

## Multibitwandler

→ Wandler: immer, wenn ein Signal gewandelt wird (Bsp. A/D, Schallwandlung)

→ Multibitwandler: elektr. Spannung → PCM

PCM: Standardsignal in der Digitaltechnik, allerdings nicht „das“ Digitalsignal

A/D-Wandler:

1. Analoges Signal
  2. Anti-Aliasing TP bei Nyquist Frequenz → Bandbegrenzung
  3. Abtastung (Sample & Hold) mit Abtastfrequenz  $f_A$  (Tastverhältnis  $\frac{T_H}{T_A}$ )
  4. Quantisierung
  5. Samples mit Wortbreite  $M$  ( $T_A = \frac{1}{f_A}$ ) → digitales Signal
- Wörter sind im 2-er Komplement codiert → entspricht den Quantisierungsstufen (ganze Zahlen)
  - $2^M$  mögliche Zustände → +1 Bit →  $2^{M+1}$  Zustände → doppelte Stufenanzahl → +6dB beim Rauschabstand ( $SNR = 6,02 \cdot M + 1,76dB \approx 6 \cdot M$ )
  - große Wortbreiten sind eine gute Idee → mehr Rauschabstand wird erzeugt
  - große Abtastraten produzieren mehr Redundanz → man füllt den Speicher mit einem fast freien Frequenzband
  - Lösung: Oversampling, dann Nutzung von digitalen Filtern (wesentlich höhere Flankensteilheit)
  - Fehlerquellen bei Sample & Hold:
    - Einschwingverhalten des Kondensators
    - Ergebnis von S&H sind Rechteckimpulse (s. Tastverhältnis) → Höhendämpfung (SI-Funktion)
  - Tastverhältnis sollte so gewählt werden, dass Höhendämpfung möglichst nicht mehr hörbar ist (1:1 ist das schlechteste Tastverhältnis)

PCM-Wandler im Frequenzbereich:

- Bereich geht nur bis zur Nyquistfrequenz → Anti-Aliasing TP
- gradueller Höhenverlust ist zusätzlich zusehen
- $f_{NY} >$  höchste Nutzfrequenz (es werden nur Fehler gefiltert)
- 0 Hz werden auch codiert
- Berechnung der Dämpfung bei  $f_{NY}$ : SI-Funktion → erste Nullstelle → Position von  $f_{NY}$
- größeres  $T_A =$  kleineres  $f_A$  → besseres Tastverhältnis → kleinerer Apertureffekt
- Lösung:
  - man verringert das Tastverhältnis so lange, bis die Dämpfung klein genug ist
  - Höhen werden per EQ(Entzerrer) wieder hochgeregelt
- EQ mit inverser SI-Funktion bis zur Nyquistfrequenz, kann an jeder Stelle im Wandler platziert werden
- Oversampling als Lösung → Tast- und Haltezeit müssen geändert werden können

### Kleine Signale und PCM:

- Signal wird beliebig klein (Bsp. Fade-Out) → Werte liegen auf den niedrigsten Quantisierungsstufen
- bei großen Signalen ist diese Überlegung hinfällig
- rekonstruiertes Signal besteht aus rechteckähnlichen Gebilden → Artefakte sind zu hören
- bei kleinen Signalen ist der Quantisierungsfehler nicht mehr wie weißen Rauschen anzusehen, sondern als rechteckige Störungen

### Dither (additives Rauschen)

- Amplitude:  $\frac{q}{2}$  (Amplitude eines Zufallssignals → Durchschnittliche Amplitude)
  - o Theorie: es können beliebige Amplituden angenommen werden
  - o Praxis: ganz beliebig funktioniert bei Erzeugung nicht
- Bsp. für weißes Rauschen: Wasserwelle, Blätter, umfallender Sack mit Reis
- echtes-weißes Rauschen ist normalverteilt in der Amplitudenwahrscheinlichkeit
- Mittelwert wird angegeben
- in analogen Systemen ist weißes Rauschen immer gauß-verteilt
- digital kann diese Verteilung nur angenähert werden (Rechteck, Dreieck, Gauß und genäherte Gaußverteilung als Auswahl)
- Dither wird im Wandler zugefügt, um das Shannon Theorem einzuhalten → auf jeden Fall VOR der Quantisierung
- es gibt keinen Wandler mehr ohne Dither
  
- Bsp. Fade-Out wird in digitalem System durchgeführt → es entstehen Quantisierungsfehler
- Dither-Generation ist in Systemen vorhanden und vor jeder wichtigen Operation auswählbar
- durch Dither verliert man 1 Bit → eine Quantisierungsstufe (bei Dithering mit  $A = \frac{q}{2}$ )
- SNR des gauss-geditherten Wandlers:  $6,02 \cdot (M - 1) + 1,76dB$  (Dreieck und Rechteck weichen davon ab)
- man verliert das LSB (least significant bit) → Überlegung, ob man Rauschen oder den Quantisierungsfehler hören möchte
  
- durch eine Überlagerung von Rauschen mit  $\frac{q}{2}$  kann wesentlich besser rekonstruiert werden, weil Quantisierungsstufen effizienter genutzt werden
- Es können Signale quantisiert werden, die kleiner sind als die kleinste Stufe des Quantisierers
  
- WICHTIG: Verstärkung ist immer erlaubt → Wortbreite wird dadurch vergrößert → Werte werden zum MSB hin verschoben, Rest wird mit Nullen aufgefüllt → Verstärkung ändert das Signal nicht
- ein Dither ist nicht Rauschen, welches hinzugefügt wird, um den Quantisierungsfehler zu verdecken!!
- Es wird weißes Rauschen statt granulares Rauschen hinzugefügt!!

### Sigma-Delta Wandler (Vorteile)

- billiger Wandler (keine teure Quantisierungseinheit nötig)
- einfache Rekonstruktion (Spannungswandler oder TP)

### D/A-Wandlung (PCM)

- Spannungswandlung → Nachabtastung (aus Treppenfunktion wird Impulsfunktion) → Rekonstruktion TP

- Nachabtastung mit Oversampling, um Flankensteilheit von TP zu verringern
- andere Möglichkeit → einmal in der Mitte der Treppenstufe abtasten → Wert vervielfachen
- ➔ in der Audiotechnik werden hauptsächlich Sigma-Delta Wandler verwendet, man nutzt für CDs/DVDs(Audio) aber PCM
- ➔ Um zu wandeln, konstruiert man einen D/A wandler gekoppelt mit einem A/D-Wandler, und lässt die analoge Stufe weg → man erhält D/D-Wandler

### Codierung

- Folie mit verschiedenen Schriften, teils bekannt, teils unbekannt
- Metainformationen:
  - o z.B. Ich bin ein Signal, lesen Sie mich von links nach rechts
  - o Mensch fügt die Infos zu den Signalen hinzu
- Schriften können entziffert werden → Schrift als ein Signal enthält dann so viele Metainfos, dass man die Metainfos zur Decodierung verwenden kann → Schrift ist sehr redundant
- Bsp. Captchas im Netz bei Foren
- Schwelle zur Kryptografie: Text kann dann nicht mehr decodiert werden

### Quellencodierung:

- Bsp. PCM, DPCM, PDM, MPEG 1-Layer 3
- Wie stellt man ein digitales Signal dar?
- Redundanzreduktion (Entropiecodierung)

### Kanalcodierung:

- Ziel: Fehler zu erkennen, Fehlerkorrektur
- ➔ fehler-resistente Codierung

### Leitungscodierung:

### Ablauf:

digitales Signal → Redundanzreduktion (Entropiecodierung) → Datenmenge wird kleiner → fehler-resistente Codierung (Kanalcodierung) → Datenmenge wird größer