Addieren wie ein Computer

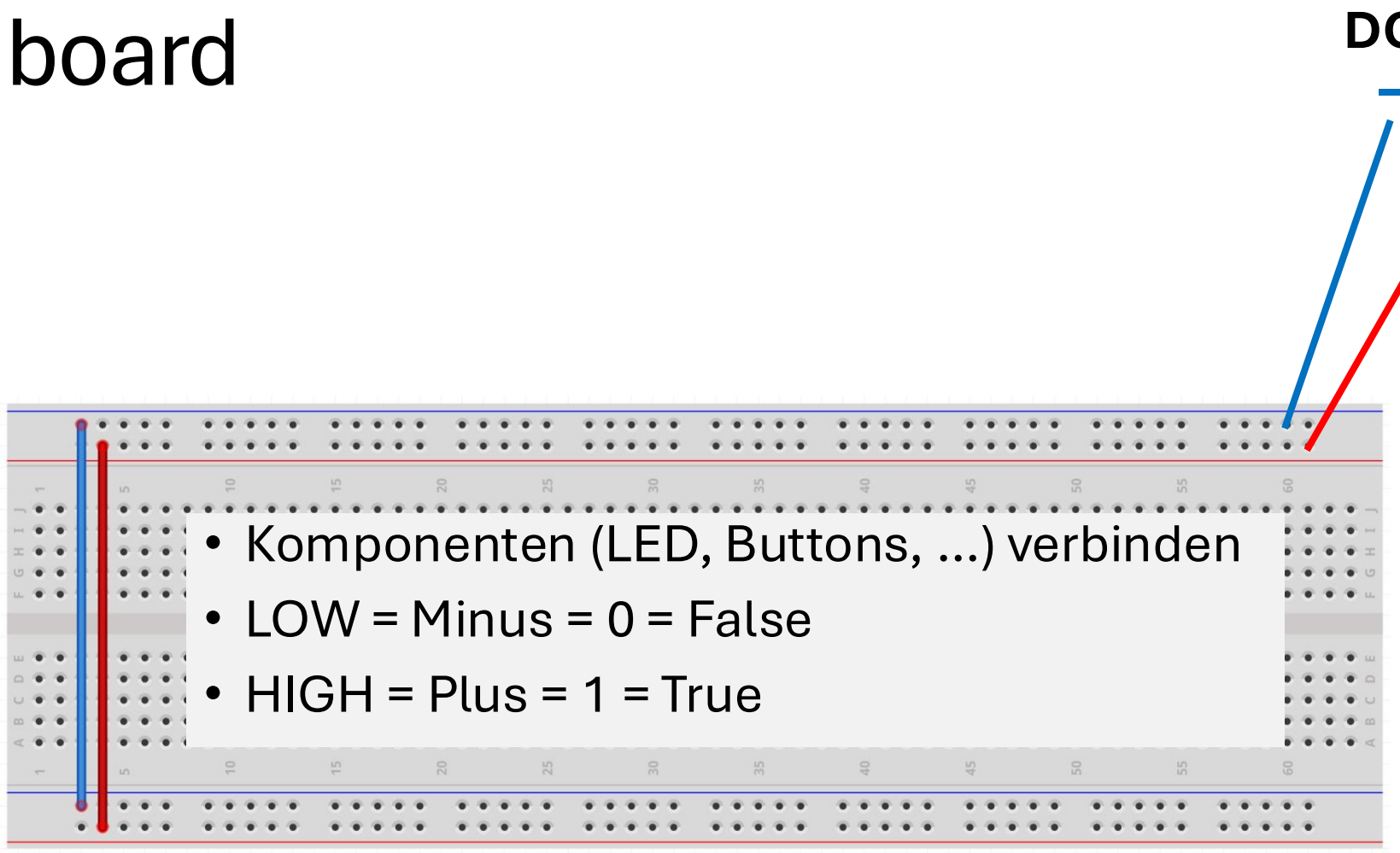
EFIF

Ziele

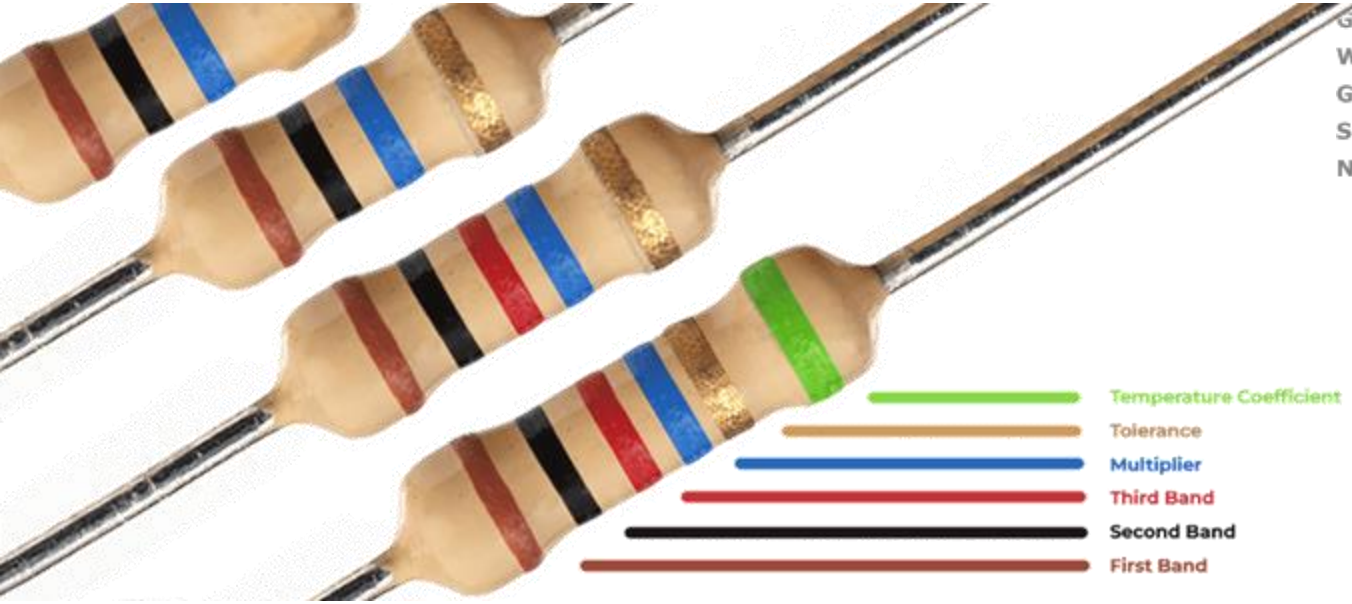
- Auf **Breadboards** Stromkreise realisieren.
- Wissen, warum **Transistoren** sehr wichtig für CPU sind.
- Verstehen, wie CPU **addiert**.
- Selbst **Volladdierer** bauen …
- (falls Zeit) … zusammen 4-Bitzahl-Addierer bauen.

Breadboard

z.B. Spannungsquelle
von Lab oder Arduino

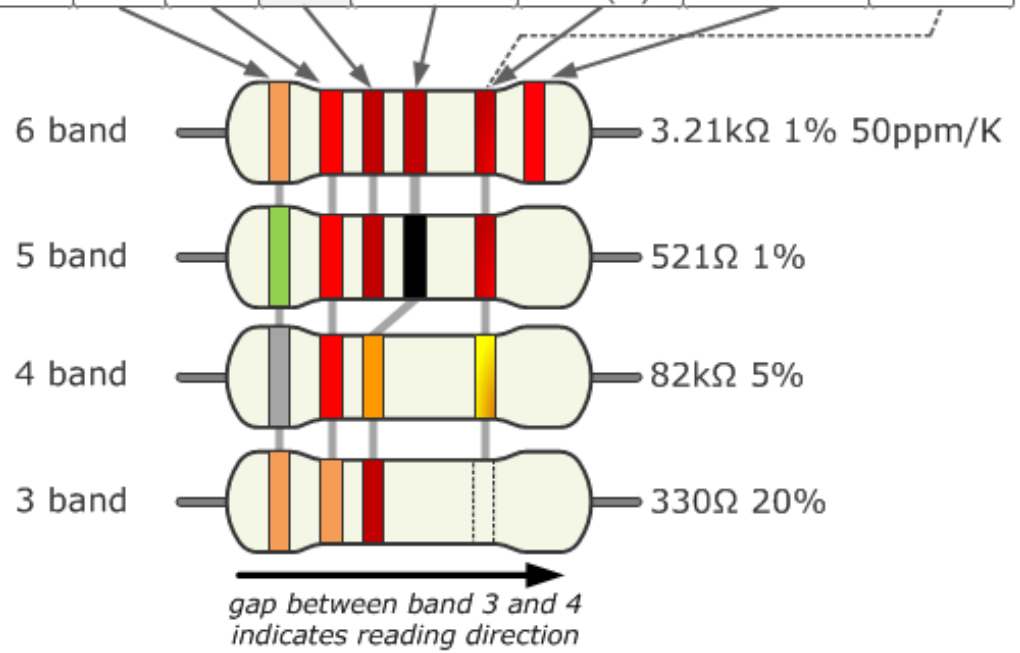


Widerstände



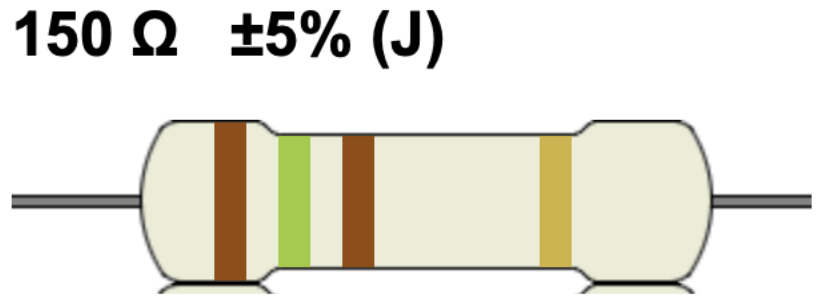
www.resistorguide.com

	Color	Signficant figures			Multiply	Tolerance (%)	Temp. Coeff. (ppm/K)	Fail Rate (%)
Bad	black	0	0	0	x 1		250 (U)	
Beer	brown	1	1	1	x 10	1 (F)	100 (S)	1
Rots	red	2	2	2	x 100	2 (G)	50 (R)	0.1
Our	orange	3	3	3	x 1K		15 (P)	0.01
Young	yellow	4	4	4	x 10K		25 (Q)	0.001
Guts	green	5	5	5	x 100K	0.5 (D)	20 (Z)	
But	blue	6	6	6	x 1M	0.25 (C)	10 (Z)	
Vodka	violet	7	7	7	x 10M	0.1 (B)	5 (M)	
Goes	grey	8	8	8	x 100M	0.05 (A)	1(K)	
Well	white	9	9	9	x 1G			
Get	gold			3th digit only for 5 and 6 bands	x 0.1	5 (J)		
Some	silver				x 0.01	10 (K)		
Now!	none					20 (M)		

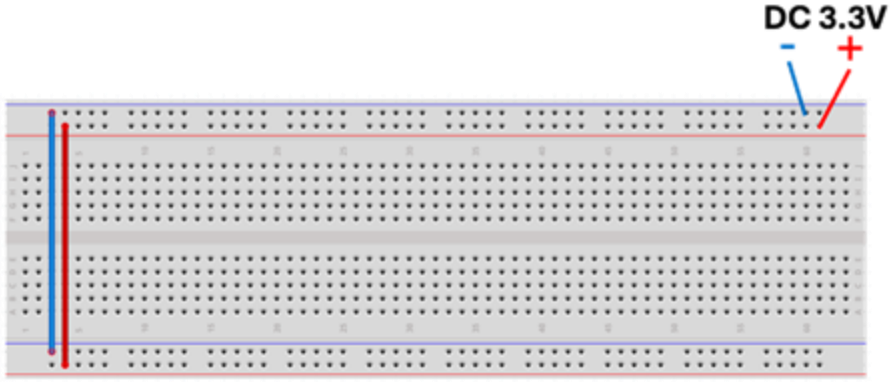


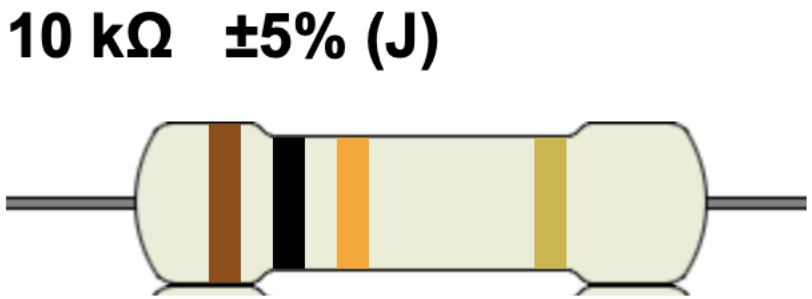
- Widerstand mit Multimeter messen.
- Online-Tool: https://www.calculator.net/resistor-calculator.html

Aufgabe 1 - LED & Button



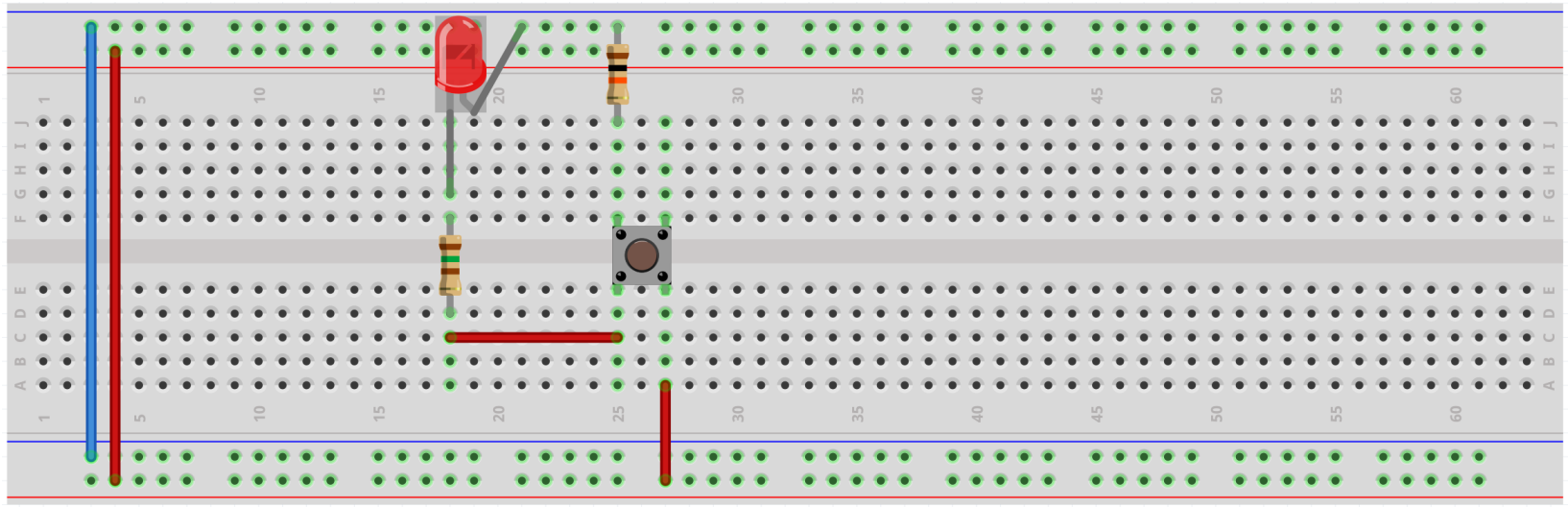
1. Bringe **LED** zum Leuchten.
   - **ACHTUNG**: Benötigt Widerstand 100-150 Ohm, ansonsten geht kaputt!
2. Füge **Button** hinzu: LED soll leuchten, wenn Button gedrückt wird.
   - Verwende Pull-Up oder Pull-Down Widerstand (ca. 10 kOhm) für Button. Warum? *Recherchiere*!
3. *Optional*: Poti um Helligkeit zu regeln



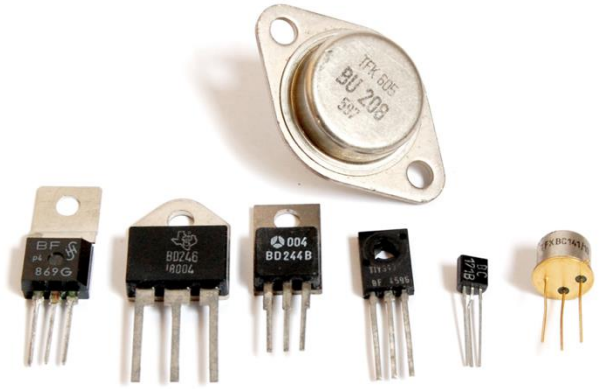


Aufgabe 1 - LED & Button - LSG

- DC 3.3V



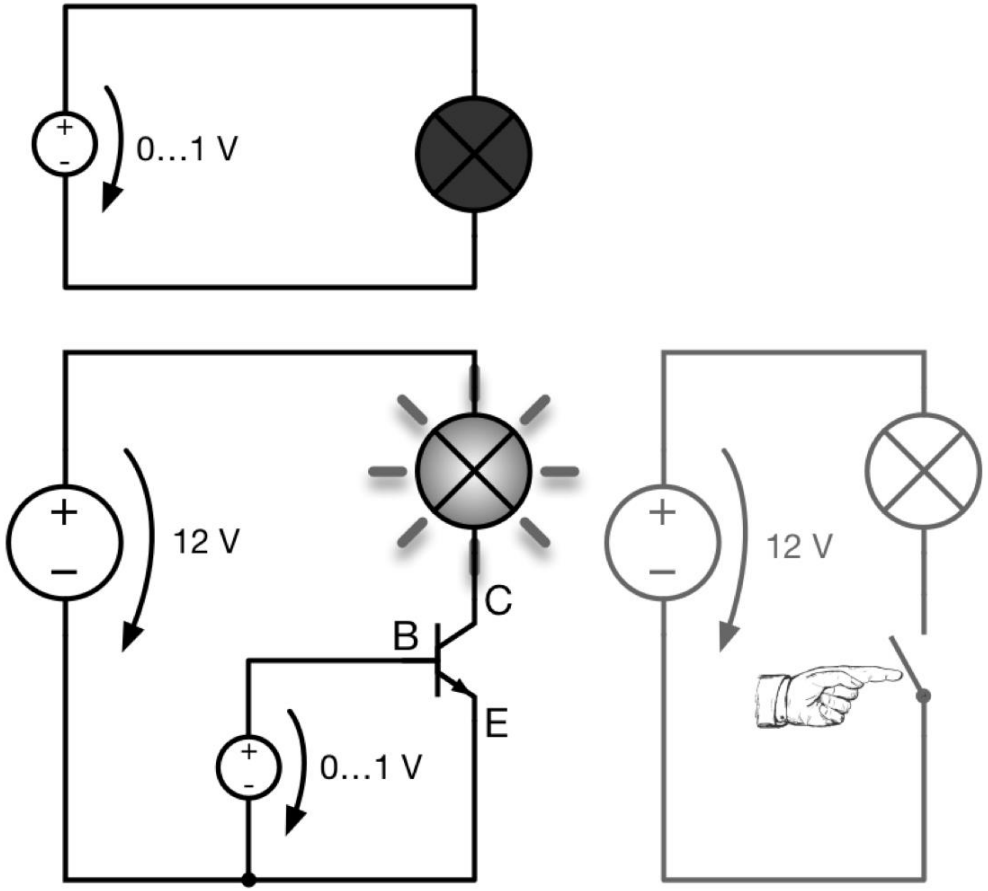
Transistor



- Elektronisches Halbleiter-Bauteil
- Erfunden 1947, Nobelpreis 1956 (Bardeen, Shockley, Brattain)
- Verwendungszwecke:
  - **Verstärker**
  - **(Elektronischer) Schalter**
- Hat drei Anschlüsse:
  - B für Basis
  - E für Emitter
  - C für Collector

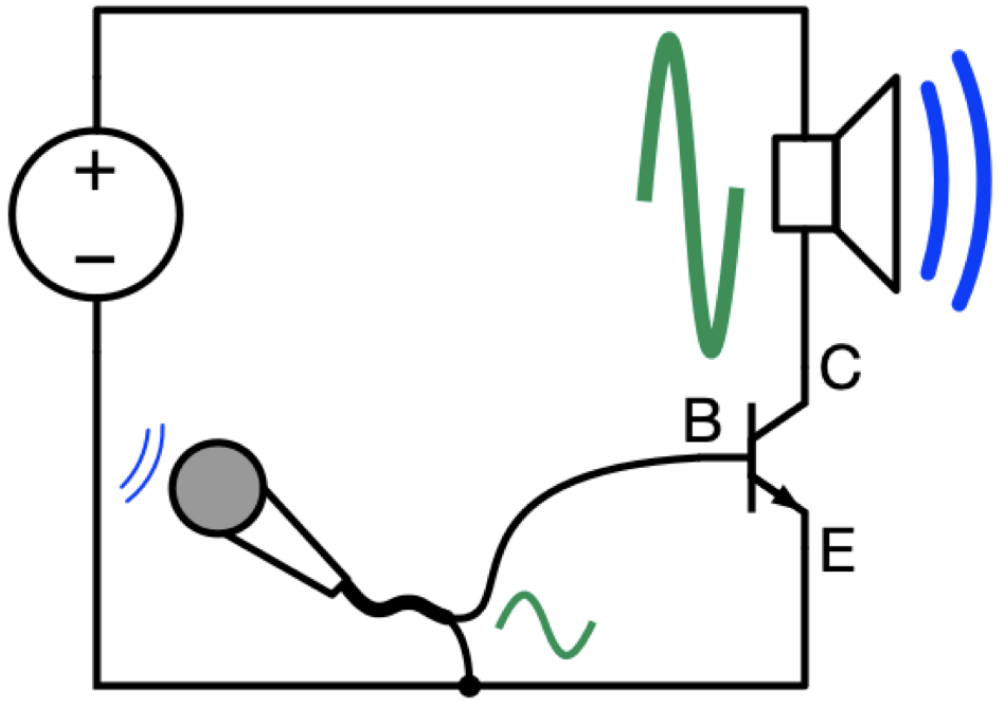
Transistor als Schalter

- Transistor, um Glühbirne zu schalten
- Liegt zwischen Basis und Emitter genügend grosse Spannung an (typischerweise >0.7V), …
- … kann Strom zwischen Collector und Emitter fliessen.



Transistor als Verstärker

- Transistoren heute Standard, um Musik zu Verstärken
- Mikrofon liefert kleine Spannung …
- … kontrolliert aber grosse Spannung von Anlage



Warum Transistoren?

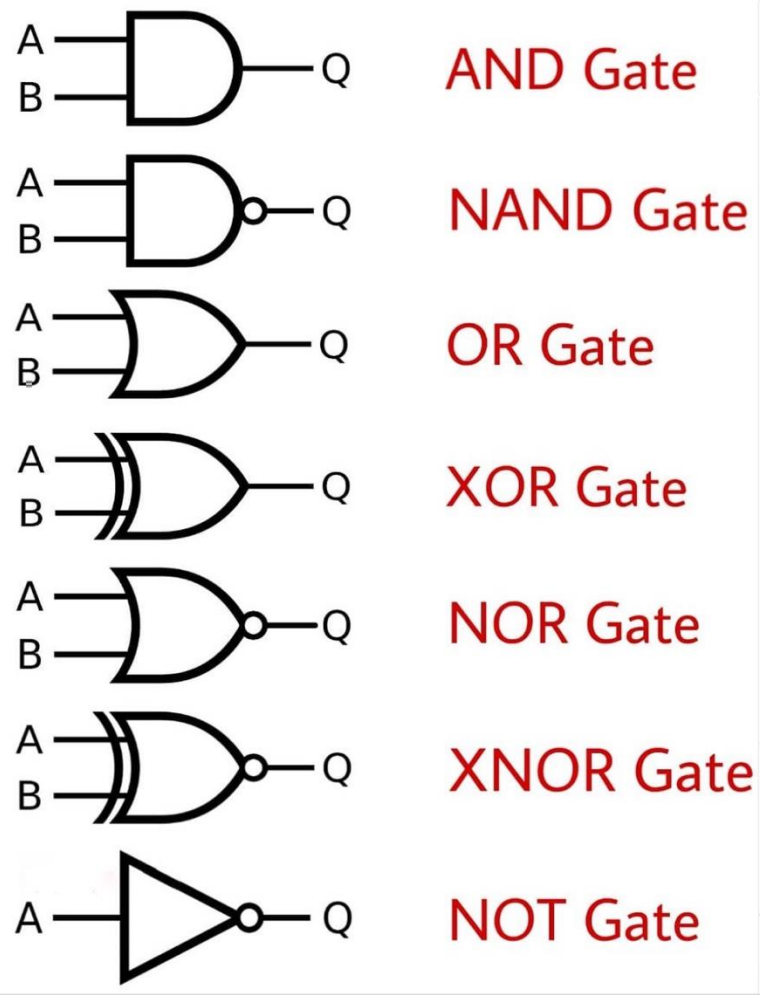
- Warum war Erfindung von Transistoren so revolutionäre …
- … und sind heute noch so wichtig?
- Q: **Wie viele Transistoren** in moderner CPU?
- A: Dutzende Milliarden! Ca. 10-20
  - Apple M2 Ultra: 132 Milliarden Transistoren!

- Warum? Kann aus Transistoren *essenzielle Komponenten* für CPUs bauen:
  - **Logik-Gatter** -> erlauben CPU das Rechnen
  - **Register** -> erlaubt CPU das Speichern von Werten

Wollen genauer anschauen!

Logik-Gatter

- Logik in CPU wird mit Logik-Gatter (logic gates) umgesetzt
- Kombination von Gatter
  -> Rechenoperationen
- Jedes Logik-Gatter kann mithilfe *mehrerer Transistoren* gebaut werden
- Transistoren -> Logik-Gatter -> Logik in CPU



AND Logik-Gatter

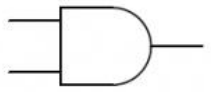
- AND: Q=1 genau dann, wenn sowohl A=1 als auch B=1
- Wahrheitstabelle:

AND

A	B	Output
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

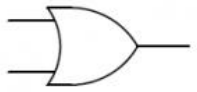
Aufgabe 2: Logik-Gatter

- Erstelle Wahrheitstabelle für folgende Gatter



AND

A	B	Output
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



OR

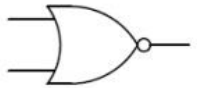
A	B	Output
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

XOR

A	B	Output
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

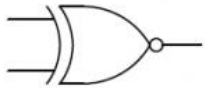
NAND

A	B	Output
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



NOR

A	B	Output
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



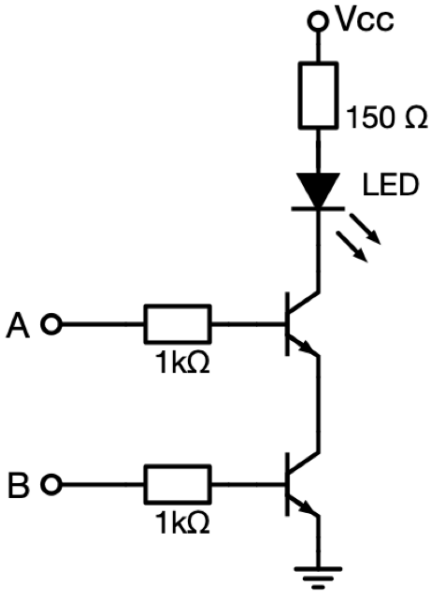
XNOR

A	B	Output
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

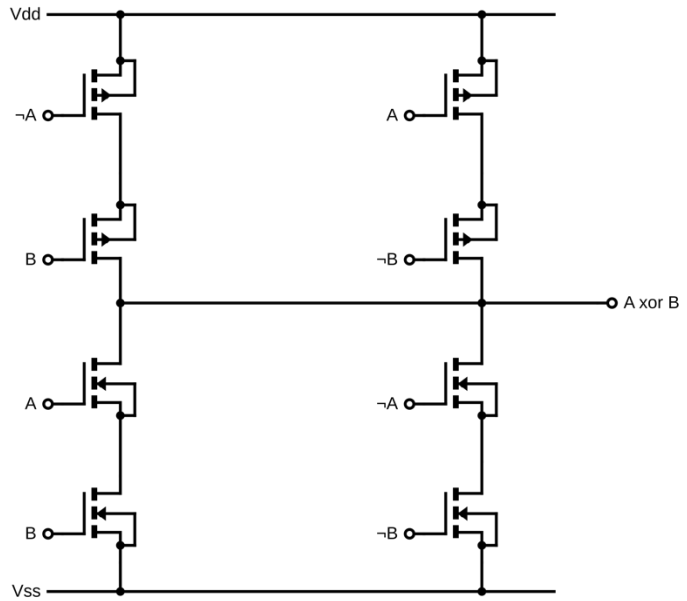
Transistoren & Logik-Gatter

- Alle Logik-Gatter können aus Transistoren gebaut werden
- Beispiele:

AND

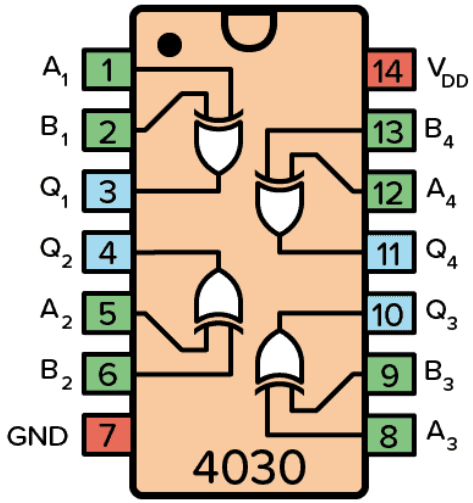


XOR



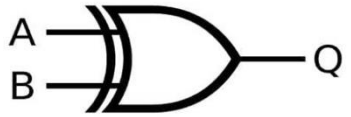
Integrated Circuit

- IC = Integrated Circuit
- Bauteil, welches z.B. mehrere Logik-Gatter beinhaltet
- Beispiel: CD4030
  - vier XOR in einem Bauteil

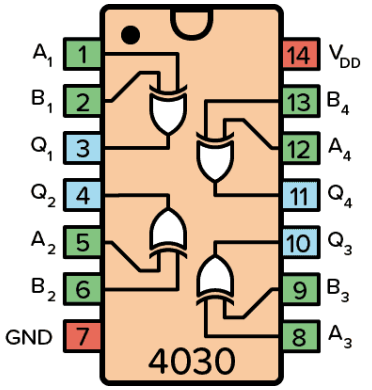


- Anderer IC? Manual im Internet mit Plan für Pin-Belegung

Auftrag 3 – AND or XOR



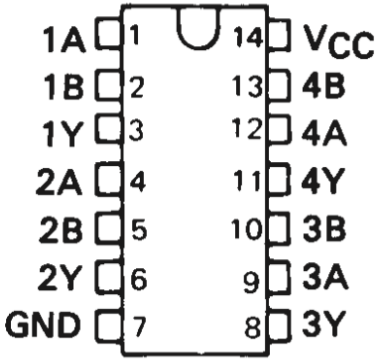
XOR Gate



- 2 Buttons mit Pull-Down Widerstand für A & B
- 1 LED mit Widerstand für Output
- Wähle eines der folgenden Logikgatter, passender IC:
  - XOR: CD4030
  - AND: SN74LS08N
- LED soll leuchten, wenn A & B richtig gedrückt werden
  (je nach gewähltem Logik-Gatter)
- *Optional*: Auftrag mit anderem Logik-Gatter

AND Gate

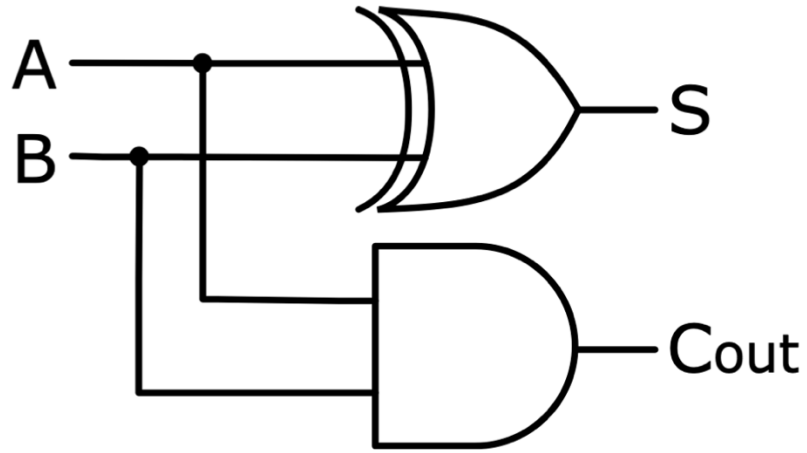
SN74LS08, SN74S08 . . . D, J OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



Auftrag 4A - Halbaddierer

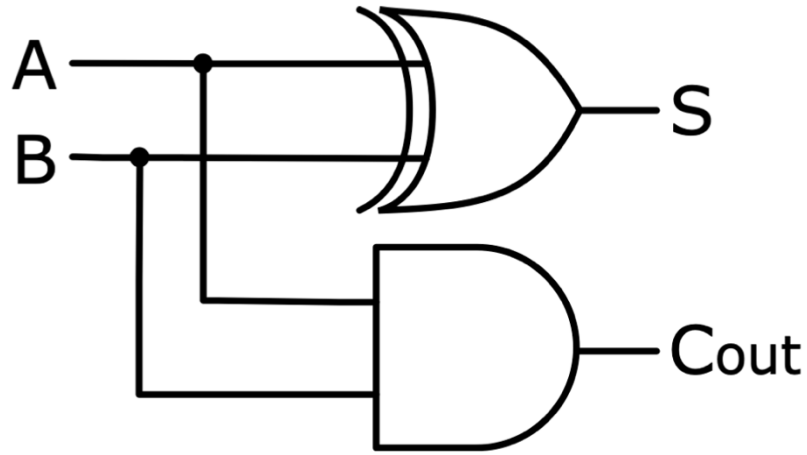
- Mit XOR & AND kann einfachen Addierer bauen, den **Halbaddierer**
- Vervollständige Wahrheitstabelle:

A	B	sum	carry
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		



Auftrag 4B - Halbaddierer

- Baue nun den Halbaddierer
- Verwende 2 Buttons für A und B …
- … und 2 LEDs für S und Cout
  - S = Sum
  - Cout = Carry
- Q: Warum heisst *Halb*addierer? Was ist Problem?

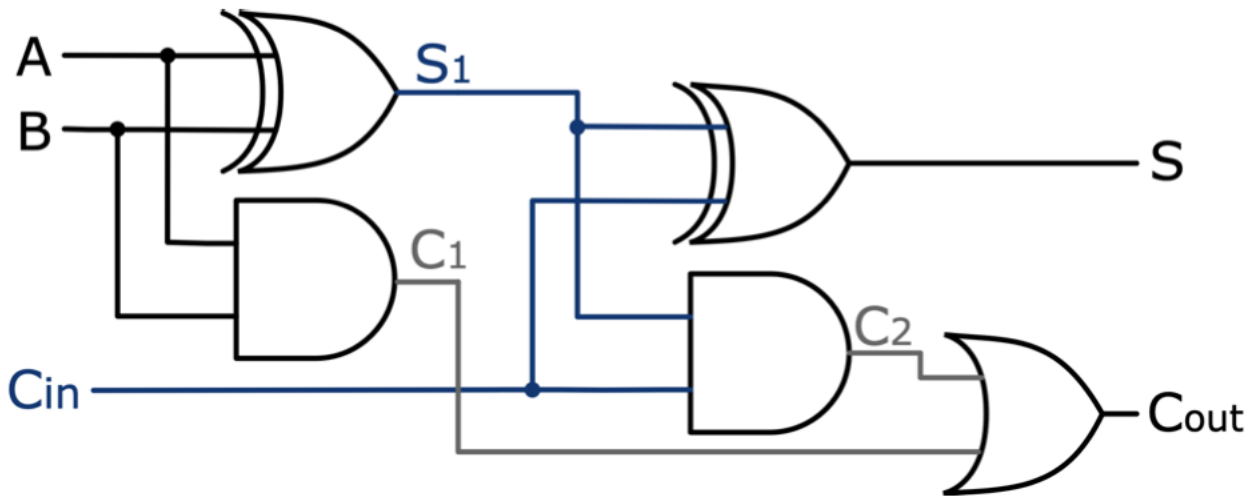


A	B	sum	carry
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Auftrag 5 - Volladdierer

- Problem mit Addierer: Kann kein Carry von vorheriger/tieferwertiger Addition berücksichtigen
- -> Volladdierer (3 einzelne Bits addieren)
- -> kann beliebig viele hintereinander schalten!

Cin	A	B	S1	C1	C2	S	Cout
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0	1	0
1	0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0	1	1



Auftrag 6 – 4-Bitzahl-Addierer

- Gruppenarbeit
- Ziel: Zusammen 4-Bitzahl-Addierer bauen
- Benötigt 4 Volladdierer, die kombiniert werden
- Jede Gruppe liefert einen Volladdierer
- Benötigen weiter
  - Breadboard mit 2x4 Buttons
  - Breadboard mit 5 LEDs für Output (5. für Carry Cout3)
- Beispiel:
  0110 + 1011
  A3 A2 A1 A0 + B3 B2 B1 B0 = S3 S2 S1 S0