

Elektronik und Schaltungstechnik: Ein Crashkurs

1) Spannung und Strom

Stromkreis $\hat{=}$ Wasserkreislauf

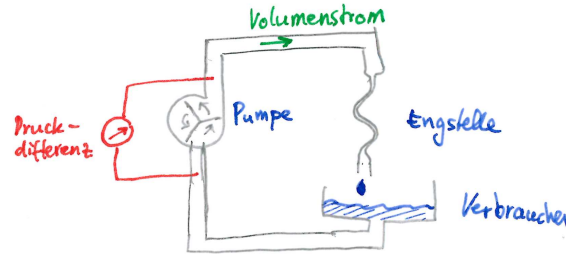
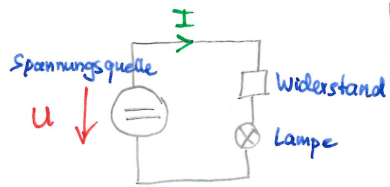
Spannung U (typisch: 1...20 Volt) $\hat{=}$ Wasserdruck (-differenz)

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

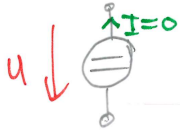
Strom: Bewegung von Ladungsträgern

Spannung: Kraft auf Ladungsträger, Ursache des Stroms

Normal:

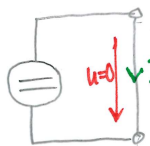


Leerlauf: kein Strom, aber Spannung!

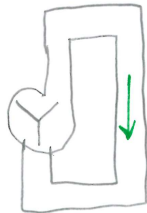


allg. Sprechweise zu Spannung: "Spannung liegt zwischen zwei Anschlüssen an."

Kurzschluss: keine Spannung, beliebiger Strom!



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

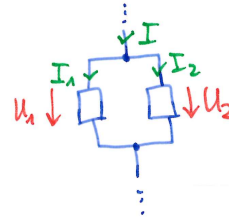


(Analogie passt nicht ganz.)

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

2) Kirchhoffsche Regeln

Parallelschaltung:

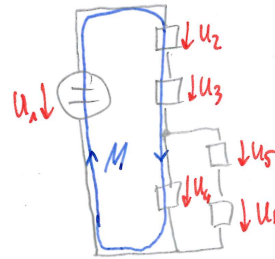


$$U_1 = U_2$$

$$I = I_1 + I_2$$

$\rightarrow$ Verallgemeinerung:

Maschenregel



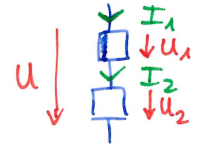
$$\sum U = 0$$

Masche (in Laufrichtung Spannung positiv zählen, sonst negativ)

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

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

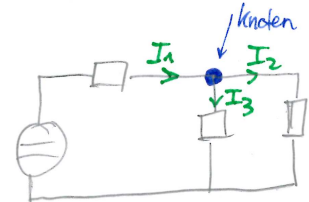
Reihenschaltung:



$$I_1 = I_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

Knotenregel



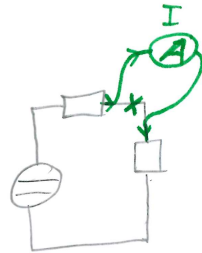
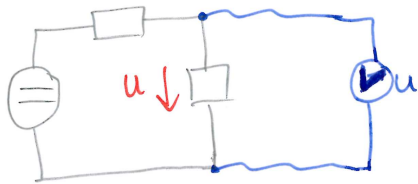
$$\sum_{\text{Knoten}} I_{\text{rein}} = \sum_{\text{Knoten}} I_{\text{raus}}$$

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

b) Spannung und Strom messen: Multimeter / Oszilloskop

Spannung: parallel

Strom: in Reihe



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

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

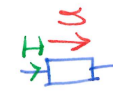
Osz: kann nur Spannung direkt messen.
⚠ Minus-Anschlüsse sind alle auf Erde (=0V, ~~einige~~ Masse bei USB,...) verbunden.

⚠ 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



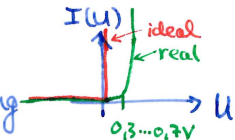
L: Spule



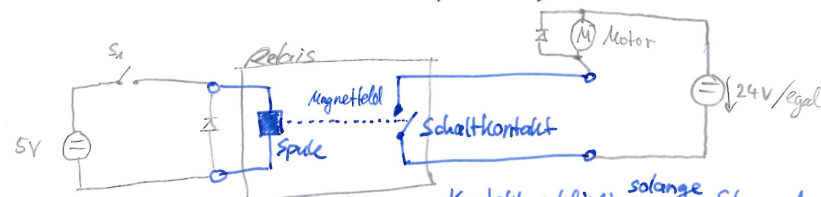
Kondensator/Spule: frequenzabhängig $\rightarrow$ dazu später mehr.

Active Bauelemente:

• Diode  leitet nur in Pfeilrichtung



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



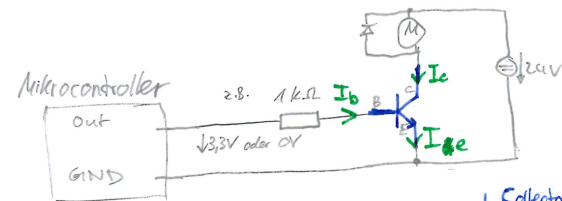
Kontakt schließt, ~~unter~~ solange Strom durch Spule fließt.

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

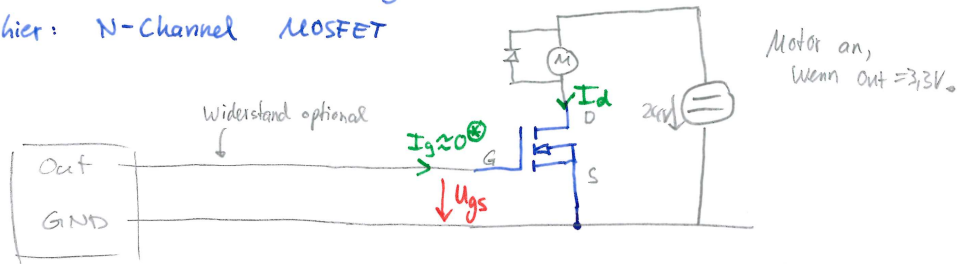
$\rightarrow$ Nicht für "negative" Spannungen / Ströme (= andersrum gerichtet) geeignet. Dafür pnp-Transistor ggf. möglich.

"Weiterentwicklung": MOSFET

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

Ansonsten gleich wie vorher.

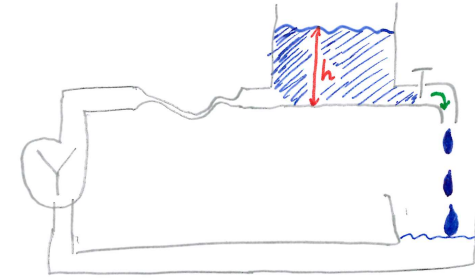
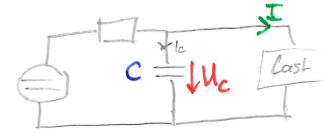
hier: N-Channel MOSFET



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.

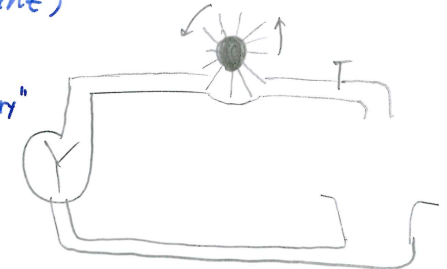
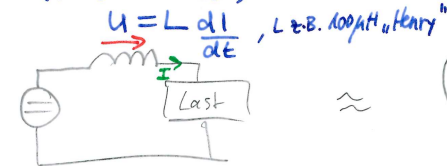
$$I_c = C \frac{dU_c}{dt} \quad C: \text{Kapazität (typ. } 100nF \dots 1mF \text{ "Farad")}$$

→ Verwendung: "Abblock-Kondensator" nahe an Digital-Chips
~~z.B.~~ in der Spannungsversorgung (parallel zu Anschlüssen für z.B. 3,3V und Masse).

⚠ Elektrolytkondensatoren: Nicht verpölen.

- 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.

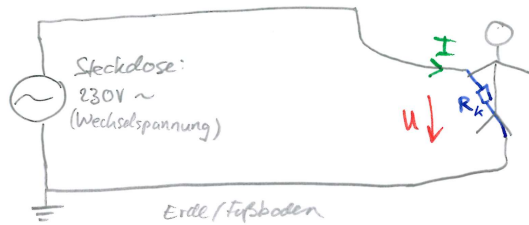
Verwendung z.B. in Schaltwandlern (Nehelil) und L-C-Filtern.

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



4) Unschöne Seiten der Praxis

- Sicherheit: Netzspannung / Hochspannung ist lebensgefährlich!



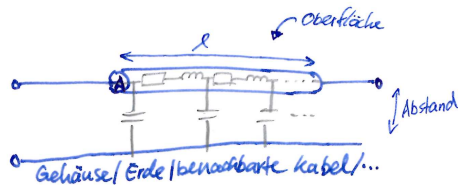
$$\text{Körperstrom } I = \frac{U}{R_{\text{körper}}} \leftarrow 230V$$

$R_{\text{körper}} \leftarrow \text{Haut} + \text{Schuhe} + \text{Fußboden} + \dots$

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

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

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

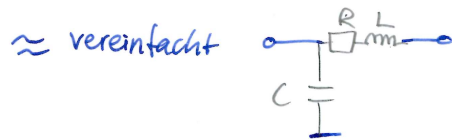


Widerstand $R = \frac{\rho \cdot l}{A}$ - Länge
- Querschnitt

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.

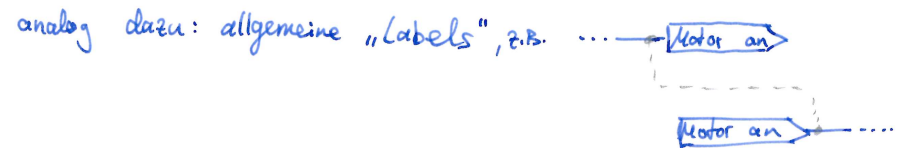
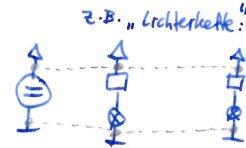
- Wegen L/C: Für digitale / hochfrequente Signale möglichst kurze Kabellängen. (Kabel $\approx$ Tiefpass Filter)
- Wegen L/R: Abblock-Kondensatoren so nahe wie möglich an Verbraucher-Anschlüsse
- Wegen C (u.a.): Störende Signale in geschirmte Kabel oder nicht nebeneinander.

5) Schaltungen / Peripherie für Mikrocontroller

- Schaltplanzeichen für Spannungsversorgung

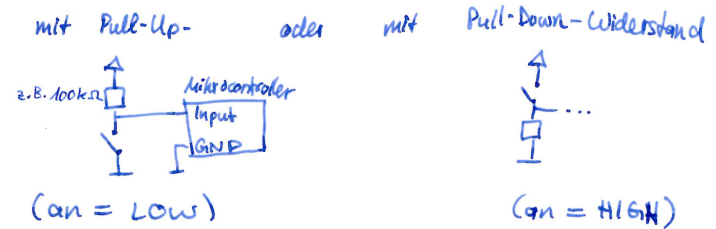
$\perp$ Masse = $0V = GND$ (Ground), oft mit Erde verbunden $\perp$ Erde.
 $\uparrow$ 5V Spannungsversorgung (auch $\uparrow$ 5V) $\rightarrow$ Metallgehäuse sollen/müssen geerdet sein.

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



- Peripherie: Eingabe

- Schalter / Taster



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

- Potentiometer („Poti“) = Dreh-Widerstand



$\oplus$ Kondensator je nach Controller zur Störunterdrückung erforderlich (z.B. $100\mu F$).

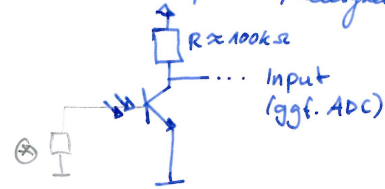
- Licht - / Temperaturabh. Widerstand
LDR NTC/PTC



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

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

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



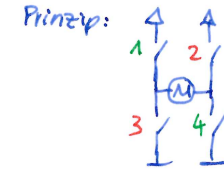
- ⊗ optional: Basis-Widerstand z.B. 1MΩ für weniger Empfindlichkeit.
Normal: weglassen.

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!



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

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

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

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":

Anschlüsse: 5V
Signal
Masse.

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

⊗ es reichen oft auch 3,3V.

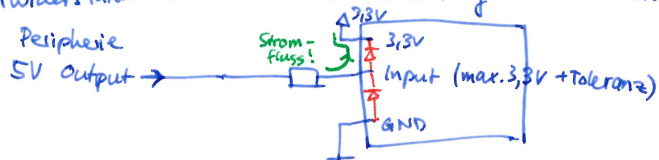
- Schrittmotor: Treiberbaustein verwenden → STEP und DIRECTION.
- Allgem. vergleiche Übung.

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-Kompandium.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