

# Sketching with Hardware

03: Elektronik 02 + Digitale Schaltungen

# Fragen?

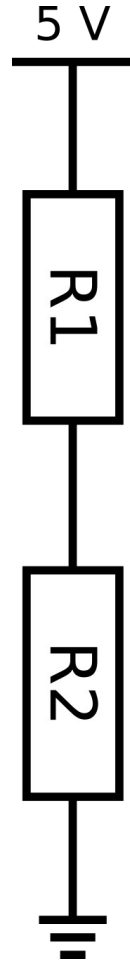
# Demo Fritzing

# Mehr Elektronik...

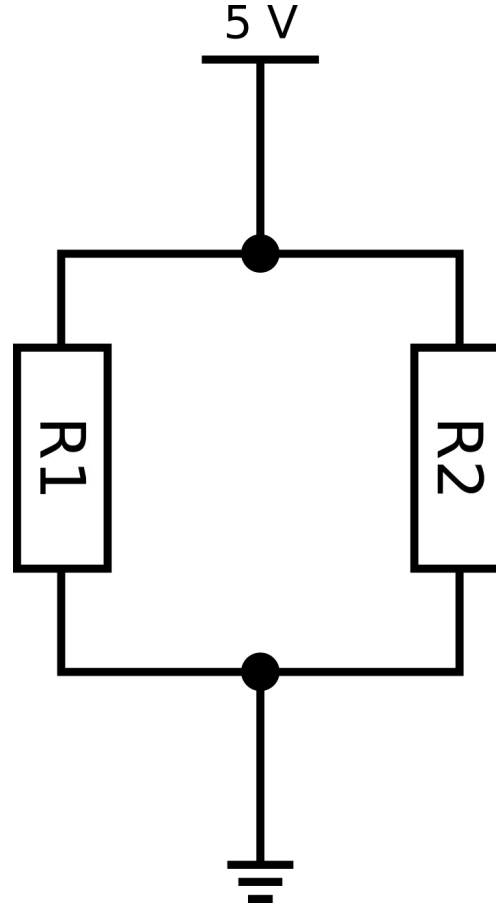
- Strom fließt vom Pluspol (Kathode) zum Minuspol (Anode)
- Symbole im Schaltplan: 5V, GND oder  $\perp$
- Technische Stromrichtung: Von Plus nach Minus
- Stromkreis muss geschlossen sein
- Direkte Verbindung von Plus und Minus: Kurzschluss

# Parallel- and Reihenschaltung

Reihenschaltung



Parallelschaltung

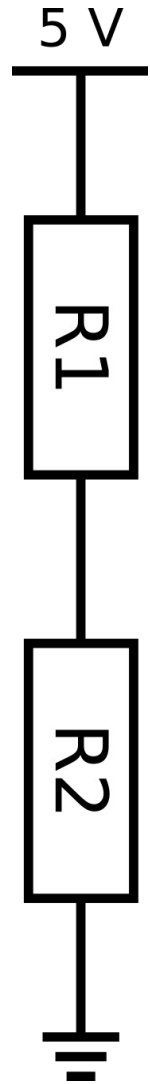


# Reihenschaltung

- Der Gesamtwiderstand  $R_{total}$  ist die Summe aller Teilwiderstände in einer Reihenschaltung

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

- Die Spannung  $U_{total}$  wird in  $n$  Teilspannungen aufgeteilt
- Die Stromstärke  $I$  ist an allen Stellen der Reihenschaltung konstant

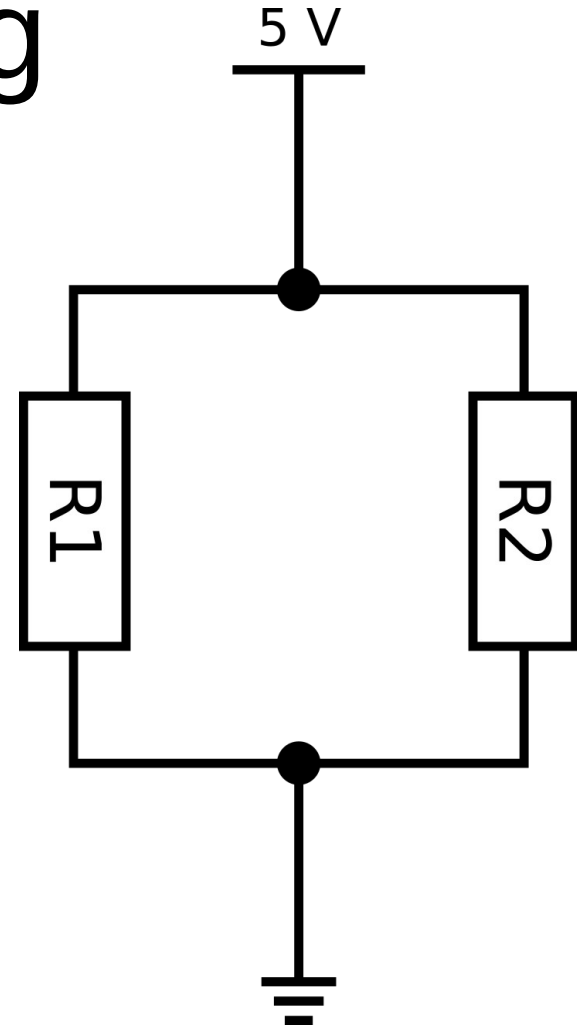


# Parallelschaltung

- Der Kehrwert des Gesamtwiderstands  $R_{total}$  entspricht der Summe der Kehrwerte aller Teilwiderstände einer Parallelschaltung

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

- Der Strom  $I_{total}$  wird in  $n$  Teilströme aufgeteilt
- Der Spannungsabfall über jeden Widerstand der Parallelschaltung ist konstant



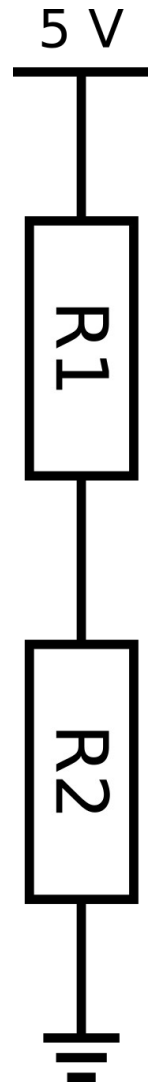
# Spannungsteiler

- Reihenschaltung von Widerständen
- Teilt die Spannung in mehrere Teilspannungen auf
- Das Verhältnis des Spannungsabfalls über einen Widerstand zur Gesamtspannung entspricht dem Verhältnis dieses Widerstands zum Gesamtwiderstand

$$U_{total} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$\frac{U_i}{R_i} = \frac{U_{total}}{R_{total}}$$

- Übung:  $R1 = 100\Omega$ ,  $R2 = 400\Omega \rightarrow$  berechnen Sie  $U1$

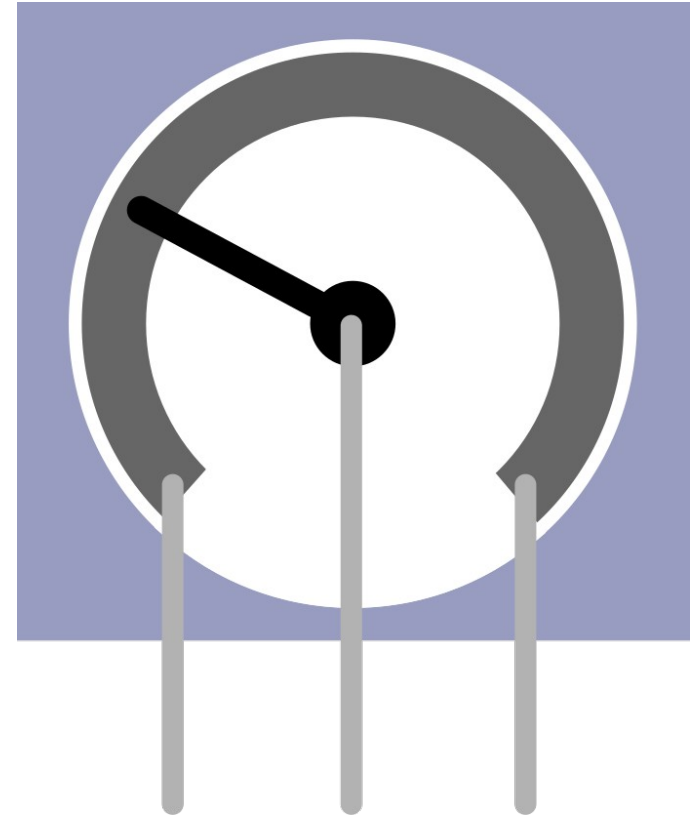
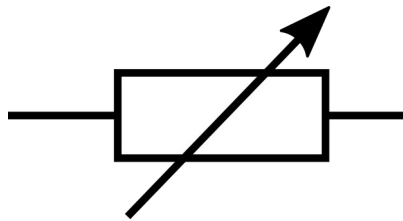




# Noch Fragen?

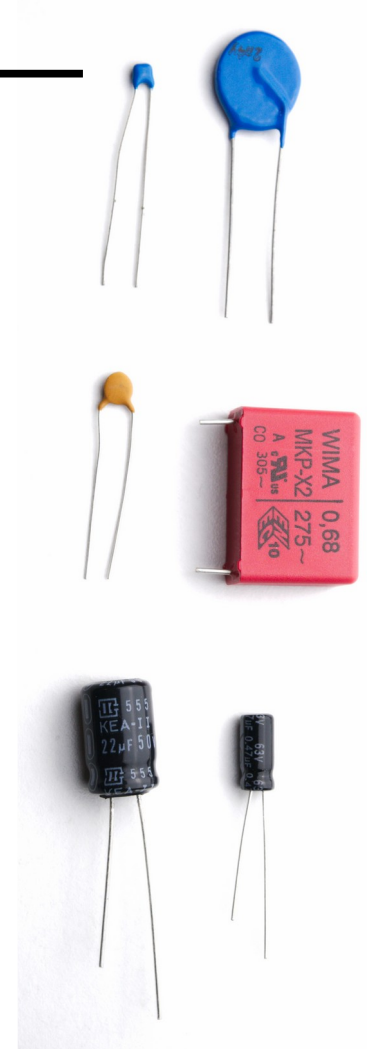
# Potentiometer

- Variabler Widerstand
- Schleifkontakt auf Graphit
- Je größer der Abstand, desto höher der Widerstand
- Dimmer, Lautstärkeregler, ...



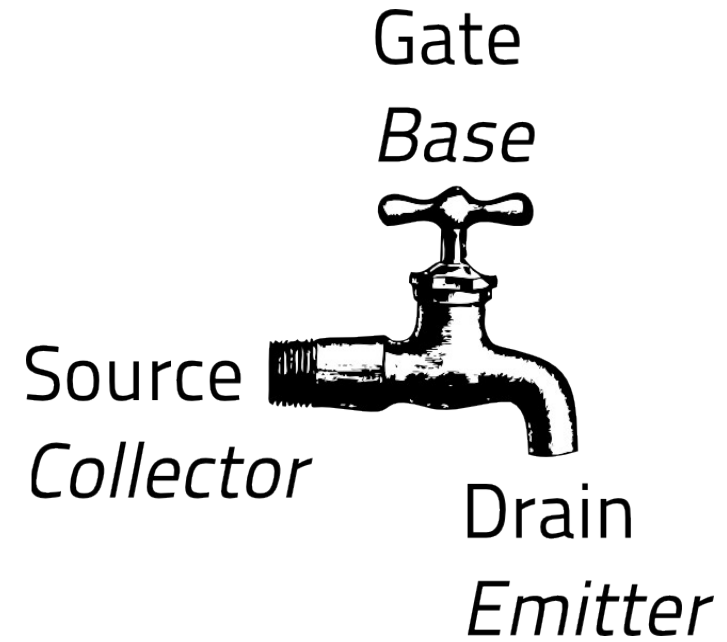
# Kondensatoren

- Speichern elektrische Ladung (Q)
- Gespeicherte Ladung pro Volt = Kapazität (C)
- Einheit der Kapazität: Farad (F)
  - $C = Q / U$
- Polarität kann wichtig sein!
- Verwendung:
  - Ladung speichern
  - Signale filtern (z.B. Rauschen)
  - Spannungsspitzen ausgleichen

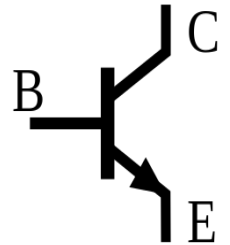


# Transistor

- Elektronisch gesteuerter Schalter
- Wenn eine Spannung an der **base** anliegt, kann Strom vom **collector** zum **emitter** fließen
- Anwendung:
  - Große Lasten schalten
  - Logikgatter
  - Grundbaustein für digitale Schaltungen

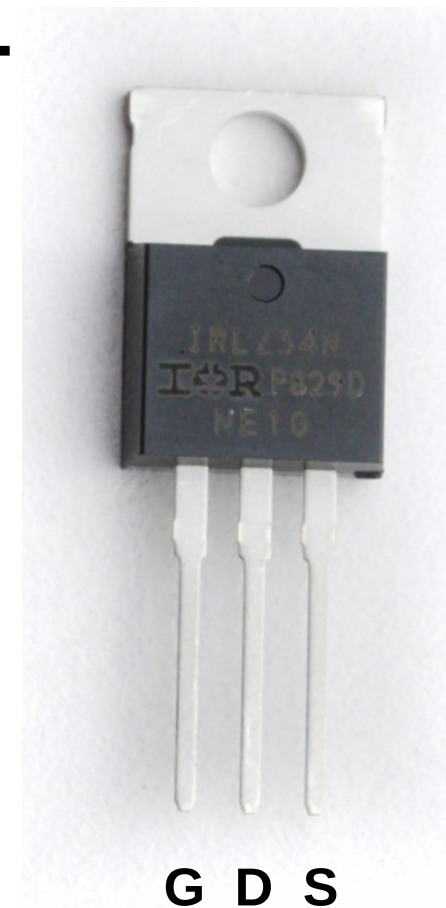


TODO: Source

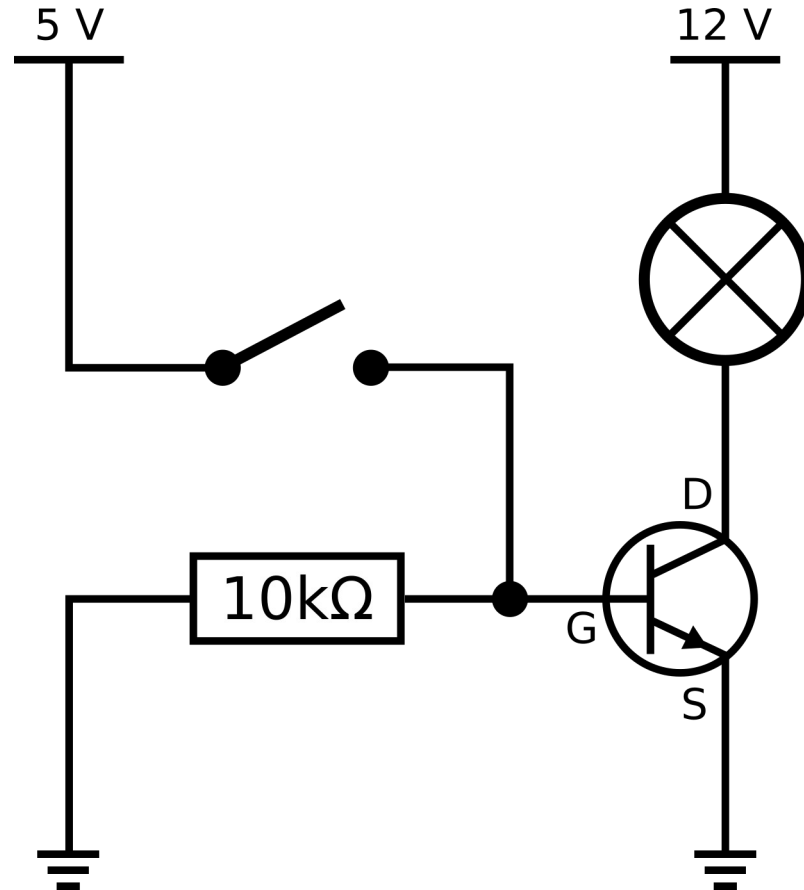


# Transistor: MOSFET

- Zwei Typen:
  - Normal geöffnet
  - Normal geschlossen
- Kann wie ein spannungsgesteuerter Widerstand verwendet werden
- Kann große Lasten mit wenig Spannung schalten

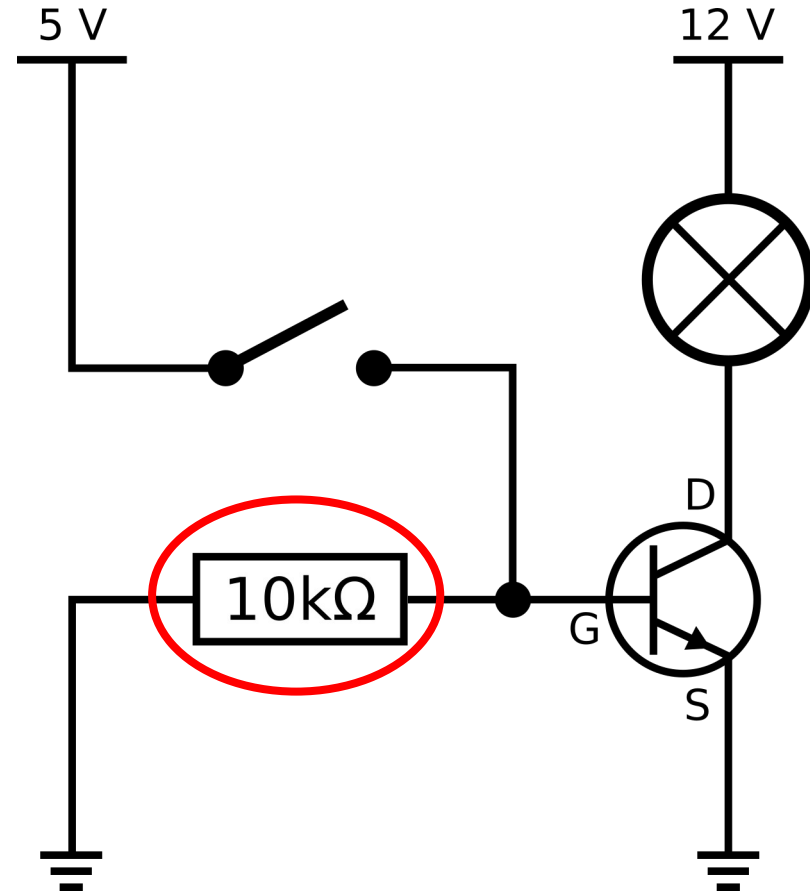


# Last mit MOSFET schalten



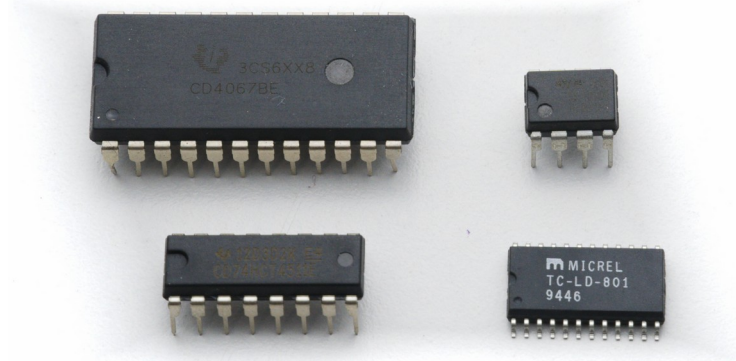
# Pull-Down-Widerstand

- Wenn der Schalter geschlossen ist, kann Strom von 5 V über *Gate* und *Source* zu *GND* fließen
- Wenn der Schalter geöffnet wird, bleibt ein Restpotential zwischen dem Schalter und *GND*
  - Über einen großen Widerstand zwischen *Gate* und *GND* kann dieses Potential abfließen



# Integrated Circuits

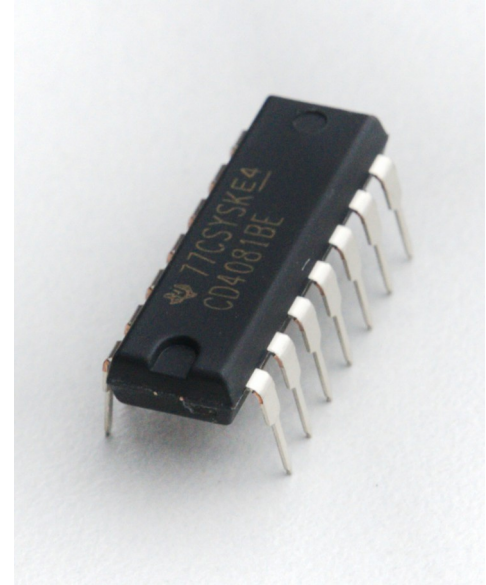
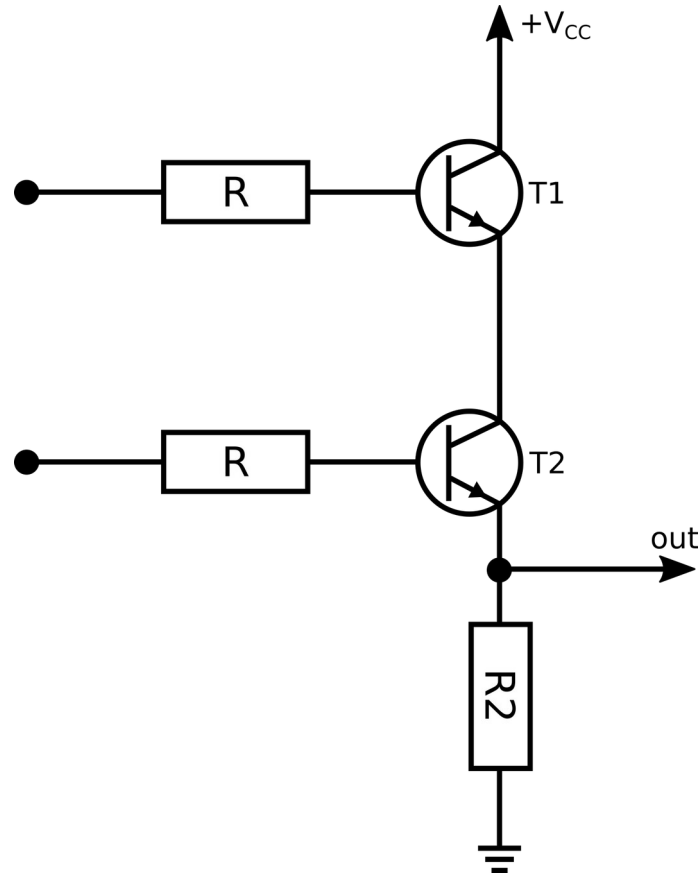
- Spezielle Komponenten, die einen bestimmten Schaltkreis enthalten und in sich geschlossenes Bauteil hergestellt werden
- Können millionen von Transistoren, Widerständen und Kondensatoren enthalten
- Werden als “black box” verwendet
- Beispiele:  
Logikgatter, Verstärker, Timer, Register, Speicher, Sensoren, ...



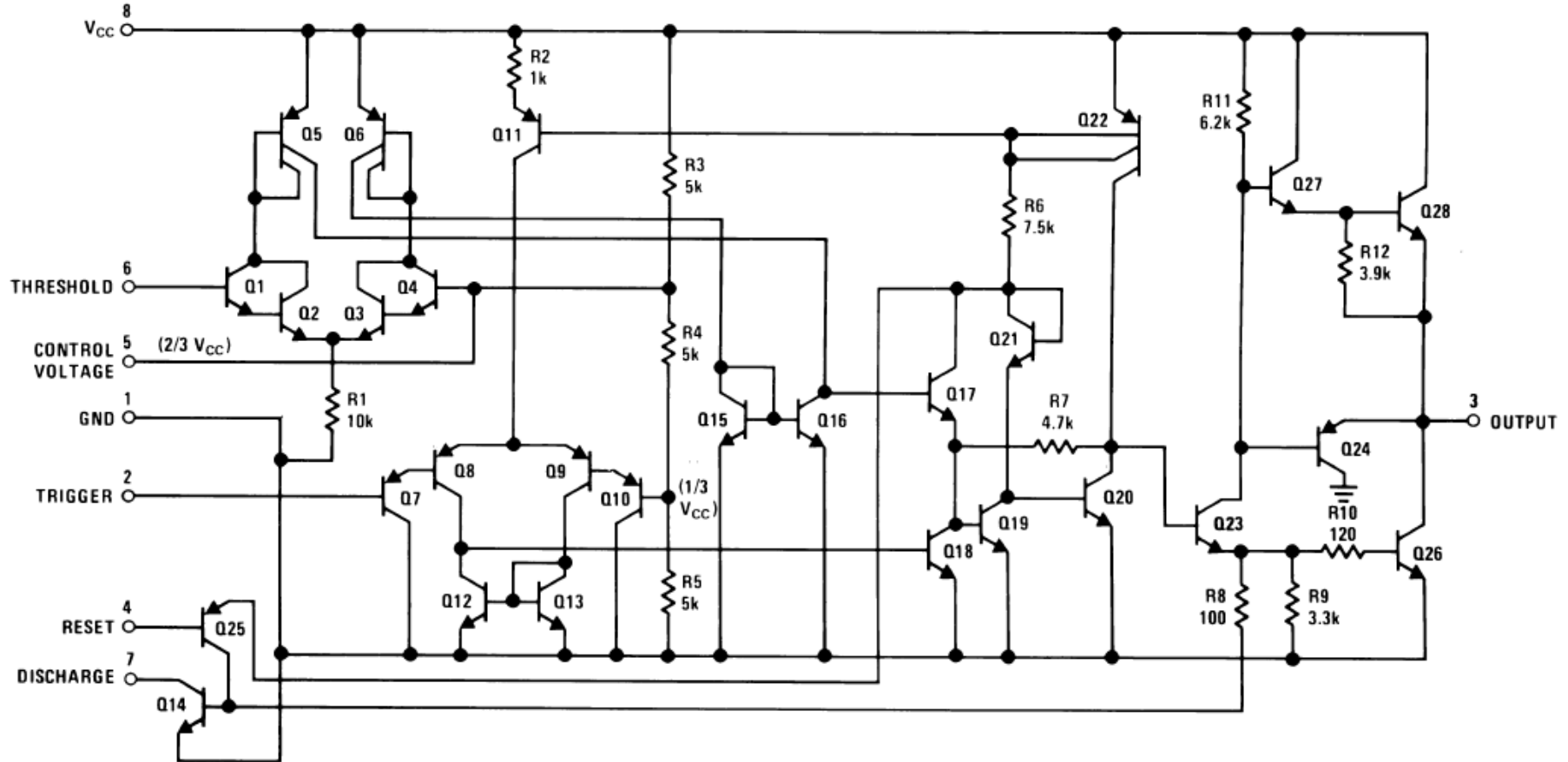


# Beispiel: Das AND-Gatter

```
and(a, b) {  
    if (a == 1)  
        and (b == 1):  
            return 1  
    else:  
        return 0  
}
```



# Example: LM555



Quelle: Texas Instruments LM555 Data Sheet

# Wie funktioniert ein 555 Timer-IC?

- Verschiedene Betriebsmodi / mögliche Schaltungen
- Grundprinzip: Lade einen Kondensator und mach etwas, sobald dieser voll ist. Beispiel: *astable multivibrator*:

1)  $C_1$  wird geladen. *THRES* misst die Spannung an  $C_1$ .

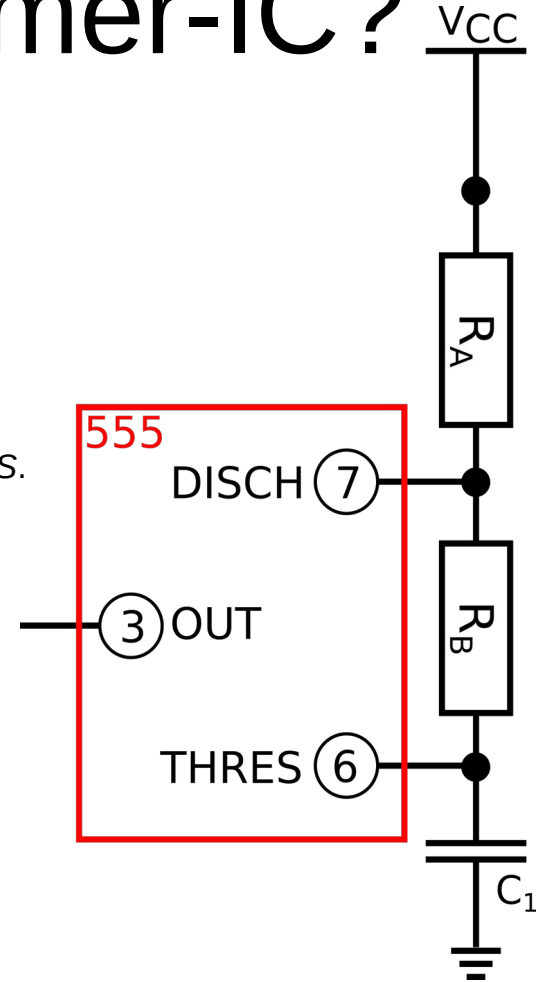
1) → die Spannung an *THRES* beginnt bei 0 V, da die gesamte Spannung verwendet wird, um  $C_1$  zu laden. Je weiter  $C_1$  geladen wird, umso höher die Spannung an *THRES*.

2) Sobald die Spannung an *THRES*  $2/3 V_{CC}$  erreicht, wird *DISCH* mit *GND* verbunden und *OUT* auf *high* ( $V_{CC}$ ) geschaltet.

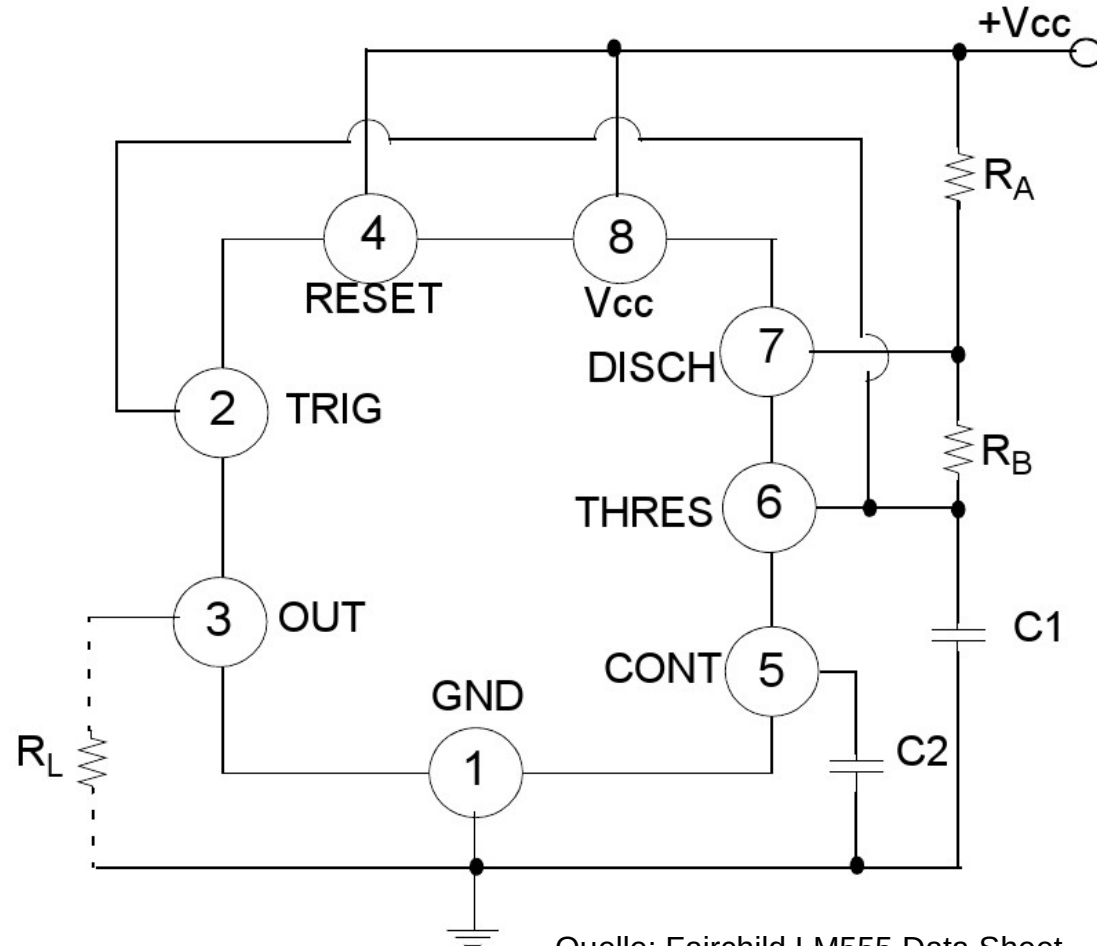
→  $C_1$  entlädt sich

3) Sobald die Spannung an *THRES* wieder  $1/3$  of  $V_{CC}$  erreicht, wird die Verbindung zwischen *DISCH* und *GND* getrennt und *OUT* auf *low* (*GND*) geschaltet.

→ gehe zu Schritt 1




# 555: Astable Multivibrator



Quelle: Fairchild LM555 Data Sheet

# Reading Data Sheets



**LM555**  
**Single Timer**

**Features**

- High-Current Drive Capability: 200 mA
- Adjustable Duty Cycle
- Temperature Stability of 0.005%/°C
- Timing From  $\mu$ s to Hours
- Turn off Time Less Than 2  $\mu$ s

**Applications**

- Precision Timing
- Pulse Generation
- Delay Generation
- Sequential Timing


January 2013

**Description**


The LM555 is a highly stable controller capable of producing accurate timing pulses. With a monostable operation, the delay is controlled by one external resistor and one capacitor. With astable operation, the frequency and duty cycle are accurately controlled by two external resistors and one capacitor.

**LM555 — Single Timer**

8-DIP



8-SOIC



**Ordering Information**

Part Number	Operating Temperature Range	Top Mark	Package	Packing Method
LM555CN	0 ~ +70°C	LM555CN	DIP 8L	Reel
LM555SCM		SOIC 8L	Reel	
LM555SCMX		SOIC 8L	Tape & Reel	

© 2002 Fairchild Semiconductor Corporation  
LM555 Rev. 1.1.0

**Block Diagram**

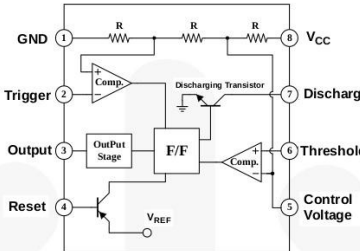


Figure 1. Block Diagram

**Absolute Maximum Ratings**

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_{CC}$	Supply Voltage	16	V
$T_{LEAD}$	Lead Temperature (Soldering 10s)	300	°C
$P_D$	Power Dissipation	600	mW
$T_{OPR}$	Operating Temperature Range	0 ~ +70	°C
$T_{STG}$	Storage Temperature Range	-65 ~ +150	°C

© 2002 Fairchild Semiconductor Corporation  
LM555 Rev. 1.1.0

**Electrical Characteristics**

Values are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5 \sim 15\text{ V}$  unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	$V_{CC}$		4.5		16.0	V
Supply Current (Low Stable) <sup>(1)</sup>	$I_{CC}$	$V_{CC} = 5\text{ V}, R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{ V}, R_L = \infty$		3 7.5	6 15.0	mA
Timing Error (Monostable) Initial Accuracy <sup>(2)</sup>	ACCUR	$R_A = 1\text{ k}\Omega$ to 100 k $\Omega$ $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$		1.0	3.0	%
Drift with Temperature <sup>(3)</sup>	$\Delta t / \Delta T$			50		ppm / °C
Drift with Supply Voltage <sup>(3)</sup>	$\Delta t / \Delta V_{CC}$			0.1	0.5	% / V
Timing Error (Astable) Initial Accuracy <sup>(2)</sup>	ACCUR	$R_A = 1\text{ k}\Omega$ to 100k $\Omega$ $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$		2.25		%
Drift with Temperature <sup>(3)</sup>	$\Delta t / \Delta T$			150		ppm / °C
Drift with Supply Voltage <sup>(3)</sup>	$\Delta t / \Delta V_{CC}$			0.3		% / V
Control Voltage	$V_C$	$V_{CC} = 15\text{ V}$ $V_{CC} = 5\text{ V}$	9.0 2.60	10.0 3.33	11.0 4.00	V
Threshold Voltage	$V_{TH}$	$V_{CC} = 15\text{ V}$ $V_{CC} = 5\text{ V}$		10.0 3.33		V
Threshold Current <sup>(4)</sup>	$I_{TH}$			0.10	0.25	$\mu\text{A}$
Trigger Voltage	$V_{TR}$	$V_{CC} = 5\text{ V}$ $V_{CC} = 15\text{ V}$	1.10 4.5	1.67 5.0	2.20 5.6	V
Trigger Current	$I_{TR}$	$V_{TH} = 0\text{ V}$		0.01	2.00	$\mu\text{A}$
Reset Voltage	$V_{RST}$			0.4	0.7	1.0 V
Reset Current	$I_{RST}$			0.1	0.4	mA
Low Output Voltage	$V_{OL}$	$V_{CC} = 15\text{ V}$ $I_{SNK} = 10\text{ mA}$		0.06	0.25	V
		$I_{SNK} = 50\text{ mA}$		0.30	0.75	V
		$V_{CC} = 5\text{ V}, I_{SNK} = 5\text{ mA}$		0.05	0.35	V
High Output Voltage	$V_{OH}$	$V_{CC} = 15\text{ V}$ $I_{SOURCE} = 200\text{ mA}$		12.5		V
		$I_{SOURCE} = 100\text{ mA}$	12.75	13.30		V
		$V_{CC} = 5\text{ V}, I_{SOURCE} = 100\text{ mA}$	2.75	3.30		V
Rise Time of Output <sup>(3)</sup>	$t_R$			100		ns
Fall Time of Output <sup>(3)</sup>	$t_F$			100		ns
Discharge Leakage Current	$I_{LKG}$			20	100	nA

**Notes:**

1. When the output is high, the supply current is typically 1 mA less than at  $V_{CC} = 5\text{ V}$ .
2. Tested at  $V_{CC} = 5.0\text{ V}$  and  $V_{CC} = 15\text{ V}$ .
3. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.
4. This determines the maximum value of  $R_A + R_B$  for 15 V operation, the maximum total  $R = 20\text{ M}\Omega$ , and for 5 V operation, the maximum total  $R = 6.7\text{ M}\Omega$ .

© 2002 Fairchild Semiconductor Corporation  
LM555 Rev. 1.1.0