

Elektronik und Schaltungstechnik : Ein Crashkurs

1) Spannung und Strom

Stromkreis $\hat{=}$ Wasserkreislauf

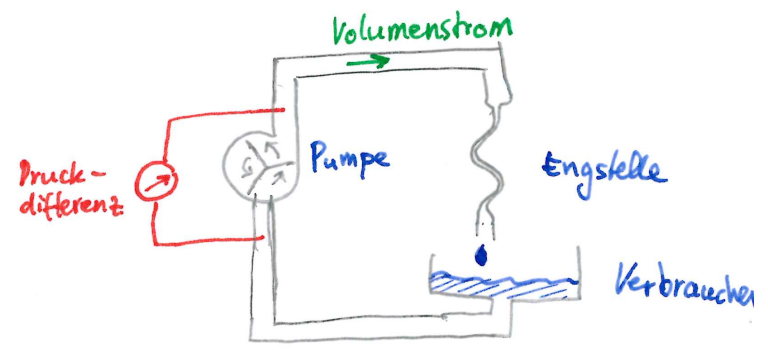
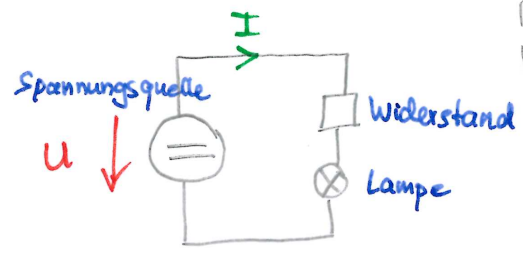
Spannung U (typisch: 1...20 Volt) $\hat{=}$ Wasserdruck (-differenz)

Strom I (typisch 1mA... 10A) $\hat{=}$ Volumenstrom („Liter pro Sekunde“)
 „Ampere“

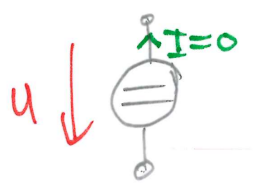
Strom: Bewegung von Ladungsträgern

Spannung: Kraft auf Ladungsträger, Ursache des Stroms

Normal:

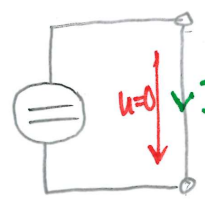


Leerlauf: kein Strom, aber Spannung!

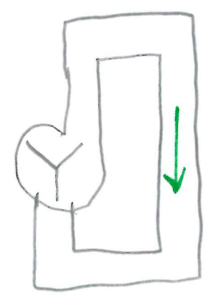


allg. Sprechweise zu Spannung: „Spannung liegt zwischen zwei Anschlüssen an.“

Kurzschluss: keine Spannung, beliebiger Strom!



Quelle geht kaputt, wenn nicht extra geschützt!
 (Sicherung / Strombegrenzung)

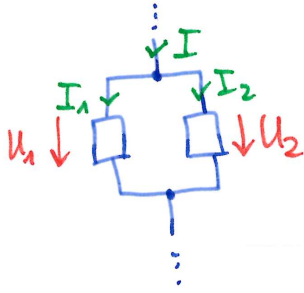


(Analogie passt nicht ganz.)

allg. Sprechweise zu Strom: „Strom fließt durch ein Kabel / Bauteil.“

2) Kirchhoffsche Regeln

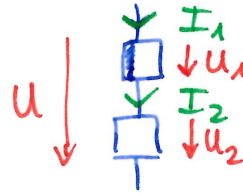
Parallelschaltung:



$$U_1 = U_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

Reihenschaltung:

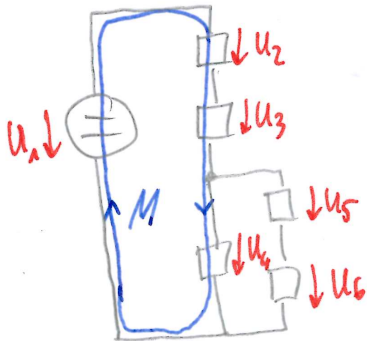


$$I_1 = I_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

→ Krallgemeinerung:

Maschenregel



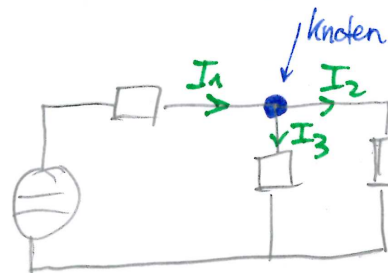
$$\sum U = 0$$

Masche (in Laufrichtung Spannung positiv zählen, sonst negativ)

$$\text{hier: } -U_1 + U_2 + U_3 + U_4 = 0,$$

$$\text{andere Masche z.B. } -U_4 + U_5 + U_6 = 0.$$

Knotenregel



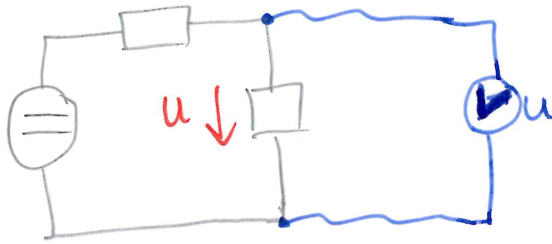
$$\sum_{\text{Knoten}} I_{\text{rein}} = \sum_{\text{Knoten}} I_{\text{raus}}$$

$$\text{hier: } I_1 = I_2 + I_3$$

b) Spannung und Strom messen: Multimeter / Oszilloskop

Spannung: parallel

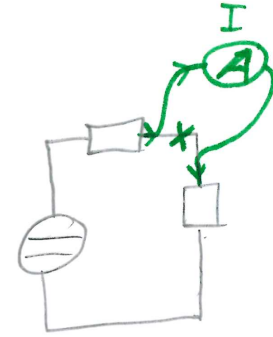
Strom: in Reihe



Multimeter: Modus "V=" für Gleichspannung
Anschlüsse "V" und "COM".
(+) (-)

Osz: kann nur Spannung direkt messen.

⚠ Minus-Anschlüsse sind alle auf Erde (=0V, ~~keine~~ Masse bei USB,...) verbunden.



Modus "A="

Anschluss "10A" und "COM"
(+) (-)

bzw. "mA" und "COM"

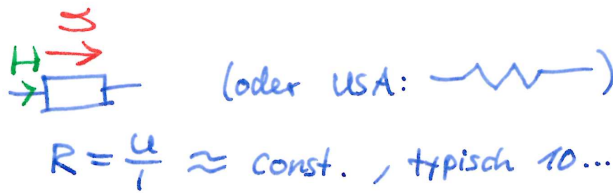
(kleiner Messbereich)

⚠ Nicht überlasten, sonst geht Messgerät (eingebaute Sicherung) kaputt!

3) Bauteile

Passive Bauelemente:

R: (ohmscher) Widerstand hemmt den Stromfluss.



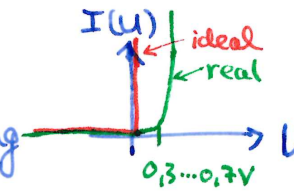
C: Kondensator (Polarität egal) oder oder

L: Spule (oder)

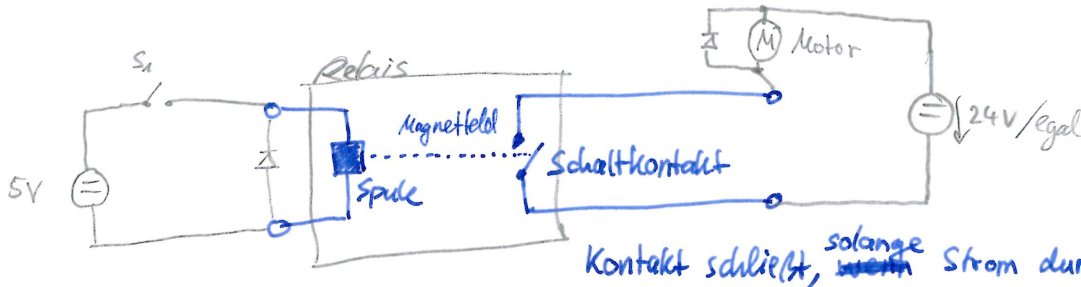
Kondensator/Spule: frequenzabhängig → dazu später mehr.

Active Bauelemente:

• Diode leitet nur in Pfeilrichtung



• Relais (elektro-mechanischer Schalter, teuer, teils überholt/veraltet)



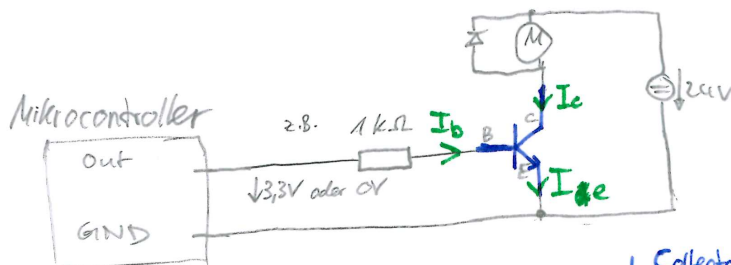
Kontakt schließt, ~~wenn~~ solange Strom durch Spule fließt.

Beispielschaltung: kleiner Schalter S_1 kann riesige Last (Motor) schalten.
Grund für Dioden: siehe später.

Besser (moderner, günstiger, kleiner):

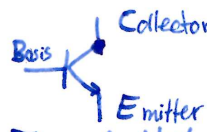
Transistor / MOSFET

Motor an, wenn Output = 3,3V
aus, wenn Output = 0V.



\approx vorherige Schaltung
(aber jetzt Masse verbunden!)

hier: npn-Bipolartransistor



Strom I_B von B nach E schaltet einen ≈ 100 fach höheren Strom I_C von C nach E.

⚠ Polarität beachten: $U_{BE} \geq 0, U_{CE} \geq 0, I_C \geq 0, I_B \geq 0.$

→ Nicht für "negative" Spannungen/Ströme (= andersrum gerichtet) geeignet. Dafür pnp-Transistor ggf. möglich.

"Weiterentwicklung": MOSFET

Spannungsgesteuert: Anstatt I_b ist nun U_{gs} ausschlaggebend.

Ansonsten gleich wie vorher.

hier: N-Channel MOSFET

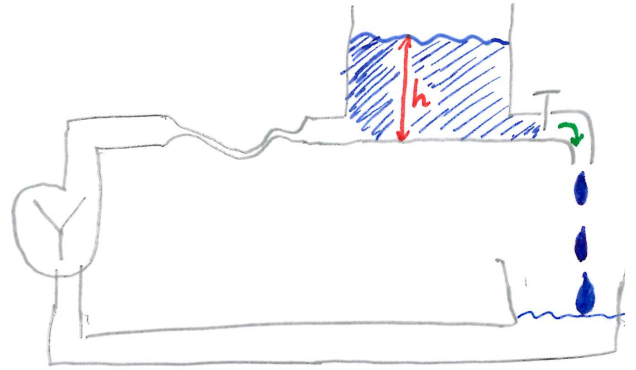
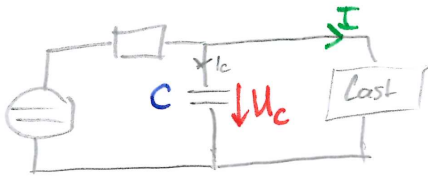


Bezeichnungen nun: Gate, Drain, Source statt Basis, Collector, Emitter.

⊗ Es fließt kein Gate-Strom, außer während des Umschaltens.

3b) Frequenz-abhängige Bauteile

- Kondensator (Kapazität) \approx Wassertank \approx Mini-Akku.



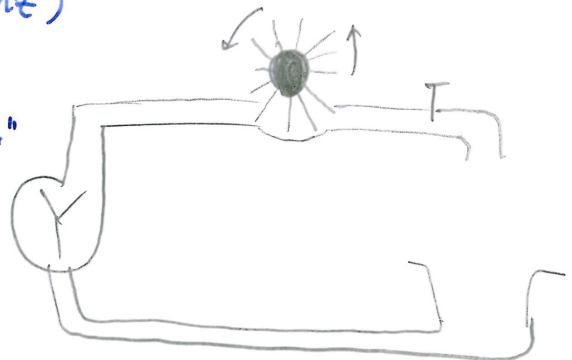
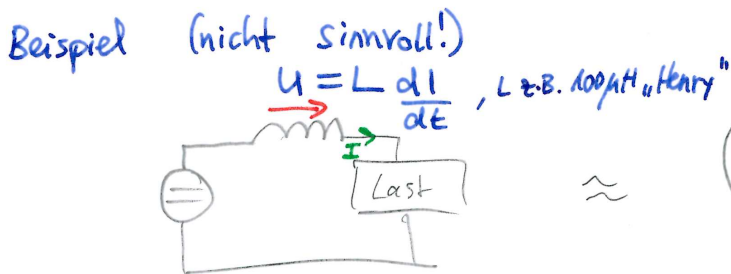
Trotz Widerstand (Engstelle) ändert sich U_C (Füllhöhe $\hat{=}$ Staudruck) nur langsam, wenn der Laststrom I geändert (Wasserhahn aufgedreht) wird

$$I_C = C \cdot \frac{dU_C}{dt} \quad C: \text{Kapazität (typ. } 100\text{nF} \dots 1\text{mF } \text{„Farad“)}$$

\rightarrow Verwendung: „Abblock-Kondensator“ nahe an Digital-Chips ~~zur~~ in der Spannungsversorgung (parallel zu Anschlüssen für z.B. 3.3V und Masse).

⚠️ Elektrolytkondensatoren: Nicht verpölen.

- Spule (Induktivität) \approx Schwungrad / Massenträgheit des fließenden Wassers (Vergleich passt nicht ganz)



Spule (Schwungrad) wirkt Stromänderungen entgegen: Bei Anschalten der Last (Bei Öffnen des Wasserhahns) nur langsamer Anstieg des Stromes.

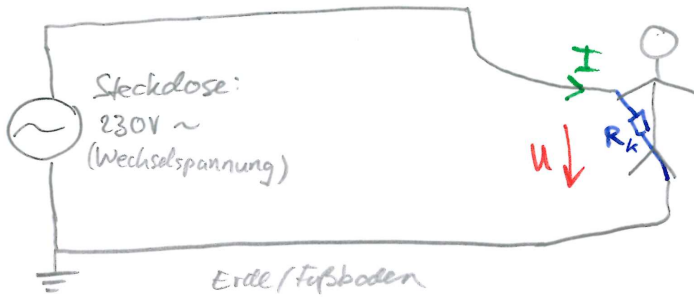
Verwendung z.B. in Schaltwandlern (Nehteil) und L-C-Filtern.

⚠️ Auch Motoren, Relais, ... sind induktiv \rightarrow Schutzdiode für Abschalten, sonst tritt Überspannung auf!



4) Unschöne Seiten der Praxis

- Sicherheit: Netzspannung / Hochspannung ist lebensgefährlich!

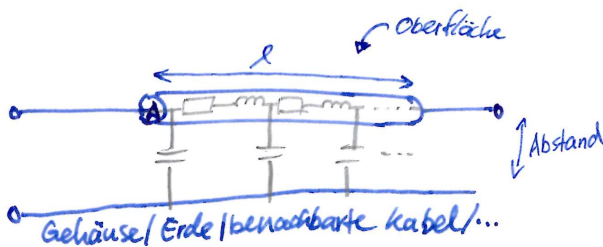


$$\text{Körperstrom } I = \frac{U}{R_{\text{Körper}}} \leftarrow \begin{array}{l} 230V \\ \text{Haut + Schuhe + Fußboden + ...} \end{array}$$

gefährlich ab $U > \text{ca. } 40V$. \rightarrow Herzkammerflimmern \rightarrow Tod.

Hier / im FabLab / in normalen Labors: NIE direkt mit Netzspannung, NUR nur mit Schutzkleinspannung ($< 40V$) aus Netzteilen arbeiten. (bes. Akkus)

- Parasitäre Effekte: Jedes Ding / Stück Kabel ist gleichzeitig auch

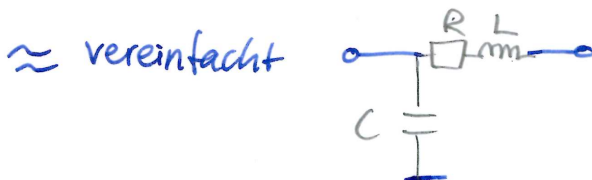


- Widerstand $R = \frac{\rho l}{A}$ - Länge / Querschnitt

ρ : spezif. Widerstand (Materialkonstante)

- Spule $L \approx l \cdot \text{const.}$

- Kondensator $C \approx \frac{\text{Oberfläche}}{\text{Abstand}^2} \cdot \text{const.}$



- Deshalb:
- Wegen Widerstand (\rightarrow Verlustwärme): Querschnitt von Kabeln entsprechend dem Strom wählen.
 - Wegen L/C : Für digitale / hochfrequente Signale möglichst kurze Kabellängen. (Kabel \approx Tiefpassfilter)
 - Wegen L/R : Abblock-Kondensatoren so nahe wie möglich an Verbraucher-Anschlüsse
 - Wegen C (u.a.): Störende Signale in geschirmte Kabel oder nicht nebeneinander.

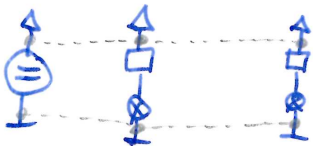
5) Schaltungen / Peripherie für Mikrocontroller

- Schaltplanzeichen für Spannungsversorgung

⊥ Masse = 0V = GND (Ground), oft mit Erde verbunden \perp Erde.
 \uparrow 5V Spannungsversorgung (auch \uparrow 5V \perp) \rightarrow Metallgehäuse sollen/müssen geerdet sein.

Alle gleichen Zeichen sind miteinander verbunden, ohne dass dies extra eingezeichnet wird.

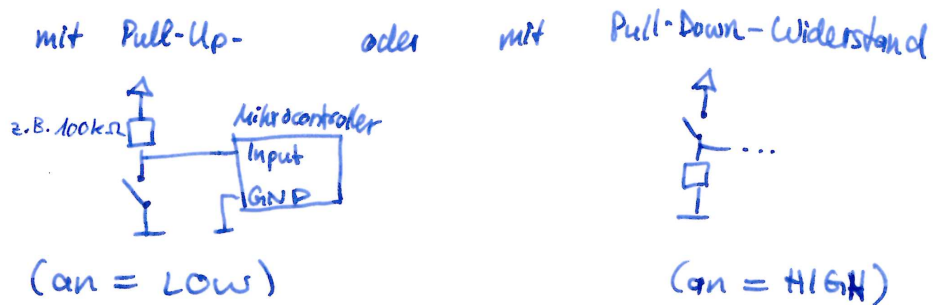
z.B. "Leucherkette":



analog dazu: allgemeine "Labels", z.B. ... \rightarrow Motor an \leftarrow Motor an ...

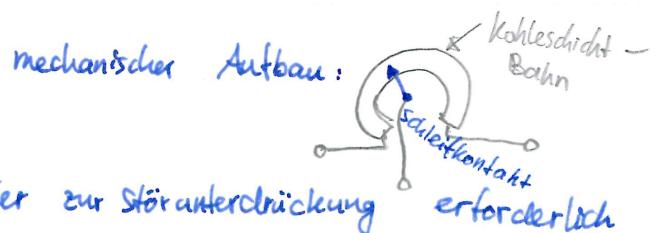
- Peripherie: Eingabe

- Schalter / Taster



Pull-Up ist ~~off~~ in Mikrocontroller eingebaut und muss nur noch in Software aktiviert werden.

- Potentiometer ("Poti") = Dreh-Widerstand



⊗ Kondensator je nach Controller zur Störunterdrückung erforderlich (z.B. ≥ 100 pF).

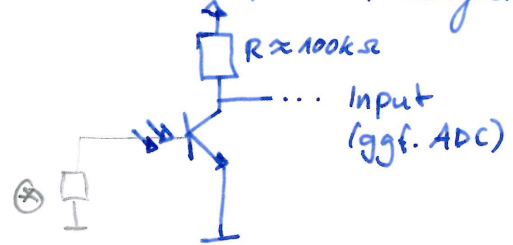
- Licht - / Temperaturabh. Widerstand
LDR NTC/PTC



$$U_{ADC} = U \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Wähle R_1 so, dass ca. $R_1 \approx R_2$ bei Normaltemperatur/helligkeit


- Phototransistor (z.B. in Lichtschranke)
→ wie Taster mit Pull-Up



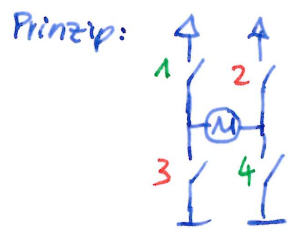
- ⊗ optional: Basis-Widerstand z.B. 1MΩ für weniger Empfindlichkeit.
Normal: weglassen.

• Peripherie: Ausgabe

• (Last) DC-Motor: An/Aus → siehe Transistor (MOSFET).

• - Geschwindigkeit reduzieren: PWM 

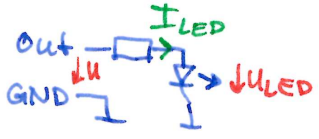
- Richtung ändern: H-Brücke (Motor umpolen). → Fertige ICs/Module nutzen!



Vorwärts: 1,4 an
Rückwärts: 2,3 an

Hier keine Schutzdiode am Motor, sondern Schutzbeschaltung im Modul integriert (parallel zu 1,2,3,4).

• Leuchtdiode (LED): Immer Vorwiderstand verwenden!



Versorgung Mikrocontroller z.B. 3,3V
→ 2V je nach Farbe

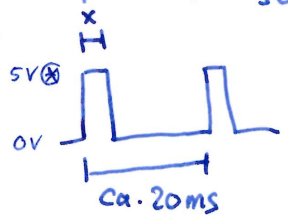
$$R = \frac{U_{MC} - U_{LED}}{I_{LED}}$$

$I_{LED} = 2 \dots 20 \text{ mA}$

z.B. für $U = 3,3V$, $U_{LED} = 2V$, (rot oder grün): $R = 65 \Omega$
→ wähle nächst größeren Standardwert → $R = 68 \Omega$

• Modellbau-Servomotor: Kann ca. $\frac{3}{4}$ Umdrehung drehen, hält die vorgegebene Winkelposition selbsttätig ein (integrierter Regler).

Ansteuerung über "PWM":



$x = 1 \text{ ms} = \text{"ganz links"}$

$x = 2 \text{ ms} = \text{"ganz rechts"}$

- Anschlüsse:
- 5V
 - Signal
 - Masse.

⊗ es reichen oft auch 3,3V.

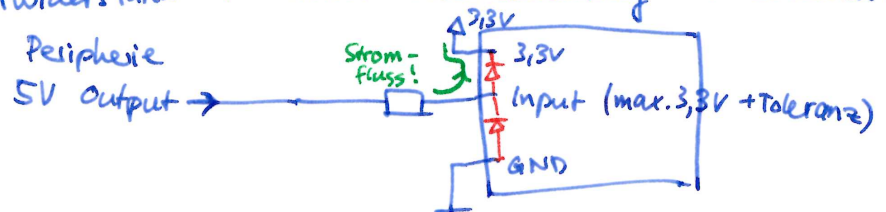
• Schrittmotor: Treiberbaustein verwenden → STEP und DIRECTION.

• Allgem vergleiche Übung.

Allgemeine digitale Peripherie

Moderne Mikrocontroller meist mit 3,3V Ausgangspegel / Eingangspegel.
Peripherie unterschiedlich (5V / 3,3V / ...) !

- Anpassung über :
- Pegelwandler (-ICs oder -Schaltungen)
 - Spannungsteiler (nur zur Verringerung von Spannungen!)
 - Nur wenn ausdrücklich erlaubt:
Vorwiderstand + interne Schutzschaltung "missbrauchen":



6) Anwendung / weiterführende Infos

Literatur:

- Elektronik-Kompendium.de (auch Grundlagen, super erklärt)
 - mikrocontroller.net
 - tn-wissen.de
- } eher fortgeschrittener, manchmal sehr detail-lastig.
Hilfreich: Tabellen mit Standardtypen für z.B. MOSFETs
- Tietze/Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik: Das Lehrbuch, Standardwerk.
 - Viele praktisch orientierte Bücher in der TF-Bibliothek, Stichwort „Elektronik“ oder „Elektrik“.

Für konkrete Chips:

- Datenblatt und Anwendungshinweise des Herstellers lesen!
(application notes)
 - ↳ Beispielschaltungen, meist gut erprobt, insb. bei den großen bekannten Herstellern (Maxim, TI, Linear, AD, ...)
- Grobe Vorgehensweise, wenn bereits bekannt ist, welcher Chip zum Einsatz kommt:
 - a) Schaltplan (Reihenfolge ist hier gemäß der Wichtigkeit angegeben)
 - Spannungsversorgung, Abblock-Kondensatoren
 - Grenzen (Absolute Maximum Ratings) und Nominalwerte / Bereiche (Electrical Characteristics, Recommended Operating Conditions)
 - ↳ darüber stirbt der Chip
 - ↳ darin funktioniert der Chip.

(max. Spannungen (Ströme)?)

 - Außenbeschaltung, Dimensionierung (Werte berechnen)
 - Ein- und Ausgänge
 - b) Erprobung :- ggf. Simulation (Achtung, Modelle sind oft stark vereinfacht!)
 - z.B. mit LTSpice (kostenlos)
 - ggf. Steckbrett - Aufbau oder Evaluation Board des Herstellers
 - c) Platinenlayout und -fertigung

Tutorial: 555-Timer-Chip

Hier: Stromsparende moderne Variante TLC 555

Ziel: Blinkender USB-Stick

→ Datenblatt von Texas Instruments

ti.com/lit/ds/symlink/tlc555.pdf