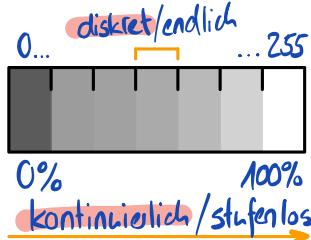
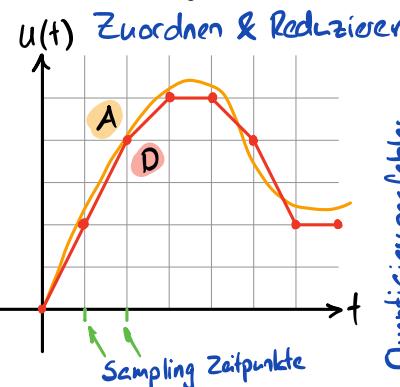


Digitaltechnik

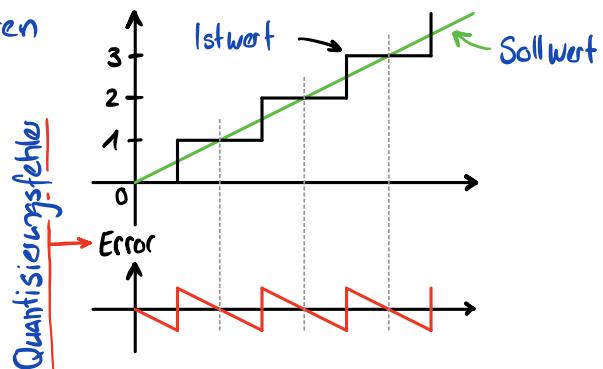
Digital vs Analog



Quantisierung



Fehler beim Digitalisieren



Digitalisierung

- + Werte in diskreten Zahlen zu erfassen
- + Berechnungen mit erfassten Daten
- + Werte können besser reproduziert werden $\rightarrow 1 \& 0$ sind klar
- Konvertierungsaufwand $\rightarrow A-D \& D-A$
- Endliche (beschränkte) Genauigkeit $\rightarrow \Delta x \neq dx$

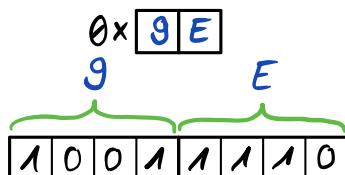


Störsignale können nicht vom analogen Signal unterschieden & somit nicht entfernt werden.

Digital

Störsignale können besser erkannt werden, da das Signal klar unterscheidbar ist. Signal ist nach jedem Vorgang regenerierbar. Signale können einfach kopiert & vervielfacht werden.

Binär \leftrightarrow Hex



Dezimal $\rightarrow n$ -Basis

Dezimalzahl
 $X : n = X_0 R r_0 \rightarrow n^0$
 $X_0 : n = X_1 R r_1 \rightarrow n^1$
 \dots
 $X_m : n = 0 R r_{m+1} \rightarrow n^{m+1}$

Zahl in Basis n

n -Basis \rightarrow Dezimal

Zahl in Basis n
 $n^7 n^6 \dots n^2 n^1 n^0$
 $X_7 X_6 X_5 X_4 X_3 X_2 X_1 X_0$
 $X_7 \cdot n^7 + X_6 \cdot n^6 + \dots + X_0 \cdot n^0$

Dezimalzahl

Nützliche Basen: Dezimal 10^x ; Dual/Binär 2^x ; Hexadezimal 16^x ; Oktal 8^x

Gray Code

Erweitern

0 0 0	0 0 0 0	0
0 0 1	0 0 0 1	1
0 1 1	0 0 1 1	...
0 1 0	0 1 0 1	9
1 1 0	1 0 0 0	10
1 1 1		
...		

Nur 1 Bit ändert sich
Spiegeln

Binary Coded Decimal (BCD)

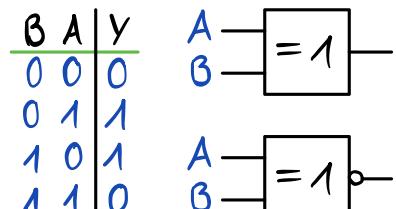
0 0 0 0	0
0 0 0 1	1
...	...
1 0 0 1	9
1 0 0 0	10

Nur von 0-9

Logik Gatter

XOR $A \oplus B$

B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



XNOR $\overline{A \oplus B}$

B	A	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

AND $A \cdot B$

B	A	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

NAND $\overline{A \cdot B}$

B	A	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

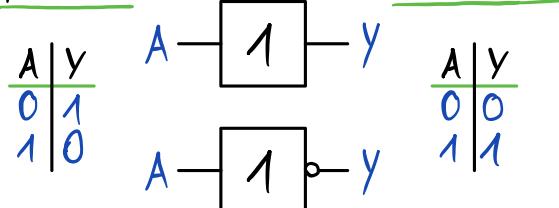
OR $A + B$

B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOR $\overline{A + B}$

B	A	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

NOT A



BUFFER A

Komplementärgesetz

$$X + \bar{X} = 1$$

$$X \cdot \bar{X} = 0$$

! AND & OR sind gleichwertig

Boolsche Logik / Schaltalgebra

Basics

$$X + 0 = X$$

$$X \cdot 1 = X$$

$$X + 1 = 1$$

$$X \cdot 0 = 0$$

Idempotenz

$$X + X = X$$

$$X \cdot X = X$$

Distributivgesetz

$$(X + Y) + (X + Z) = X + (Y + Z)$$

Assoziativgesetz

$$(X \cdot (Y \cdot Z)) = ((X \cdot Y) \cdot Z)$$

Kommutativgesetz

$$X + Y = Y + X$$

$$X \cdot Y = Y \cdot X$$

Minimierung von Funktionen

$$(X + Y) + (\bar{X} + Z) + (Y + Z) = (X + Y) + (\bar{X} + Z)$$

$$X + (\bar{X} + Y) = X + Y$$

$$(X + Y) + (\bar{X} + Z) = (X + Y) + (\bar{X} + Z)$$

$$X + (X + Y) = X$$

$$(X + Y) + (X + \bar{Y}) = X$$

Gesetz von De Morgan

"Change the sign, break the sign"

$$\overline{X + Y} = \bar{X} \cdot \bar{Y}$$

Dualitätsprinzip

$$f(X_0, X_1, X_2, \dots, X_n; 0, 1; +, \cdot)$$

$$f(X_0, X_1, X_2, \dots, X_n; 1, 0; \cdot, +)$$

Involution

$$\overline{\overline{X}} = X$$

Kein Auslöschungsregeln

$$Y = Z \xrightarrow{\text{X}} X + Y = X + Z$$

$$Y = Z \xrightarrow{\text{X}} X \cdot Y = X \cdot Z$$

XOR Operationen

$$X \oplus 1 = \bar{X}$$

$$X \oplus X = 0$$

$$X \oplus \bar{X} = 1$$

$$X \oplus Y = \bar{X}Y + X\bar{Y}$$

$$X \oplus Y = Y \oplus X$$

$$X \oplus 0 = X$$

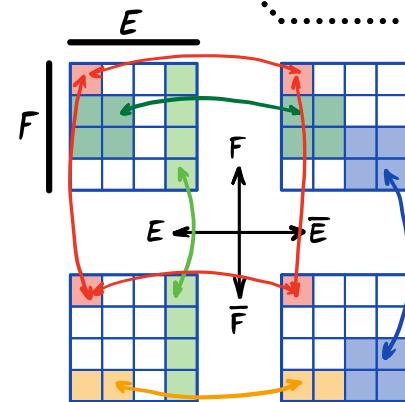
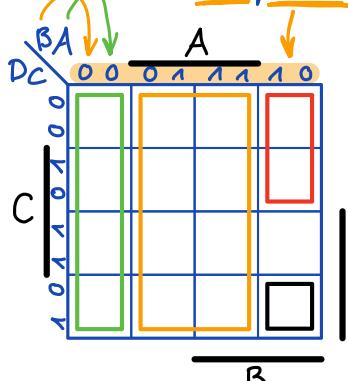
$$X \cdot (Y \oplus Z) = XY \oplus XZ$$

$$\bar{X} \oplus \bar{Y} = \bar{X} \oplus \bar{Y} = XY + \bar{X}\bar{Y}$$

$$(X \oplus Y) \oplus Z$$

Karnaugh Maps

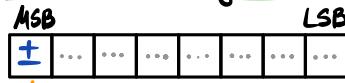
Gray Code



Randverbindung nur im selben Feld

keine Diagonale Verbindungen! 2

Positive & negative Zahlen



1 = negativ
0 = positiv

2er Komplement

$$A - B = A + (\bar{B} + 1)$$

2er Komplement

$$A \times (-B) = -(A \times (\bar{B} + 1))$$

z.B. $-7 \rightarrow$

0	0	0	1	1	1	+7
↓ 1er Komplement						↓
1	1	1	0	0	0	+1

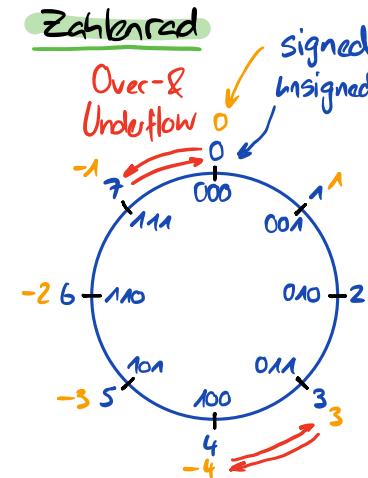
$$\begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array} = -7$$

Zahlenbereich

$$\text{Max} = 2^n - 1$$

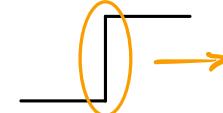
$$\text{Min} = 0 - 2^{n-1}$$

* 2cc Komplement



Reale Signale

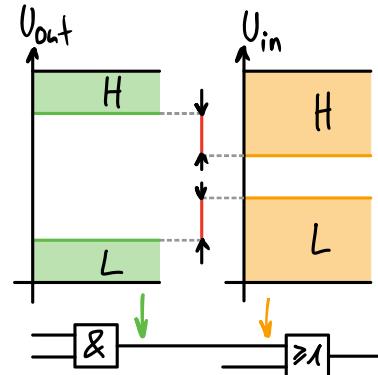
Theorie



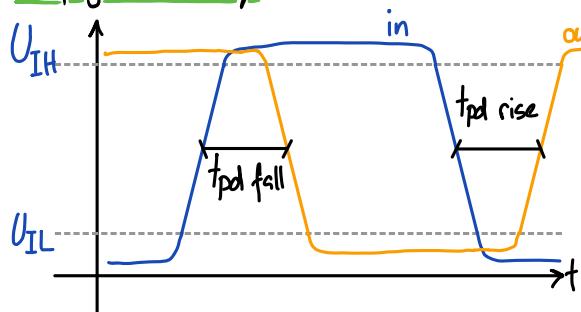
Recl (gestreckt)

→ Addition "menschlicher" Sinus

Störabstand

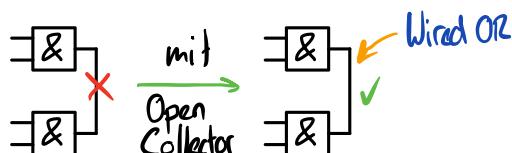


Propagation Delay



Ausgangsschaltungen

Solang die Ausgänge von Logik Gattern nicht Open Collector sind, dürfen diese nicht verbunden werden!



DNF & KNF *(kanonische)

B	A	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

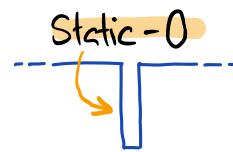
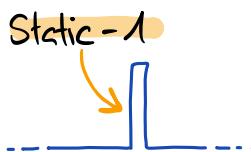
* Disjunktive Normalform → Summe aller Minterme
 $y = \bar{B}A + BA$ ← Minterm

B	A	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

* Konjunktive Normalform → Produkt aller Maxterme
 $y = (\bar{B} + \bar{A}) \cdot (B + \bar{A})$ ← Maxterm

Statische Hazards resp. 0

Entsteht wenn Ausgang auf 1 bleibt & Eingänge sich ändern → extrem kurzer Impuls.



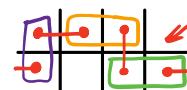
⇒

! Nur bei DNF

! Nur bei KNF

Static Hazards Korrektur

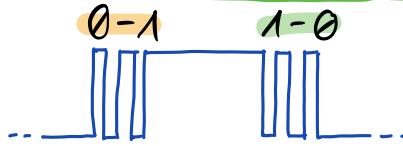
Im KV-Diagramm alle Gruppen zusätzlich verbinden → Übergangsprimterm



Folgen von Hazards

Störung durch Hochfrequenz, Zählung von Störsignal (Zähler), Startsignal durch Störsignal

Dynamischer 0-1/1-0 Hazards



- Entstehen durch mehrere Signalpfade mit unterschiedlichen Signallaufzeiten.
- Entsteht bei korrekt entworfenen Schaltungen nicht!

Struktur-/Logikhazard

Ursache: Entstehen Verbindungs- & Gatterverzögerungen

Lösung: Extra Gatter, redundante Primeime

Funktionshazard

Ursache: Ändern von mehreren Eingängen

Lösung: synchr. Speicherelemente, Graycode, Verzögerungsglieder (nicht empfohlen)

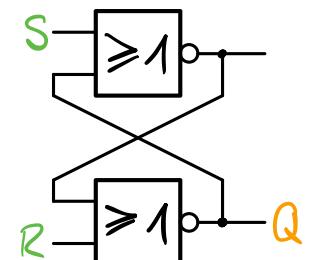
Tristate

Neben High & Low gibt es den hochohmigen Zustand Tristate

Wird für das Realisieren von Bus-Systemen verwendet. → max 1 Ausgang

SR-Latch

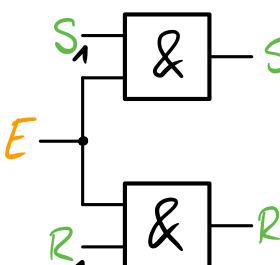
R	S	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	1
1	0	0
1	1	instabil



i Kann zum Entprellen von Kippschalter verwendet.

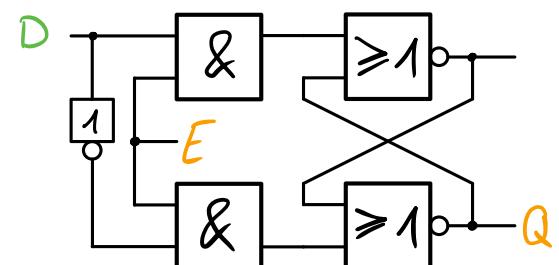
SR-Latch mit Enable

E	R	S	Q_{n+1}
0	X	X	Q_n
1	0	0	Q_n
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	instabil



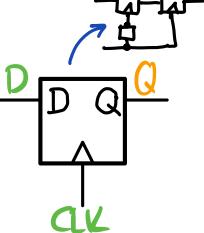
D Latch

D	Q_{n+1}
0	0
1	1



D-Flipflop

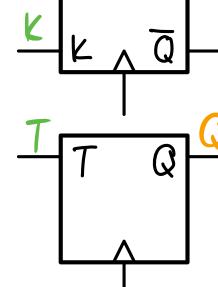
D	CLK	Q_{n+1}
X	0	Q_n
X	1	Q_n
0	↑	1
1	↑	0



JK-Flipflop

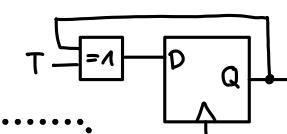
J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_n}$

J-K-Flipflop



T-Flipflop

T	Q_{n+1}
0	Q_n
1	$\overline{Q_n}$

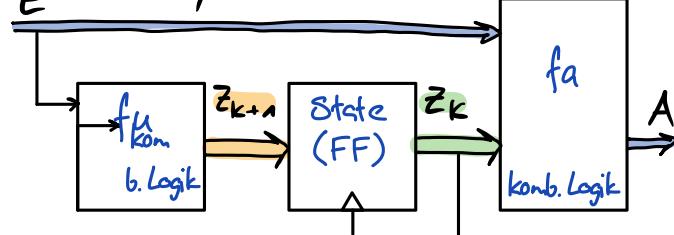


Flankensymbol

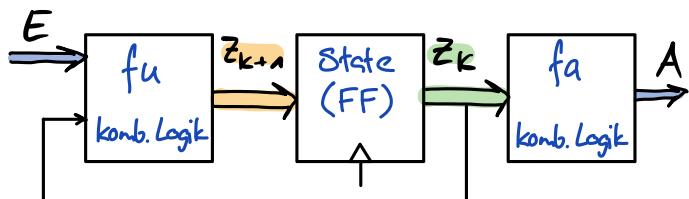
- pos. Flankentriiger
- neg Flankentriiger

Endliche Automaten

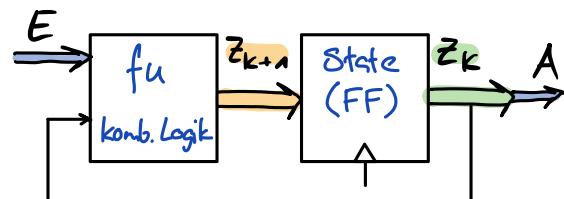
Mealy-Automat



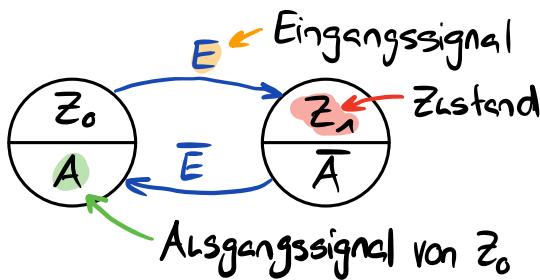
Moore-Automat



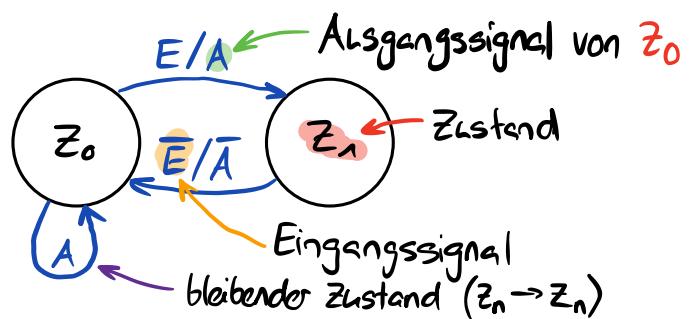
Mealy-Automat



Moore Zustandsdiagramm



Mealy Zustandsdiagramm



Zustandsfolgetabelle

Eingänge	Zustand z		Folgezustand z^+		Ansteuerungseingänge	Ausgänge (bei z^+)							
B	A	Q_1	Q_0	z	z^+	Q_1^+	Q_0^+	J_1	K_1	J_0	K_0	L_1	L_2
								von Q_1 zu Q_1^+		von Q_0 zu Q_0^+			

- Für KV-Diagramme von Ansteuerungseingänge nur Eingänge & Zustände z verwenden
- Für KV-Diagramme von Ausgängen nur Zustände z verwenden.
Außer bei Mealy Automaten, dann zusätzlich Eingänge

