

Alles Wichtige findest Du hier:

Website: Slides, Zusatzmaterial, Links



[n.ethz.ch/~ncantieni/digitech](https://n.ethz.ch/~ncantieni/digitech)

Polybox: Slides, Zusatzmaterial



[u.ethz.ch/NXMB8](https://u.ethz.ch/NXMB8)

[ncantieni@ethz.ch](mailto:ncantieni@ethz.ch)

# Digitaltechnik 4: Schaltungssysteme

Nic Cantieni  
ncantieni@ethz.ch



# Persönliches

- Hallo! Ich bin Nic Cantieni, der rotierende TA.
- Elena ist nicht verloren gegangen, sie ist heute in der Online-Übung.
- Ihr habt sie nächste Woche wieder zurück :)

# Organisatorisches

- Normale Übungsstunde (Theorie, Tipps, Fragen)
- Folien auf [n.ethz.ch/~ncantieni/digitech](http://n.ethz.ch/~ncantieni/digitech)
- Serienabgabe: auf Moodle oder auf Papier, ich korrigiere sie dann
- Serienrückgabe: auf Moodle, oder nächste Woche durch Elena
- Study Center: heute Abend im ETF E 1, mit NuS1 zusammen

# Outline

1. Zwischentest 1

2. Repetition Minterm/Maxterm, DNF/KNF

3. Vereinfachen Schaltgleichungen: KV-Diagramm

4. Zahlensysteme / Codes

# Zwischentest 1

- Super Rücklauf: G3: 20/23; ganze Vorlesung: 167/275
- Im gesamten super gelöst!
- Nachbesprechung:
  - Aufgabe 1.3: Bei Fragen in der Pause/ am Ende
  - Aufgabe 2: ↓
  - Aufgabe 3: noch einmal anschauen, schade um die Punkt
  - Aufgabe 4.1: "Beschreiben"  $\Leftrightarrow$  Worte!
  - Aufgabe 4.2b: Auf Rasterbeschriftung achten

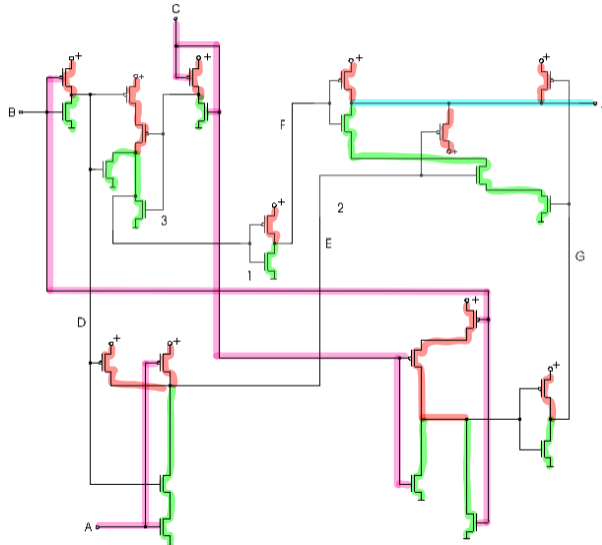




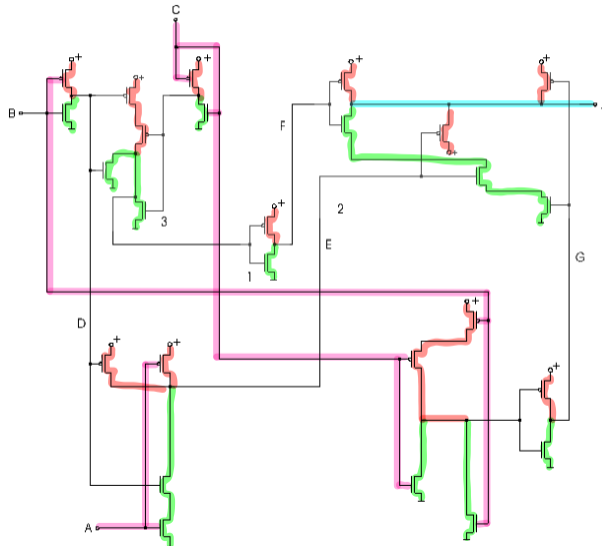




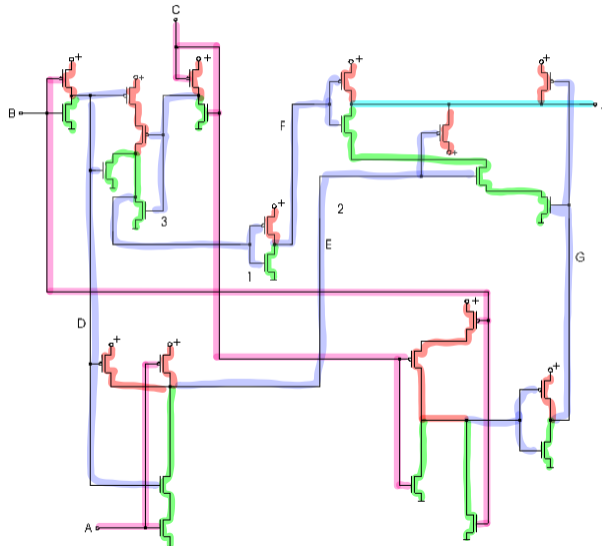
# Test 1: Aufgabe 2 // 2. Schritt: von VCC / GND Kreuzungen finden



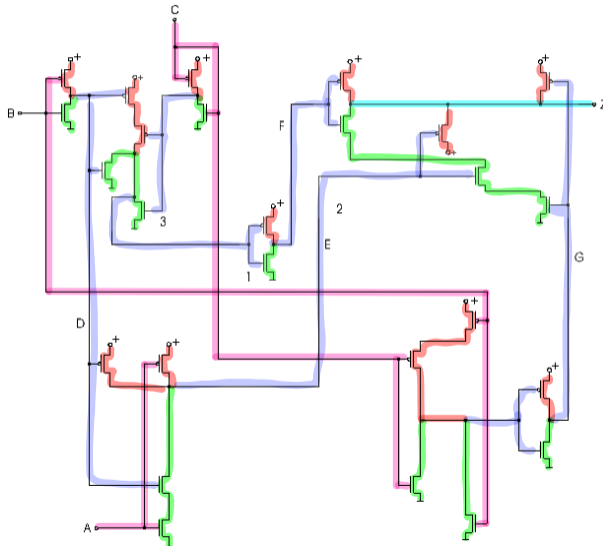
# Test 1: Aufgabe 2 // 3. Schritt: Innere Verbindungen finden



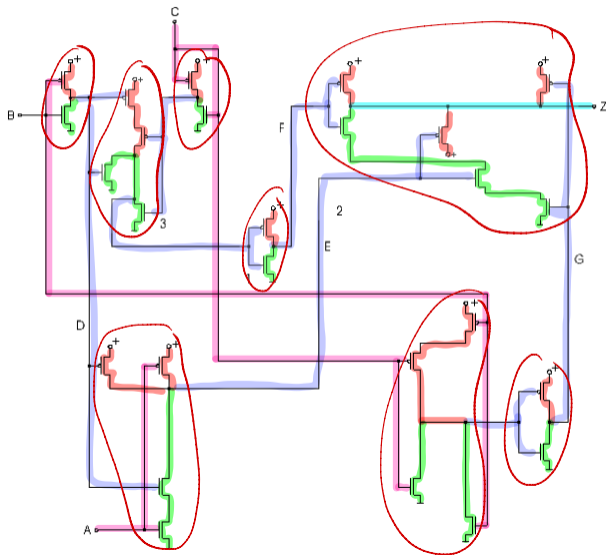
# Test 1: Aufgabe 2 // 3. Schritt: Innere Verbindungen finden



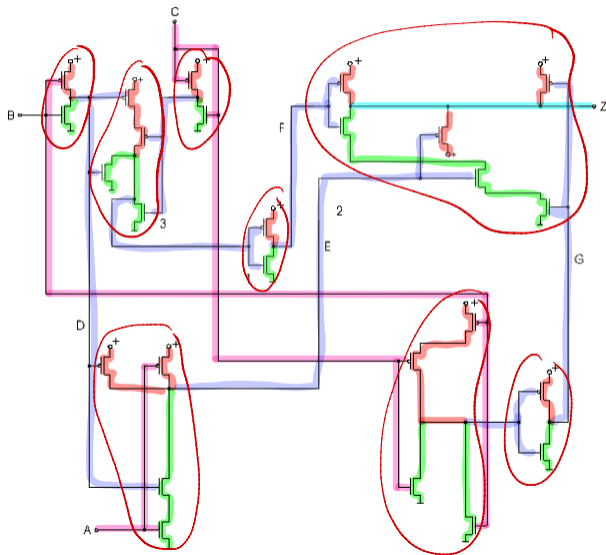
# Test 1: Aufgabe 2 // 4. Schritt: Verbundene Transistoren gruppieren



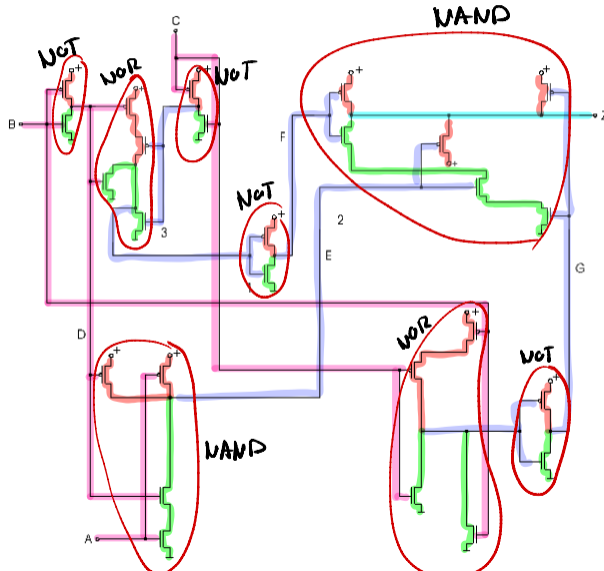
# Test 1: Aufgabe 2 // 4. Schritt: Verbundene Transistoren gruppieren



# Test 1: Aufgabe 2 // 5. Schritt: Gatter identifizieren

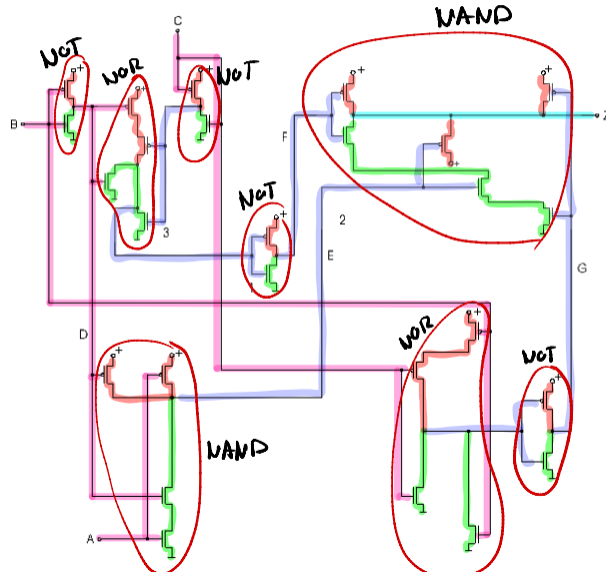


# Test 1: Aufgabe 2 // 5. Schritt: Gatter identifizieren

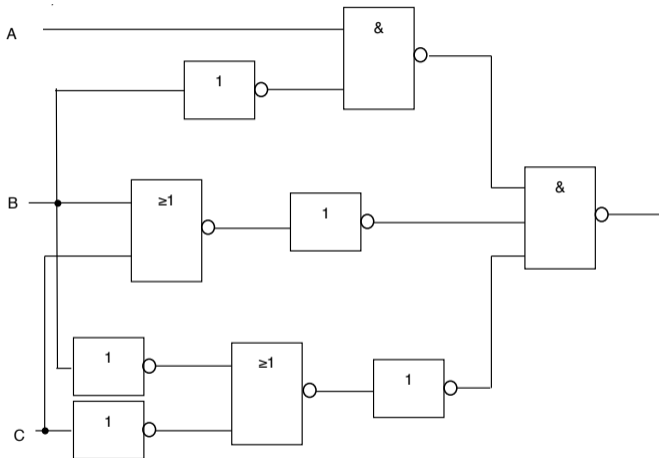




# Test 1: Aufgabe 2 // 6. Schritt: Schaltung abzeichnen, NICHT vereinfachen!



# Test 1: Aufgabe 2 // 6. Schritt: Schaltung abzeichnen, NICHT vereinfachen!



Fragen?

# Outline

1. Zwischentest 1

2. Repetition Minterm/Maxterm, DNF/KNF

3. Vereinfachen Schaltgleichungen: KV-Diagramm

4. Zahlensysteme / Codes

## Minterm/Maxterm; DNF/KNF

A	B	C	Y = f(A,B,C)	Minterm	Maxterm
0	0	0	1	$\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}$	-
0	0	1	1	$\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C$	-
0	1	0	0	-	$A \vee \bar{B} \vee C$
0	1	1	1	$\bar{A} \wedge B \wedge C$	-
1	0	0	1	$A \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}$	-
1	0	1	1	$A \wedge \bar{B} \wedge C$	-
1	1	0	0	-	$\bar{A} \vee \bar{B} \vee C$
1	1	1	0	-	$\bar{A} \vee \bar{B} \vee \bar{C}$

**DNF:**  $Y = (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee (\bar{A} \wedge \bar{B} \wedge C) \vee (\bar{A} \wedge B \wedge C) \vee (A \wedge \bar{B} \wedge \bar{C}) \vee (A \wedge \bar{B} \wedge C)$

**KNF:**  $Y = (A \vee \bar{B} \vee C) \wedge (\bar{A} \vee \bar{B} \vee C) \wedge (\bar{A} \vee \bar{B} \vee \bar{C})$

# Minterm/Maxterm; DNF/KNF

- Minterm:
  - AND-Verknüpfung der Variablen
  - bilden bei  $Y=1$
- DNF:
  - OR-Verknüpfung aller Minterme
  - Was passiert bei einer 1-Klammer?
- Maxterm:
  - OR-Verknüpfung der Variablen
  - bilden bei  $Y=0$
- KNF:
  - AND-Verknüpfung aller Maxterme
  - Was passiert bei einer 0-Klammer?

Wichtig: die DNF / KNF sind höchst selten effizient

- Beweis: Schaltung von Folie vorher kann mit dieser Gleichung beschrieben werden:

$$Y = \bar{B} \vee (\bar{A} \wedge C)$$

- Aber: man kann sie effizienter machen (**später in der Vorlesung**)
- Aber: sie sind standardisiert

Fragen?

# Outline

1. Zwischentest 1

2. Repetition Minterm/Maxterm, DNF/KNF

3. Vereinfachen Schaltgleichungen: KV-Diagramm

4. Zahlensysteme / Codes



## Ziel der Übung

$$Y = (\bar{A} \wedge \bar{B}) \vee (A \wedge \bar{B}) \vee (\bar{A} \wedge B)$$
$$\Downarrow$$
$$Y = \bar{A} \vee \bar{B}$$

Und das ganze ohne Schaltalgebra, sondern mit klaren Algorithmen....

Wahrheitstabelle  $\rightarrow$  Karnaugh-Diagramm  $\rightarrow$  Schaltgleichung

# Wahrheitstabelle → KV-Diagramm

A	B	Y = f(A,B)	Minterm	Maxterm
0	0	1	$\bar{A} \wedge \bar{B}$	-
0	1	1	$\bar{A} \wedge B$	-
1	0	0	-	$A \vee \bar{B}$
1	1	1	$A \wedge B$	-

	$\bar{A}$	A
$\bar{B}$	$A = 0$ $B = 0$ $f(0,0) = 1$	$A = 1$ $B = 0$ $f(1,0) = 0$
B	$A = 0$ $B = 1$ $f(0,1) = 1$	$A = 1$ $B = 1$ $f(1,1) = 1$

	$\bar{A}$	A
$\bar{B}$	1	0
B	1	1

## KV-Diagramm $\rightarrow$ Schaltgleichung

	$\bar{A}$	$A$
$\bar{B}$	1	0
$B$	1	1

Päckchen bilden mit 1, "konstante" Variablen zu Minterm zusammenfassen

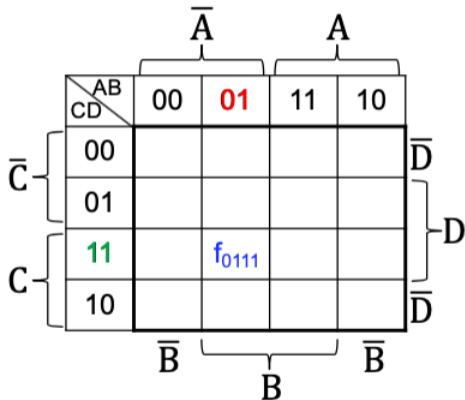
$$\bar{A} \quad B$$

DNF bilden

$$Y = \bar{A} \vee B$$

# Alternative Darstellung KV-Diagramm

Meistens sinnvoller, einfacheres ablesen aus Wahrheitstabelle.  
Einschrittiger Code!



## Wahrheitstabelle (teilweise)

A	B	C	D	$f(A,B,C,D)$
		:		:
0	1	1	1	$f_{0111}$
		:		:

Fragen?

# KV-Diagramm

A	B	C	D	Z
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	X
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	X
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	X
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

CD\AB	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

# KV-Diagramm

A	B	C	D	Z
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	X
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	X
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	X
1	0	1	0	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

CD\AB	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	0	0	1	X
11	X	0	1	1
10	0	X	0	0

Erlaubte Päckchen:

- $2^n$  orthogonal verbundene Zellen
- Roll-over erlaubt
- X verwenden erlaubt

## KV-Diagramm: Hazards

CD\AB	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	0	0	1	X
11	X	0	1	1
10	0	X	0	0

Erlaubte Päckchen:

- $2^n$  orthogonal verbundene Zellen
- Roll-over erlaubt
- X verwenden erlaubt

## Hazards

- Kritische Übergänge: orthogonale Päckchen, auch über Roll-over
- Lösung: Zusatzpäckchen



Fragen?

# Outline

1. Zwischentest 1

2. Repetition Minterm/Maxterm, DNF/KNF

3. Vereinfachen Schaltgleichungen: KV-Diagramm

4. Zahlensysteme / Codes

## Zahlensysteme

- Wir betrachten nur **Stellwertsysteme**
- positive Zahl  $D$  mit Basis  $R$  und Ziffern  $b_i$ :

$$D = \sum_{i=-\infty}^{\infty} b_i \cdot R^i$$

- Ein System hat  $R$  verschiedene Ziffernsymbole
- Zahl wird geschrieben als:

$$\dots b_3 b_2 b_1 b_0 . b_{-1} b_{-2} b_{-3} \dots$$

## Codes

- Abbildungen zwischen Ziffernsymbolen und Binärzahlen
- Beispiel

(Vielleicht nicht sinnvoll, aber möglich)

0 → 0001	5 → 0110
1 → 0010	6 → 1100
2 → 0100	7 → 0111
3 → 1000	8 → 1110
4 → 0011	9 → 1111

- Sinnvolle Beispiele: Vorlesungsfolien

# Umrechnung zwischen Zahlensystemen

- Dezimal  $\rightarrow$  Binär
  - wiederholte Ganzzahldivision durch 2; Rest sind die Bits, sortiert von LSB zu MSB
- Dezimal  $\rightarrow$  R
  - wiederholte Ganzzahldivision durch R; Rest sind die Digits, sortiert von LSD zu MSD

## Berechnungen im Binärsystem

- Addition: Schriftlich Rechnen (Stellenweise Addition mit Übertrag)
- Subtraktion: Schriftlich rechnen mit Zweier-Komplement (Stellenweise **Addition** mit Übertrag)

# Zweierkomplement

## Simple Konzept

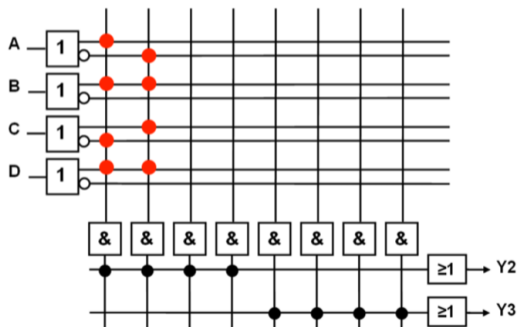
- MSB: negativ Zählen; alle anderen Bits: positiv dazuaddieren

$$1101001 \rightarrow -64 + 32 + 8 + 1 = -23$$

- Bemerke:
  - $1101001 = 101001 \Rightarrow$  führende 1en sind nicht wichtig
  - $00101001 = 0101001 \Rightarrow$  führende 0en sind nicht wichtig
  - $0101001 \neq 101001 \Rightarrow$  MSB 0 ist wichtig
  - falls MSB = 0: normale Binärzahl
  - Algorithmus  $\leftrightarrow$ : Bitweise invertieren, 1 Addieren, Vorzeichenbit ansetzen

## Hints Serie 4

1. Simpel
2. Übungsbeispiel
3. r und l sind voneinander unabhängig, also: 3 Eingänge, 2 Ausgänge  $\rightarrow$  2 Schaltgleichungen
4. Beispiel



$$Y_2 = (A \wedge B \wedge \bar{C} \wedge D) \vee (\bar{A} \wedge B \wedge C \wedge D)$$

Alles Wichtige findest Du hier:

Website: Slides, Zusatzmaterial, Links



[n.ethz.ch/~ncantieni/digitech](https://n.ethz.ch/~ncantieni/digitech)

Polybox: Slides, Zusatzmaterial



[u.ethz.ch/NXMB8](https://u.ethz.ch/NXMB8)

[ncantieni@ethz.ch](mailto:ncantieni@ethz.ch)