

Abtasttheorem:

$$f_A \geq 2 \cdot B \text{ mit } B = f_{\max} - f_{\min}$$

→ für TP-gefilterte Signale ist $f_{\min} \approx 0$

$$\rightarrow f_A \geq 2 \cdot f_{\max}$$

kritische Abtastung: $f_A = 2 \cdot f_{\max}$

→ Es muss eine Lücke zwischen den Frequenzbändern entstehen, damit Platz für die Filterflanke eines endlich steilen Filter entsteht

Oversampling bei der A/D Wandlung:

1. analoger TP bei $f_{NY}^+ = \frac{f_A^+}{2}$ → maximale Sperrdämpfung bei f_{NY}^+

→ es wird 2^n -faches Oversampling genutzt, weil es durch Frequenzverdoppler wesentlich besser zu erzeugen und zu bauen ist

2. Abtastung mit f_A^+ → Wertequantisierung → Digitalisierung des Signals

3. digitaler TP bei $f_{NY} = \frac{f_A}{2}$ → maximale Sperrdämpfung bei f_{NY}

→ der digitale TP filtert alle Zwischenräume der Frequenzbänder und somit Störungen bei Zwischenfrequenzen raus → gilt für alle Frequenzbänder, weil DIGITAL

4. Abtastraten Verminderung (ARV)

→ alle überflüssigen Samples werden aus dem Signal genommen, dadurch entstehen im Frequenzbereich die zusätzlichen Frequenzbänder in den Zwischenräumen (Tastrate wird verringert = Frequenz wird vergrößert)

→ Bsp. bei 4-fach Oversampling wird nur jedes 4 Sample behalten

→ In der Praxis wird Schritt 3 mit Schritt 4 zusammengefasst in einem Schritt

→ dezimierender Tiefpass → Dezimation

Oversampling bei der D/A-Wandlung

1. Abtastraten Erhöhung (ARE)

→ dem Signal werden Samples hinzugefügt, diese enthalten nur Nullen, ändern also im Frequenzbereich nichts an den Frequenzbändern, sie verschieben allerdings die Abtastrate und somit auch die Nyquistfrequenz, welche dadurch eingestellt werden

2. digitale TP Filterung mit f_{NY} (maximale Sperrdämpfung)

→ digitaler Rekonstruktions TP

3. analoger TP mit maximaler Sperrdämpfung bei f_{NY}^+

→ schneidet das Hauptband heraus

- CD Player mit 256-fach Oversampling → Lücke zwischen den Frequenzbändern ist so groß, dass auf den analogen TP zum Teil verzichtet wird
- in der Praxis werden Schritt 1 und Schritt 2 in einem Schritt verarbeitet
- interpolierender TP → Interpolation

Abtastratenwandlung/wandler (SRC = sample rate conversion/converter)

- CD Player zeigt im Display einen auf der CD gespeicherten Timecode an, nicht etwa die Laufzeit (eine CD von 59 Minuten Länge kann auch nach 60 angezeigten Minuten noch laufen)

Verfahren:

1. ganzzahlige Wandlung $f_{A2} = n \cdot f_{A1}$ oder $f_{A2} = \frac{f_{A1}}{n}$ ($n = 2, 3, 4$)
 - Oversampling funktioniert nach diesem Prinzip (z.B. TP+ARV oder TP+ARE)
 - Umwandlung von z.B. 96kHz in 48kHz, $n = 2$ und umgekehrt
2. rationalwertige Wandlung $f_{A2} = \frac{m}{n} \cdot f_{A1}$ (z.B. 48k → 32k, $n = \frac{2}{3}$)
 - z.B. zwei ganzzahlige Wandlungen → !! immer zuerst erhöhen!!
3. reellwertige Wandlung $f_{A2} = r \cdot f_{A1}$ ($r \in \mathbb{R}$)
 - z.B. 48k → 44,1k, $n = 0,91875$
 - ist meistens fehlerbehaftet
 - Problem: Rechnung mit endlicher Genauigkeit → Zeitfehler (Jitter)
 - Wandlung mit $r = \frac{f_{A2}}{f_{A1}}$ möglich, allerdings sehr aufwändig
4. Echtzeit Abtastratenwandlung
 - z.B. in Hardware
 - für undefinierte, frei laufende Abtastraten
 - systeminterne hohe Abtastrate → Megahertzbereich

Die Verfahren 1-3 werden grundsätzlich offline, d.h. nicht in Echtzeit anhand einer gespeicherten Datei durchgeführt.

Lösungen für die Echtzeitabtastung:

1. interne sehr hohe Abtastrate (Oversampling), z.B. $32 \cdot 48kHz = 1,5MHz$
 - Zuordnung der Eingangssamples zu den nächstgelegenen Zeitpositionen des internen Taktes → Interpolation/Dezimation → Zeitfehler (Jitter)
 - könnte man im A/D Wandler mit einbauen

Prinzip:

- Im System rasen pro Sekunde Millionen von Nullen
- kommt ein Sample ins System, wird es automatisch auf die Stelle der nächsten Null platziert
- durch das nicht definierte Eintreffen der Samples ist es nicht möglich, die Samples korrekt auf den Nullimpulsen zu platzieren
- Jitter (Zeitfehler)

- Samples werden immer um unterschiedliche Zeiten verschoben

2. A/D-D/A Wandlung

➔ besser: jitterfrei → keine Zeitfehler (aber eventuelle Verluste durch zweimalige Analog Wandlung → Rauschen)

➔ FAZIT: Man sollte Abtastratenwandlung vermeiden!

➔ Wenn es andere Verfahren geben sollte, sollte man jene auch nutzen.