

# 439.002

## Elektronische Schaltungstechnik 2, VO

### Voraussetzungen

Es gibt keine formalen Voraussetzungen wie abgelegte Prüfungen, Laborübungen, . . . . Da es sich hier um eine aufbauende Lehrveranstaltung handelt, müssen jedoch verschiedene fachliche Voraussetzungen getroffen werden.

- Funktionsweise und Anwendung der gängigen passiven und aktiven Bauelemente in der Elektronik (RC-Netzwerke, Diode, Bipolartransistor).  
**Elektronische Schaltungstechnik 1**
- Funktionsweise von Operationsverstärkern und deren Anwendung.  
**Elektronische Schaltungstechnik 1**
- Logische Funktionen, Schaltalgebra, kombinatorische und zeitsequentielle Schaltungen.  
**Technische Informatik 1**
- Elektrische Netzwerke im Frequenzbereich (Bode-Diagramm).  
**Grundlagen der Elektrotechnik**

## Terminübersicht EST 2

Tag	Datum	von	-	bis	Ort	Ereignis	Terminotyp
Mi	13.4.2011	14:30	-	16:15	HS i2	Abhaltung	fix
Do	14.4.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Mo	9.5.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Do	12.5.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Mo	16.5.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Do	19.5.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Mo	23.5.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Do	26.5.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Mo	30.5.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Mo	6.6.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Do	9.6.2011	10:15	-	12:00	HS i7	Abhaltung	fix
Fr	10.6.2011	15:30	-	17:15	HSi12	Abhaltung	fix

439.002

# Elektronische Schaltungstechnik 2, VO

## Inhalt der Lehrveranstaltung

- Grundlagen der digitalen Schaltungstechnik.
- Aufbau und Funktion digitaler Schaltungen.
- Funktion und Anwendung verschiedener Verfahren zur Digital/Analog-Umsetzung bzw Analog/Digital-Umsetzung.
- Schaltungstechnik mit D/A- bzw. A/D-Umsetzern.

Folien als Download verfügbar:

439.002 S [Elektronische Schaltungstechnik 2](#) 2 VO     5/0/0 [Pribyl W](#)

Hinweise & Rückfragen an [Wolfgang.Pribyl@TUGraz.at](mailto:Wolfgang.Pribyl@TUGraz.at)

### Elektronische Schaltungstechnik

*Mit Beispielen in PSpice*

#### Literatur:

(Kapitel 7 bis 17 im Buch; S 295-537)



Dr. Harald Hartl / Edwin Krasser / Gunter Winkler / Prof. Wolfgang Pribyl / Peter Söser

ISBN: 978-3-8273-7321-2

560 Seiten

Hinweis: erscheint ca. 29.05.08

Sprache: Deutsch

€ 39,95 [D]\*

439.002

# Elektronische Schaltungstechnik 2, VO

<b>Kapitel 7</b>	<b>Allgemeine Digitaltechnik</b>	<b>293</b>
7.1	Einführung.....	295
7.2	Kontinuierliche und diskrete Signale .....	295
7.3	Elektrische Darstellung von zweiwertigen Variablen .....	297
7.3.1	Signalpegel, Schwellspannung und Störabstände .....	299
7.3.2	Störbeeinflussung der Signalpegel .....	301
7.3.3	Schalter .....	303
7.3.4	Dynamisches Verhalten von zweiwertigen Signalen .....	305
	Zusammenfassung .....	307
<b>Kapitel 8</b>	<b>Kombinatorische Logik</b>	<b>309</b>
8.1	Einführung.....	310
8.2	Logische Grundfunktionen .....	312
8.3	Abgeleitete Funktionen .....	314
8.4	Schaltalgebra und Rechenregeln .....	316
8.5	NAND-NOR-Technik .....	318
8.5.1	Logische Grundfunktionen mit NAND bzw. NOR.....	318
8.5.2	Umwandlung einer logischen Funktion in NAND- bzw. NOR-Verknüpfungen .....	320
	Zusammenfassung .....	321

# 1 Allgemeine Digitaltechnik

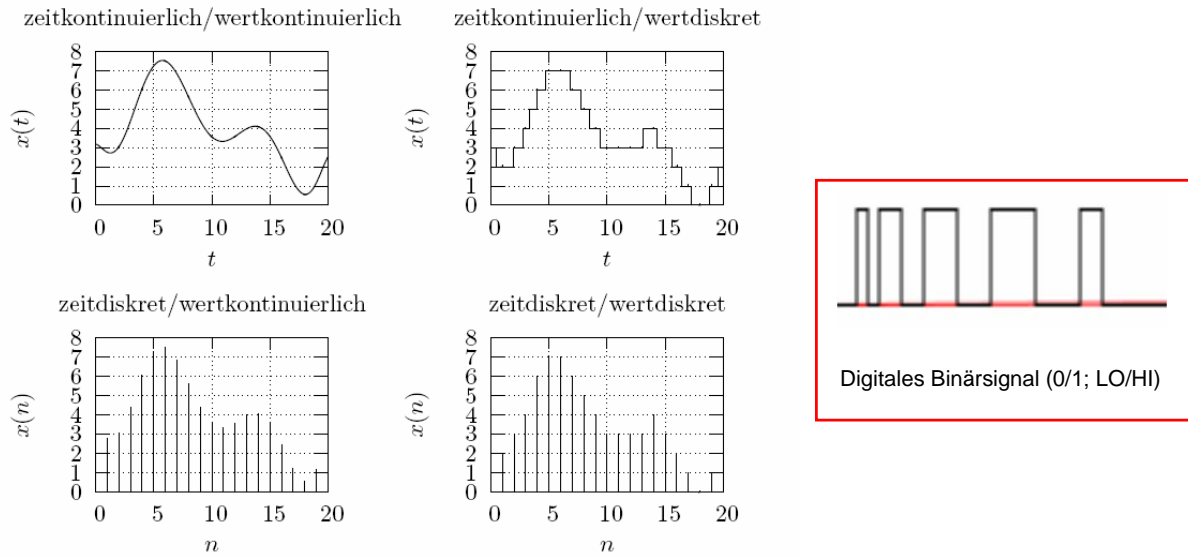


Abbildung 1.1: Kontinuierliche und diskrete Signale ( $t = n \cdot T_S$ , Codierung mit 8 Intervallen,  $\text{ld } 8 = 3 \text{ bit}$ )

# 1 Allgemeine Digitaltechnik

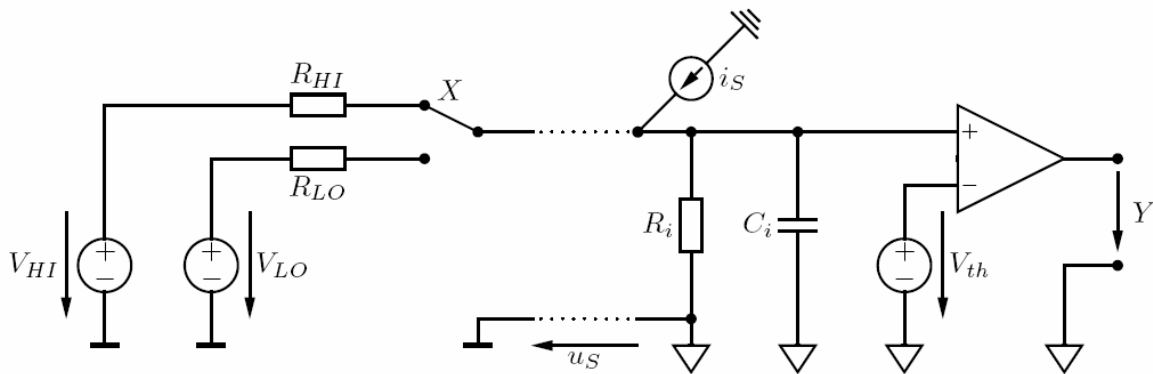


Abbildung 1.2: Allgemeines Sender-Empfänger Modell mit Spannung als Information

# 1 Allgemeine Digitaltechnik

physikalisch	positive Logik	negative Logik
<i>LO</i>	0	1
<i>HI</i>	1	0

Tabelle 1.1: Positive und negative Logik

---

$X$	...	zweiwertiger Ausgangswert
$V_{HI}$	...	HI Leerlaufausgangsspannung
$V_{LO}$	...	LO Leerlaufausgangsspannung
$R_{HI}$	...	HI Ausgangswiderstand
$R_{LO}$	...	LO Ausgangswiderstand

---

$R_i$	...	Eingangswiderstand
$C_i$	...	Eingangskapazität
$V_{th}$	...	Schwelspannung (Annahme: $V_{th} = \frac{V_{HI} + V_{LO}}{2}$ )
$Y$	...	empfangener Wert

---

$u_S$	...	Störspannung durch ohm'sche bzw. magnetische Beeinflussung
$i_S$	...	Störstrom durch kapazitive Beeinflussung

# 1 Allgemeine Digitaltechnik

## Kapazitiv: Zeitlich veränderliche Potenziale

Alle Leiter sind untereinander über parasitäre Koppelkapazitäten verbunden. Deshalb verursacht jede zeitlich veränderliche Spannung (z.B. Pegelwechsel an Spannungsausgängen) über die Koppelkapazität  $C_K$  einen Störstrom  $i_S$ :

$$i_S = C_K \frac{du}{dt} \quad (1.7)$$

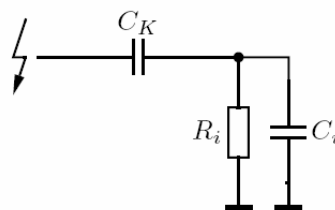


Abbildung 1.3: Kapazitive Beeinflussung

Abhilfe: Schirmung, differentielle Übertragung, niederohmiger Abschluss, größere Eingangskapazität.

# 1 Allgemeine Digitaltechnik

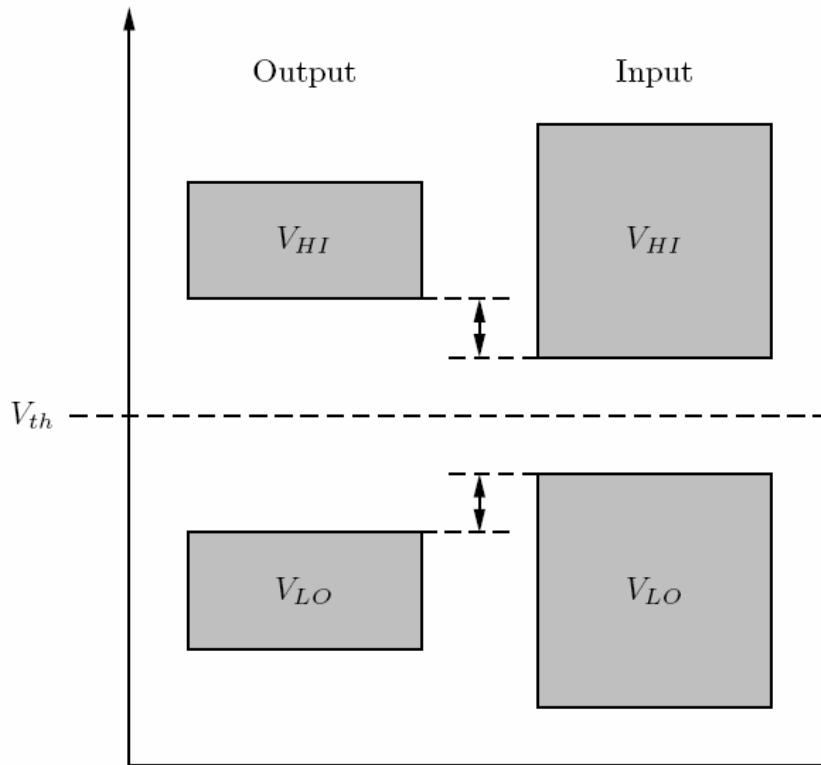
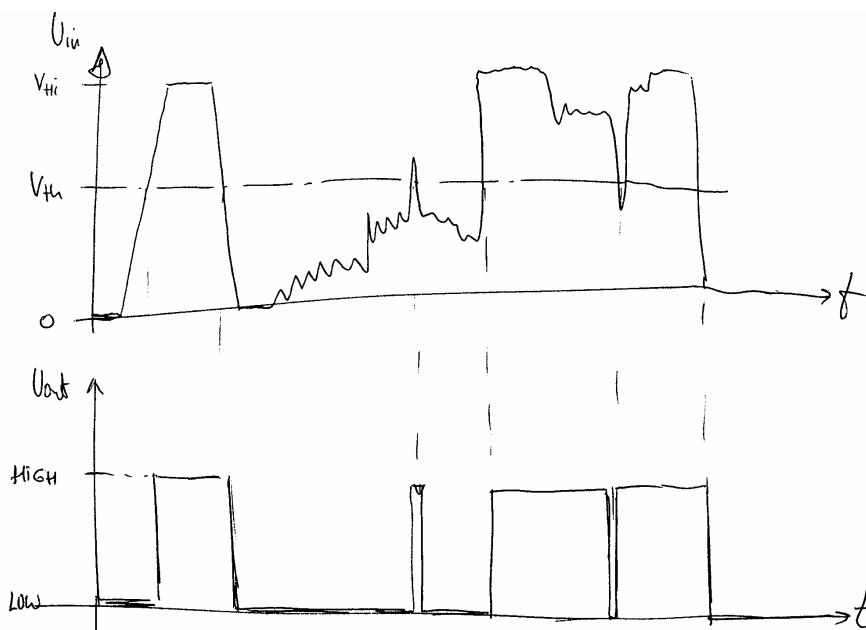


Abbildung 1.4: Signalpegel, Schwellspannung ( $V_{th}$ ) und Störabstand

# 1 Allgemeine Digitaltechnik



# 1 Allgemeine Digitaltechnik

	Standard TTL	74HC (CMOS)
$V_{i,HI} >$	2.0 V (40 $\mu$ A)	$0.7 V_{DD}$
$V_{i,LO} <$	0.8 V (1.6 mA)	$0.3 V_{DD}$
$V_{o,HI} >$	2.4 V (400 $\mu$ A)	$V_{DD} - 0.1$ (20 $\mu$ A)
$V_{o,LO} <$	0.4 V (16 mA)	0.1 (20 $\mu$ A)
Störabstand	0.4 V	$\approx 0.3 V_{DD}$
Fan Out	10	$\gg$

Tabelle 1.2: Pegel von Standard TTL und 74HC (CMOS)

Als Fan Out wird die maximale Anzahl von Eingängen, die ein Ausgang treiben kann, bezeichnet.

## 1.3.3 Schalter

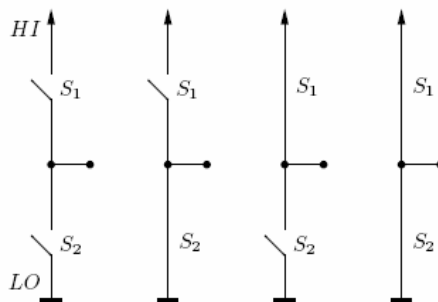
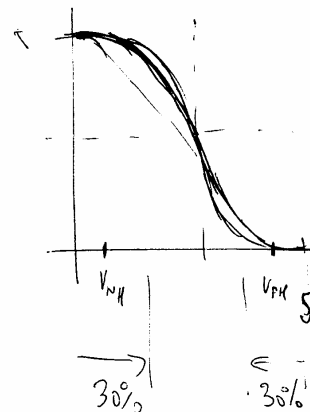
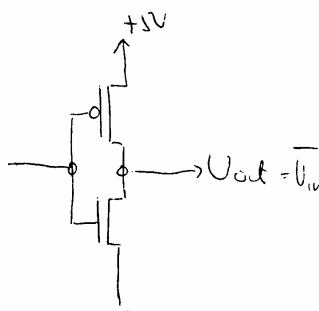
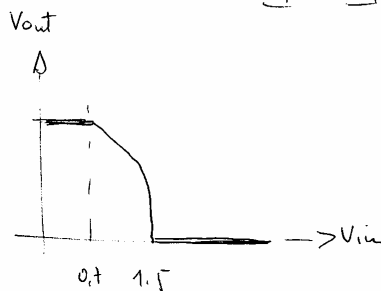
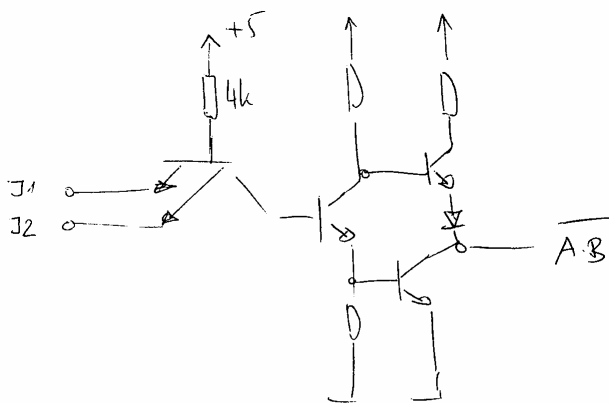


Abbildung 1.5: Mögliche Schalterzustände: Offen, LO, HI, Kurzschluss

Für die beiden Schalter, die die Ausgangsspannungsquellen  $V_{HI}$  bzw.  $V_{LO}$  (Abbildung 1.2) umschalten, gibt es vier mögliche Schalterzustände.

# 1 Allgemeine Digitaltechnik



# 1 Allgemeine Digitaltechnik

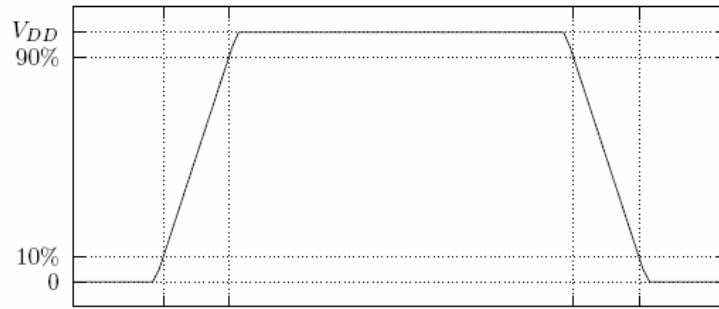


Abbildung 1.6: Anstiegszeit (risetime) und Fallzeit (falltime)

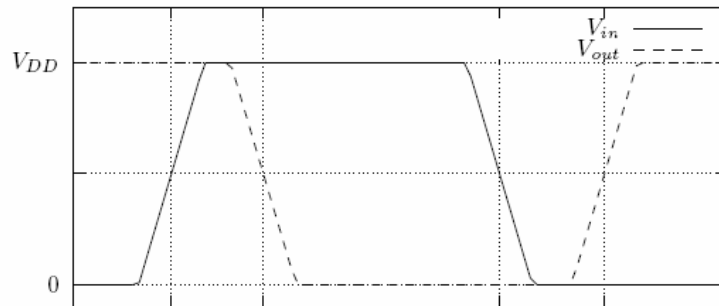
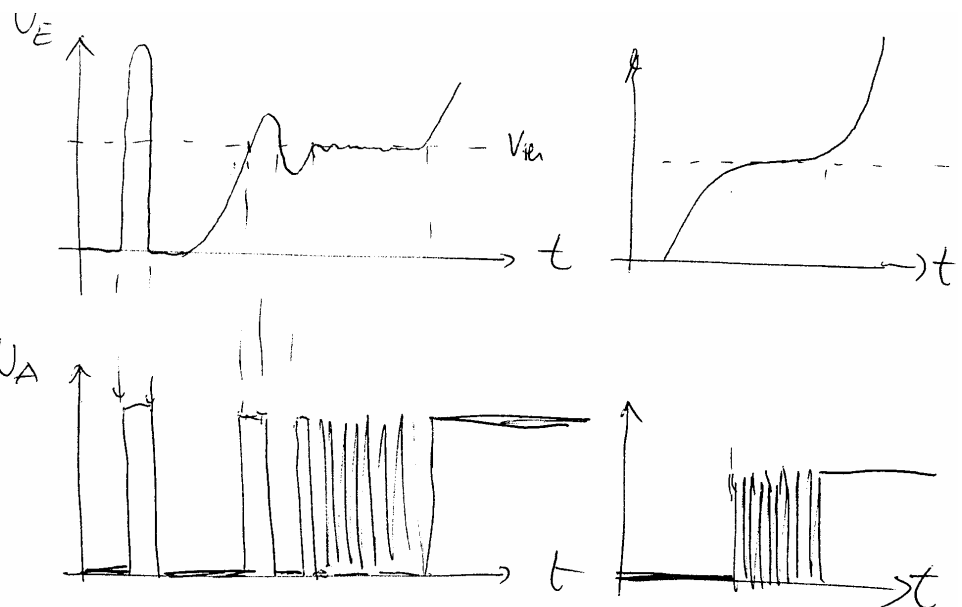
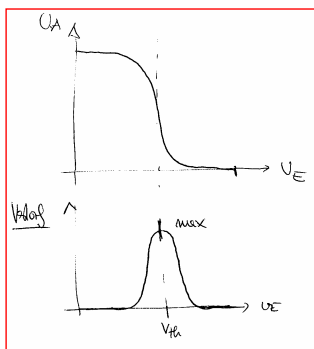


Abbildung 1.7: Verzögerungszeit (propagation delay) anhand eines Inverters

# 1 Allgemeine Digitaltechnik



## 2 Kombinatorische Logik

Mit zwei zweiwertigen Variablen können vier verschiedene Zustände beschrieben werden (00, 01, 10, 11). Jeder dieser vier Kombinationen kann bei einer Verknüpfung als Ergebnis 0 oder 1 zugeordnet werden (zwei unterschiedliche Zuordnungen). Damit gibt es  $2^4 = 16$  verschiedene Möglichkeiten zwei binäre Variablen miteinander zu verknüpfen.

		Null	Konjunktion	Inhibition aus A	Verstärker A	Inhibition aus B	Verstärker B	Antivalenz	Disjunktion	NOR	Äquivalenz	Negation von B	Implikation aus B	Negation von A	Implikation aus A	NAND	Eins
A	B	0	$A \cdot B$	$\overline{A \rightarrow B}$	A	$\overline{B \rightarrow A}$	B	$A \oplus B$	$A + B$	$\overline{A + B}$	$A \equiv B$	$\overline{B}$	$B \rightarrow A$	$\overline{A}$	$A \rightarrow B$	$\overline{A \cdot B}$	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

EST 2 / SS 2011 Tag 1 IFE W. Pribyl Seite 15

## 2 Kombinatorische Logik

### Konjunktion (UND, AND)

Das Ergebnis Y wird 1 wenn A und B gleich 1 sind:

$$Y = A \wedge B = A \cdot B = AB$$

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

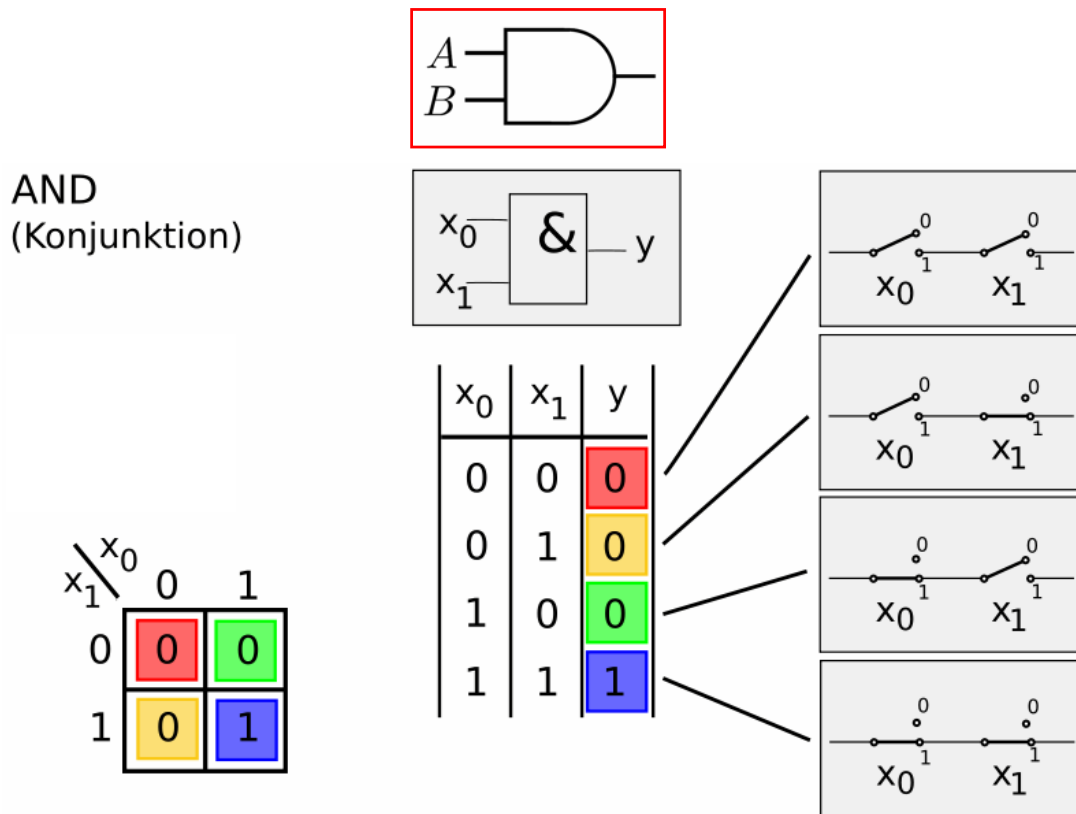
Tabelle 2.2: Wahrheitstafel der Konjunktion



Abbildung 2.1: Schaltsymbol der Konjunktion



## 2 Kombinatorische Logik



## 2 Kombinatorische Logik

### Disjunktion (ODER, OR)

Das Ergebnis  $Y$  wird 1 wenn  $A$  oder  $B$  gleich 1 ist oder beide gleich 1 sind:

$$Y = A \vee B = A + B \quad (2.2)$$

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

Tabelle 2.3: Wahrheitstafel der Disjunktion



Abbildung 2.2: Schaltsymbol der Disjunktion

## 2 Kombinatorische Logik

### Negation (NICHT, NOT)

$$Y = \neg A = \bar{A} \quad (2.3)$$

A	Y
0	1
1	0

Tabelle 2.4: Wahrheitstafel der Negation



Abbildung 2.3: Schaltsymbol der Negation

## 2 Kombinatorische Logik

### NAND

$$Y = \overline{A \cdot B} = \overline{AB} \quad (2.4)$$

A	B	$\overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabelle 2.5: Wahrheitstafel NAND



Abbildung 2.4: Schaltzeichen NAND

## 2 Kombinatorische Logik

### NOR

$$Y = \overline{A + B} \quad (2.5)$$

A	B	$\overline{A + B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabelle 2.6: Wahrheitstafel NOR



Abbildung 2.5: Schaltzeichen NOR

## 2 Kombinatorische Logik

### Antivalenz (XOR)

$$Y = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B} \quad (2.6)$$

A	B	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabelle 2.7: Wahrheitstafel XOR



Abbildung 2.6: Schaltzeichen XOR

## 2 Kombinatorische Logik

### Äquivalenz (XNOR)

$$Y = A \equiv B = \overline{A \oplus B} = AB + \overline{A}\overline{B} \quad (2.7)$$

A	B	$A \equiv B$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabelle 2.8: Wahrheitstafel XNOR

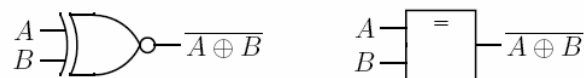


Abbildung 2.7: Schaltzeichen XNOR

## 2 Kombinatorische Logik

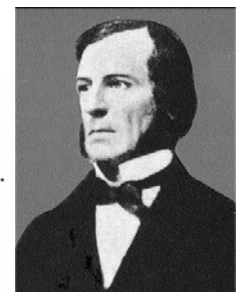
### 2.3 Rechenregeln

### Boole'sche Algebra

Die mit \* gekennzeichneten Regeln gelten nicht in der Zahlenalgebra.

$0 \cdot 0 = 0$	$0 + 0 = 0$	$\overline{0} = 1$ *
$0 \cdot 1 = 0$	$0 + 1 = 1$	$\overline{1} = 0$ *
$1 \cdot 0 = 0$	$1 + 0 = 1$	
$1 \cdot 1 = 1$	$1 + 1 = 1$ *	

Tabelle 2.9: Rechenregeln mit Konstanten



George Boole, um 1860

$A \cdot 0 = 0$	$A + 0 = A$	$\overline{\overline{A}} = A$
$A \cdot 1 = A$	$A + 1 = 1$ *	
$A \cdot A = A$ *	$A + A = A$ *	
$A \cdot \overline{A} = 0$ *	$A + \overline{A} = 1$ *	

Tabelle 2.10: Rechenregeln mit einer Variablen

$$A \cdot B = B \cdot A$$

$$A + B = B + A$$

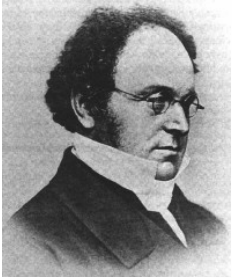
Tabelle 2.11: Kommutatives Gesetz (Vertauschung)

## 2 Kombinatorische Logik

$$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$$

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

Tabelle 2.12: Assoziatives Gesetz (Verbindung)



Augustus De Morgan, 19. Jhdt

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$

$$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C) \quad *$$

Tabelle 2.13: Distributives Gesetz (Verteilung)

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B} \quad *$$

$$\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B} \quad *$$

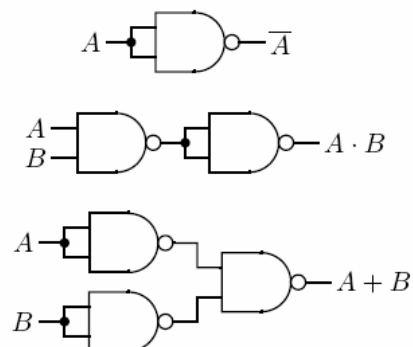
Tabelle 2.14: Identität nach DeMorgan (DeMorgan'sches Theorem)

## 2 Kombinatorische Logik

### 2.4 NAND-NOR-Technik

	NOT: $\overline{A}$	AND: $A \cdot B$	OR: $A + B$
NAND	$\overline{A \cdot A}, \overline{A \cdot 1}$	$\overline{\overline{A \cdot B}}$	$\overline{\overline{A \cdot B}}$
NOR	$\overline{A + A}, \overline{A + 0}$	$\overline{\overline{A + B}}$	$\overline{\overline{A + B}}$

Tabelle 2.15: Logische Grundfunktionen mit NAND- bzw. NOR-Verknüpfungen



## 2 Kombinatorische Logik

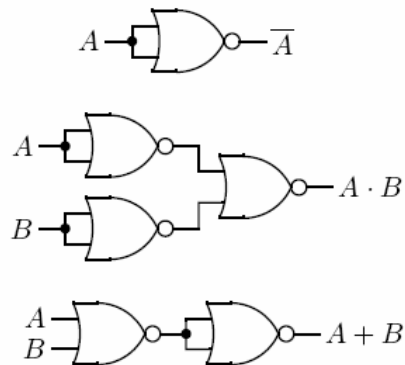


Abbildung 2.9: Logische Grundfunktionen mit NOR-Gattern: NOT, AND, OR

$$(A + B)(C + D + E)F = \overline{\overline{(A + B)(C + D + E)F}} = \overline{\overline{A + B + C + D + E + F}} \quad (2.9)$$

## 2 Kombinatorische Logik

- Fragen ?