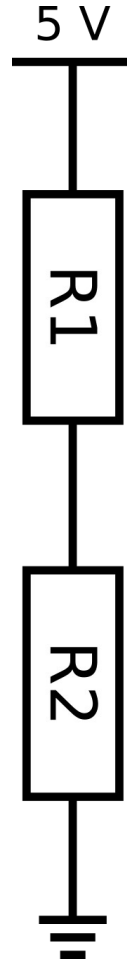


Sketching with Hardware

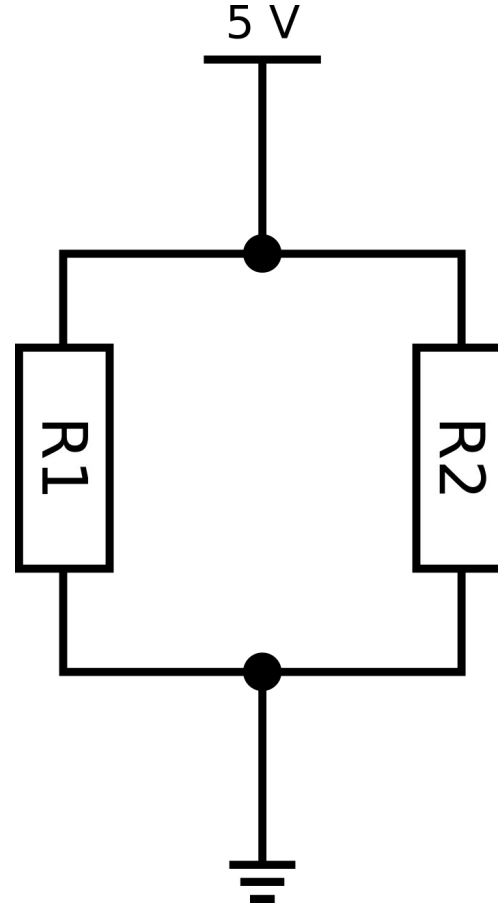
04: Elektronik 02 + Digitale Schaltungen

Parallel- and Reihenschaltung

Reihenschaltung



Parallelschaltung

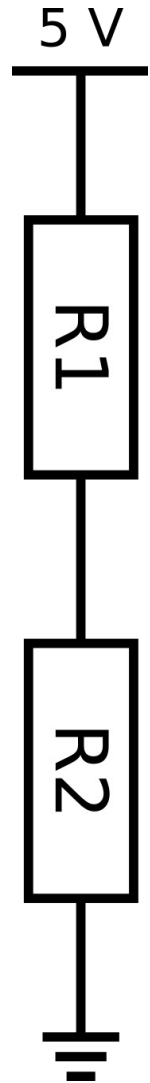


Reihenschaltung

- 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

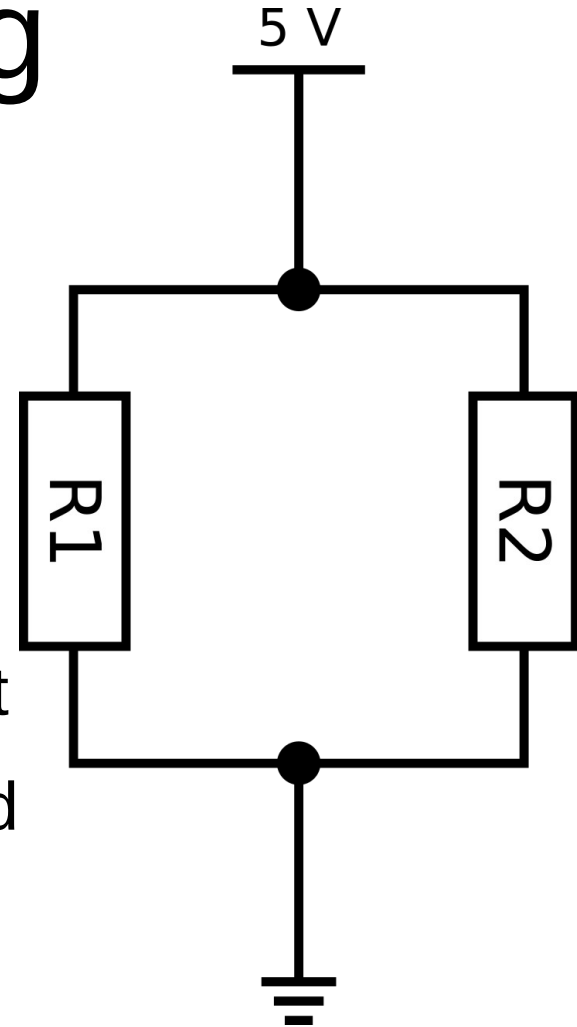


Parallelschaltung

- 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



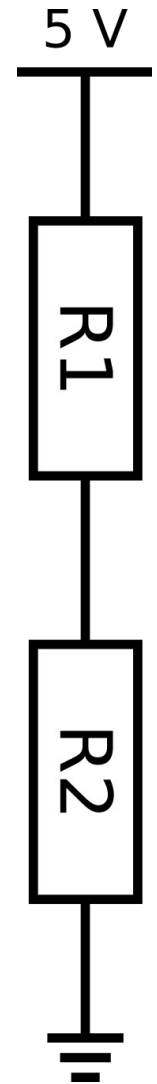
Spannungsteiler

- 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?

Sie versorgen eine rote LED ($\sim 2\text{ V}$) über ein USB-Kabel (5 V) mit Strom. Um die LED nicht zu beschädigen, ist sie mit einem Vorwiderstand ($220\ \Omega$) in Reihe geschaltet.

Was tun Sie, wenn Sie die Helligkeit der LED reduzieren wollen?

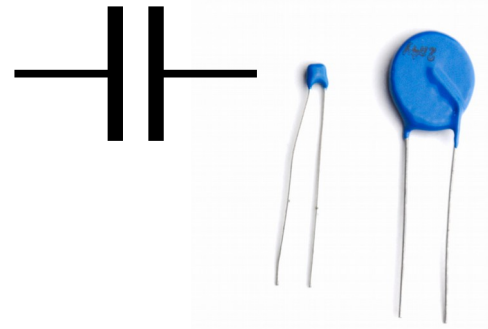
Sie wollen einen Motor (9 V) mit Strom versorgen,
haben aber nur AA-Batterien (1,5 V) zur Verfügung.

Der Motor aus der letzten Aufgabe läuft jetzt, aber leider werden die Batterien zu schnell leer. Wie kann man dieses Problem lösen?

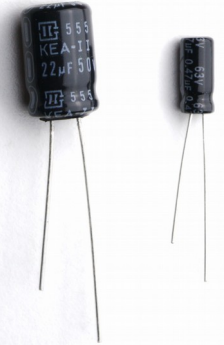
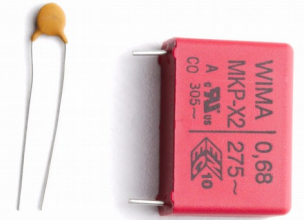
Wie können Sie zwölf LEDs ($\sim 2\text{ V}$) mit Strom versorgen, wenn Sie nur eine Stromquelle haben, die 5 V liefert?

Der Vorwiderstand aus dem letzten Beispiel wird sehr heiß. Wie verändern Sie die Schaltung, um dies zu vermeiden?

Kondensatoren

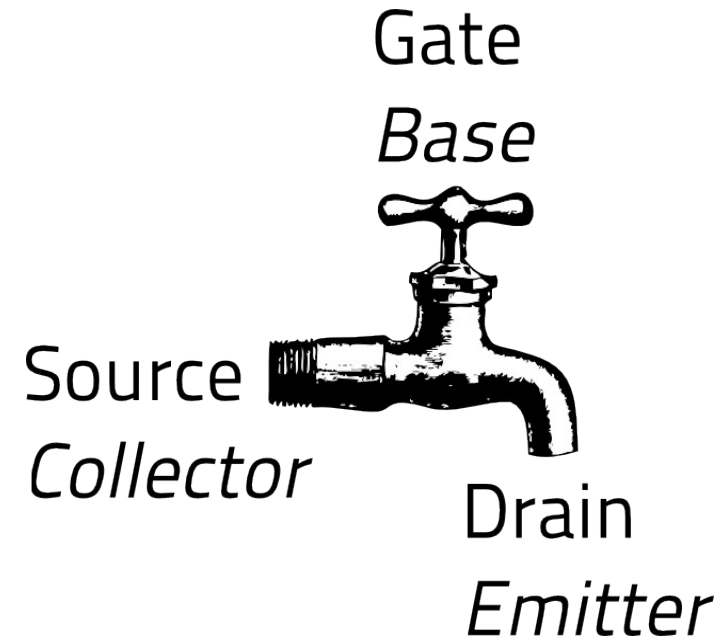


- Speichern elektrische Ladung (Q)
- Gespeicherte Ladung pro Volt = Kapazität (C)
- Einheit der Kapazität: Farad (F)
 - $C = Q / U$
- Polarität kann wichtig sein!
- Verwendung:
 - Ladung speichern
 - Signale filtern (z.B. Rauschen)
 - Spannungsspitzen ausgleichen

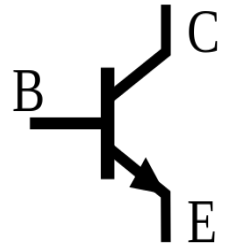


Transistor

- 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

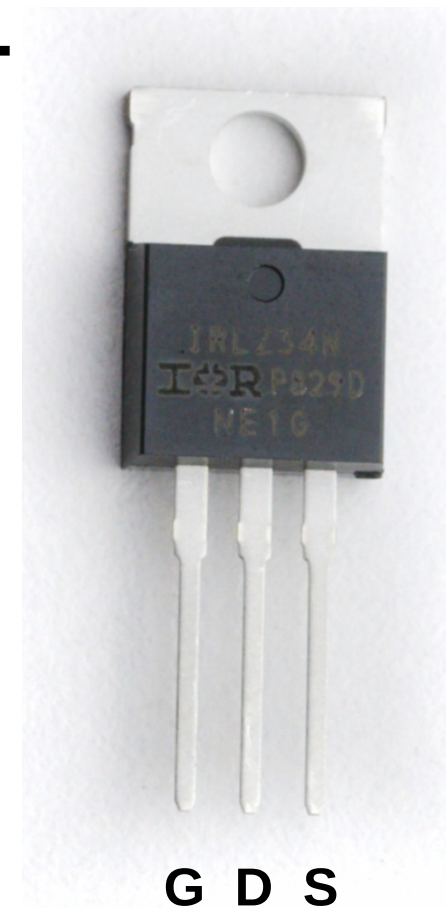


TODO: Source

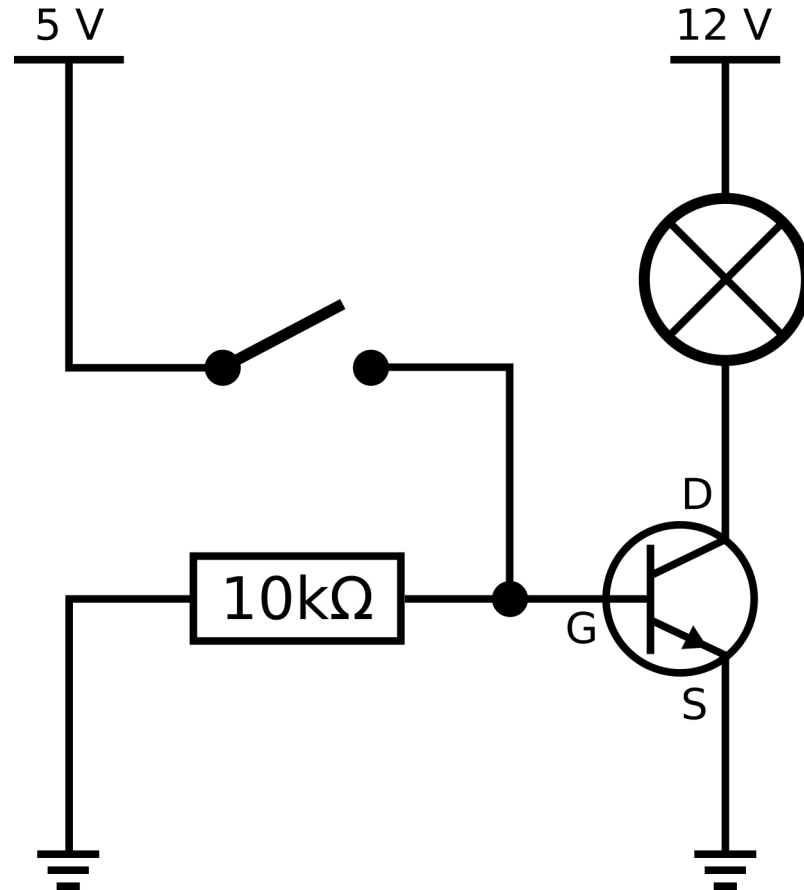


Transistor: MOSFET

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

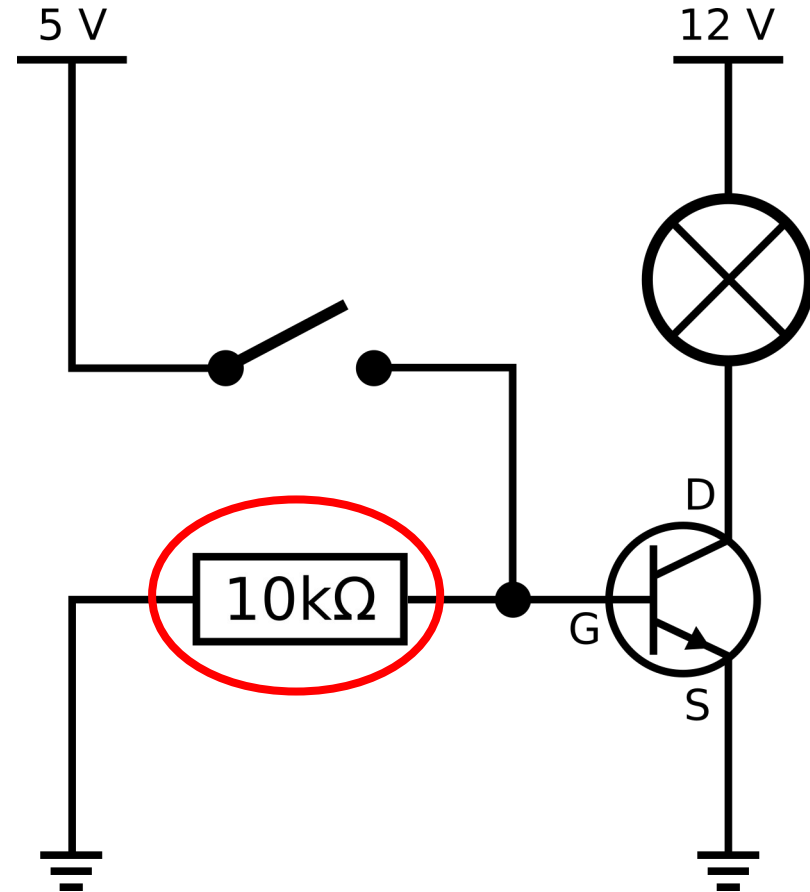


Last mit MOSFET schalten



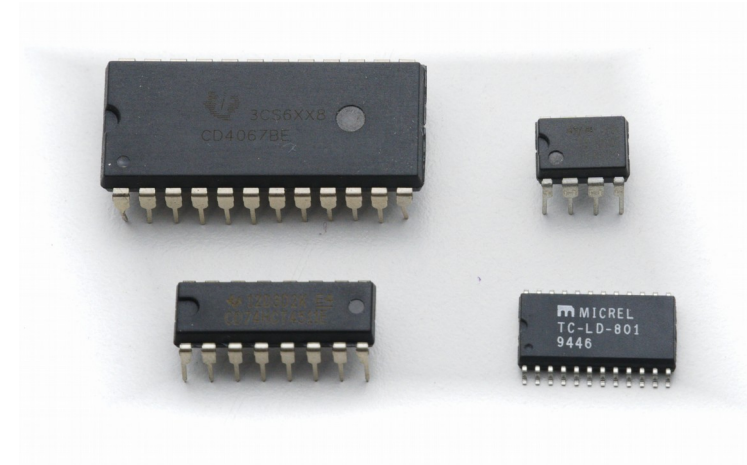
Pull-Down-Widerstand

- 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



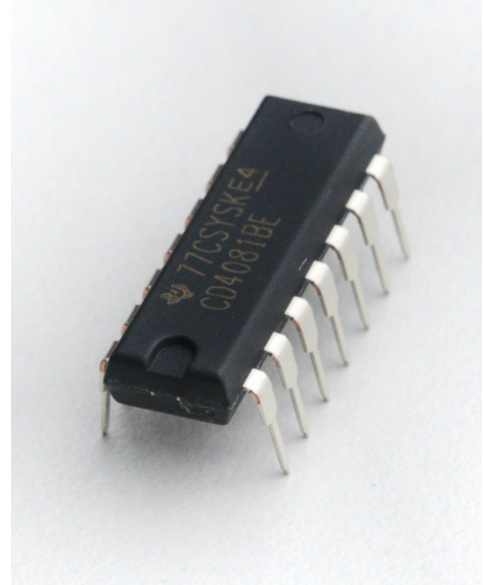
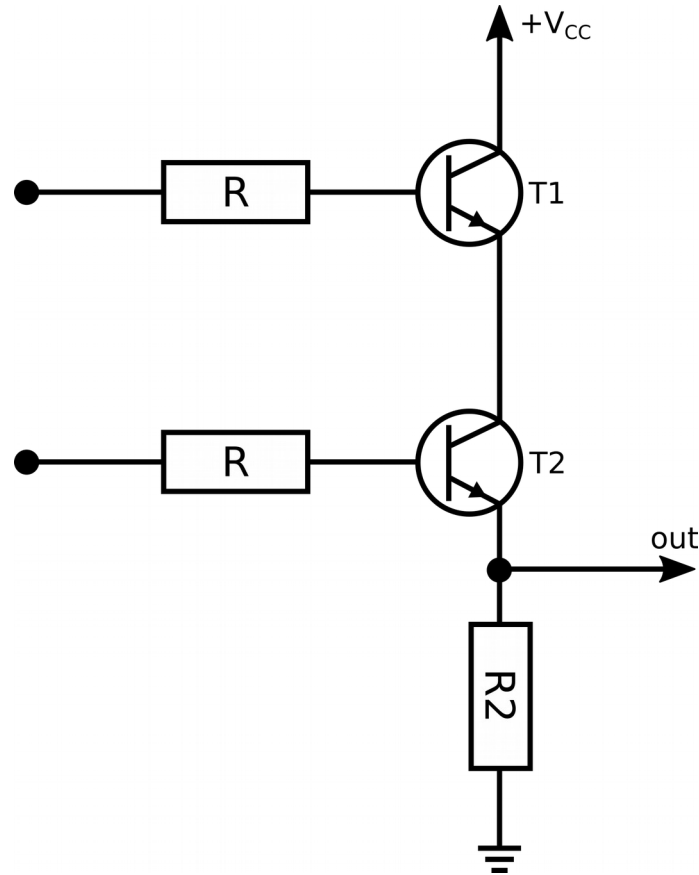
Integrated Circuits

- 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, ...

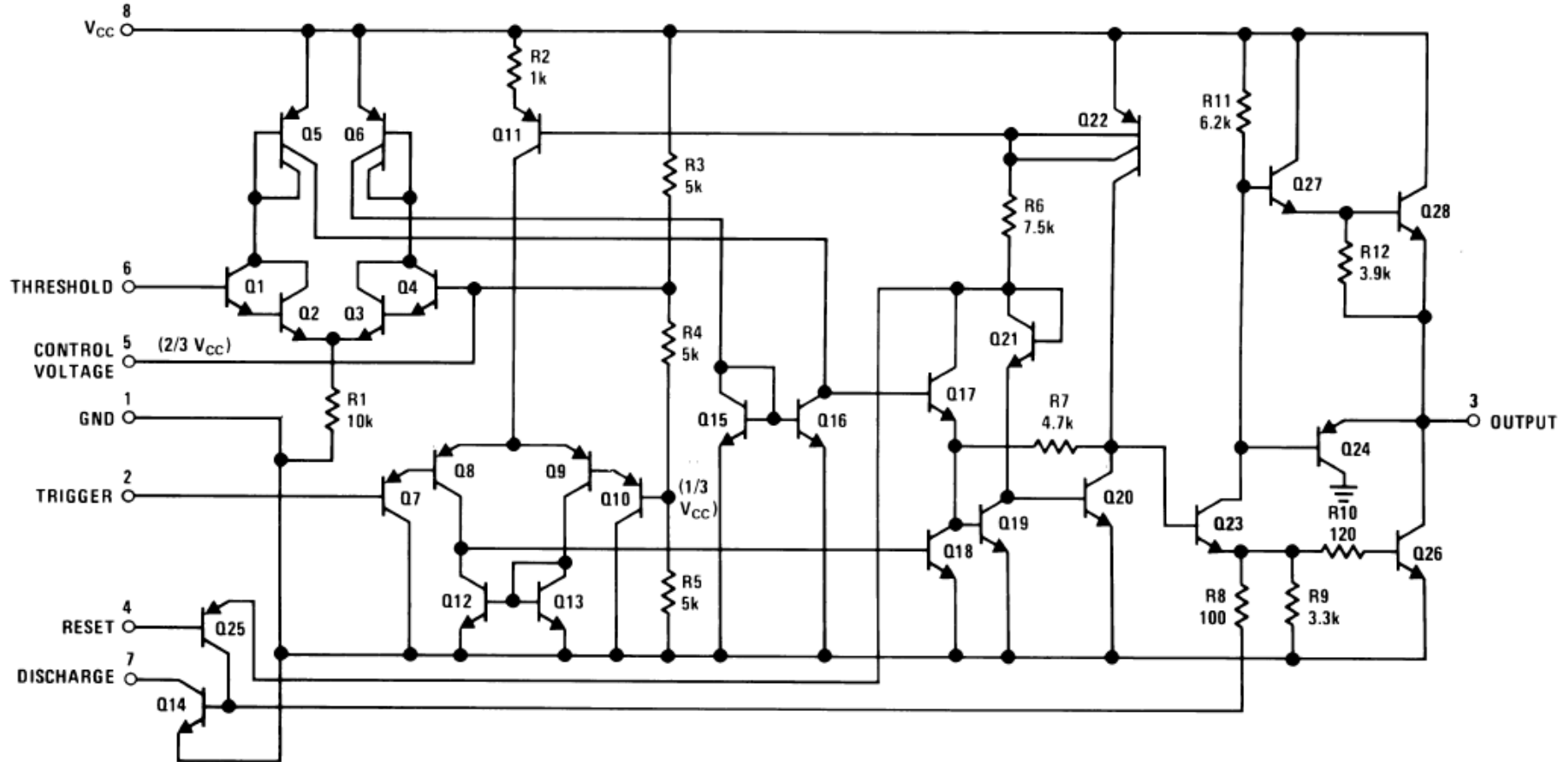


Beispiel: Das AND-Gatter

```
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 .

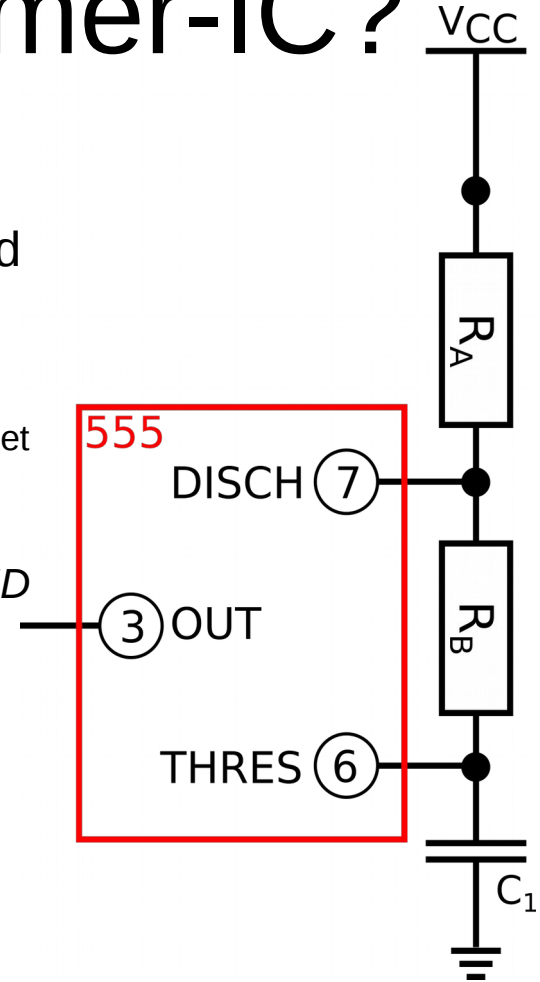
1) → die Spannung an *THRES* beginnt bei 0 V, da die gesamte Spannung verwendet wird, um C_1 zu laden. Je weiter C_1 geladen wird, umso höher die Spannung an *THRES*.

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

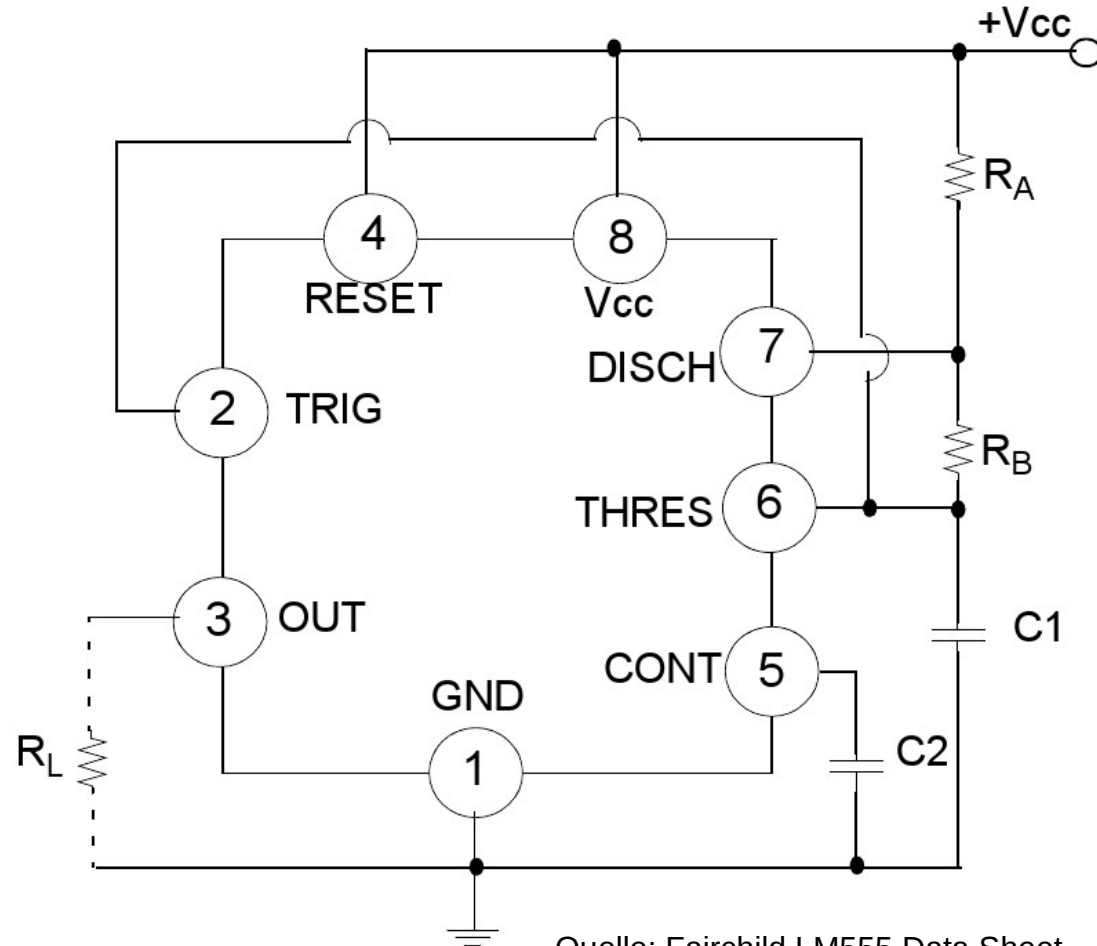
→ C_1 entlädt sich

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 μ s to Hours
- Turn off Time Less Than 2 μ 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.


Ordering Information

Part Number	Operating Temperature Range	Top Mark	Package	Packing Method
LM555CN	0 ~ +70°C	LM555CN	DIP 8L	Rail
LM555CM		SOIC 8L	Rail	
LM555CMX		SOIC 8L	Tape & Reel	

8-DIP



8-SOIC



LM555 — Single Timer

Block Diagram

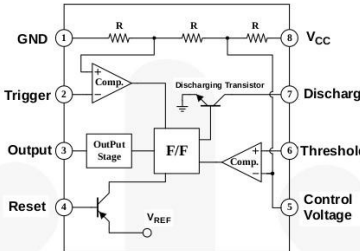


Figure 1. Block Diagram

Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operated 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

LM555 — Single Timer

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) ⁽¹⁾	I_{CC}	$V_{CC} = 5\text{ V}, R_L = \infty$		3	6	mA
		$V_{CC} = 15\text{ V}, R_L = \infty$		7.5	15.0	mA
Timing Error (Monostable) Initial Accuracy ⁽²⁾	ACCUR	$R_A = 1\text{ k}\Omega$ to 100 k Ω $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$		1.0	3.0	%
Drift with Temperature ⁽³⁾	$\Delta I / \Delta T$			50		ppm / °C
Drift with Supply Voltage ⁽³⁾	$\Delta I / \Delta V_{CC}$			0.1	0.5	% / V
Timing Error (Astable) Initial Accuracy ⁽²⁾	ACCUR	$R_A = 1\text{ k}\Omega$ to 100k Ω $C = 0.1\text{ }\mu\text{F}$		2.25		%
Drift with Temperature ⁽³⁾	$\Delta I / \Delta T$			150		ppm / °C
Drift with Supply Voltage ⁽³⁾	$\Delta I / \Delta V_{CC}$			0.3		% / V
Control Voltage	V_C	$V_{CC} = 15\text{ V}$	9.0	10.0	11.0	V
		$V_{CC} = 5\text{ V}$	2.60	3.33	4.00	V
Threshold Voltage	V_{TH}	$V_{CC} = 15\text{ V}$		10.0		V
		$V_{CC} = 5\text{ V}$		3.33		V
Threshold Current ⁽⁴⁾	I_{TH}			0.10	0.25	μA
Trigger Voltage	V_{TR}	$V_{CC} = 5\text{ V}$	1.10	1.67	2.20	V
		$V_{CC} = 15\text{ V}$	4.5	5.0	5.6	V
Trigger Current	I_{TR}	$V_{TR} = 0\text{ V}$		0.01	2.00	μA
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 ⁽³⁾	t_R			100		ns
Fall Time of Output ⁽³⁾	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 $R = 6.7\text{ M}\Omega$.

LM555 — Single Timer

Tutorial 03 – Elektronik 02