

AfuTUB-Kurs

Technik Klasse A 14: Digitaltechnik

DK0TU

Amateurfunkgruppe der TU Berlin

<https://dk0tu.de>

WiSe 2017/18 – SoSe 2018



This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DK0TU, Stand: Wed Jul 4 11:45:34 2018 +0200

Digitaltechnik

Die Digitaltechnik kennt nur zwei Zustände:

0 LOW

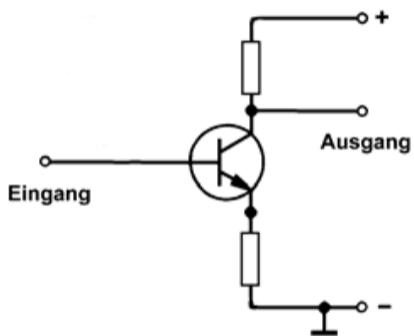
1 HIGH

Zwischenwerte, wie in der Analogtechnik, sind nicht vorhanden.

In der Realität ist es eine Definitionssache, ab welcher Spannung ein Signal als LOW oder HIGH angesehen wird.



Transistor als Schalter



[5]

TD401

Transistor als Schalter

NOT

AND

NAND

OR

NOR

XOR

Schaltungen

Zeitablaufdiagramme

Logikschaltungen

Pegelanpassung

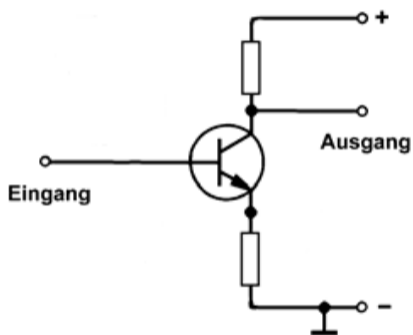
Zahlensysteme

Dual

Hexadezimal

Referenzen

Transistor als Schalter

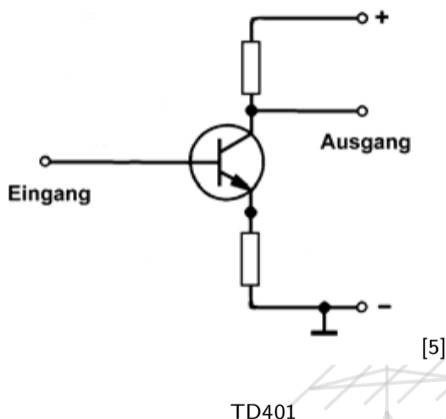


- Transistor in Emitterschaltung
- Liegt am Eingang keine Spannung an, ist die Ausgangsspannung maximal
- Liegt am Eingang eine hohe Spannung an, wird die Ausgangsspannung minimal
- → **Inverter**

TD401

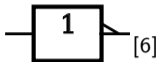
[5]

Transistor als Schalter



- Transistor in Emitterschaltung
- Liegt am Eingang keine Spannung an, ist die Ausgangsspannung maximal
- Liegt am Eingang eine hohe Spannung an, wird die Ausgangsspannung minimal
- → **Inverter**
- Es gibt in der Prüfung nur zwei Transistor-Logik-Schaltungen
- Zuerst ein Blick auf die Logikgatter

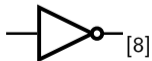
NOT



Schaltsymbol IEC



Schaltsymbol DIN



Schaltsymbol ANSI

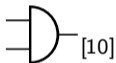
Wahrheitstabelle

INPUT	OUTPUT
A	NOT A
0	1
1	0

AND



Schaltsymbol IEC



Schaltsymbol DIN

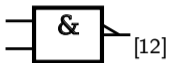


Schaltsymbol ANSI

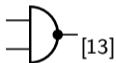
Wahrheitstabelle

INPUT		OUTPUT
A	B	A AND B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

NAND



Schaltsymbol IEC



Schaltsymbol DIN

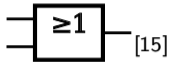


Schaltsymbol ANSI

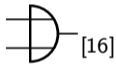
Wahrheitstabelle

INPUT		OUTPUT
A	B	A NAND B
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

OR



Schaltsymbol IEC



Schaltsymbol DIN

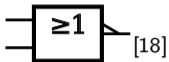


Schaltsymbol ANSI

Wahrheitstabelle

INPUT		OUTPUT
A	B	A OR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOR



Schaltsymbol IEC



Schaltsymbol DIN

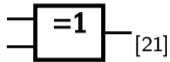


Schaltsymbol ANSI

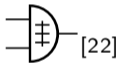
Wahrheitstabelle

INPUT		OUTPUT
A	B	A NOR B
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

XOR



Schaltsymbol IEC



Schaltsymbol DIN

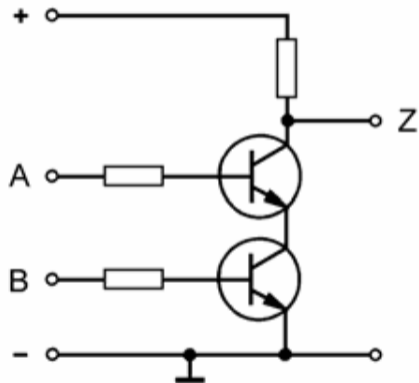


Schaltsymbol ANSI

Wahrheitstabelle

INPUT		OUTPUT
A	B	A XOR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NAND-Schaltung

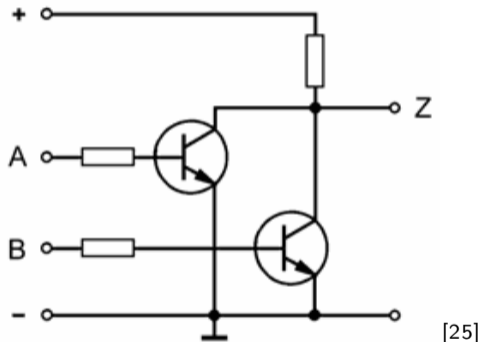


- Transistoren in Reihe geschaltet
- beide müssen durchschalten, damit der Ausgang low geht
- invertierend

[24]

TC707-TC709

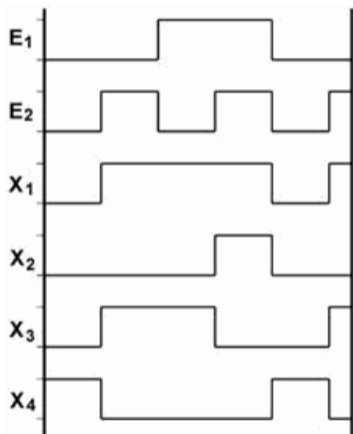
NOR-Schaltung



- Transistoren parallel geschaltet
- mindestens einer muss durchschalten, damit der Ausgang low geht
- invertierend

TC707-TC709

Zeitablaufdiagramme

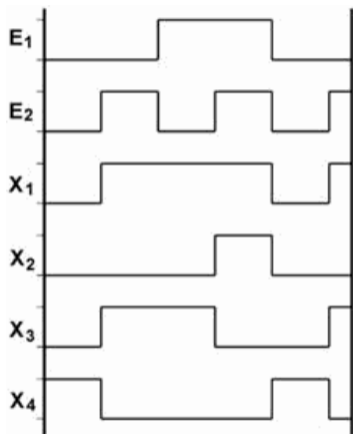


- zur Überprüfung digitaler Schaltungen
- an die Eingänge werden wechselnde Signale angelegt
- die Beobachtung des Ausgangs mit einem Speicheroszilloskop ergibt Rückschlüsse auf die verwendete Schaltung

TC707-TC709

[26]

Zeitablaufdiagramme



- zur Überprüfung digitaler Schaltungen
- an die Eingänge werden wechselnde Signale angelegt
- die Beobachtung des Ausgangs mit einem Speicheroszilloskop ergibt Rückschlüsse auf die verwendete Schaltung

$X_1 \rightarrow$

$X_2 \rightarrow$

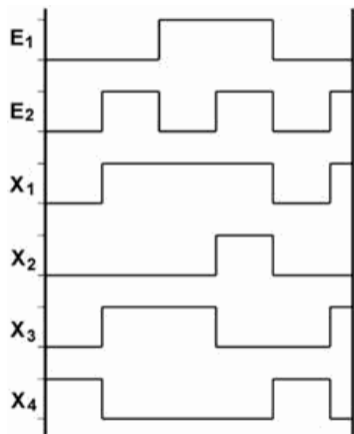
$X_3 \rightarrow$

$X_4 \rightarrow$

TC707-TC709

[26]

Zeitablaufdiagramme



TC707-TC709

- zur Überprüfung digitaler Schaltungen
- an die Eingänge werden wechselnde Signale angelegt
- die Beobachtung des Ausgangs mit einem Speicheroszilloskop ergibt Rückschlüsse auf die verwendete Schaltung

$x_1 \rightarrow$ OR

$x_2 \rightarrow$ AND

$x_3 \rightarrow$ XOR

$x_4 \rightarrow$ NOR

Transistor als
Schalter

NOT

AND

NAND

OR

NOR

XOR

Schaltungen

Zeitablauf-
diagramme

Logikschaltungen

Pegelanpassung

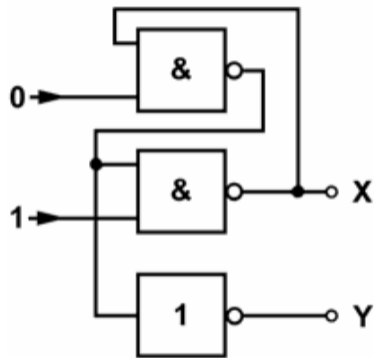
Zahlensysteme

Dual

Hexadezimal

Referenzen

Logikschaltungen

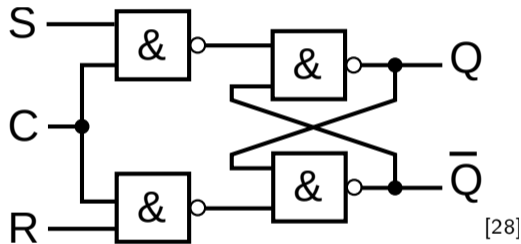


TC704

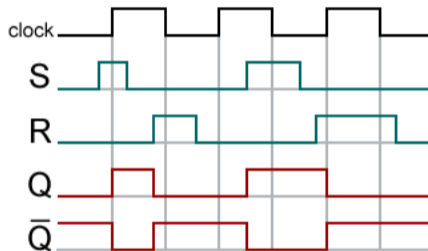
[27]

- Zusammenschaltung mehrerer Logikgatter
- Komplexe Aufgaben können bewältigt werden
- “Programmieren in Hardware”
- Beispiele sind Schaltungen für Rechenoperationen, Flipflops oder Multiplexer
- Daraus lassen sich wiederum Datenspeicher, Zähler oder ganze Mikroprozessoren aufbauen
- *Beispiel:* ↗ Lorenz Hanewinkel über die Konstruktion der Z22

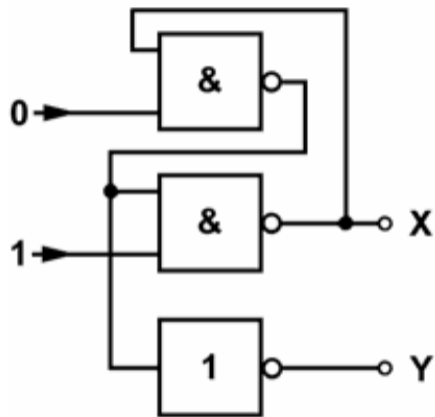
Beispiel: R-S-Flipflop



Logik-Schaltung eines getakteten
RS-Flipflops aus vier NAND-Gattern



Impulsdiagramm (SR-Latch)



A: $X=1$ und $Y=0$

B: $X=0$ und $Y=0$

C: $X=1$ und $Y=1$

D: $X=0$ und $Y=1$

[27]

TC704

Transistor als
Schalter

NOT

AND

NAND

OR

NOR

XOR

Schaltungen

Zeitablauf-
diagramme

Logikschaltungen

Pegelanpassung

Zahlensysteme

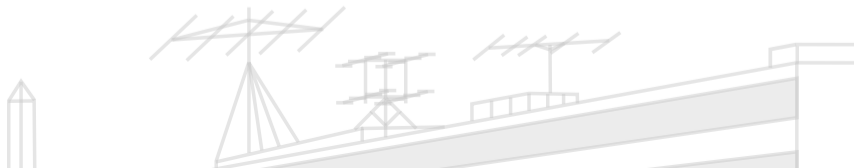
Dual

Hexadezimal

Referenzen

Pegelanpassung

- nicht alle ICs oder Schaltungen liefern 0 und +5V
- durch entsprechende Pegelwandler können die Pegel normiert werden
- *wird in der Prüfung nicht gefragt, aber nützliches Wissen, wenn der 5V-Ausgang des Arduino den 3,3V-GPIO am Raspberry Pi brät. . .*



TC710	In welchem Versorgungsspannungsbereich können CMOS-ICs betrieben werden?
A	+3V bis +15V
B	+2,5V bis +5,5V
C	$\pm 2,5V$ bis $\pm 5,5V$
D	$\pm 5V$

Inzwischen überholt, moderne CMOS-Prozesse arbeiten z.t. mit Spannungen $< 1V$

Transistor als Schalter

NOT

AND

NAND

OR

NOR

XOR

Schaltungen

Zeitablaufdiagramme

Logikschaltungen

Pegelanpassung

Zahlensysteme

Dual

Hexadezimal

Referenzen

TC710	In welchem Versorgungsspannungsbereich können CMOS-ICs betrieben werden?
A ✓	+3V bis +15V
B	+2,5V bis +5,5V
C	±2,5V bis ±5,5V
D	±5V

Inzwischen überholt, moderne CMOS-Prozesse arbeiten z.t. mit Spannungen < 1V

Transistor als
Schalter

NOT

AND

NAND

OR

NOR

XOR

Schaltungen

Zeitablauf-
diagramme

Logikschaltungen

Pegelanpassung

Zahlensysteme

Dual

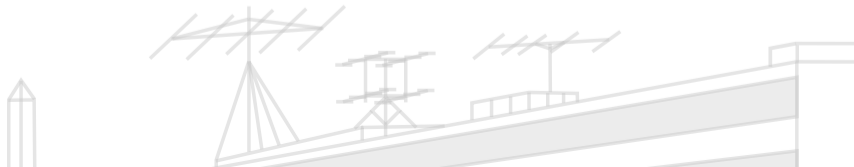
Hexadezimal

Referenzen

Dualzahlen

“There are only 10 types of people in the world:
those who understand binary, and those who don't.”

— Mathematical joke



Dualzahlen

Binär	Potenz	Dezimal
0	0	0
1	2^0	1
10	2^1	2
11	$2^1 + 2^0$	3
100	2^2	4
101	$2^2 + 2^0$	5
110	$2^2 + 2^1$	6
111	$2^2 + 2^1 + 2^0$	7

Binär	Potenz	Dezimal
0	0	0
1	2^0	1
10	2^1	2
100	2^2	4
1000	2^3	8
10000	2^4	16
100000	2^5	32
1000000	2^6	64
10000000	2^7	128
100000000	2^8	256
1000000000	2^9	512
10000000000	2^{10}	1024

Transistor als
Schalter

NOT

AND

NAND

OR

NOR

XOR

Schaltungen

Zeitablauf-
diagramme

Logikschaltungen

Pegelanpassung

Zahlensysteme

Dual

Hexadezimal

Referenzen

Hexadezimalzahlen

Hexadezimal	Dezimal
0	0
1	1
2	2
⋮	⋮
9	9
A	10
B	11
C	12
D	13
E	14
F	15

Hexadezimal	Dezimal
10	16
11	17
⋮	⋮
1F	31
20	32
21	33
⋮	⋮
FE	254
FF	255

Transistor als
Schalter

NOT

AND

NAND

OR

NOR

XOR

Schaltungen

Zeitablauf-
diagramme

Logikschaltungen

Pegelanpassung





Zahlensysteme











Dual

Hexadezimal

Referenzen

Referenzen/Links

- [1] DARC Online-Lehrgang Lektion A14:
<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a14/>
- [2] Wikimedia:
Logic Gates Unified Symbols, Public Domain
- [3] Wikipedia - Die freie Enzyklopädie:
Flipflop
- [4] Fragenkatalog Bundesnetzagentur Technik Klasse A:
https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Amateurfunk/Fragenkatalog/TechnikFragenkatalogKlasseAf252rId9014pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3
Abbildungen:
- [5] TD401:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [6] NOT IEC:  
httpstc70://commons.wikimedia.org/wiki/File:NOT_IEC.svg
- [7] NOT DIN:  
httpstc70://commons.wikimedia.org/wiki/File:NOT_DIN.svg

- [8] NOT ANSI: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NOT_ANSI.svg
- [9] AND IEC: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AND_IEC.svg
- [10] AND DIN: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AND_DIN.svg
- [11] AND ANSI: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AND_ANSI.svg
- [12] NAND IEC: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NAND_IEC.svg
- [13] NAND DIN: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NAND_DIN.svg
- [14] NAND ANSI: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NAND_ANSI.svg
- [15] OR IEC: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OR_IEC.svg
- [16] OR DIN: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OR_DIN.svg
- [17] OR ANSI: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OR_ANSI.svg

Transistor als
Schalter

NOT

AND

NAND

OR

NOR

XOR

Schaltungen

Zeitablauf-
diagramme

Logikschaltungen







Pegelanpassung

Zahlensysteme

Dual

Hexadezimal

Referenzen

- [18] NOR IEC: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NOR_IEC.svg
- [19] NOR DIN: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NOR_DIN.svg
- [20] NOR ANSI: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NOR_ANSI.svg
- [21] XOR IEC: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:XOR_IEC.svg
- [22] XOR DIN: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:XOR_DIN.svg
- [23] XOR ANSI: 
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:XOR_ANSI.svg
- [24] TC705:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [25] TC706:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [26] TC707:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>
- [27] TC704:
<https://www.bundesnetzagentur.de/amateurfunk/>

Transistor als
Schalter

NOT

AND

NAND

OR

NOR

XOR

Schaltungen

Zeitablauf-
diagramme

Logikschaltungen

Pegelanpassung

Zahlensysteme


Dual

Hexadezimal

Referenzen

[28] RS-FlipFlop: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ISO-RS-FF-NAND-with-clock.svg>

[29] SR-Latch: 

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SR_latch_impulse_diagram.png

