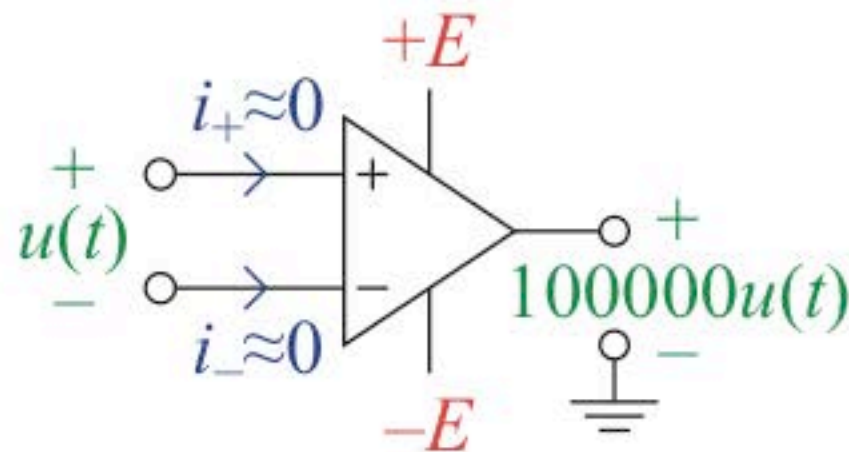


Dagens föreläsning

- Operationsförstärkare
 - Konstruktionsexempel
 - Modeller
- Projektuppgift
- Filterdemonstration
- Filterkonstruktion

Konstruktion med operationsförstärkare

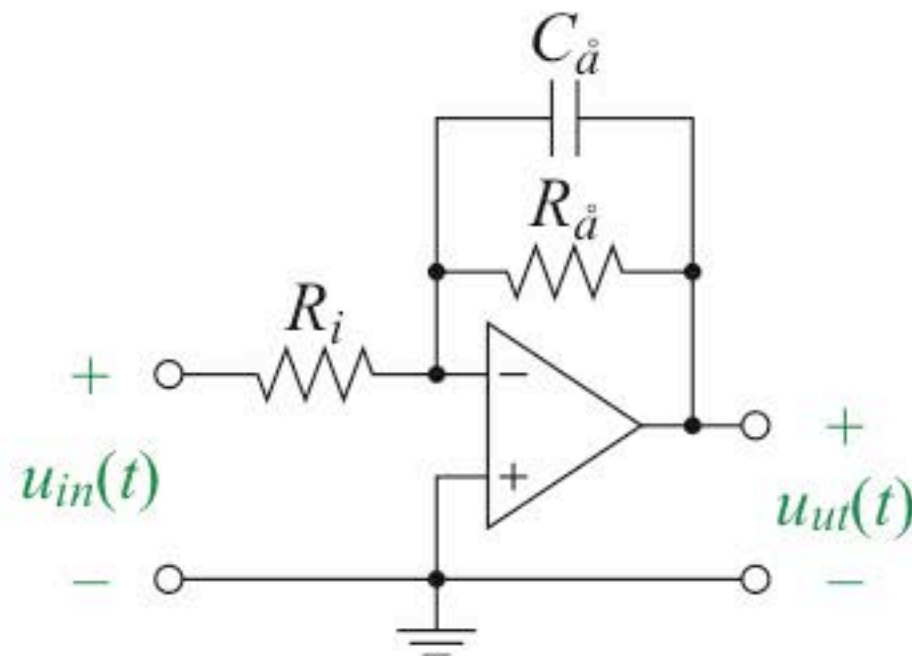
- Operationsförstärkare



- Signalförstärkning implementeras med negativ återkoppling
- Konstruktionsregler
 - 1) Återkopplingen ger samma potential på OP-ingångarna
 - 2) Hög inimpedans gör att OP-ingångarna drar försumbar ström

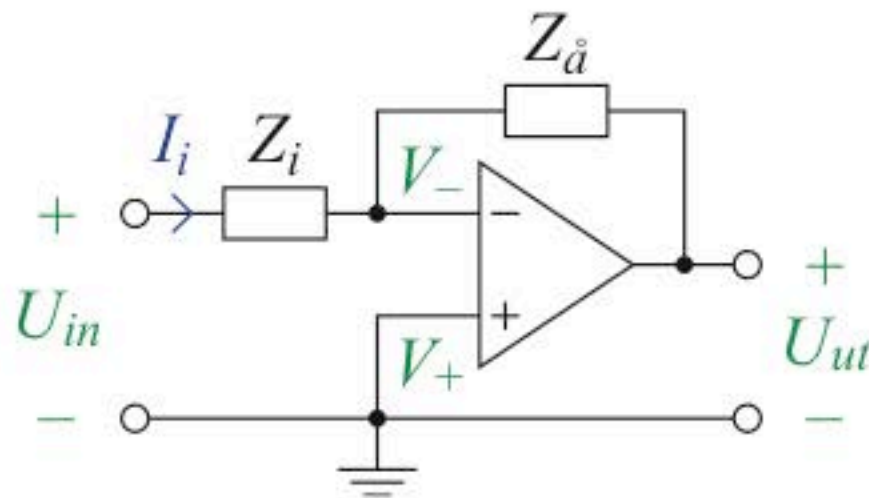
Konstruktionsexempel

- Beräkna R_i , R_a och C_a så att vi erhåller ett lågpasfilter med
 - Förstärkning A ggr
 - Gränsfrekvens f_c
 - Inimpedans R_0



Inimpedans

- Komplexschema



Impedanser

$$Z_i = R_i$$

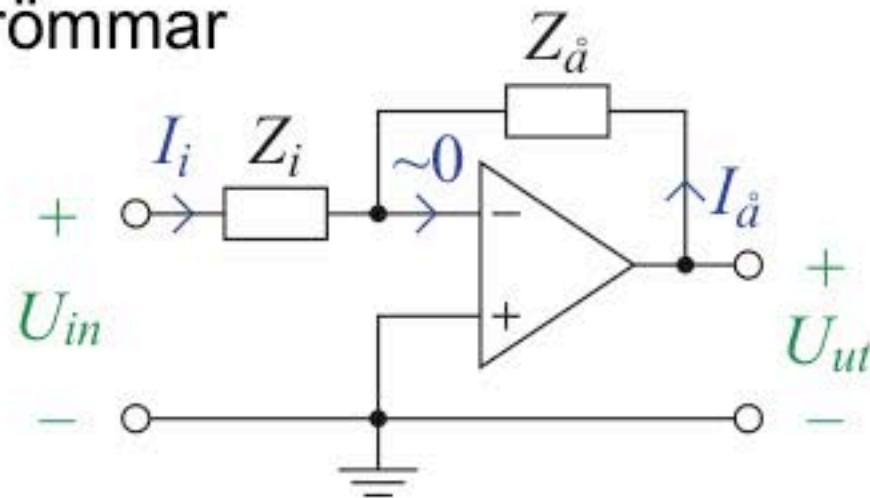
$$Z_a = R_a \parallel \frac{1}{j\omega C_a}$$

- Beräkna inimpedansen

$$Z_{in} = \frac{U_{in}}{I_i} = \left\langle \begin{array}{l} \text{Regel 1} \Rightarrow \\ V_- \approx V_+ = 0 \end{array} \right\rangle \approx \frac{U_{in}}{\frac{U_{in}}{R_i}} = R_i$$

Överföringsfunktion

- Strömmar



- Teckna överföringsfunktionen

$$\begin{aligned} H = \frac{U_{ut}}{U_{in}} &= \left\langle \begin{array}{l} \text{Regel 1} \Rightarrow \\ V_- \approx V_+ = 0 \end{array} \right\rangle \approx \frac{Z_a I_a}{Z_i I_i} = \\ &= \left\langle \begin{array}{l} \text{Regel 2} \Rightarrow \\ I_- \approx 0 \Rightarrow I_a = -I_i \end{array} \right\rangle = -\frac{Z_a}{Z_i} \end{aligned}$$

Amplitudkaraktistik

- Sätt in impedanser i överföringsfunktionen och ta beloppet

$$H = -\frac{Z_a}{Z_i} = -\frac{R_a \parallel \frac{1}{j\omega C_a}}{R_i} = -\frac{R_a \frac{1}{j\omega C_a}}{R_a + \frac{1}{j\omega C_a}} \frac{1}{R_i} = -\frac{R_a}{R_i} \frac{1}{j\omega R_a C_a + 1}$$
$$\Rightarrow$$
$$|H(\omega)| = \frac{R_a}{R_i} \frac{1}{\sqrt{1^2 + \omega^2 R_a^2 C_a^2}}$$

Välj amplituder

- Förstärkningen i passbandet ska vara A

$$|H(0)| = \frac{R_a}{R_i} \frac{1}{\sqrt{1^2 + 0^2 R_a^2 C_a^2}} = \frac{R_a}{R_i} = A$$

- Förstärkningen vid gränsfrekvensen ska vara $A/\sqrt{2}$

$$|H(\omega_c)| = \frac{R_a}{R_i} \frac{1}{\sqrt{1^2 + \omega_c^2 R_a^2 C_a^2}} = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{R_a}{R_i} \Rightarrow$$

$$(1 + \omega_c^2 R_a^2 C_a^2) = 2 \Rightarrow \omega_c = \frac{1}{R_a C_a}$$

Komponentvärden

- Uttryck inimpedans i R_0

$$Z_{in} = R_i = R_0 \Rightarrow R_i = R_0$$

- Uttryck passbandsförstärkning i A och R_0

$$\frac{R_a}{R_i} = A \Rightarrow R_a = AR_i = AR_0$$

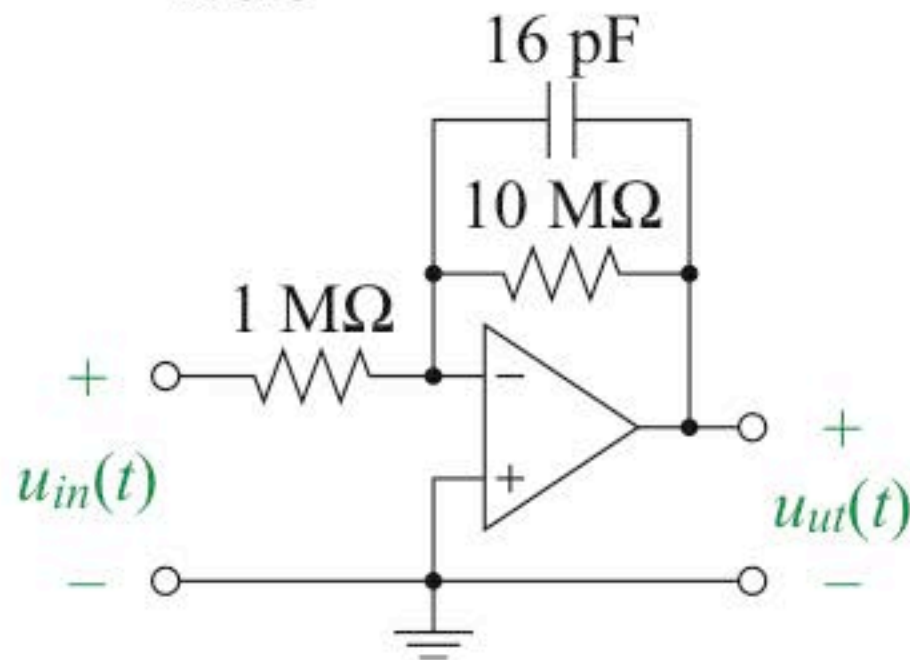
- Uttryck gränsfrekvens i f_c , A och R_0

$$\omega_c = \frac{1}{R_a C_a} \Rightarrow C_a = \frac{1}{\omega_c R_a} = \frac{1}{2\pi f_c R_a} = \frac{1}{2\pi f_c AR_0}$$

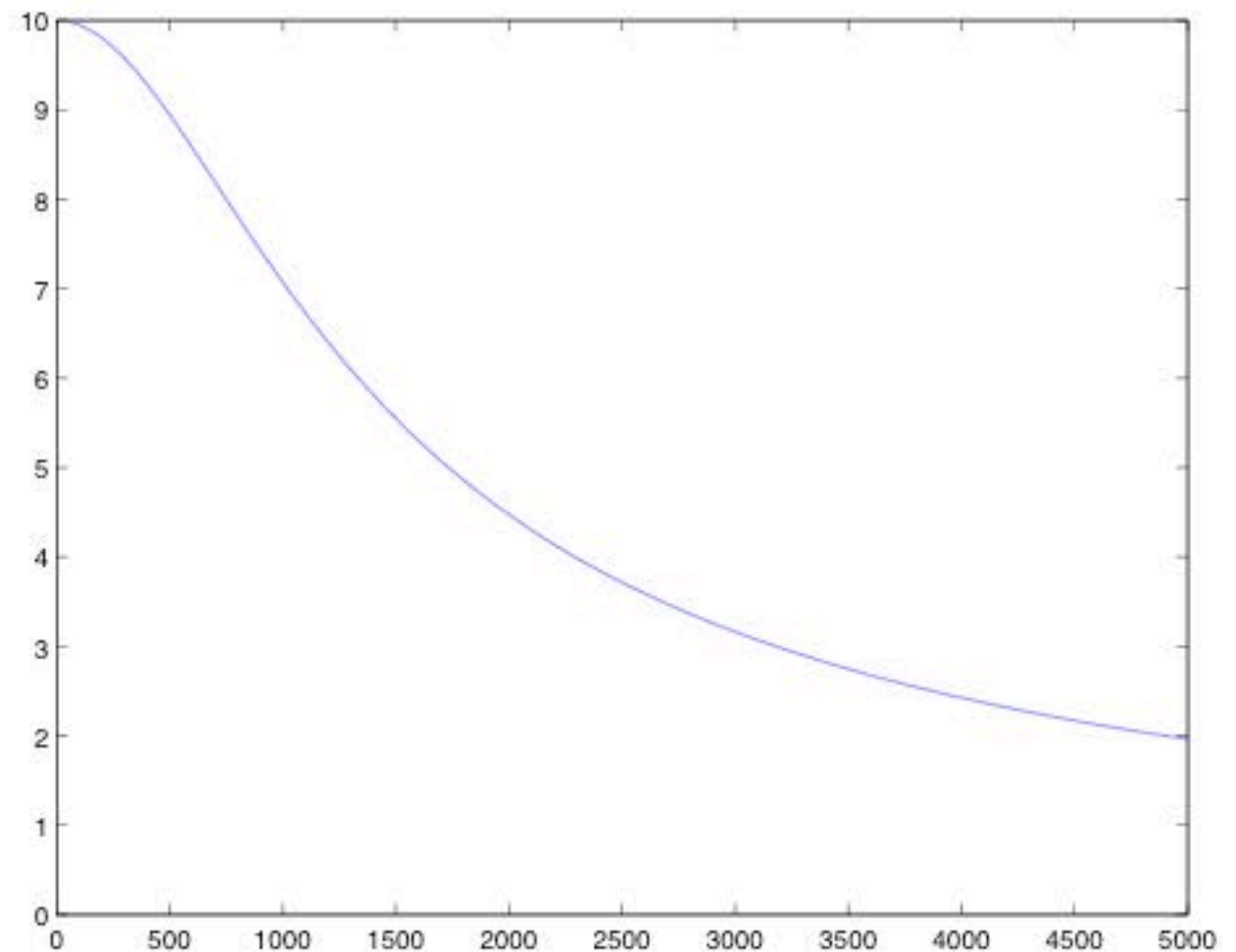
Numeriskt exempel

- Välj t ex $f_c = 1$ kHz, $A = 10$ ggr och $R_0 = 1$ M $\Omega \Rightarrow$

- $R_i = R_0 = 1$ M Ω
- $R_a = AR_0 = 10$ M Ω
- $C_a = 1/(2\pi f_c AR_0) \approx 16$ pF
- Krets

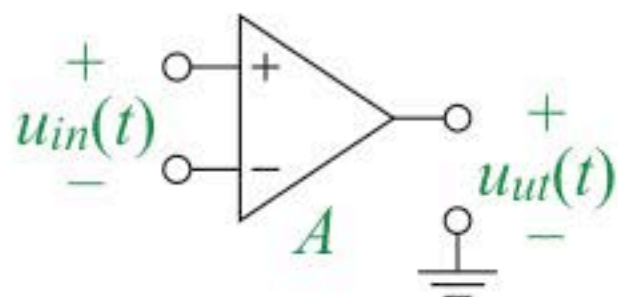


- Matlabplot för $|H(f)|$

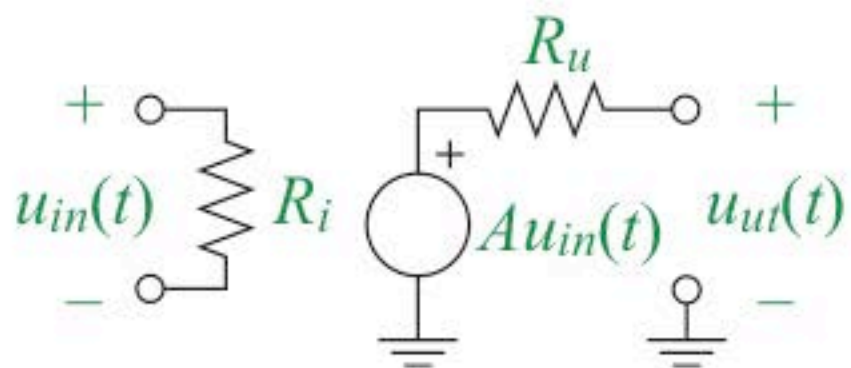


Modeller av operationsförstärkare

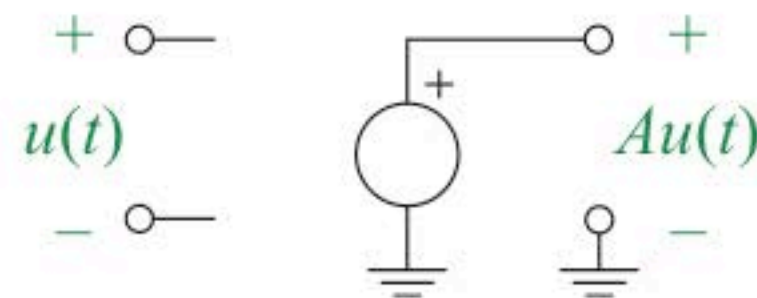
- Komponent



- Modell med in- och utresistans



- Ideal modell

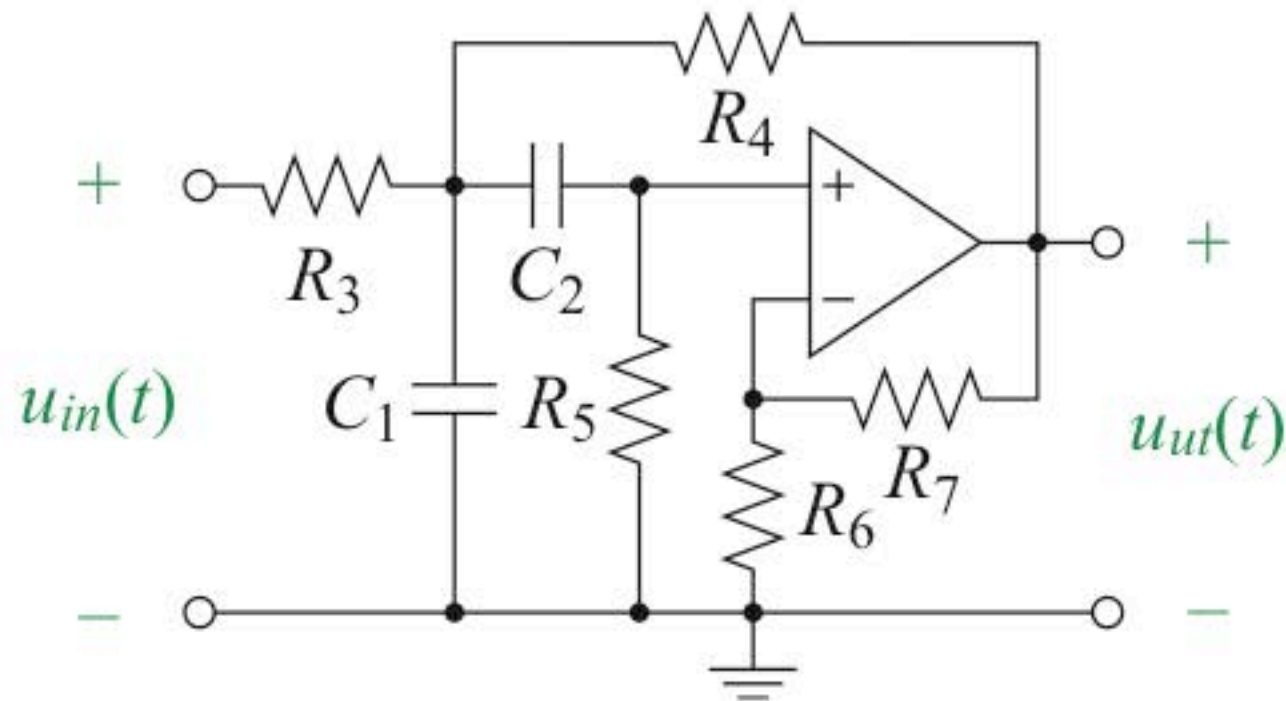


Projektuppgift

- Konstruktion av ett aktivt filter
- Genomförs i grupp om 2 personer
- Två delar
 - Lab4a: beräkna och simulera i Multisim (tidigare användes PSpice)
 - Lab4b: koppla upp och mät
- Redovisning
 - Mätningen under den senare labben
 - Inlämning av beräkningar, mätningar och intryck från ljudfiltrering

Konstruktion av ett aktivt bandpassfilter

- Ett kretsschema för ett bandpassfilter visas nedan

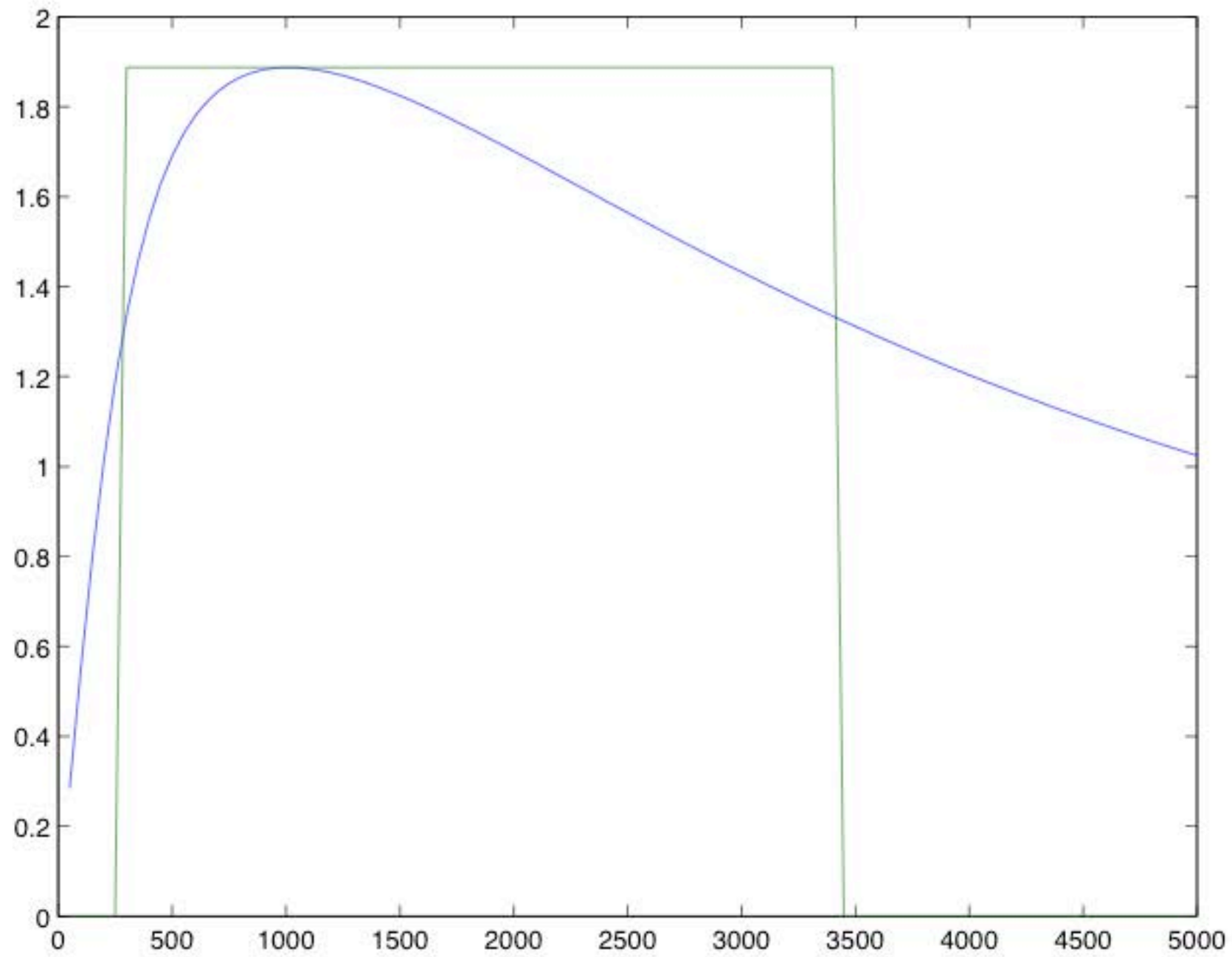


- Räkna ut C_1 och C_2 så att undre gränsfrekvensen blir 300 Hz och den övre 3400 Hz. Sätt $R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 1 \text{ k}\Omega$.

Matlab-kod

```
R = 1000; C1 = 54.4e-9; C2 = 913e-9; % komponentvärden
for k = 1:100 % ta 100 steg
    f = 50*k; w = 2*pi*f; % från 50 Hz till 500 kHz
    H = 1/sqrt(((C1+C2)/(2*C2))^2+(w*R*C1/2-1/w/R/C2)^2);
    x(k)=f; y(k)=H; % spara steg & amplitud
end
Hmax = max(y); % beräkna maxamplitud
z = Hmax*(y>Hmax/sqrt(2)); % beräkna passband
plot(x,y,x,z); % plotta H & passband
```

Matlab-plot



Komponentserier

- Ex-serie: x exponentiellt ökande komponentvärden per dekad
 - E6 : 10 15 22 33 47 68
 - E12: 10 12 15 18 22 27 33 39 47 56 68 82
 - E24: ...
- BP-filter med E12-värden
 - $C_1 = 56 \text{ nF}$
 - $C_2 = 1 \text{ }\mu\text{F}$
 - Amplitud plottad med röd linje till höger

