

# Metalldetektorn

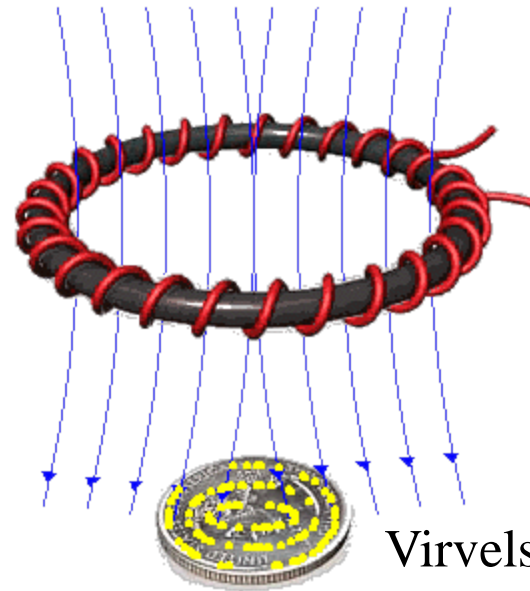
Alla "förluster" (även virvelströmsförluster i metaller) sammanfattas av symbolen  $r$  !

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left( \frac{1}{LC} - \frac{r^2}{L^2} \right)}$$

Järnföremål påverkar magnetfältet och därmed även  $L$  !



Parallellresonansfrekvensen påverkas av spolens förluster. Så kan gömda skatter hittas!



Virvelströmsförluster

# Metalldetektorn



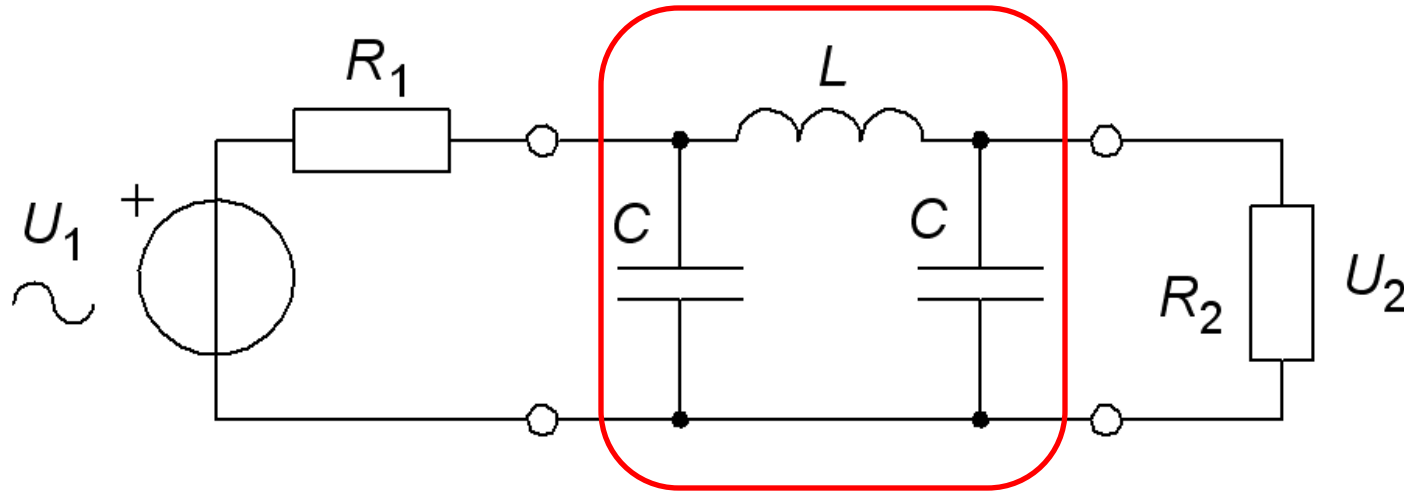
En metalldetektor består av en oscillator (en sändare) med en LC-resonanskrets. Metallföremål som befinner sig inom induktansens magnetfält påverkar resonansfrekvensen så att oscillatorfrekvensen ändras.

En mikroprocessor med ett frekvensmättningsprogram indikerar frekvensändringarna.

- Inför laborationen behöver vi nu studera resonanskretsar, och förstärkare – oscillatorer.

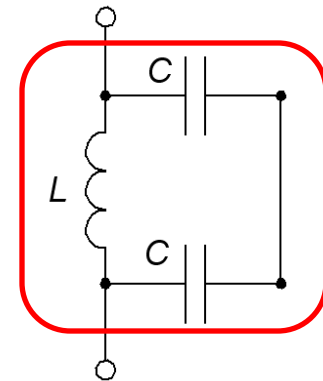
# En krets med resonans

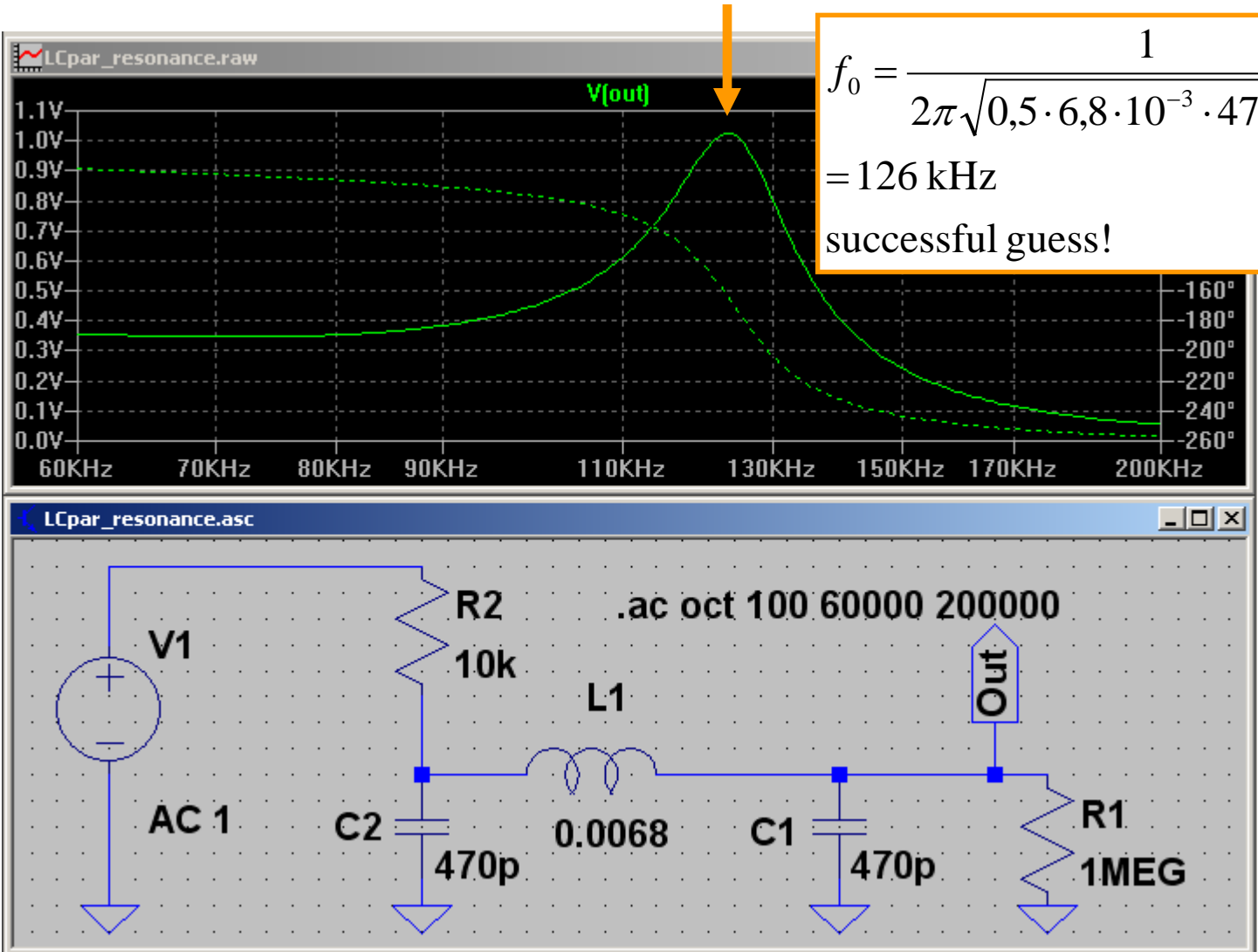
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$



Beräkningarna på kretsen är *egentligen* ganska komplicerade – men vi vågar väl oss på en ”**gissning**”:

$$C_{ERS} = \frac{C \cdot C}{C + C} = \frac{C}{2} \quad f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot \frac{C}{2}}}$$



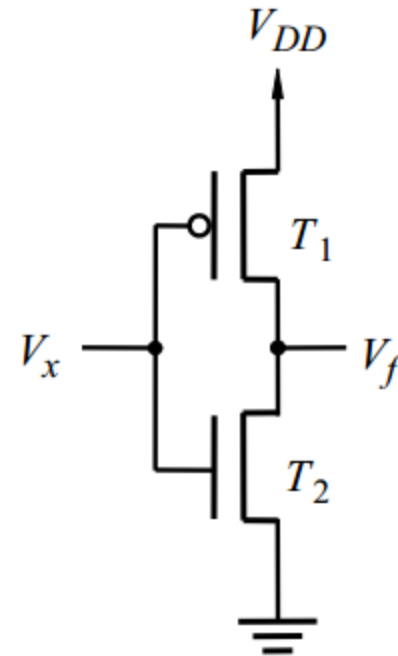
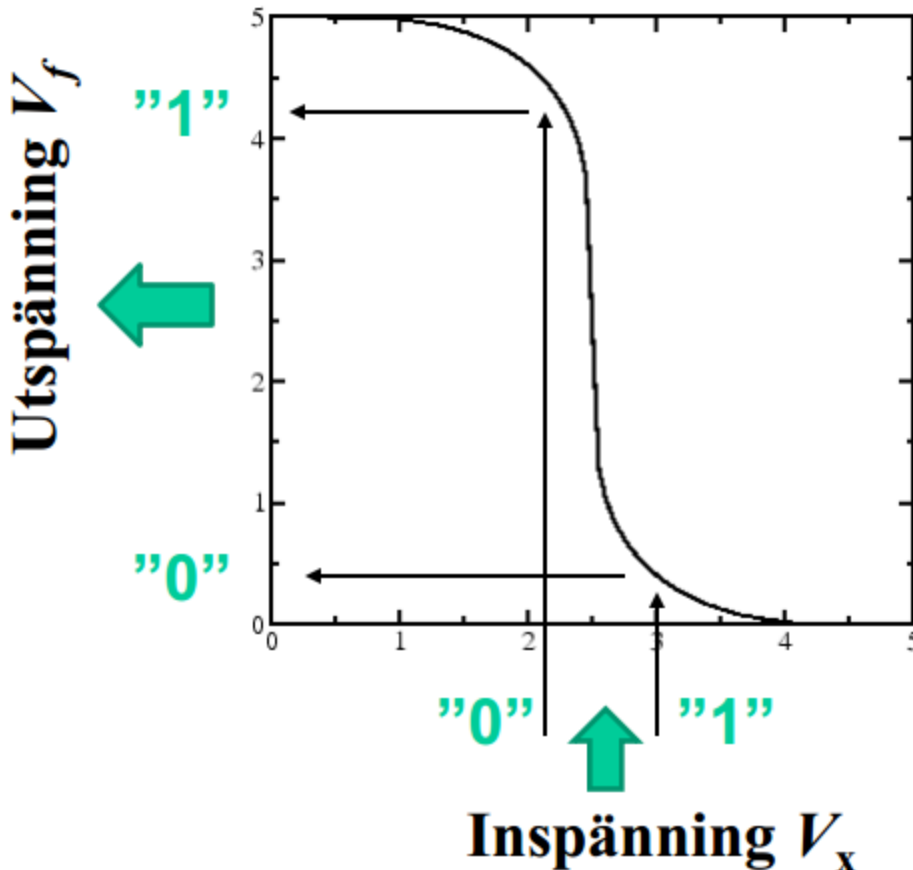


$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,5 \cdot 6,8 \cdot 10^{-3} \cdot 470 \cdot 10^{-12}}}$$

= 126 kHz  
successful guess!

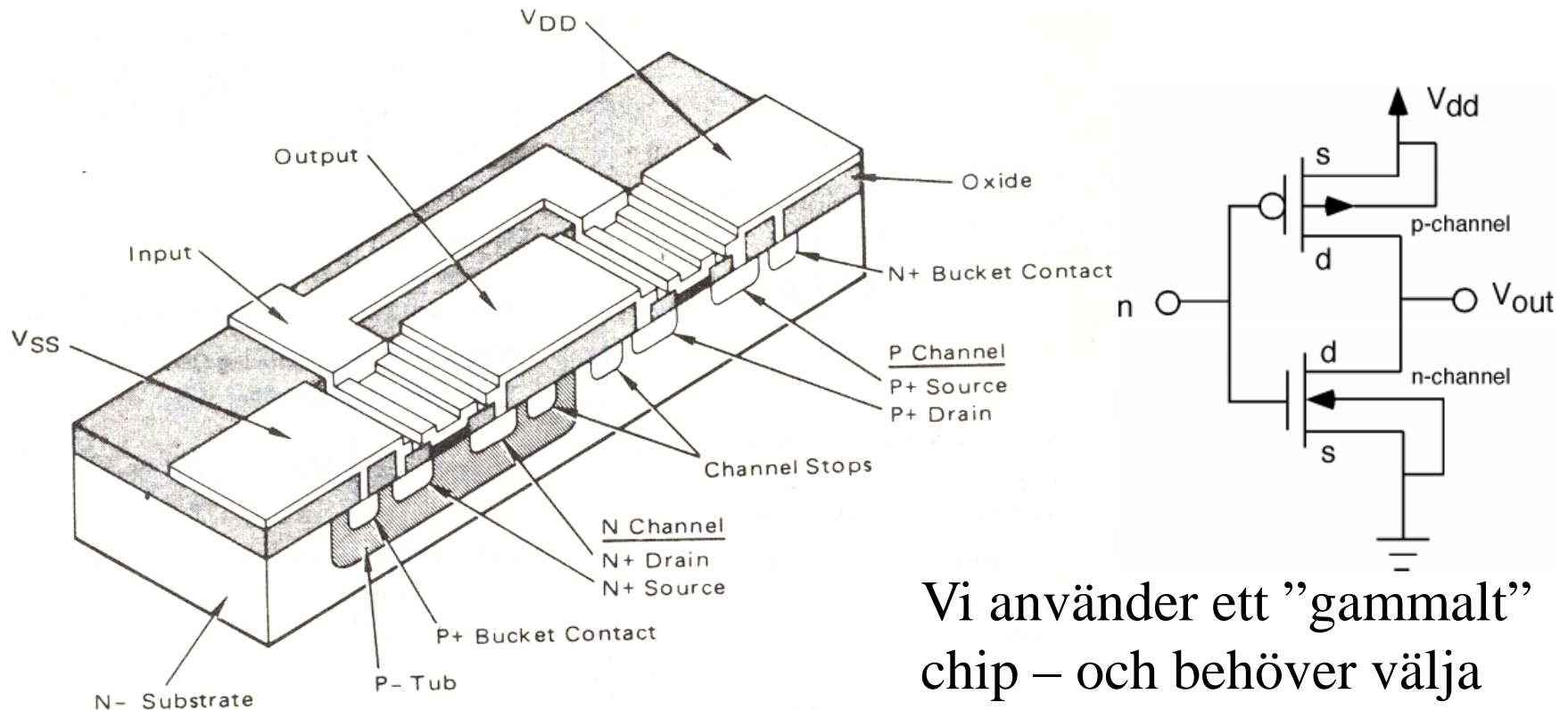
William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)

# Digital design – inverterare



*Kommer Du ihåg  
CMOS-inverteraren  
från Digital Design?*

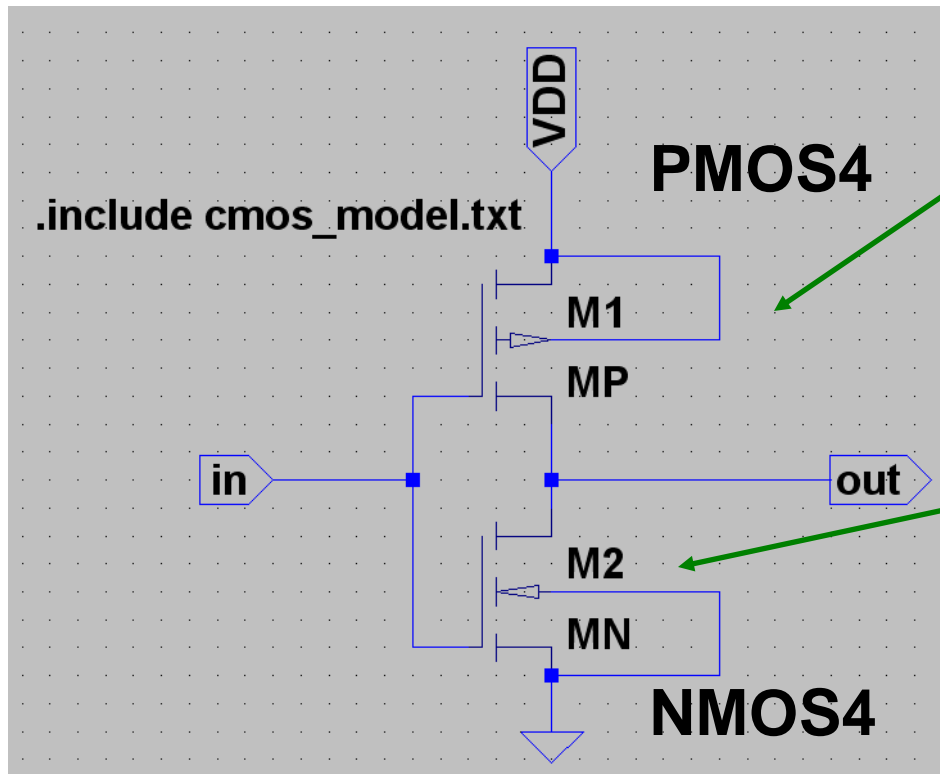
# CMOS-inverterare



- *Kommer Du ihåg inverteraren från Digital Design kursen?*

Vi använder ett "gammalt" chip – och behöver välja simuleringsparametrarna därefter!

# ( MOS-Old school )



Monolithic MOSFET - M1

Model Name:	MP	OK
Length(L):	5u	Cancel
Width(w):	480u	
Drain Area(AD):		
Source Area(AS):		
Drain Perimeter(PD):		
Source Perimeter(PS):		
No. Parallel Devices(M):		

MP l=5u w=480u

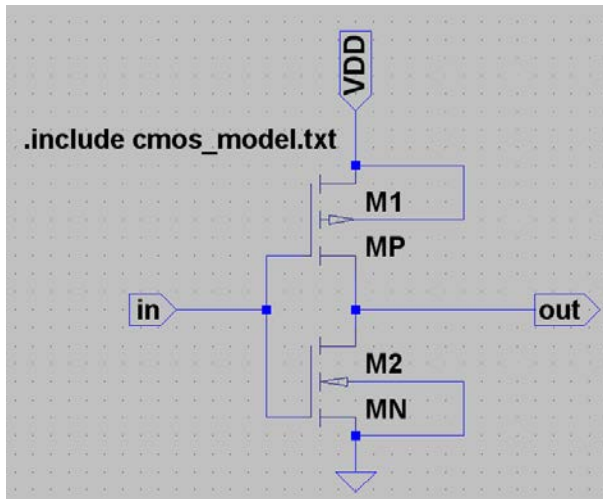
Monolithic MOSFET - M2

Model Name:	MN	OK
Length(L):	5u	Cancel
Width(w):	124u	
Drain Area(AD):		
Source Area(AS):		
Drain Perimeter(PD):		
Source Perimeter(PS):		
No. Parallel Devices(M):		

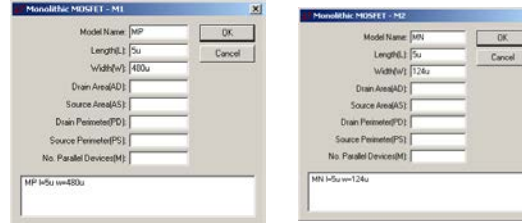
MN l=5u w=124u



# ( MOS-Old school )



Lägg filen `cmos_model.txt` i arbetsmappen. Den innehåller ”skalbara” modeller. Skriv direktivet: `.include cmos_model.txt`



## • NMOS

Model Name: **MN**

Length (L): **5u**

Width (W): **124u**

## • PMOS

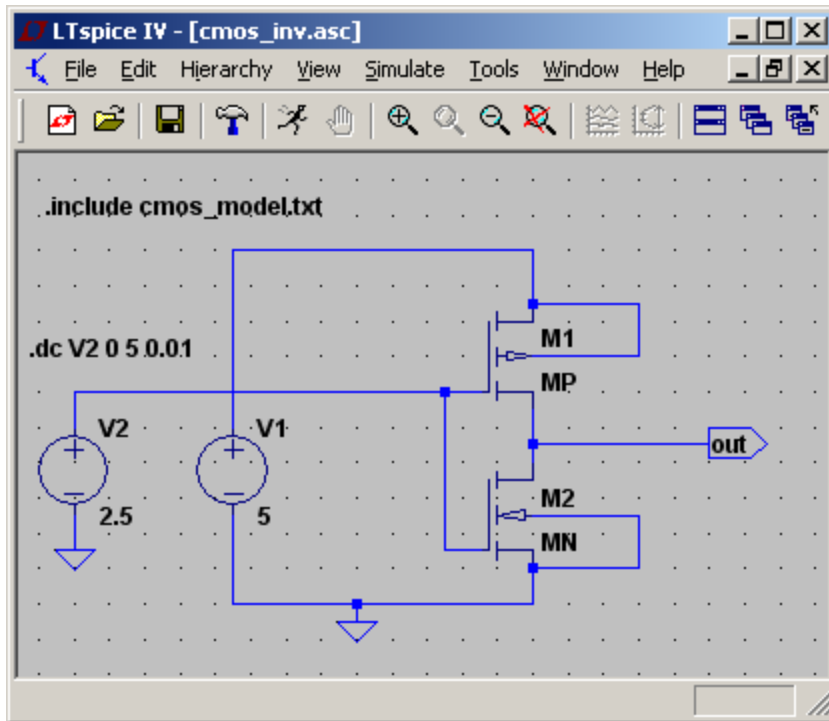
Model Name: **MP**

Length (L): **5u**

Width (W): **480u**

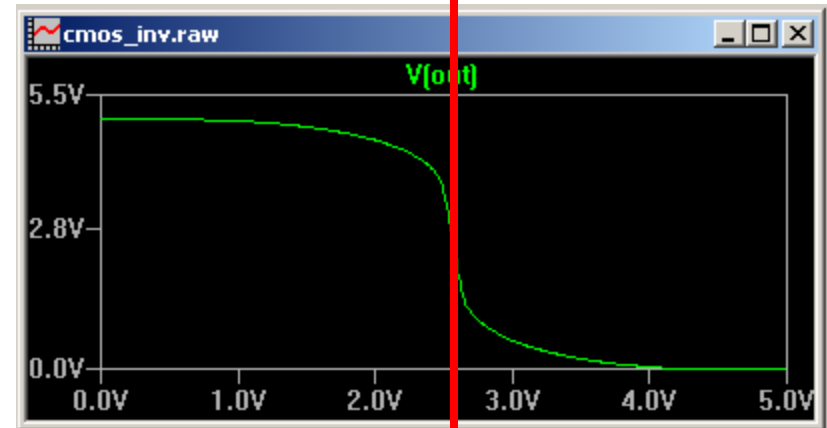
*Med dessa val blir de två transistorerna jämnstarka!*

# ( CMOS-inverteraren )



Simulera med dc-svep:

```
.dc V2 0 5 0.01
```

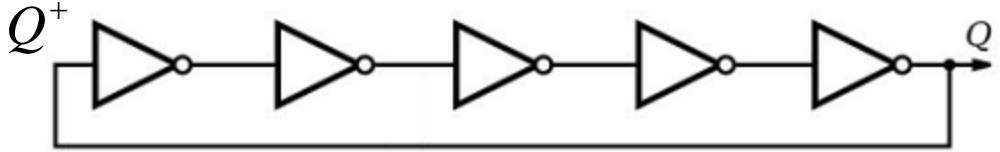
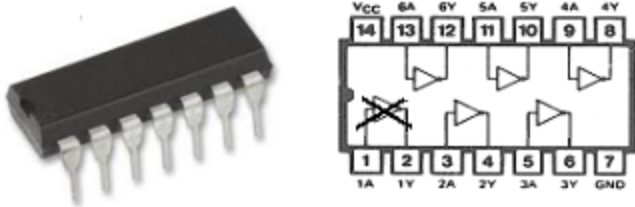


2,5 V

Jämnstarka transistorer ger omslag vid 2,5V.

*Tentatal i DigDes!*

# Ring-oscillator

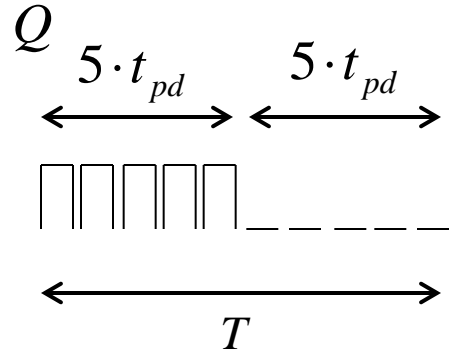
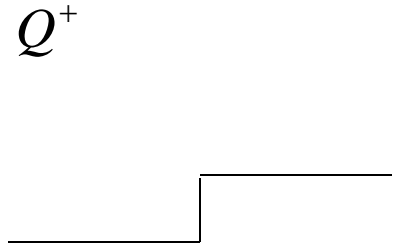


- En ringoscillator består av ett udda antal återkopplade inverterare.

$$Q^+ = f(Q)$$

$Q$	$Q^+$
0	1
1	0

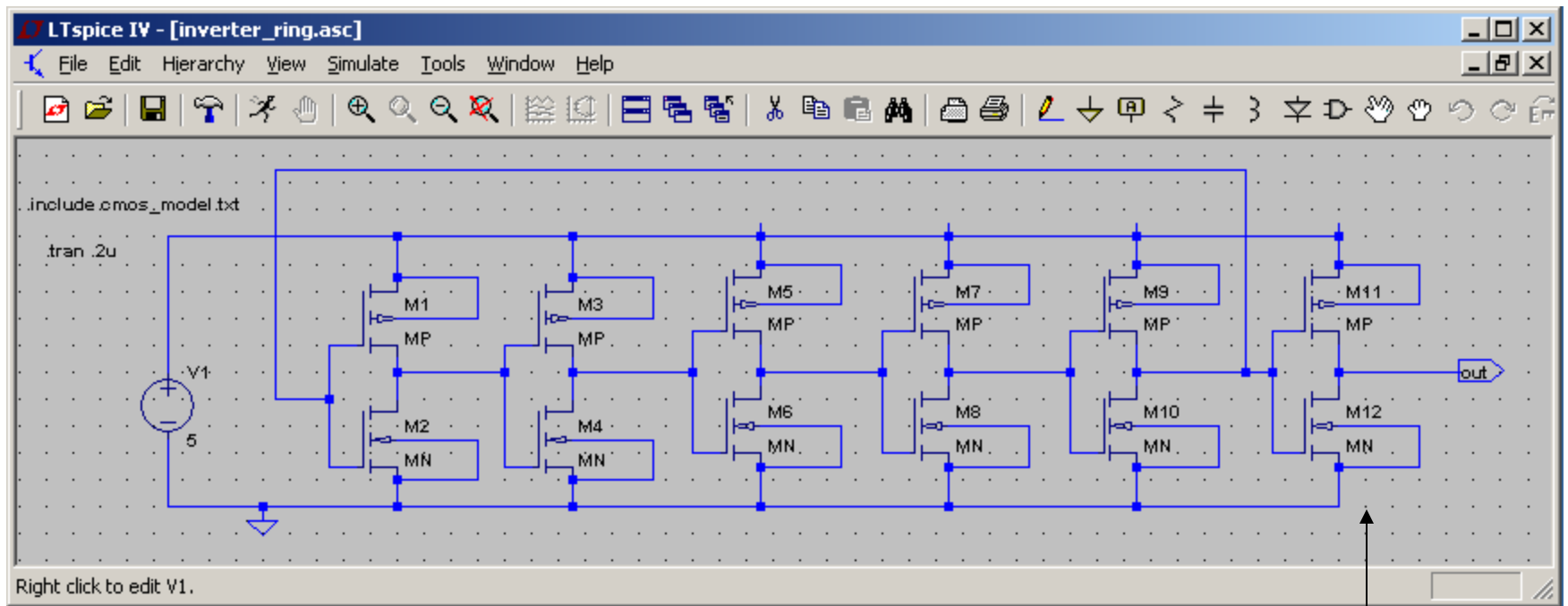
$$T = 2 \cdot 5 \cdot t_{pd} \quad f = \frac{1}{T}$$



# Ring-oscillator



Kopiera inverteraren 5 ggr! (Vi har ett chip med 6 inverterare)



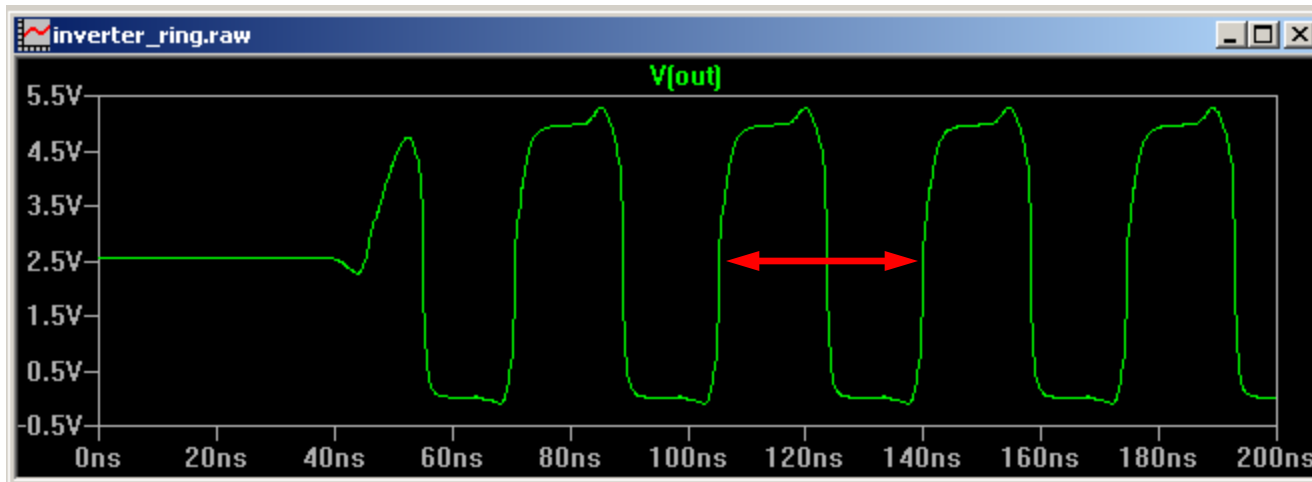
5 inverterare i "ring"

+ Buffer

# Ring-oscillator



Simulera med: `.tran .2u`

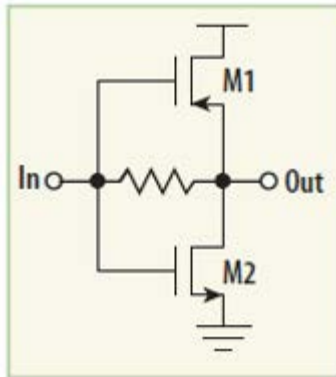


En inverterares  
grindfördröjning:  $t_{PD} = \frac{35}{5+5} = 3,5 \text{ ns}$

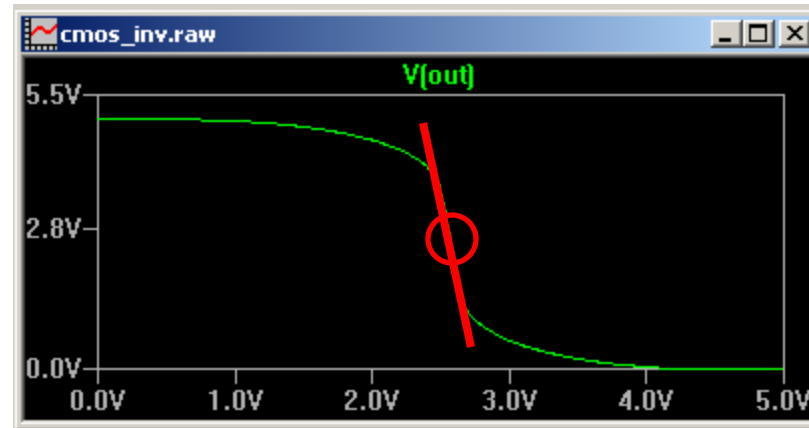
Ringoscillatorn kan användas för att indirekt mäta upp  
grindfördröjningen i logikkretsar!

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)

# Förstärkare



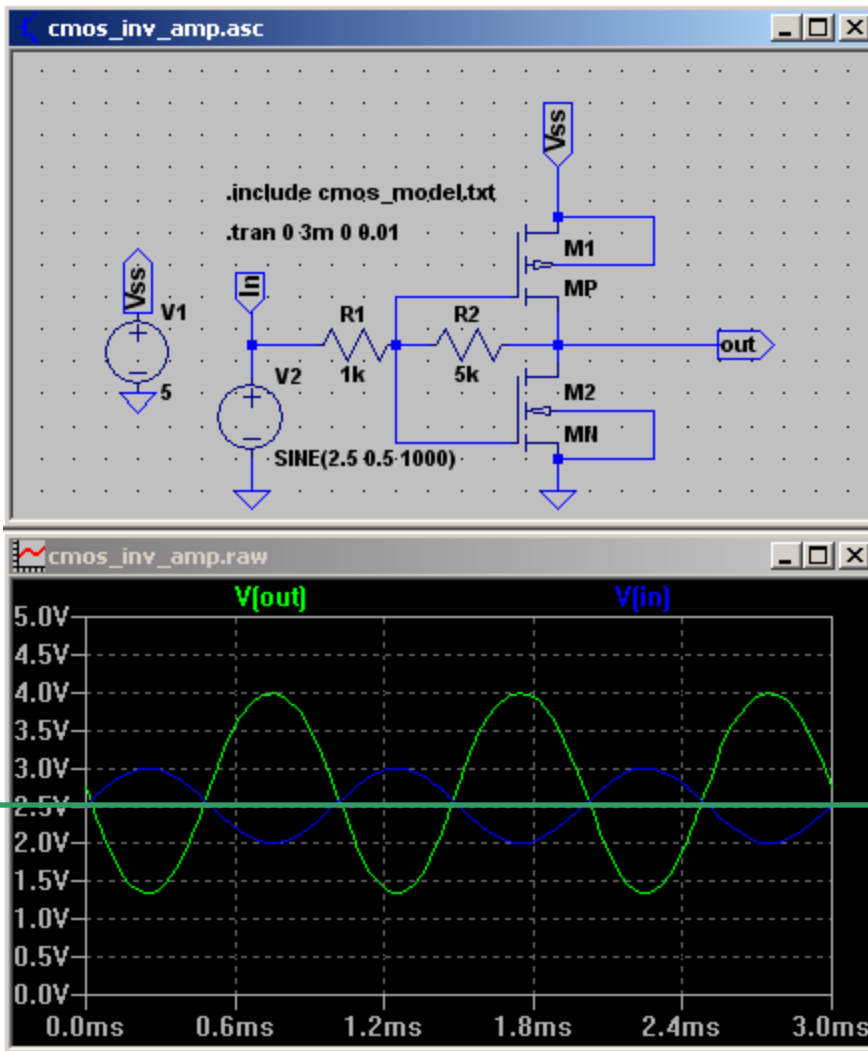
$U_{ut}$



$U_{in}$

Om man återkopplar utgången till ingången  $U_{ut} = U_{in}$  på *en ensam inverterare* så hamnar spänningen mitt mellan "1" och "0". Kurvans lutning är brant, så en inspänningsändring förstärks kraftigt. En positiv inspänningsändring ger upphov till en förstärkt negativ utspänningsändring, så vi har  $180^\circ$  fasvridning.

# Förstärkare



$U_{in}$ : en 0,5 V (toppvärde) sinusspänning (kring 2,5V nivå)

$U_{ut}$ : en 1,5 V (toppvärde) sinusspänning med motsatt tecken dvs.  $180^\circ$  fasvinkel.

Förstärkning 0,5:1,5 **1:3**

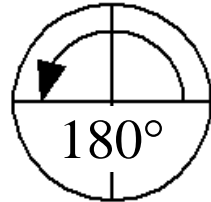
$R1 = 1k$   $R2 = 5k$   
(resistorerna har dämpat inverterarens höga förstärkning)



William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)

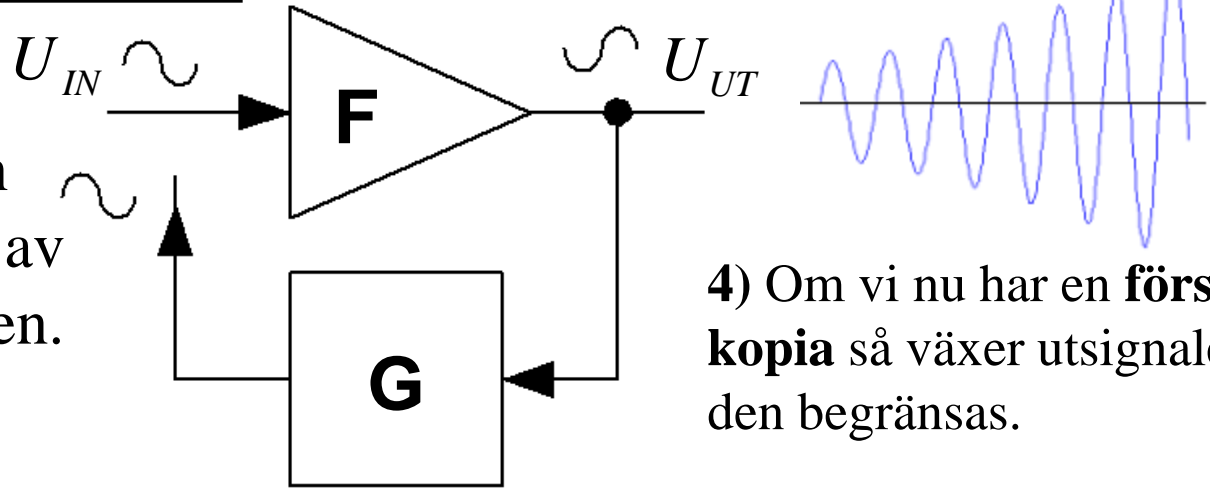
# Kan en förstärkare bli en oscillator?

En återkopplad förstärkare kan börja "självsvänga".

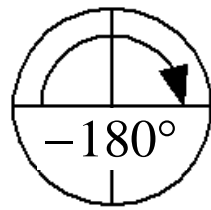


1) Förstärkaren fasvrider signalen  $180^\circ$  (= tvärtom)

3) Då får vi en extra "kopia" av ingångssignalen.



4) Om vi nu har en **förstärkt kopia** så växer utsignalen tills den begränsas.



2) Om återkopplingsnätet fasvrider signalen  $-180^\circ$  för någon frekvens

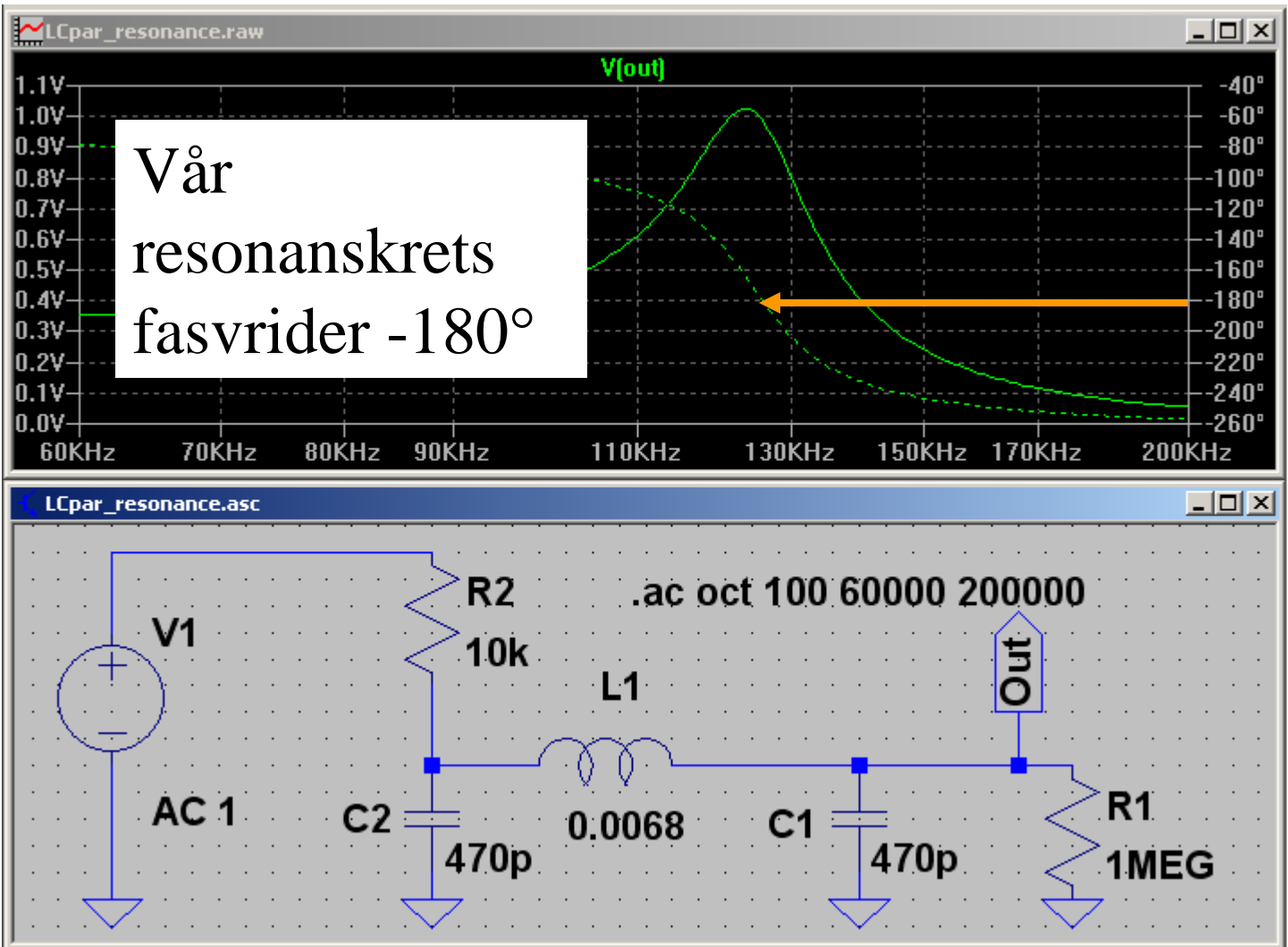
# Kan en förstärkare bli en oscillator?

Om den totala fasvridningen för blocken F och G är  $0^\circ$  för någon frekvens, och det samtidigt finns en netto-förstärkning ( $>1$ ) för den frekvensen – då självsvänger förstärkaren med den frekvensen!

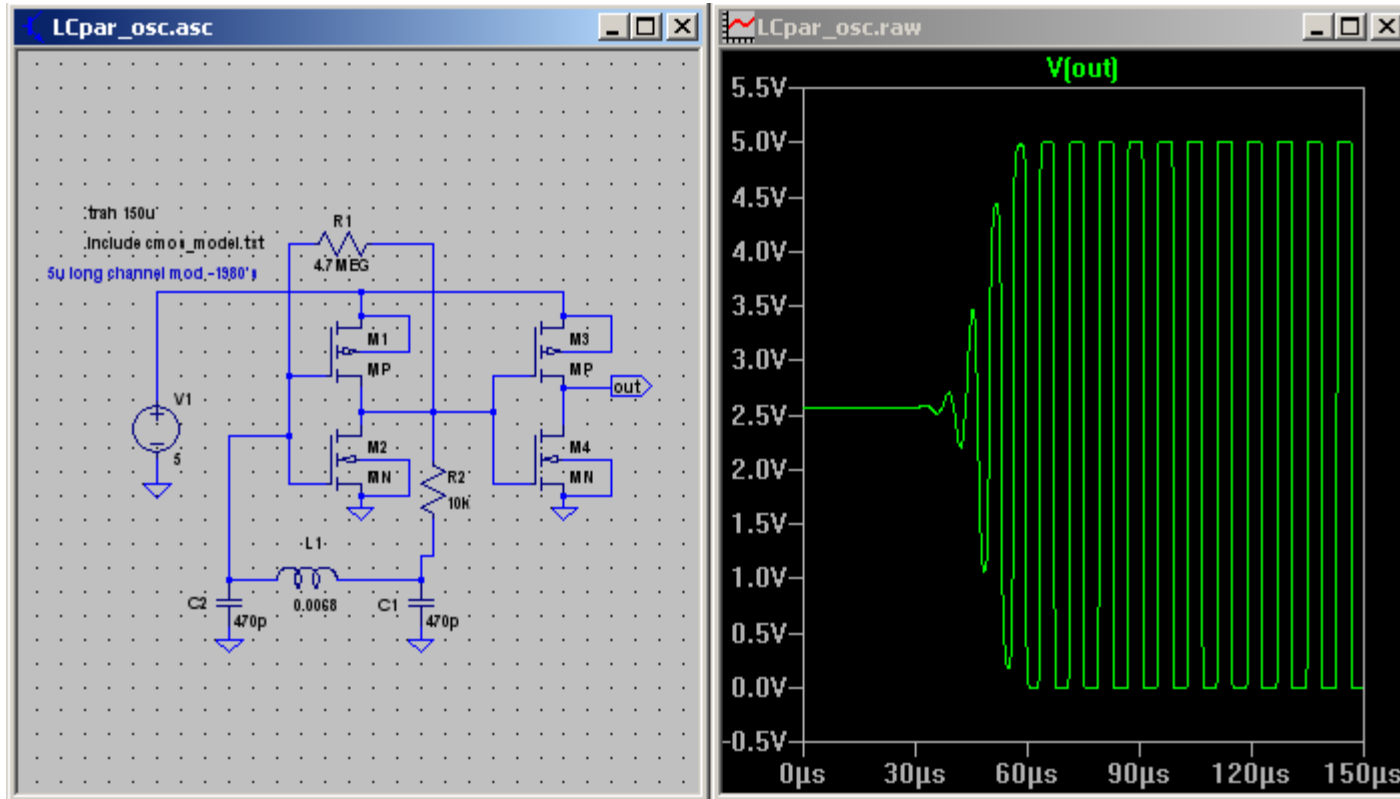


Harry Nyquist

Detta är det så kallade  
Nyquistkriteriet för stabilitet!

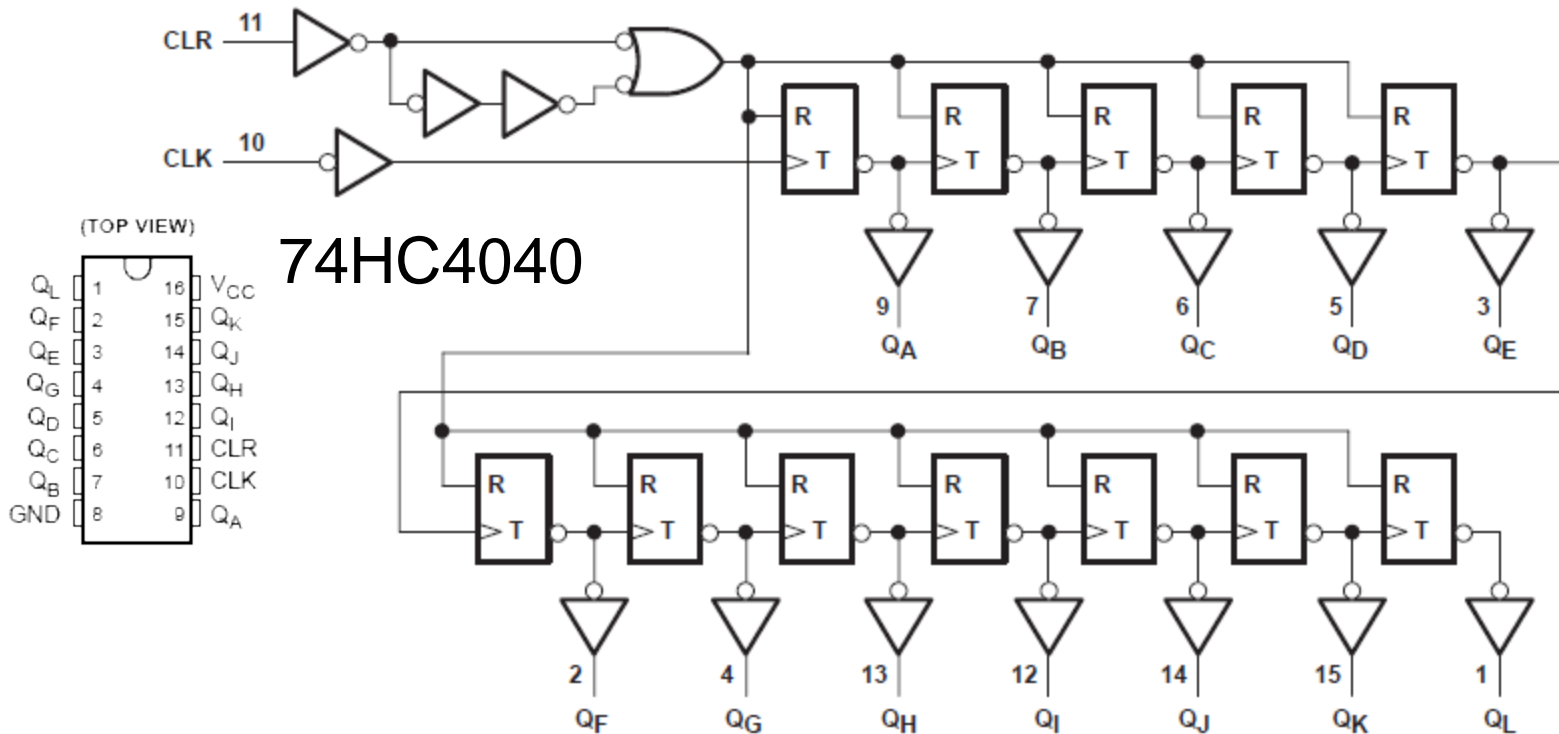


# Oscillator



Oscillatorm vid laborationen. En inverterare återkopplad med resonansfiltret. En extra inverterare gör utsignalen digital.

# En räknarkrets



Vid laborationen använder vi en billig räknarkrets.

Oscillatorfrekvensen kan delas ned med upp till 12 steg – till en hörbar signal. (Du har hört om kretsen i DigitalDesign-kursen).

William Sandqvist [william@kth.se](mailto:william@kth.se)