

# TSKS21 Signaler, information & bilder

## Föreläsning 10

### Amplitudmodulering

### Informationsteori – källkodning

Mikael Olofsson

Institutionen för Systemteknik (ISY)

Ämnesområdet Kommunikationssystem

## Klassificering av frekvensselektiva filter

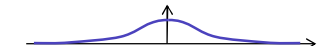
- Ett (frekvensselektivt) filter är ett LTI-system. Vanligen släpper det igenom något frekvensband eller spärrar det.
- Vanligen ett elektriskt nät – antingen passivt eller aktivt.

### Notation

### Ideal amplitudkaraktäristik

### Verklig amplitudkaraktäristik

Lågpasfilter (LP-filter):



Högpasfilter (HP-filter):



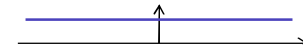
Bandpassfilter (BP-filter):



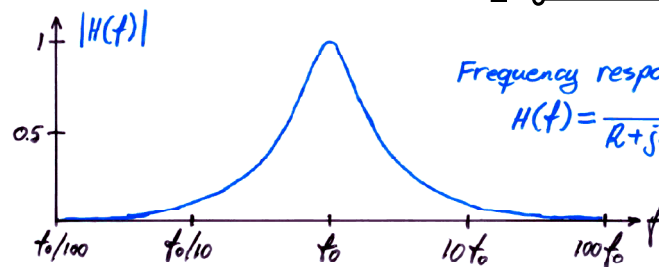
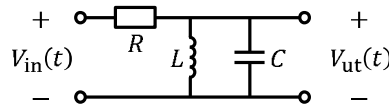
Bandspärrfilter (BS-filter):



Allpasfilter (AP-filter):

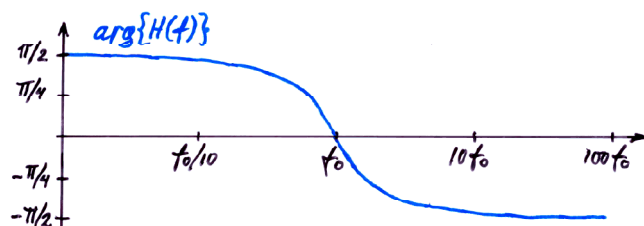


## Ett BP-filter



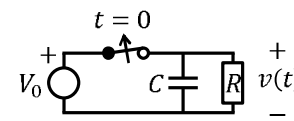
Frequency response:  

$$H(f) = \frac{j2\pi fL}{R + j2\pi fL - 4\pi^2 f^2 RLC}$$

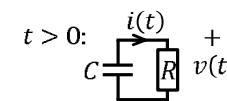


$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

## Urladdning av en kapacitans



Initial condition  
 $v(0) = V_0$



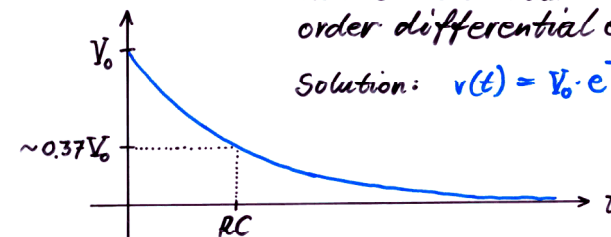
$$v(t) = R \cdot i(t) = -RC \frac{dv(t)}{dt}$$

$$i(t) = -C \frac{dv(t)}{dt}$$

$$\Rightarrow RC \frac{dv(t)}{dt} + v(t) = 0$$

This is the standard example of a first order differential equation.

Solution:  $v(t) = V_0 \cdot e^{-t/RC}$  for  $t \geq 0$



# Amplitudmodulering

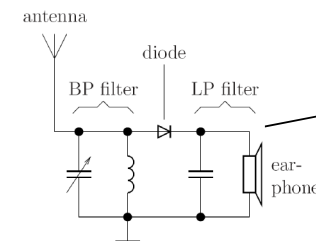
- Den första tekniken för rundradio.
- En linjär modulationsteknik.
- Enkel att analysera.
- Enkel demodulering.
- Bruskänslig.

# Amplitudmodulering i tidsdomänen

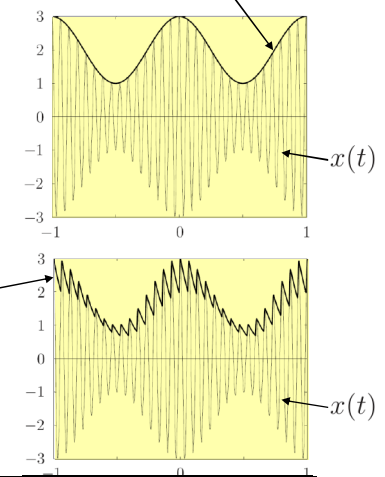
## Standard AM:

$$x(t) = A \cdot (C + m(t)) \cos(2\pi f_c t)$$

Krystallmottagare, en enveloppdetektor,  
den första demoduleringen för standard AM:



Envelopp,  $A \cdot (C + m(t))$

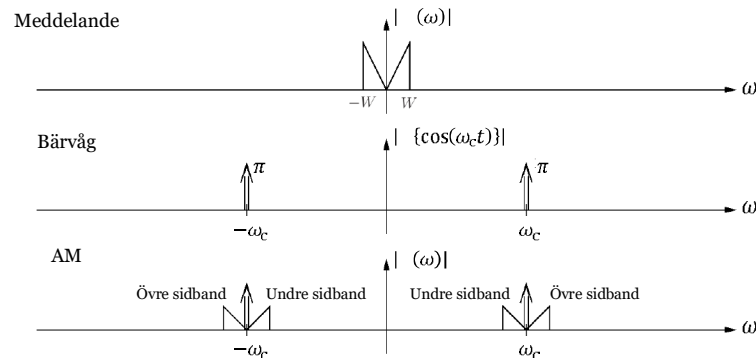


# Spektrum för AM

$$x(t) = A \cdot (C + m(t)) \cos(\omega_c t)$$

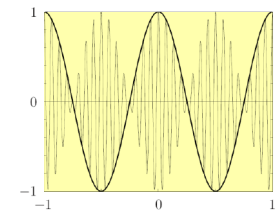
$$X(\omega) = \mathcal{F}\{AC \cos(\omega_c t)\} + \mathcal{F}\{Am(t) \cos(\omega_c t)\}$$

$$= AC\pi[\delta(\omega + \omega_c) + \delta(\omega - \omega_c)] + \frac{A}{2}(M(\omega + \omega_c) + M(\omega - \omega_c))$$



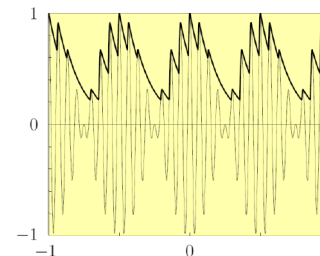
# AM-SC – Undertryckt bärsvåg

AM-SC:  $x(t) = Am(t) \cos(\omega_c t)$

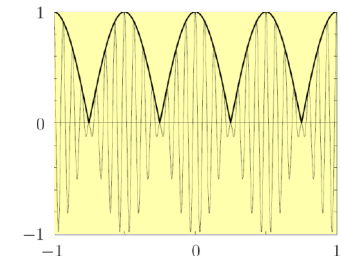


Demodulering av AM-SC med en enveloppdetektor:

Krystallmottagarens utsignal



Envelopp



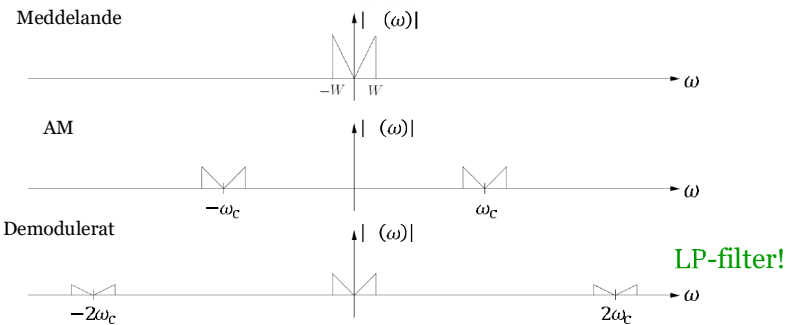
## Spektrum för AM-SC – och Demodulering

$$x(t) = Am(t) \cos(\omega_c t) \Rightarrow X(\omega) = \frac{A}{2} (M(\omega + \omega_c) + M(\omega - \omega_c))$$

Koherent demodulering:

$$y(t) = 2x(t) \cos(\omega_c t) = 2Am(t) \cos^2(\omega_c t) = Am(t)(1 + \cos(2\omega_c t))$$

$$Y(\omega) = X(\omega + \omega_c) + X(\omega - \omega_c) = AM(\omega) + \frac{A}{2} (M(\omega + 2\omega_c) + M(\omega - 2\omega_c))$$

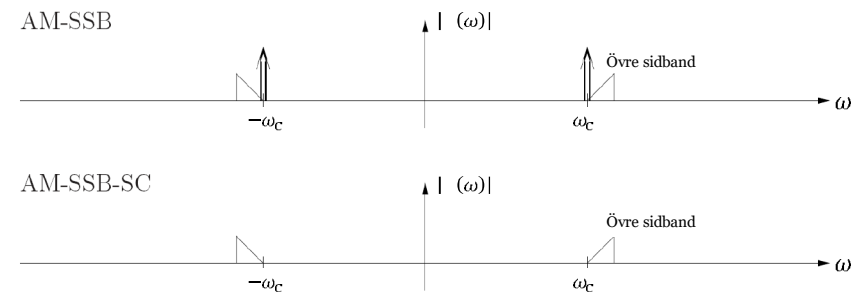


## AM-SSB – Enkelt sidband

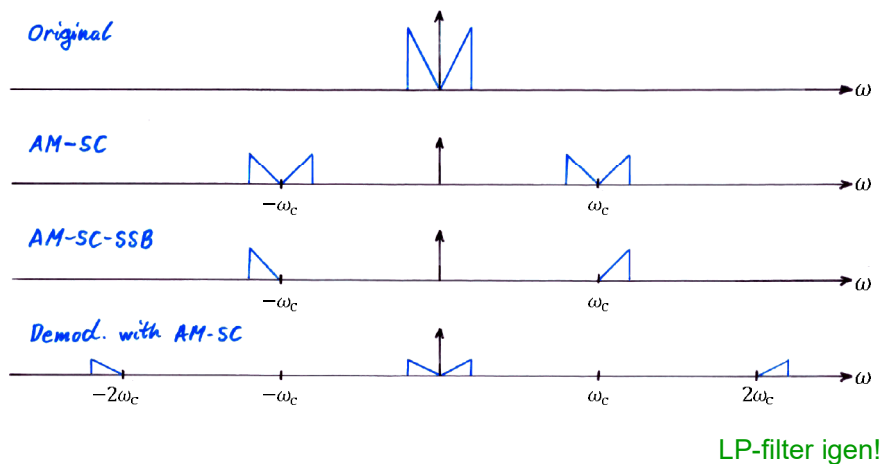
AM (SC) använder dubbelt så mycket bandbredd som behövs.

Vardera sidband innehåller all information.

Filtrera bort ett av sidbanden.



## Demodulera SSB

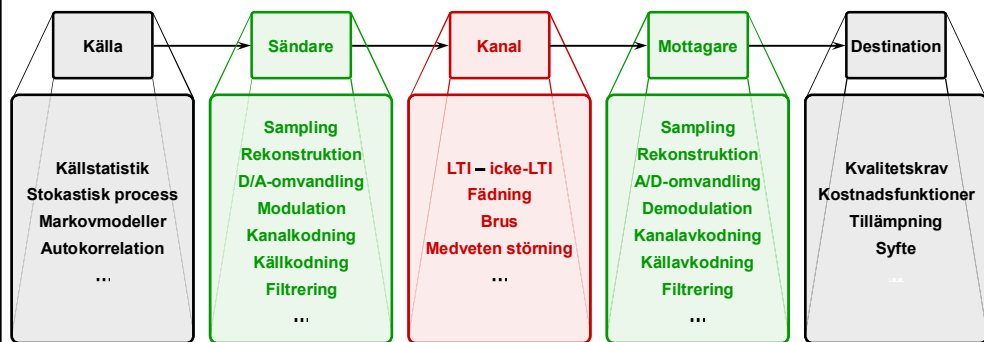


## Informationsteori

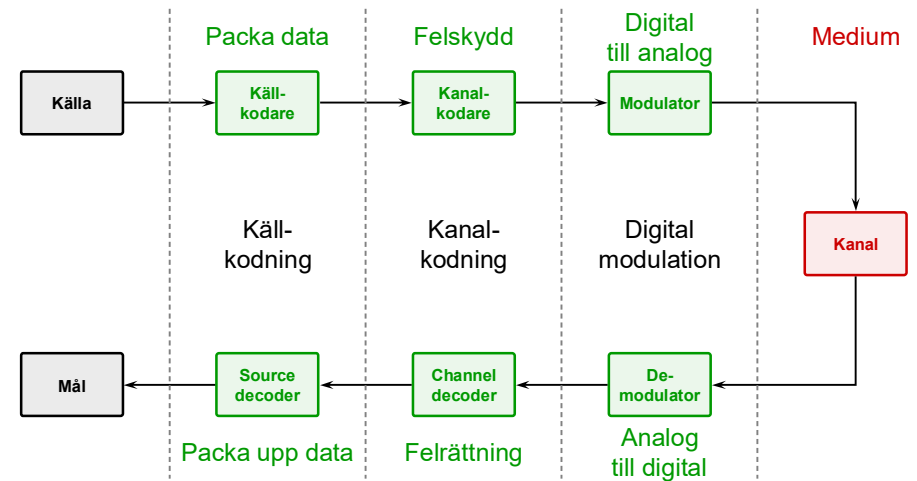
Består av två delar:

- Källkodning, att representera information effektivt.
- Kanalkodning, att skydda information från fel.

## Kommunikationslänk – översikt



## Ett envägstelekomunikationssystem



## Entropi

Singla slant  $m$  gånger ger en av  $2^m$  lika sannolika följder som naturligt representeras med  $m$  bitar. Sannolikheten för följden är  $2^{-m}$ .

Notera:  $m = -\log_2(2^{-m})$ .

Alltså:

$m$  är mängden information som vi förknippar med sannolikheten  $2^{-m}$ .

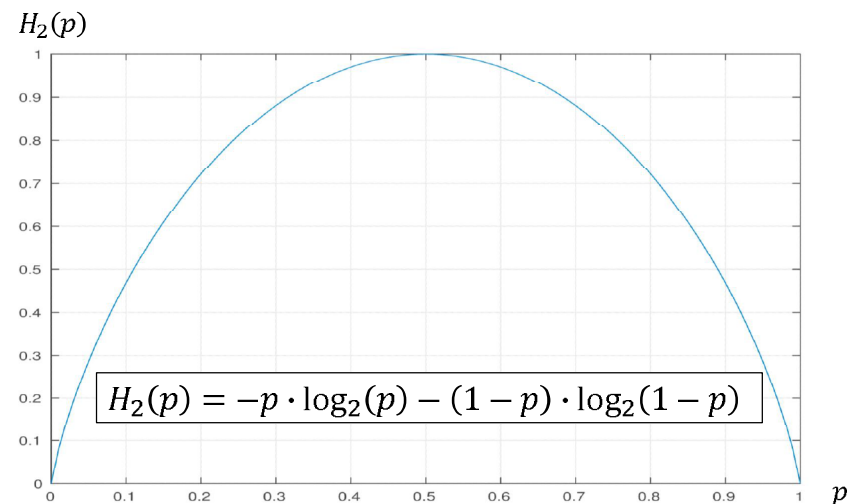
Shannoninformation förknippad med sannolikheten  $p$  är därför  $-\log_2(p)$ . Behöver inte vara ett heltal.

Entropi är förväntad shannoninformation:

$$\text{Binärt: } H_2(p) = -p \cdot \log_2(p) - (1-p) \cdot \log_2(1-p)$$

$$\text{Allmänt: } H(p_0, p_1, \dots, p_{N-1}) = -\sum_{i=0}^{N-1} p_i \log_2(p_i)$$

## Binära entropifunktionen



## En källkodares uppgift

En källkodare översätter meddelanden till bitar.



Mikael Olofsson  
ISY/KS

[www.liu.se](http://www.liu.se)