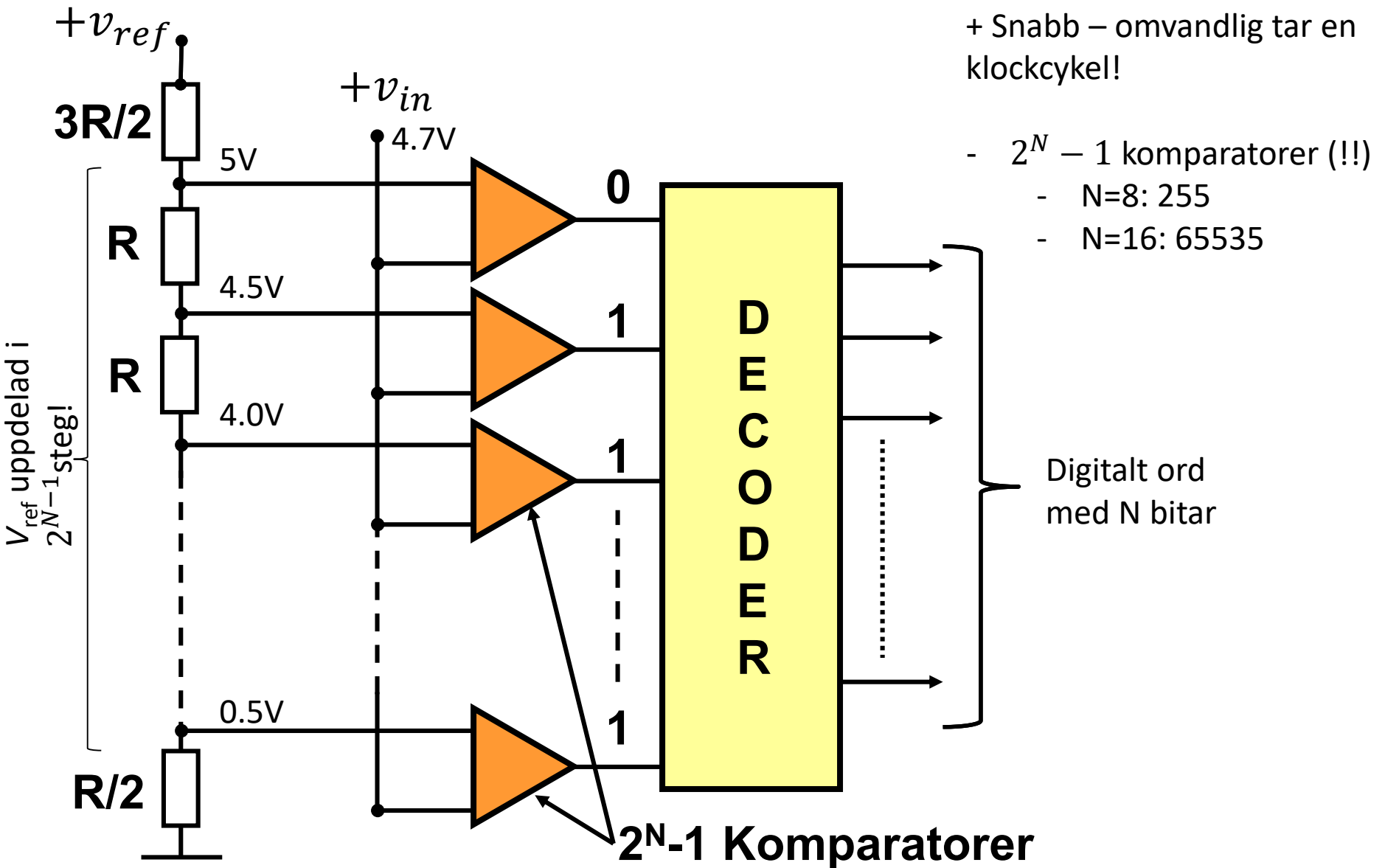


- Inga resistanser alls!
- Kort T + filter

Analog-Digital omvandling



Flash ADC – Snabbaste ADC

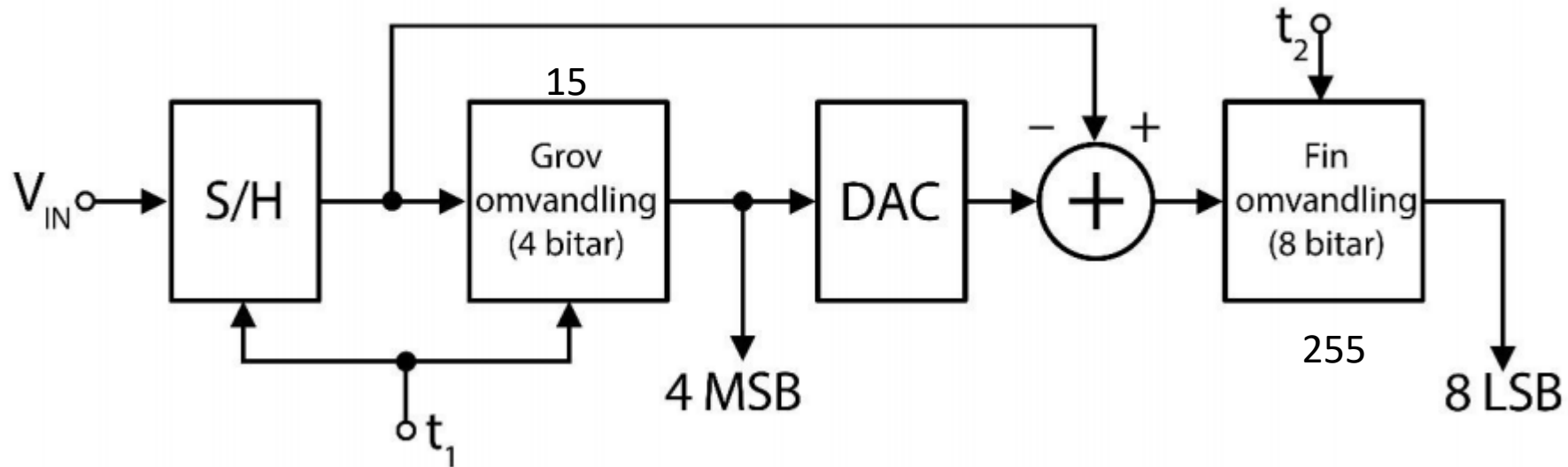


+ Snabb – omvandling tar en klockcykel!

- $2^N - 1$ komparatorer (!!)
- N=8: 255
- N=16: 65535

Digitalt ord
med N bitar

Flash ADC - Tvåstegsomvandlare



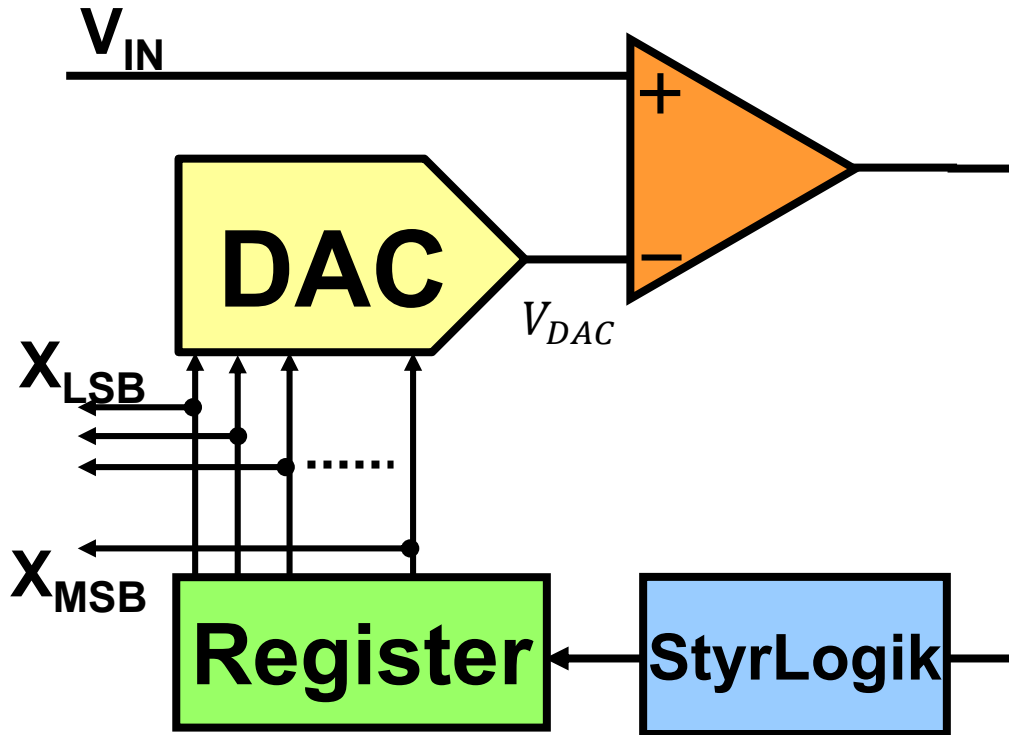
- Flash ADC (<8 bitar)
- Dela upp i två steg – först en *grov* omvandling (MSB:s)
- Sedan en *fin* omvandling (LSB:s)
- Kräver två ADC-steg och ett DAC-steg

Antal Komp.

12 bitar = 4095

4+8 bitar = 270

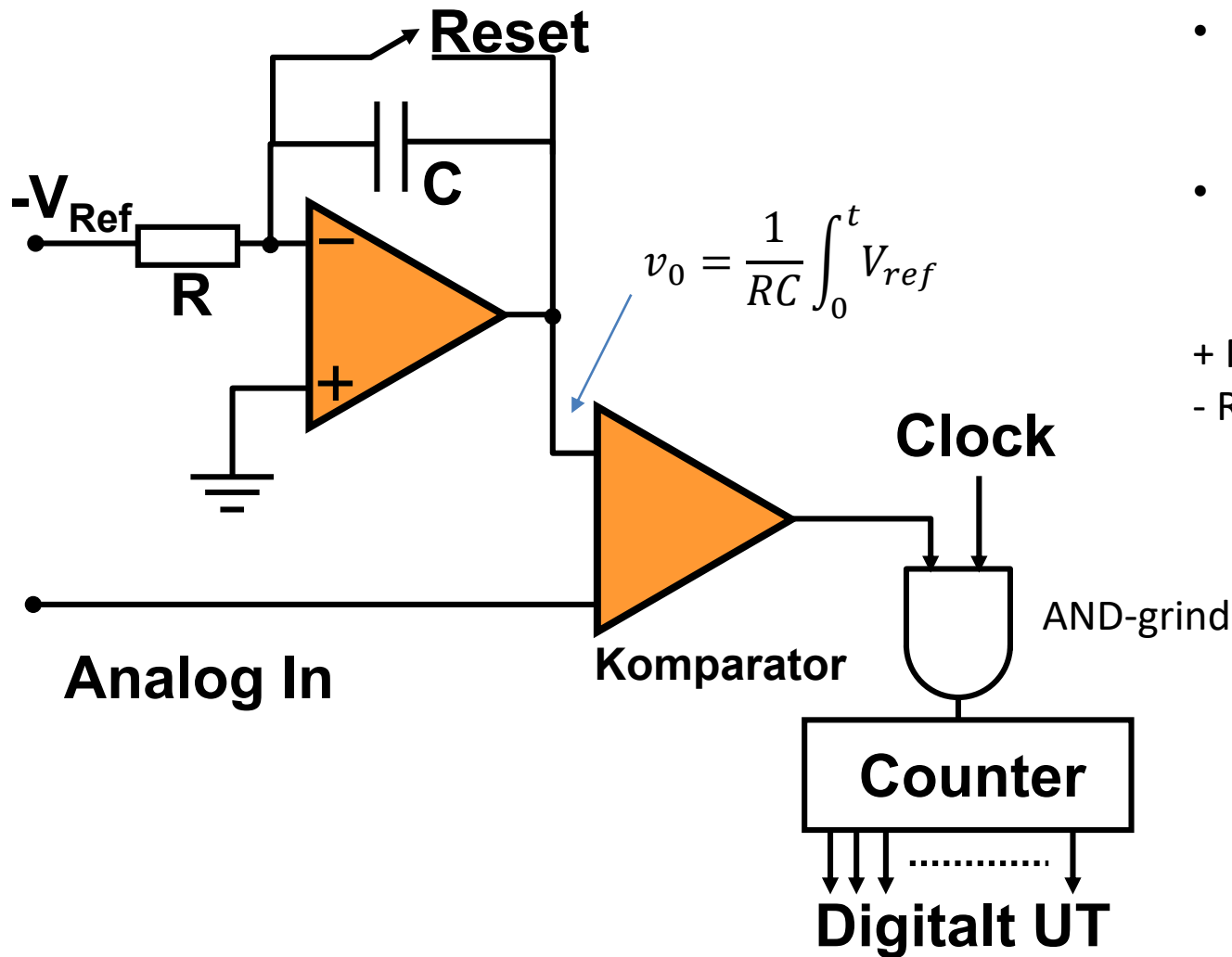
Succesivapproximation (SAR ADC)



- Styrlogiken ökar det digitala ordet
- V_{DAC} så nära V_{in} vi kan komma (men inte större!)

- Binär sökning – N bitar tar N klockcykler
- Kräver noggrann DAC

Integrerande ADC – många bitar

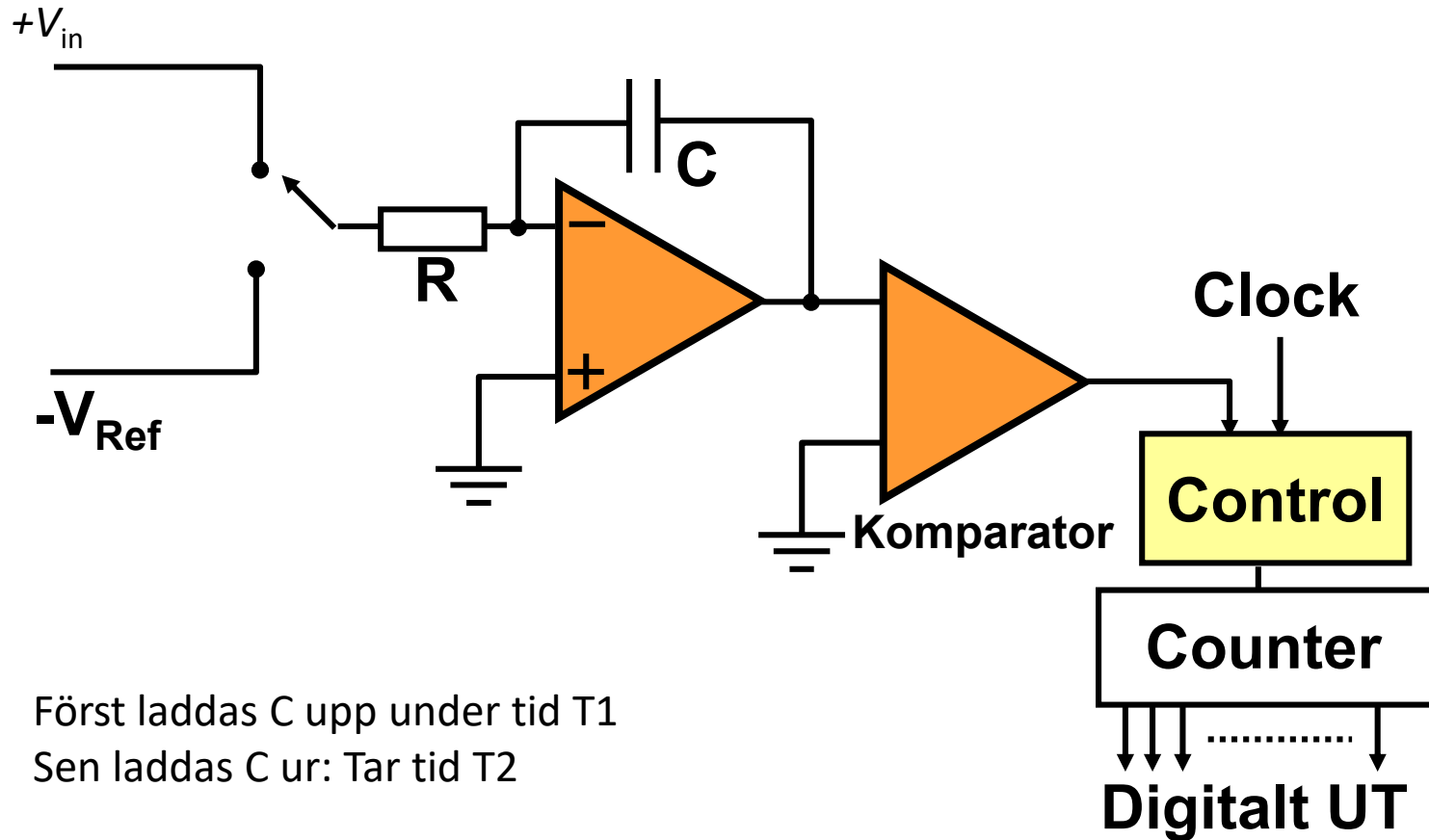


- Digital räknare som räknar medans C laddas upp till v_{in} .
- Varje klockcykel – ökar med 1sb

+ Många bitar!

- RC, klockfrekvens

Integrerande ADC – Dual Slope

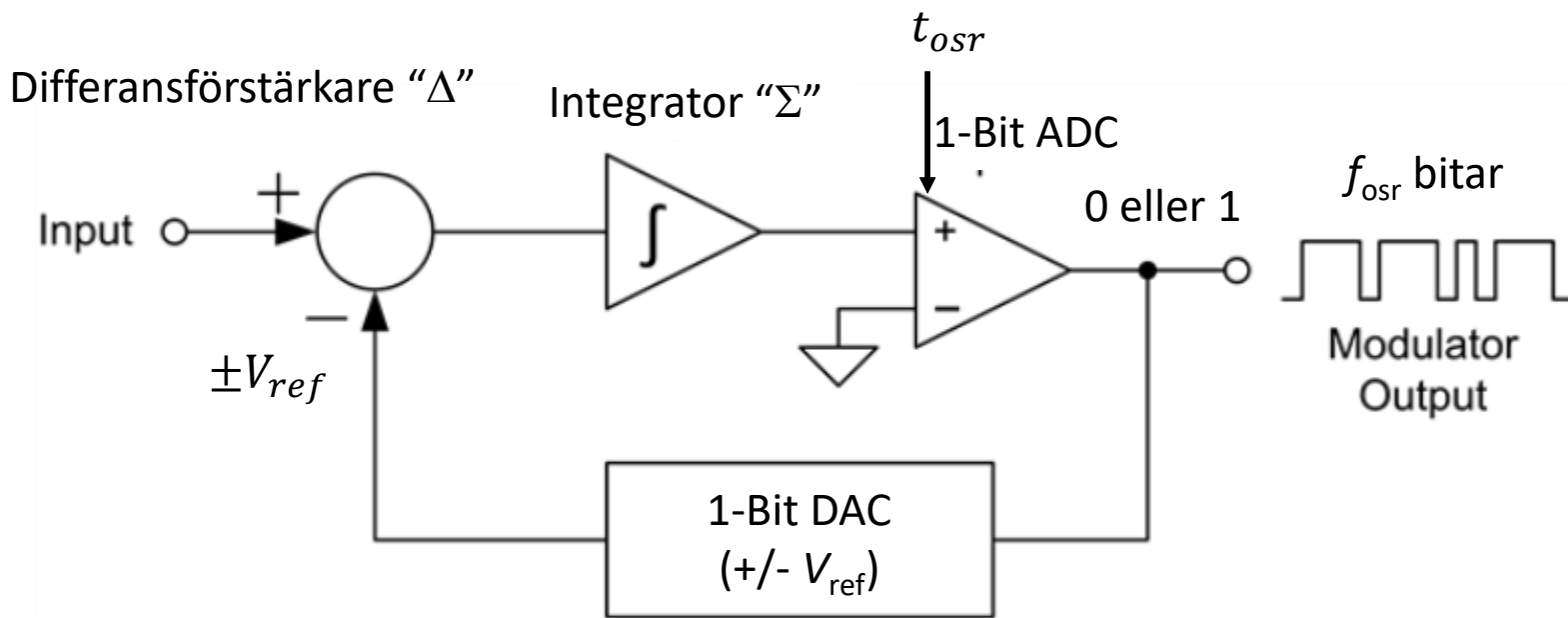


Först laddas C upp under tid T_1
Sen laddas C ur: Tar tid T_2

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{v_{in}}{v_{ref}}$$

Oberoende av RC,
klockfrekvens...
Mycket hög noggranhet!

Δ - Σ Omvandlare



Modern CPU – klockfrekvens på 100 MHz-1GHz (\gg 40 kHz)

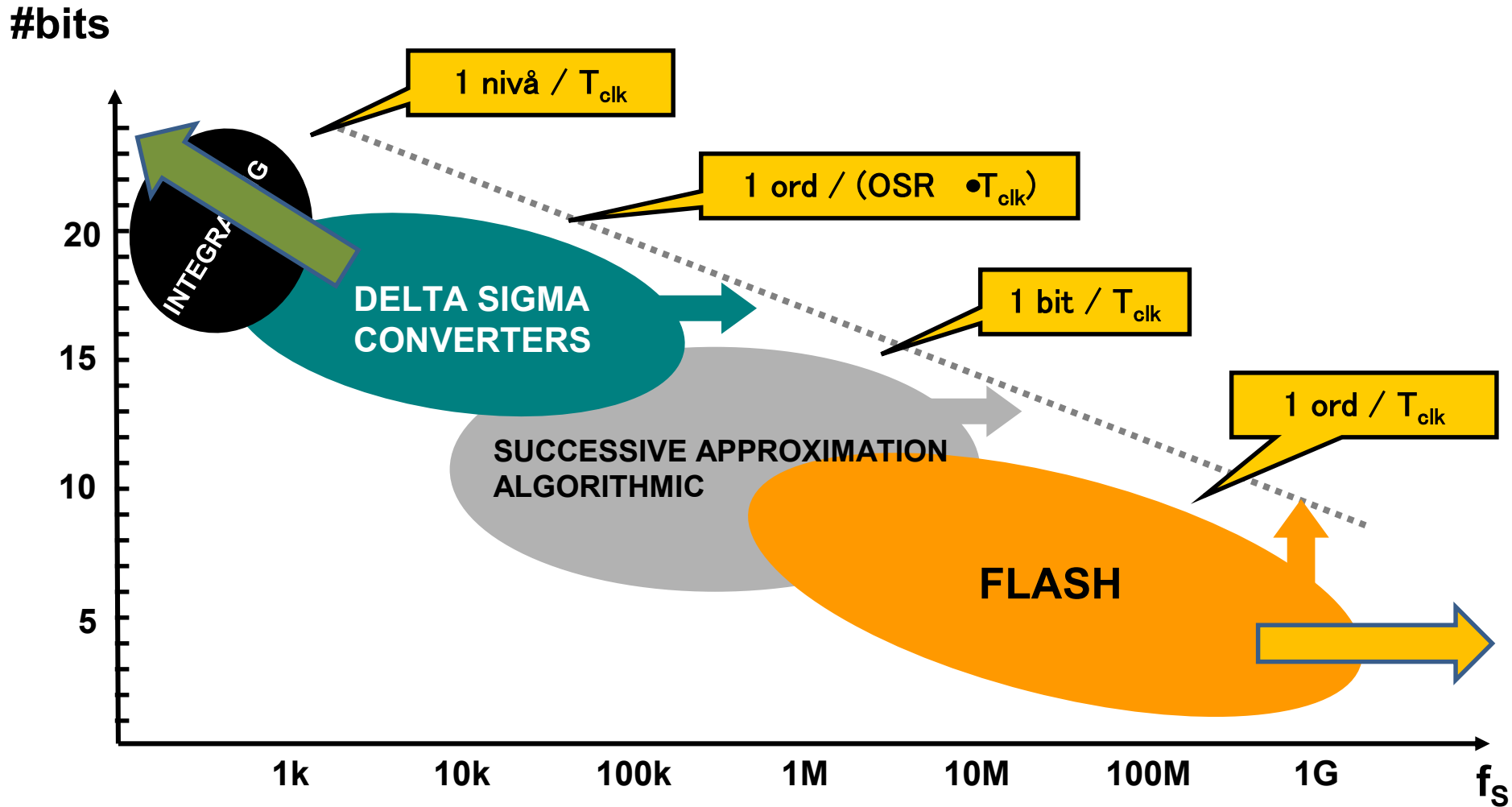
Kan ofta sampla signalen mycket högre än f_{bw} .

$\frac{f_{osr}}{2f_{bw}}$: oversampling rate

- D-S omvandlare – genererar f_{osr} bitar för varje sampling
- Antal "1" är proportionerligt mot V_{in}/V_{ref} !
- Högre f_{osr} ger bättre upplösning!

**Ex: Vi kan få 24 bitars
upplösning vid tillräckligt
hög f_{osr} !**

Översikt av vanliga ADC:er

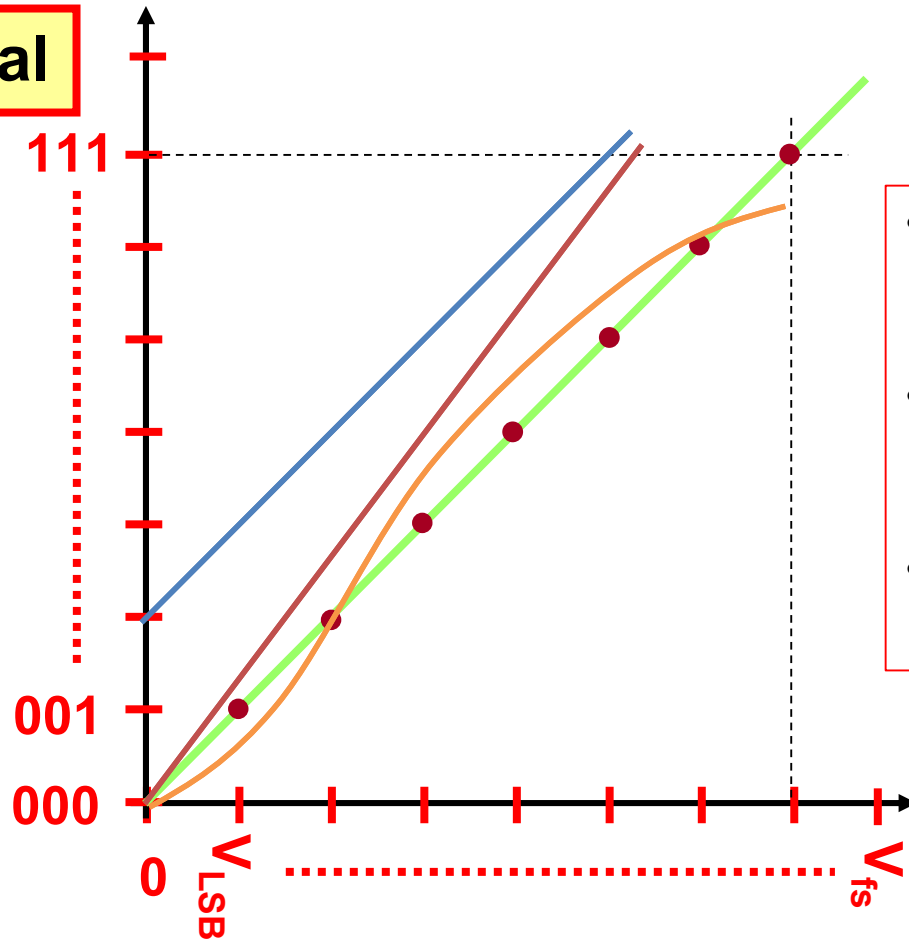


OSR = Over Sampling rate

Original från Piero Andreani

Fel vid AD/DA-omvandling

Digital Signal



- Skalfaktorfel (korrigera förstärkning)
- Offset-fel (korrigera offsetspänning)
- Icke linjära fel (Svårt! – tabeller)

Analog Signal

AD/DA-laboration nästa vecka!

- AD/DA laboration nästa vecka!
- Laborationhäfte på hemsidan!
- ***Obligatoriska* förberedelseuppgifter**
Ingen dugga, men ska vara lösta för att få labba!!

That's all!

- Lycka till med resten av studierna!
- Tänk på att det finns elektronik i nästan allt – och att det utbildas för få som kan elektronik!

