

Elektronik und Schaltungstechnik : Ein Crashkurs

1) Spannung und Strom

Stromkreis $\hat{=}$ Wasserkreislauf

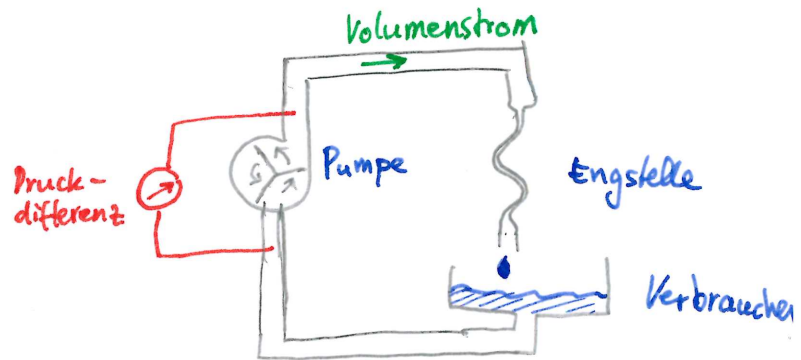
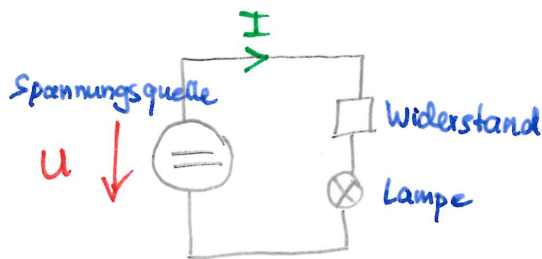
Spannung U (typisch: 1...20 Volt) $\hat{=}$ Wasserdruck (-differenz)

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

Strom: Bewegung von Ladungsträgern

Spannung: Kraft auf Ladungsträger, Ursache des Stroms

Normal:

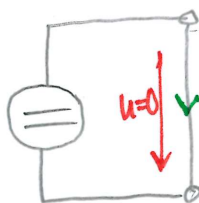


Leerlauf: kein Strom, aber Spannung!



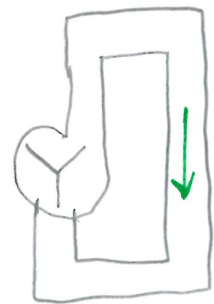
allg. Sprechweise zu Spannung: „Spannung liegt zwischen zwei Anschlüssen an.“

Kurzschluss: keine Spannung, beliebiger Strom!



Quelle geht kaputt,
wenn nicht extra
geschützt!

(Sicherung / Strom-
begrenzung)

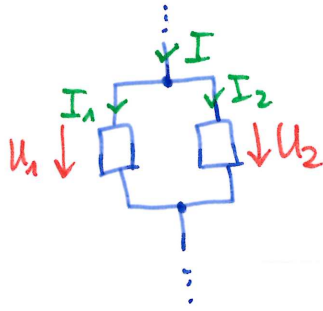


(Analogie passt nicht ganz.)

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

2) Kirchhoffsche Regeln

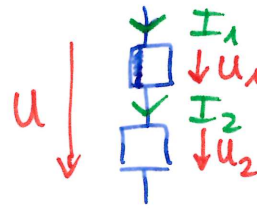
Parallelschaltung:



$$U_1 = U_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

Reihenschaltung:

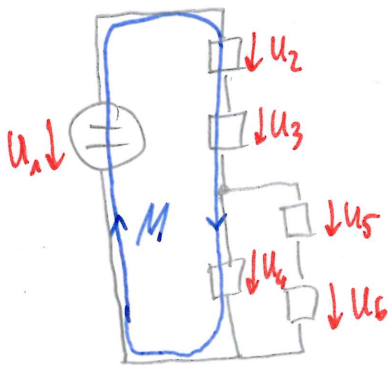


$$I_1 = I_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

→ Verallgemeinerung:

Maschenregel



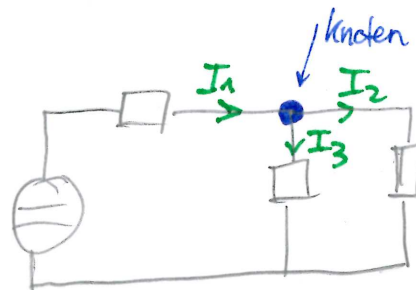
$$\sum U = 0$$

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



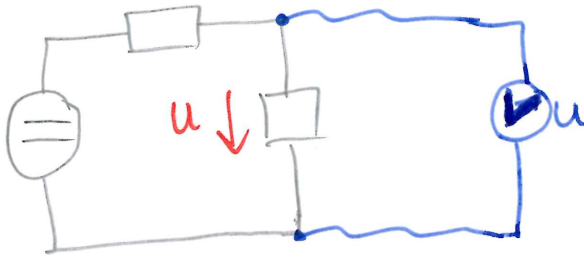
$$\sum_{\text{Knoten}} I_{\text{rein}} = \sum_{\text{Knoten}} I_{\text{raus}}$$

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

b) Spannung und Strom messen: Multimeter / Oszilloskop

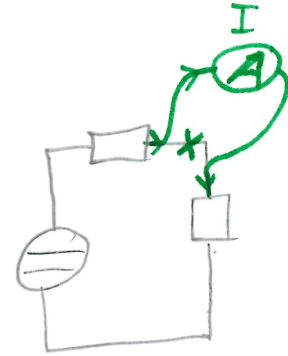
Spannung: parallel

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, ~~schlimm~~ Masse bei USB, ...) verbunden.



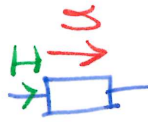
Modus "A="
Anschluss "10A" und "COM".
(+) (-)
bzw. "mA" und "COM"
(kleiner Messbereich)

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

3) Bauteile

Passive Bauelemente:

R: (ohmscher) Widerstand
hemmt den Stromfluss.



(oder USA:)

$$R = \frac{U}{I} \approx \text{const.}, \text{ typisch } 10 \dots 10^6 \Omega \text{ („Ohm“)}.$$

C: Kondensator (Polarität egal) oder oder

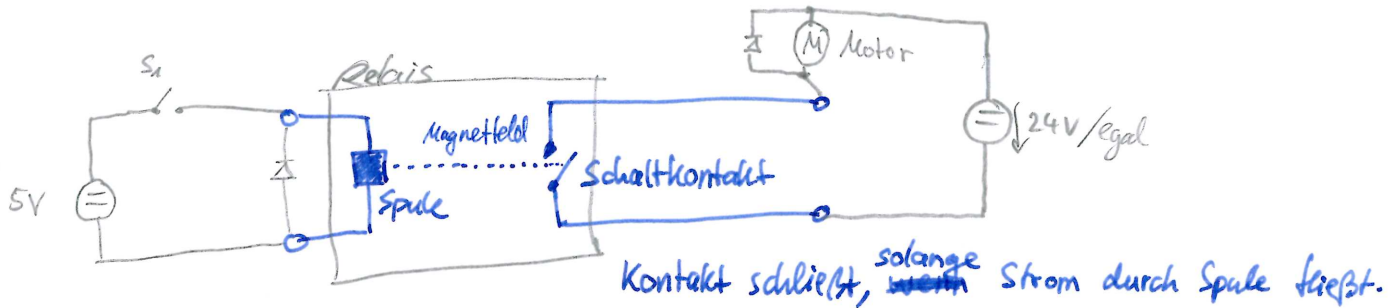
L: Spule (oder)

Kondensator/Spule: frequenzabhängig $\rightarrow$ dazu später mehr.

Active Bauelemente:

• Diode leitet nur in Pfeilrichtung

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

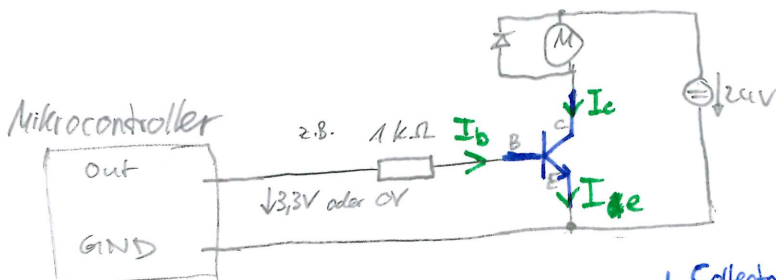


Beispielschaltung: kleiner Schalter S_1 kann riesige Last (Motor) schalten.
Grund für Dioden: siehe später.

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: $U_{BE} \geq 0, U_{CE} \geq 0, I_c \geq 0, I_b \geq 0$.

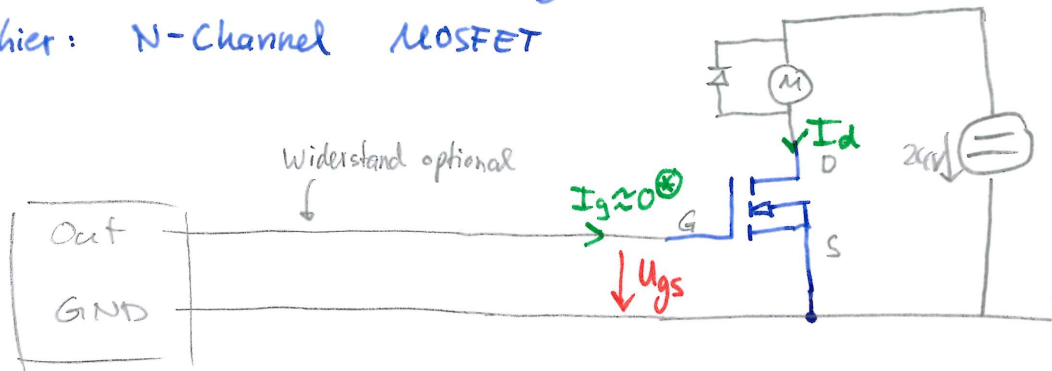
$\rightarrow$ Nicht für "negative" Spannungen/Ströme (= andersrum gerichtet) geeignet. Dafür pnp-Transistor ggf. möglich.

"Weiterentwicklung": MOSFET

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

Ansonsten gleich wie vorher.

hier: N-Channel MOSFET



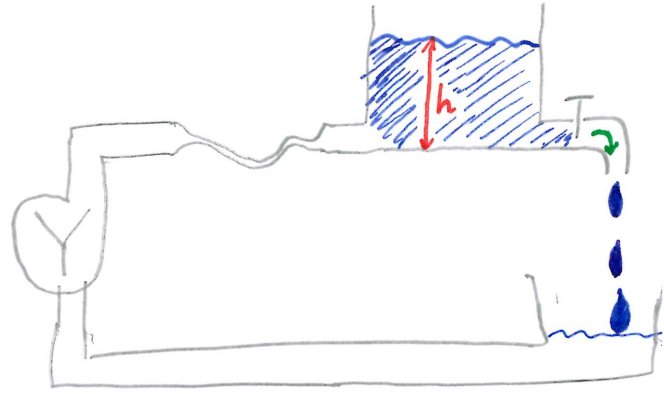
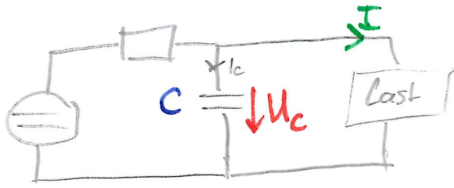
Motor an,
Wenn Out = 3,3V.

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

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

3b) Frequenz-abhängige Bauteile

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



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

$$I_c = C \cdot \frac{dU_c}{dt}$$

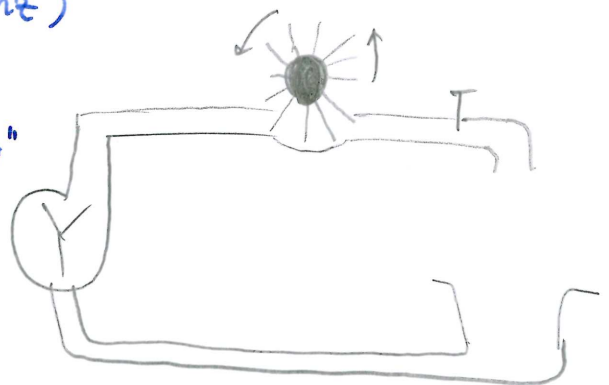
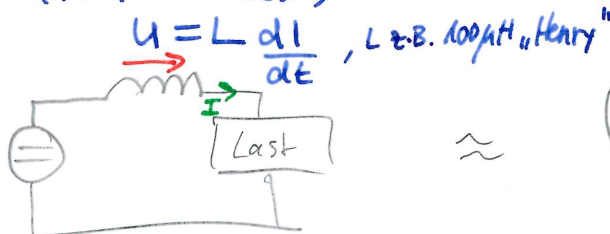
C : Kapazität (typ. $100\text{nF} \dots 1\text{mF}$ „Farad“)

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

⚠ Elektrolitkondensatoren: Nicht verpöden.

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

Beispiel (nicht sinnvoll!)



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

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

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

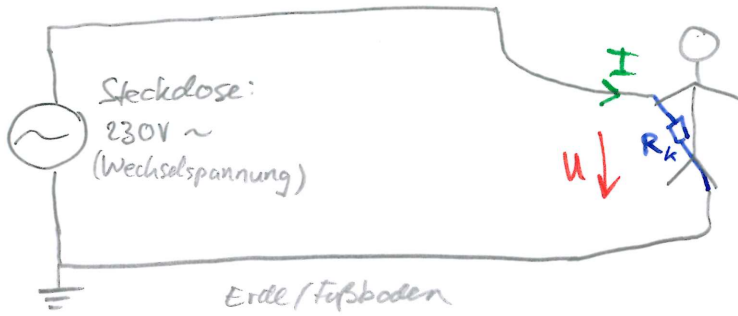


, weil



4) Unschöne Seiten der Praxis

- Sicherheit: Netzspannung / Hochspannung ist lebensgefährlich!

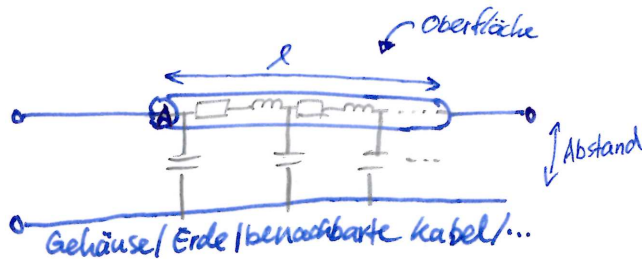


Körperstrom $I = \frac{U}{R_{\text{Körper}}}$ $\leftarrow 230V$
 $\leftarrow$ Haut + Schuhe + Fußboden + ...

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

Hier /im FabLab/ in normalen Labors: NIE direkt mit Netzespannung,
IMMER nur mit Schutzkleinspannung ($\leq 50V$) aus Netzteilen arbeiten.
(bzw. AliExpress)

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

$\approx$ vereinfacht



The diagram shows a simplified circuit. A horizontal wire contains a resistor labeled 'R' and an inductor labeled 'L' in series. A vertical branch connects this horizontal wire to a common ground line below. This vertical branch contains a capacitor labeled 'C'.

Deshalb: - Wegen Widerstand ($\rightarrow$ Verlustwärme): Querschnitt von Kabeln entsprechend dem Strom wählen.

- Wegen L/C: Für digitale / hochfrequente Signale möglichst kurze Kabellängen. (Kabel $\approx$ Tiefpass Filter)
- Wegen L/R: Abblock-Kondensatoren so nahe wie möglich an Verbraucher-Anschlüsse
- Wegen C (u.a.): Störende Signale in geschirmte Kabel oder nicht nebeneinander.

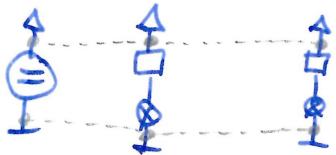
5) Schaltungen / Peripherie für Mikrocontroller

Schaltplanzeichen für Spannungsversorgung

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

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

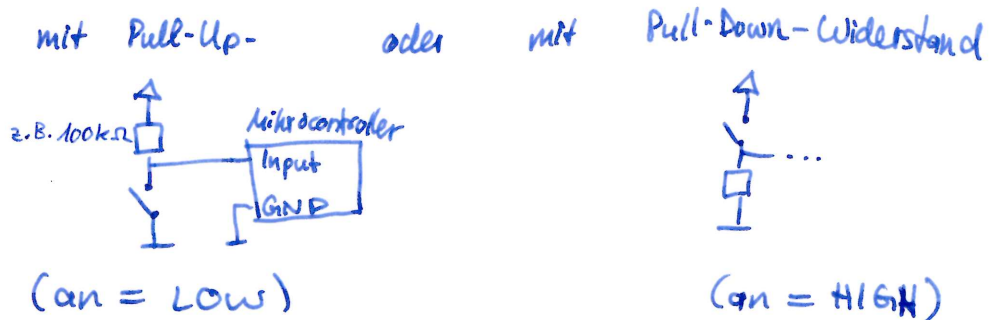
z.B. „Lichterkette“:



analog dazu: allgemeine „Labels“, z.B. ... $\rightarrow$ Motor an $\rightarrow$ Motor an $\rightarrow$...

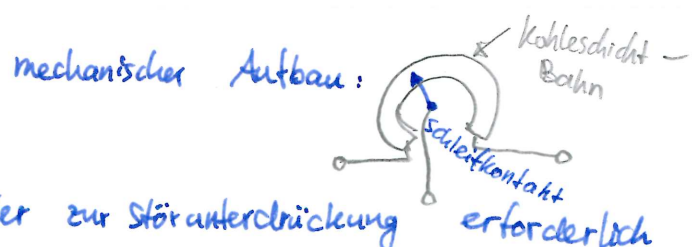
Peripherie: Eingabe

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).

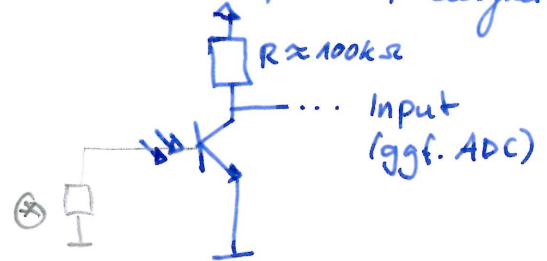
- Licht - / Temperaturabh. Widerstand
LDR NTC/PTC



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

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. $1M\Omega$ für weniger Empfindlichkeit.
Normal: weglassen.

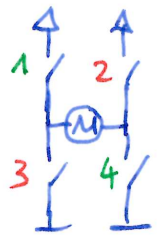
• Peripherie: Ausgabe

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

• - Geschwindigkeit reduzieren: PWM 

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

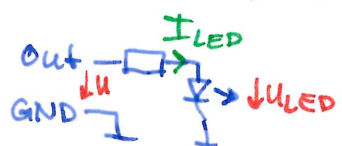
Prinzip:



Vorwärts: 1,4 an
Rückwärts: 2,3 an

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

• Leuchtdiode (LED): Immer Vorwiderstand verwenden!



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

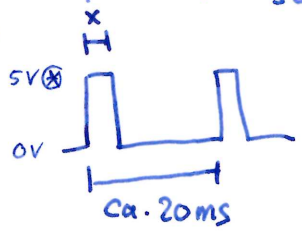
$$R = \frac{U_{\text{Versorgung}} - U_{\text{LED}}}{I_{\text{LED}}}$$

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

z.B. für $U = 3,3\text{V}$, $U_{\text{LED}} = 2\text{V}$, (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":



Anschlüsse: • 5V
• Signal
• Masse.

$x = 1\text{ms} = \text{"ganz links"}$
 $x = 2\text{ms} = \text{"ganz rechts"}$

⊗ es reichen oft auch 3,3V.

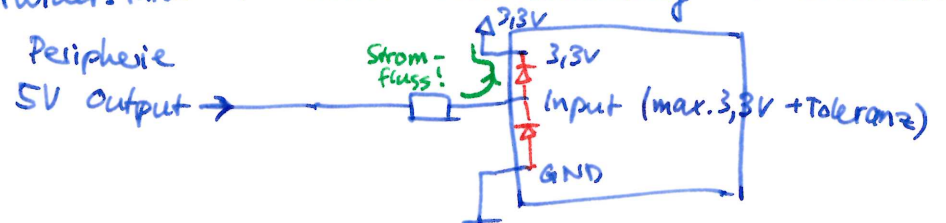
• Schrittmotor: Treiberbaustein verwenden → STEP und DIRECTION.

• 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-kompodium.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/Schenke: 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 Condition)
 - ↳ 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 LT Spice (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