

# Digitaltechnik

## Wintersemester 2021/2022

### 3. Übung



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schneider, M.Sc. Daniel Günther, M.Sc. Amos Treiber  
LÖSUNGSVORSCHLAG

KW45

Bitte bearbeiten Sie die Übungsblätter bereits im Voraus, sodass Sie Ihre Lösungen zusammen mit Ihren Kommilitonen und Tutoren während der wöchentlichen Übungsstunde diskutieren können.

Mit der angegebenen Bearbeitungszeit für die einzelnen Aufgaben können Sie Ihren Leistungsstand besser einschätzen.

#### Übung 3.1 Zahlendarstellung, Arithmetik, und Bitbreitenerweiterung

[5 min]

Führen Sie die folgenden Berechnungen im Zweierkomplement-System durch. Bilden Sie dafür das Zweierkomplement der Zahlen und erweitern Sie die Bitbreite, falls notwendig. Wandeln Sie das Ergebnis ins Dezimalformat und ins 12 bit Hexadezimalformat um.

a)  $12_{10} - 16_{10}$

1. Umrechnung ins Zweierkomplement:

$$12_{10} = 0\ 1100_2$$

$$-(16_{10}) = \overline{16_{10}} + 1 = \overline{1\ 0000_2} + 1 = 0\ 1111_2 + 1 = 1\ 0000_2$$

2. Addition:

$$\begin{array}{r} 0\ 1100_2 \\ + 1\ 0000_2 \\ \hline = 1\ 1100_2 \end{array}$$

3. Umrechnen ins Dezimalformat:

$$1\ 1100_2 = -(\overline{1\ 1100_2} + 1) = -(0\ 0011_2 + 1) = -0\ 0100_2 = -4_{10}$$

4. Hexadezimal:  $FFC_{16}$

b)  $7_{10} - 1_{10}$

1. Umrechnung ins Zweierkomplement:

$$7_{10} = 0111_2$$

$$-(1_{10}) = \overline{1_{10}} + 1 = \overline{1_2} + 1 = 0_2 + 1 = 1_2$$

2. Addition:

Die Zahlen haben unterschiedliche Bitbreiten.

Die kürzere wird erweitert (auffüllen mit dem Vorzeichenbit).

$$1111_2$$

$$\begin{array}{r} 0111_2 \\ + 1111_2 \\ \hline = 1\ 0110_2 (\text{Überlauf ignorieren}) = 0110_2 \end{array}$$

3. Umrechnen ins Dezimalformat:

$$0110_2 = 6_{10}$$

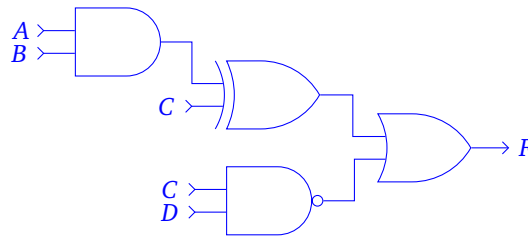
4. Hexadezimal:  $006_{16}$

## Übung 3.2 Logikgatter-Schaltungen

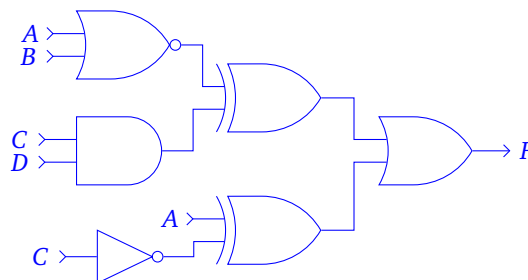
[2 min]

Implementieren Sie die folgenden Funktionen mit Logikgattern:

a)  $F = ((A B) \oplus C) + \overline{C D}$



b)  $F = (A \oplus \overline{C}) + (\overline{A+B} \oplus (C D))$



## Übung 3.3 Logikgatter-Substitution

NAND1

NAND2

NAND3

NAND4

NAND5

NAND6

NAND7

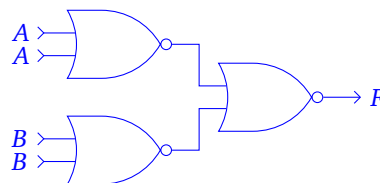
NAND8

[3 min]

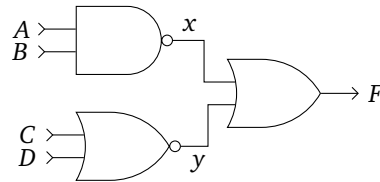
- a) Zeichnen Sie eine Logikgatterschaltung, die ein Signal  $A \in \mathbb{B}$  invertiert, und ausschließlich aus NOR-Gattern besteht.



- b) Realisieren Sie eine AND Schaltung und nutzen Sie dafür ausschließlich NOR-Gatter.



Stellen Sie die Wahrheitstabelle für die folgende Schaltung auf. Geben Sie dabei auch die Zwischenwerte  $x$  und  $y$  an.



A	B	C	D	x	y	F
0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	0	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	1	0	1
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0

a) XOR3 ist wie folgt definiert. Geben Sie die Wahrheitstabelle an, die diese Funktion charakterisiert.

$$XOR3 = (A \oplus B) \oplus C$$

A	B	C	$A \oplus B$	XOR3
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	0
1	0	0	1	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	1	0	1

b) Zeigen Sie, dass die XOR Funktion die folgenden Eigenschaften besitzt:

1. Kommutativität

Die XOR Definition besagt, dass 1 ausgegeben wird, wenn  $A \neq B$  gilt. Ob A oder B als erstes ausgewertet wird, macht hier keinen Unterschied.

2. Assoziativität

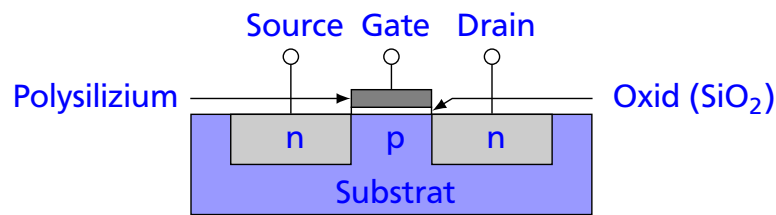
Mit Hilfe von Wahrheitstabellen zeigen wir, dass  $(A \oplus B) \oplus C = A \oplus (B \oplus C)$  gilt.

A	B	C	$A \oplus B$	$B \oplus C$	$(A \oplus B) \oplus C$	$A \oplus (B \oplus C)$
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1
0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1

### Übung 3.6 Transistor Aufbau

[2 min]

Die folgende Abbildung zeigt den Querschnitt eines Transistors. Um welchen MOSFET-Typ handelt es sich? Beschriften Sie alle wichtigen Elemente und geben Sie auch den Dotierungstyp der verschiedenen Halbleiterbereiche an. Beschreiben Sie die abstrakte Funktionsweise dieses Transistors.



nMOS Transistor, leitet Strom zwischen Source und Drain wenn eine Spannung (die der logischen 1 entspricht) am Gate anliegt.

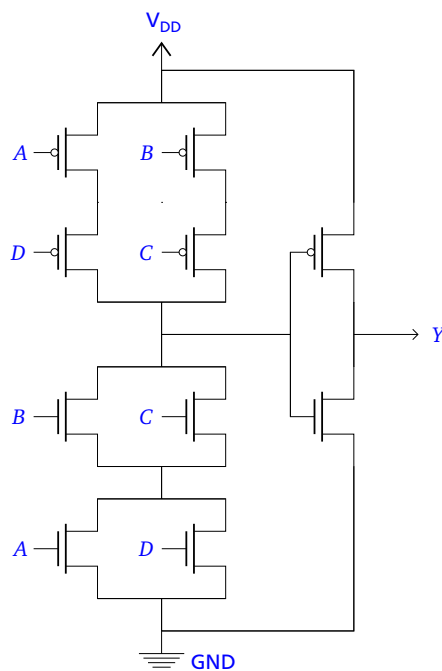
### Übung 3.7 CMOS Logik

[15 min]

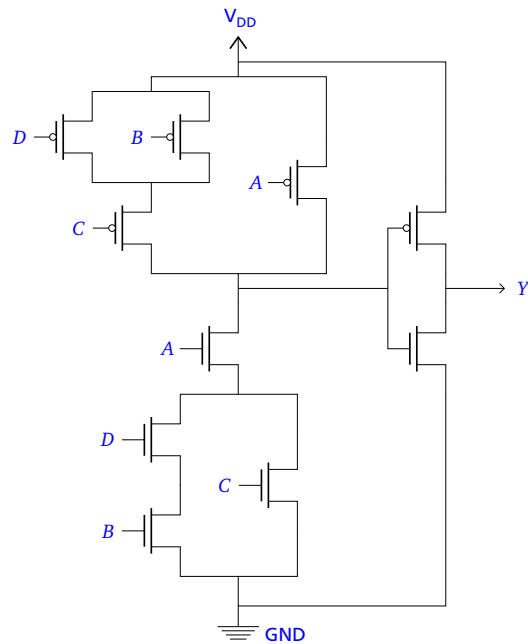
#### Übung 3.7.1 Schaltung beschriften

Beschriften Sie die folgenden CMOS-Schaltungen so, dass diese die angegebenen Funktionen realisieren. Ihnen stehen die Eingänge sowohl in positiver als auch negierter Form zur Verfügung. Beschriften Sie auch die Versorgungsspannungsleitungen und den Ausgang.

a)  $Y = (A + D) (B + C)$



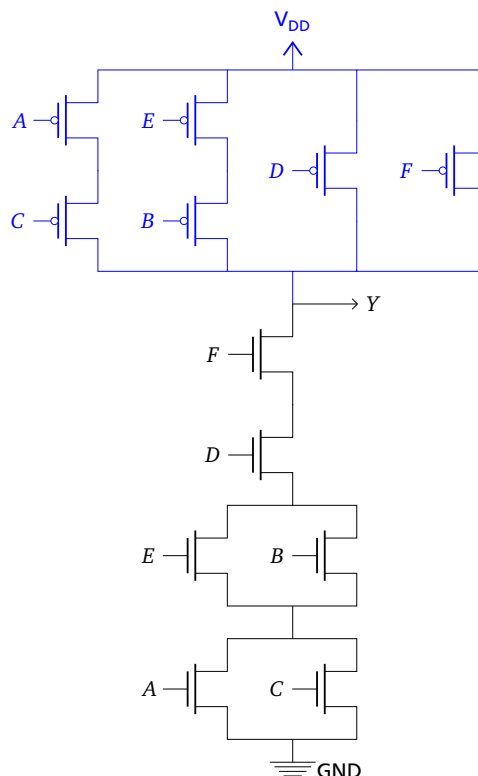
b)  $Y = ((D B) + C) A$



### Übung 3.7.2 Schaltung ergänzen

In der folgenden Aufgabe ist das pull-down Netz der Schaltung bereits gegeben. Vervollständigen Sie die Schaltung durch das Ergänzen des pull-up Netzes und geben Sie die implementierte Funktion an.

$Y = \overline{(A + C)(E + B)DF}$



### Übung 3.7.3 Schaltung entwerfen

Realisieren Sie die folgende Funktion als CMOS Schaltung. Ihnen stehen die Eingänge sowohl in positiver als auch negierter Form zur Verfügung.

$$Y = ((\bar{A} \bar{C}) + (\bar{B}(\bar{D} + \bar{E})))$$

