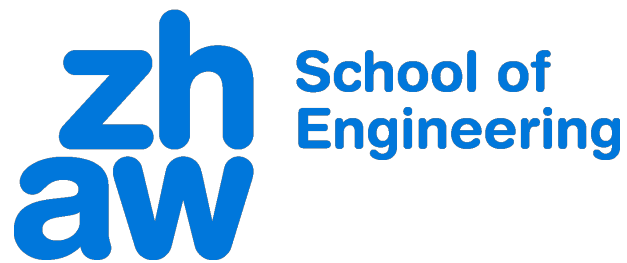


ZHAW Zurich University of Applied Sciences
Winterthur



Zusammenfassung DSV1 Studienwochen 1-8

Written by: Severin Sprenger
(w/ inputs from lienhyan)
June 17, 2026
Zf. DSV1 SW 1-8

1 dB-Rechnen

für Spannungen: $20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_1}{U_0} \right)$

für Ströme: $20 \cdot \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$

für Leistungen: $10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)$

dBm $\Rightarrow 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{1 \text{ mW}} \right)$

dBW $\Rightarrow 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{1 \text{ W}} \right)$

dBV $\Rightarrow 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_1}{1 \text{ V}} \right)$

dBmV $\Rightarrow 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_1}{1 \text{ mV}} \right)$

2 Faltung

$$(s_1 * s_2)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(u) \cdot s_2(t-u) du$$

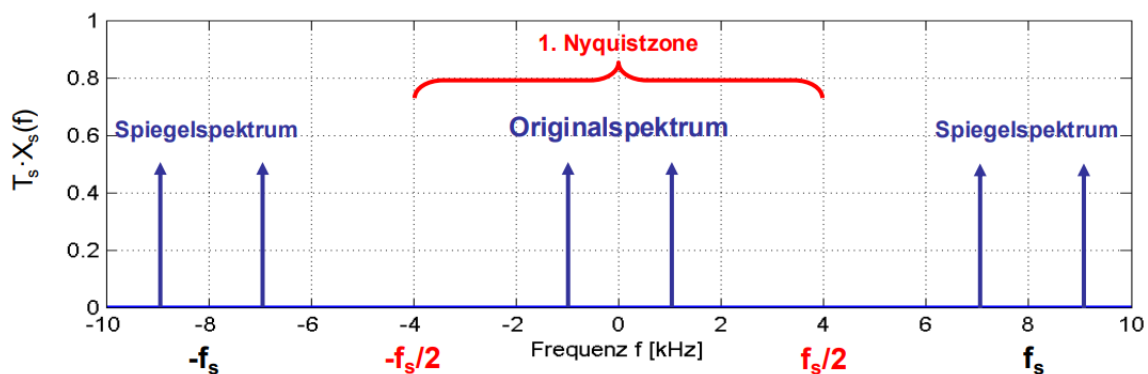
3 Ideale Abtastung

$$x_s(t) = x(t) \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - n \cdot T_s)$$

$$X_s(f) = X(f) * \left(\frac{1}{T_s} \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - n \cdot f_s) \right)$$

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - n \cdot T_s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{1}{T_s} \cdot \exp(j \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot f_s \cdot t)$$

$$\Rightarrow X_s(f) = \frac{1}{T_s} \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - n \cdot f_s)$$



4 DFT

$$m \in [0, N-1]$$

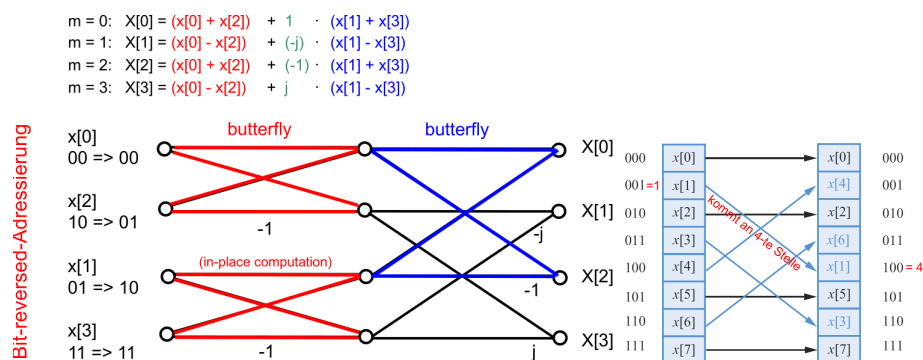
$$X[m] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot \exp\left(-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot m \cdot n\right)$$

$$f[m] = \frac{m \cdot f_s}{N}, \quad \in [0, f_s[$$

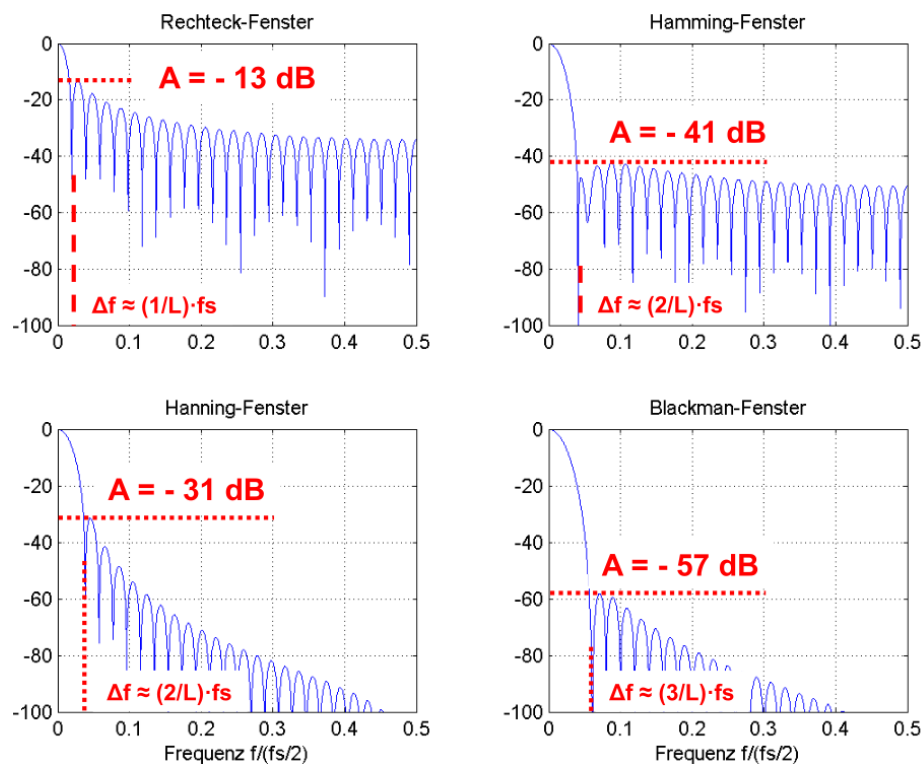
$$\Delta f = \frac{f_s}{N}$$

$$\text{Normierte DFT: } c_m = \frac{X[m]}{N}$$

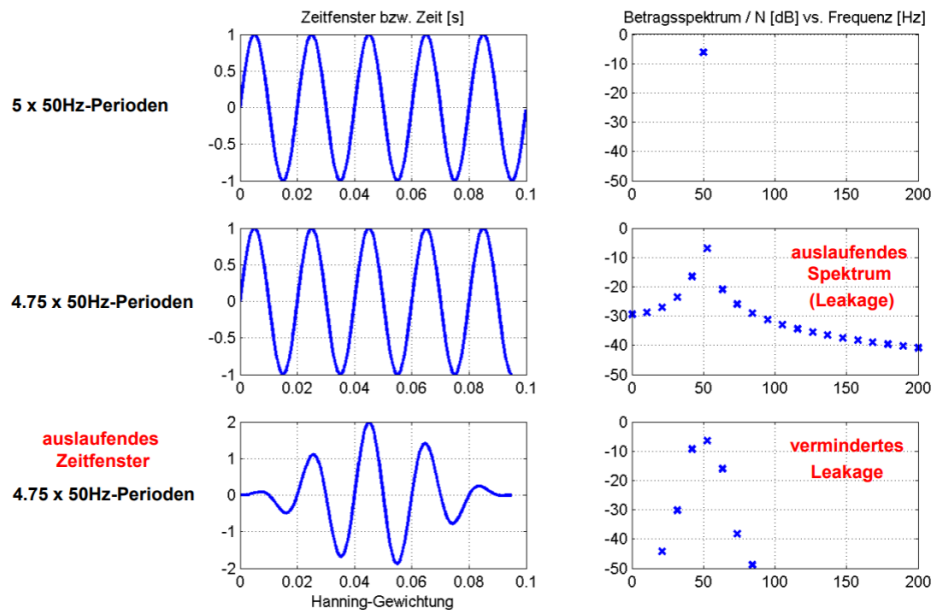
5 FFT (radix 2)



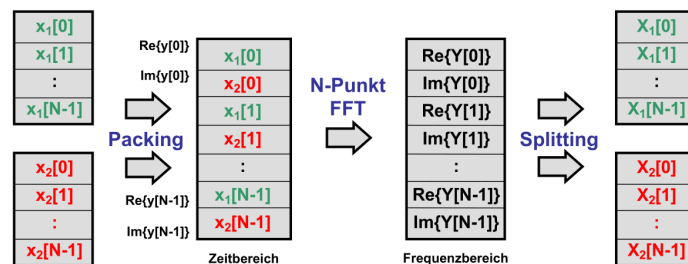
6 Window Functions



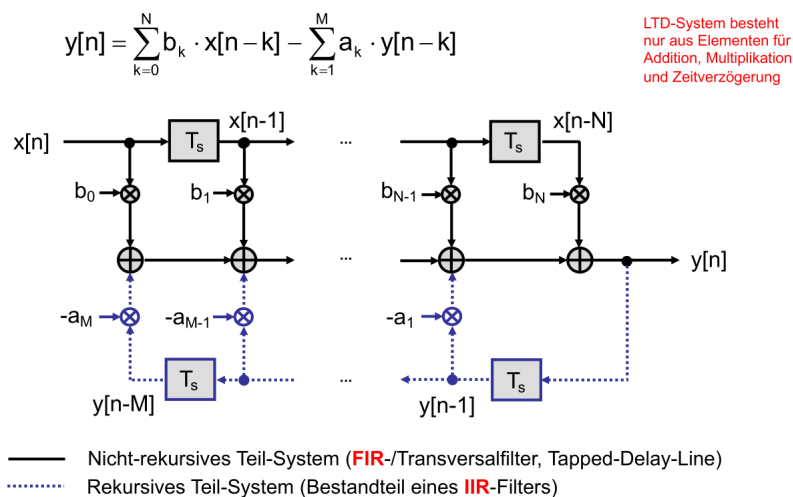
7 Leakage



8 CFFT



9 LTD



10 FIR

FIR-Filter sind nichtrekursive LTD-Systeme

werden meistens in Transversalstruktur (Direktform 1) realisiert

- + linearer Phasengang ist realisierbar (keine Signalverzerrungen im Durchlassbereich)
- + sind immer stabil (alle Pole im Ursprung)
- + sind toleranter gegenüber Quantisierungseffekten als IIR-Filter
- weisen viel höhere Filterordnungen als vergleichbare IIR-Filter auf
- die Zeitverzögerung bzw. Gruppenlaufzeit ist relativ gross

$$h_{FIR}[n] = \{b_0, b_1, \dots, b_N\}$$

Typ	Symmetrie	Ordnung N	H(0)	H(f _s /2)	Filter
1	sym.	gerade	-	-	alle
2	sym.	ungerade	-	Nullstelle	TP, BP
3	anti-sym.	gerade	Nullstelle	Nullstelle	BP
4	anti-sym.	ungerade	Nullstelle	-	HP, BP

11 IIR

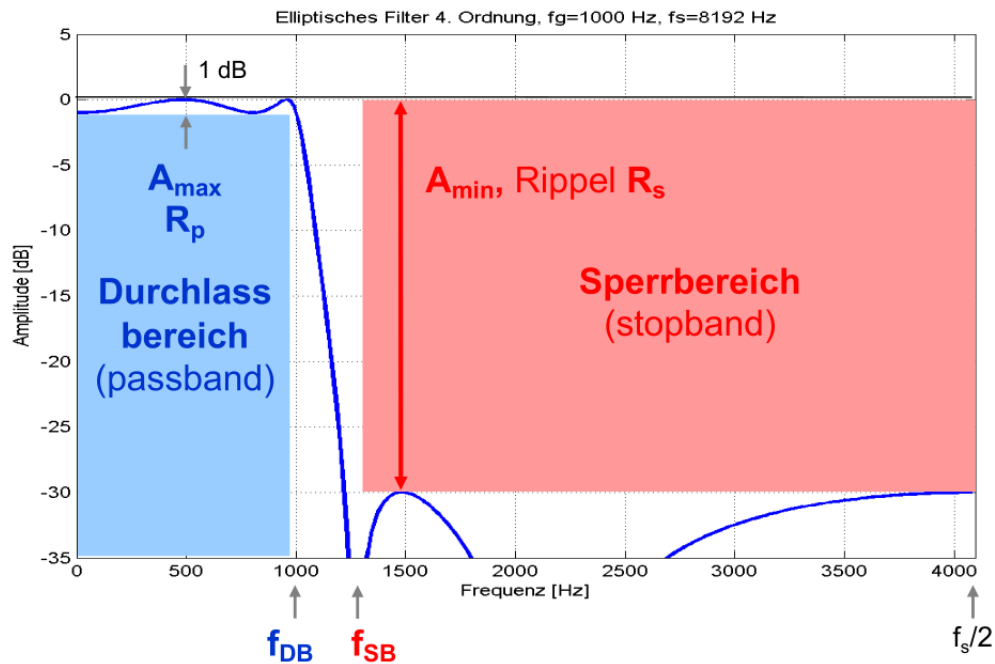
IIR-Filter sind rekursive LTD-Systeme

werden meistens als Biquad-Kaskade realisiert

- + kleine Filterordnung (geringerer Realisierungsaufwand)
- + kleine Zeitverzögerung
- linearer Phasengang für kausale Filter nicht realisierbar
- mehr Probleme mit Quantisierungseffekten als bei FIR-Filter

	Butterworth-Filter	Chebyscheff Filter, Typ 1	Chebyscheff Filter, Typ 2	Elliptisches Filter Cauer	Bessel-Filter
Durchlassbereich	monoton	Rippel	monoton	Rippel	monoton
Sperrbereich	monoton	monoton	Rippel	Rippel	monoton
Steilheit	klein	mittel	mittel	gross	sehr klein
Linearität $\varphi(f)$	gross	mittel	mittel	klein	sehr gross

12 Filterspezifikation



13 z-Transformation

$$z = e^{s \cdot T_s}$$

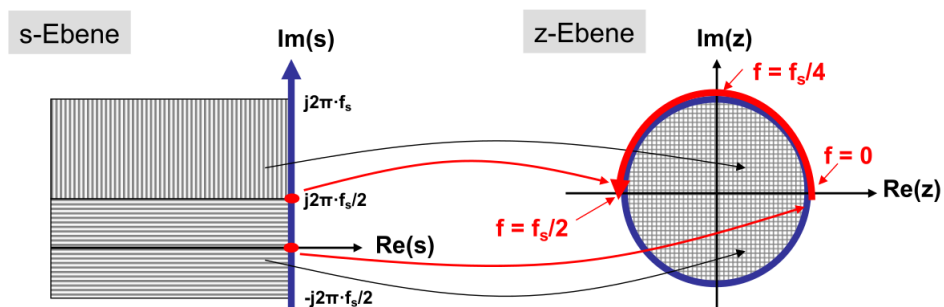
$$z = e^{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_s}$$

$$z = e^{j \cdot \Omega}$$

$$X(s) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \cdot e^{-n \cdot s \cdot T_s}$$

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \cdot z^{-n}$$

$$X(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \cdot e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot f \cdot T_s}$$



14 Übertragungsfunktion (UTF)

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^N b_k \cdot z^{-k}}{1 + \sum_{k=1}^M a_k \cdot z^{-k}}$$

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 \cdot z^{-1} + \dots + b_N \cdot z^{-N}}{1 + b_1 \cdot z^{-1} + \dots + b_M \cdot z^{-M}}$$

14.1 Differenzengleichung

$$y[n] = \sum_{k=0}^N b_k \cdot x[n-k] - \sum_{k=1}^M a_k \cdot y[n-k]$$

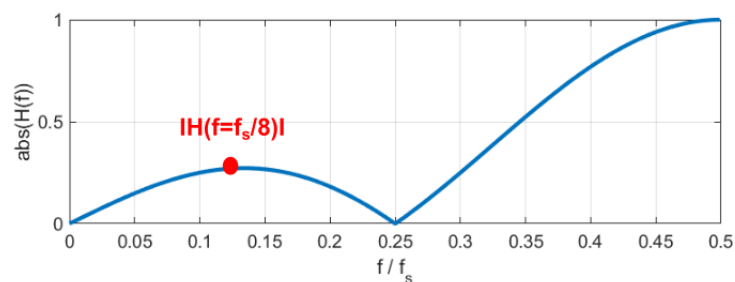
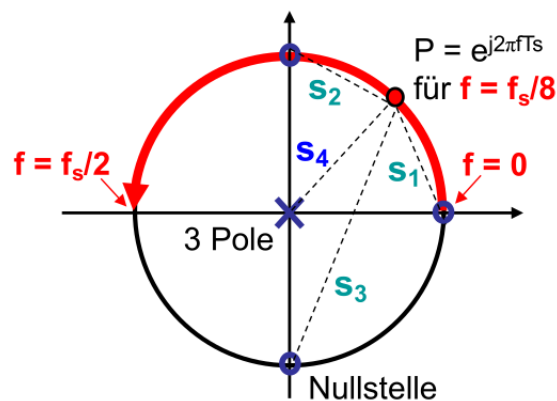
$$Y[z] = \sum_{k=0}^N b_k \cdot z^{-k} \cdot X(z) - \sum_{k=1}^M a_k \cdot z^{-k} \cdot Y(z)$$

14.2 Pol-Nullstellen-Darstellung

$$H(z) = b_0 \cdot \frac{\prod_{k=1}^N (z - z_k)}{\prod_{k=1}^M (z - p_k)} \cdot z^{M-N}$$

$z_k \rightarrow$ Nullstellen

$p_k \rightarrow$ Polstellen



15 Anhang

