

Fablab Nürnberg e.V.

Elektroniklab

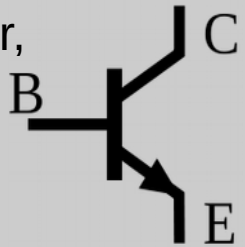
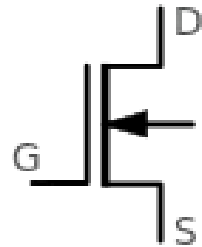
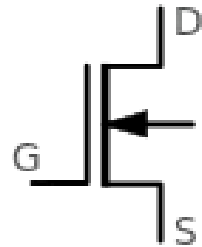
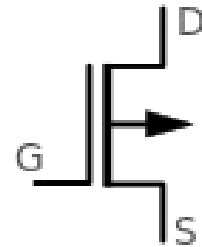
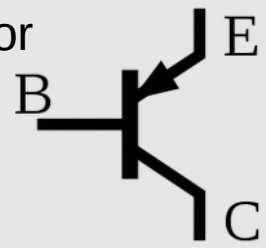
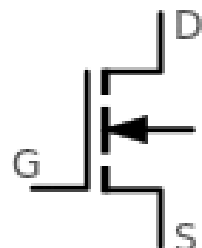
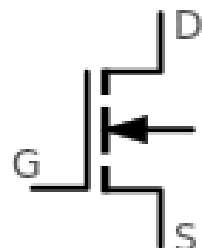
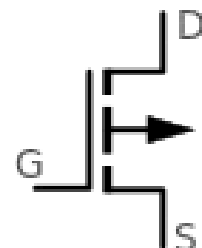
Transistoren in der Digitaltechnik:
Überblick und
Einsatz bei Microcontrollern

Vortragender:
Robert Weidenhöfer, Dipl.-Ing.
Hardware- und Software-Entwickler

Inhaltsverzeichnis

- Überblick Transistoren
 - Generelle Typen
 - NPN-Transistor
 - P-MOSFET-Transistor
 - Vergleich je eines NPN und MOSFET-Transistors
- Benutzung am Microcontroller (z.B. Aduino Nano)
 - Einfache Ein- und Ausgangsbeschaltung
 - Eingangsbeschaltung für höhere Spannungen (5V bis 50V)
 - Ausgangsbeschaltung für mittlere Ströme und Spannungen (bis ca. 1 A und 20V)
 - Ausgangsbeschaltung für höhere Ströme und Spannungen (mehr als 1A resp. 20V)

Transistortypen

	Stromgesteuert Bipolar-Transistoreen	Spannungsgesteuert FET-Transistoren		n-Kanal	p-Kanal
Positiver Eingang	NPN-Transistor, z.B. BC548 	N-Kanal MOSFET, z.B. BUZ10 	normal leitend		
Negativer Eingang	PNP-Transistor 	P-Kanal MOSFET 	normal sperrend		
Pins Steuern Summe Verbrauch her	Base Emitter Collector	Gate Source Drain			

NPN-Transistor 1 / 2

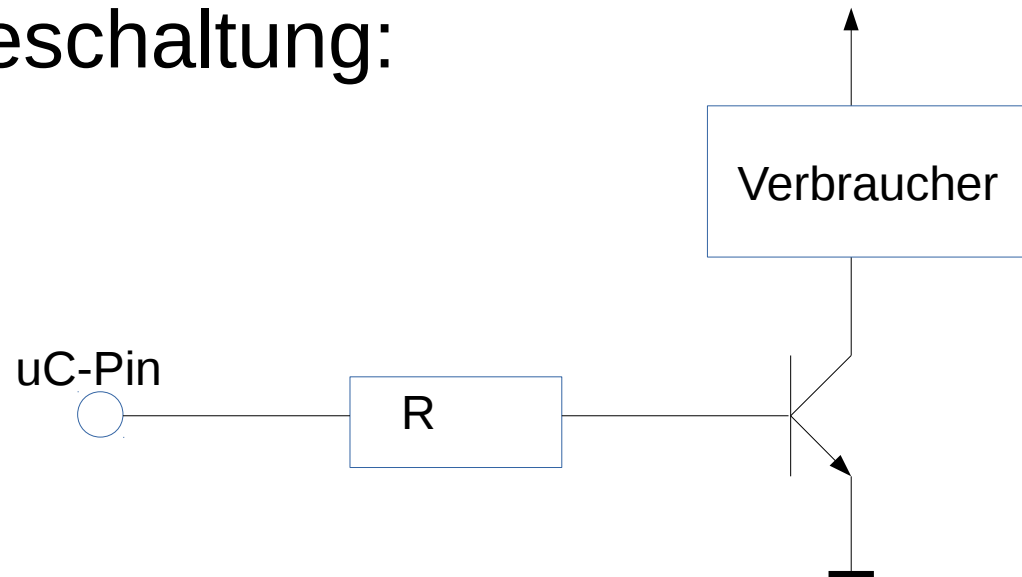
Strom und Spannung

- $I_C = I_B * h_f$
Für Kleinsignal-Transistoren: typ. $h_f \geq 100$
- $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$ (typisch)
 $U_{CE} = 0,2 \text{ V}$ (typisch) bei Vollaussteuerung
- Beachte maximalen Strom I_C und maximale Spannung

NPN-Transistor 2 / 2

Digitale Beschaltung

Digitale Standardbeschaltung:



- Berechnung R für 5V-Ausgang und 20 mA I_B :
 $R = (5V - 0,7V) / 0,020 A = 215 \text{ Ohm}$
Benutzter Widerstand: 220 Ohm

N-Kanal MOSFET-Transistor

- Eigenschaften im geschalteten Zustand:
 - R_{DS} sehr gering (oft $< 1 \text{ Ohm}$)
 - $I_G = 0 \text{ mA}$ (kein Strom bei statischen Signalen)
 - $C_{GS} = \text{einige pF}$ (\Rightarrow Strom nur beim Schalten)
 - Schaltspannung z.B. 2 V
- Einsatzgebiete: geschaltete Netzteile, Schalten von hohen Lasten
- Nachteile:
 - Schlechte Analogsteuerung
 - Sehr hochohmiges Gate \Rightarrow muss immer getrieben werden

Vergleich BC548 und IRFB3306

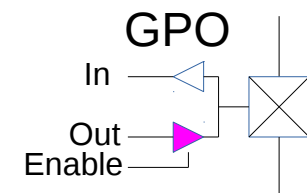
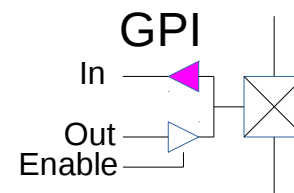
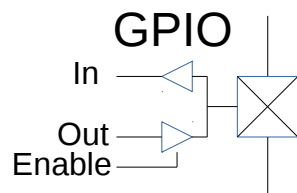
	BC548	BUZ10
Typ	NPN-Kleinsignal-Transistor	N-MOSFET für hohe Ströme
Gehäuse / max. Verlustleistung	TO92: max. 0,5 W	TO220: max. 230 W
Max. Strom	$I_C \leq 0,1 \text{ A}$	$I_D \leq 23 \text{ A}$
Max. Spannung	$U_{CE} \leq 30 \text{ V}$	$U_{DS} \leq 50 \text{ V}$
Schaltspannung	$U_{BE} = 0,7 \text{ V}$	$U_{GS} = 3 \text{ V} \pm 1 \text{ V}$
Verstärkung	$h_f > 100$	digital
Last->Masse	$U_{CE} = \text{ca. } 0,2 \text{ V}$	$R_{DS} = 0,004 \text{ Ohm}$
Preis / Stück	Digikey: 0,03 Euro bei 2000 Stk Conrad: ab 0,11 Euro	Digikey: 1,50 Euro Conrad: 1,24 Euro

Inhaltsverzeichnis

- Überblick Transistoren
 - Generelle Typen
 - NPN-Transistor
 - P-MOSFET-Transistor
 - Vergleich je eines NPN und MOSFET-Transistors
- Benutzung am Microcontroller (z.B. Aduino Nano)
 - Einfache Ein- und Ausgangsbeschaltung
 - Eingangsbeschaltung für höhere Spannungen (5V bis 50V)
 - Ausgangsbeschaltung für mittlere Ströme und Spannungen (bis ca. 1 A und 20V)
 - Ausgangsbeschaltung für höhere Ströme und Spannungen (mehr als 1A resp. 20V)

GPIO Einführung

- GPIO-Pins sind IC-Anschlüsse, welche per SW
 - 0 bzw. 1 einlesen (Input)
 - GND bzw. VCC ausgeben (Output)
- Elektrisch sind es
 - Eingangstreiber (die immer arbeiten)
 - per Software zuschaltbare Ausgangstreiber



GPIO-Pin-Charakteristik

Ausgänge

Arduino nano benutzt ATmega328 mit folgenden Daten:

- $VCC=5V$: 20mA bei GND und VCC
- $VCC=3V$: 10mA bei GND und VCC

STM32L053:

- $VCC=2,7..3,6V$: 8 mA bei GND, 6 mA bei VCC

GPIO-Pin-Charakteristik

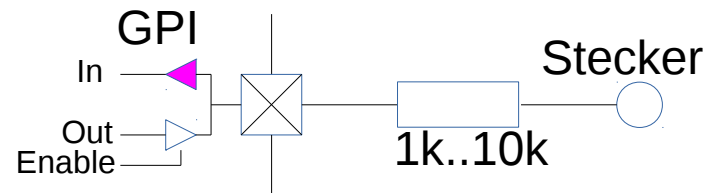
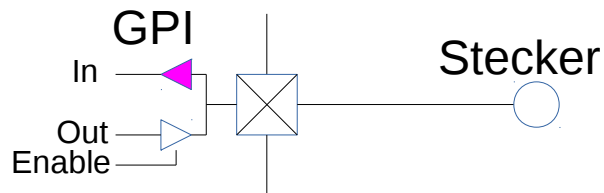
Eingänge

Bei CMOS (benutzen alle Prozessoren heutzutage) gilt für Eingangsspannungen:

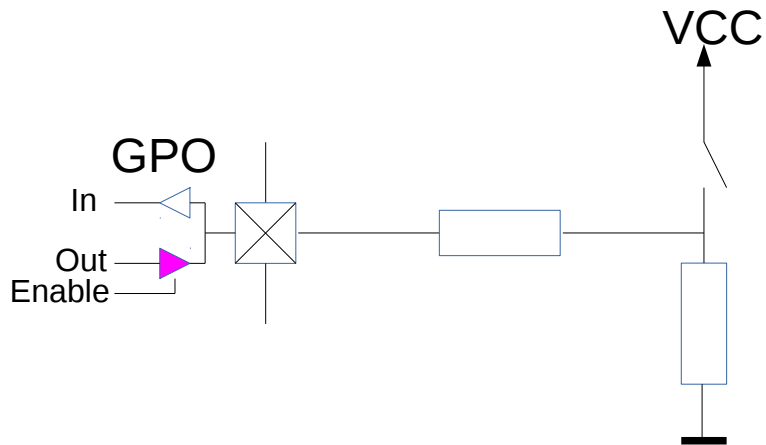
- $U > 0,7 \cdot V_{CC} \rightarrow \text{Eingang} = 1$
- $U < 0,3 \cdot V_{CC} \rightarrow \text{Eingang} = 0$
- Eingangsstrom $< 1 \mu\text{A}$
- ACHTUNG: Spannungen kleiner $-0,3\text{V}$ bzw. größer $V_{CC}+0,3\text{V}$ können das IC zerstören!

Einfache Eingangsbeschaltung

- Eingang mit und ohne „Angstwiderstand“

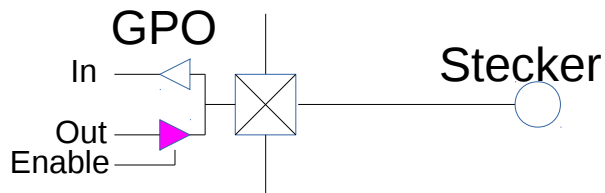


- Beispiel Taster/Schalter

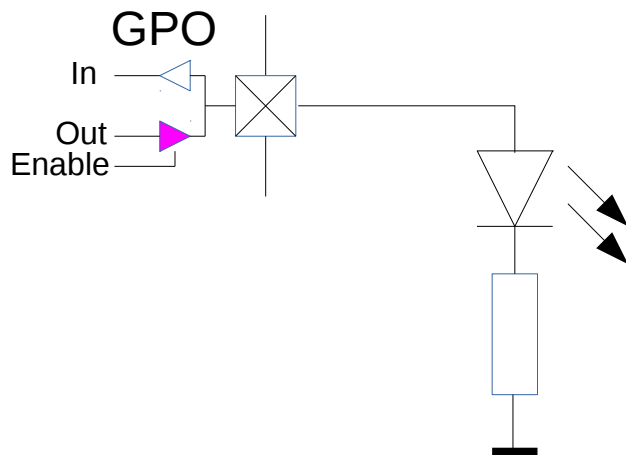


Einfache Ausgangsbeschaltung

- Ausgang



- Beispiel LED



Annahme:

- LED 2,2V und 10 mA
- VCC des GPIO ist 5V

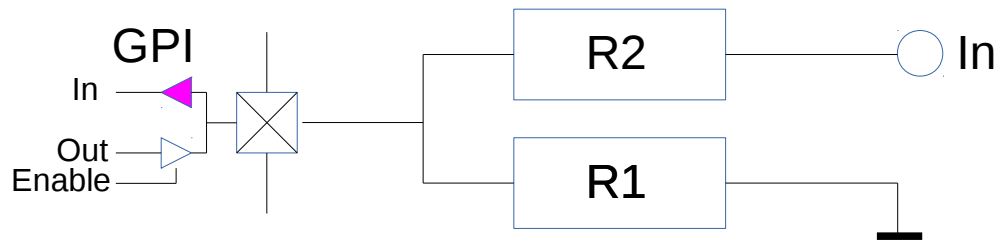
Berechnung Widerstand:

$$R = (5 \text{ V} - 2,2 \text{ V}) / 0,01 \text{ A} = 380 \text{ Ohm}$$

Gewähltes R (E12-Reihe): 390 Ohm

Eingangsbeschaltung für höhere Spannungen (bis 50V)

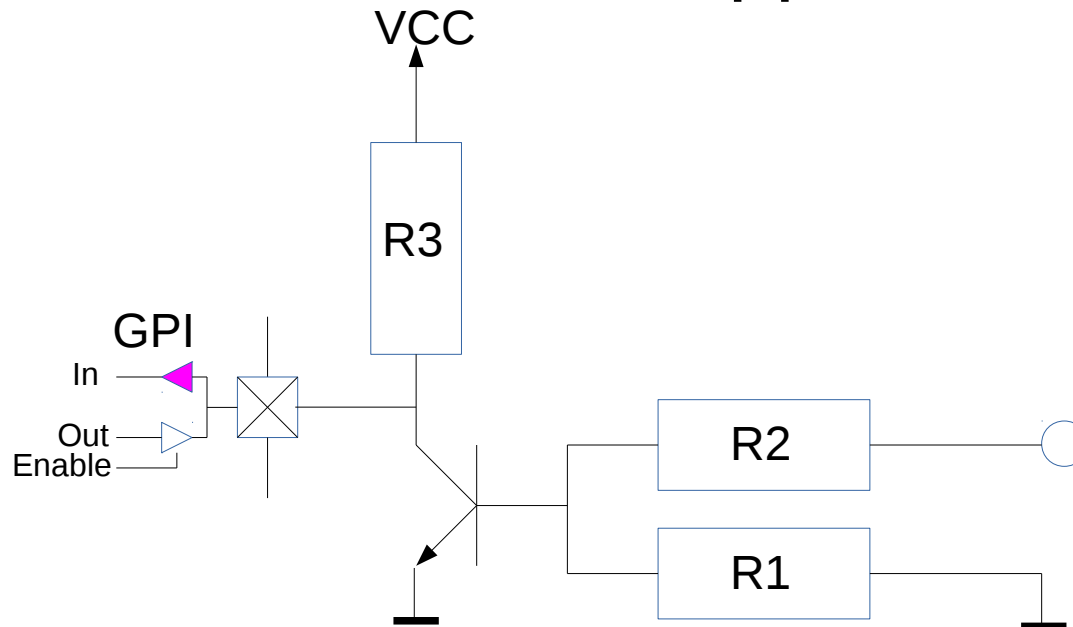
- Spannungsteiler:



Beispielberechnung für 15V V_{in}
bei 5 V GPIO:

$$\begin{aligned} R1 &= 10 \text{ k}\Omega \text{ (Standardwert)} \\ I_{R1} &= 5 \text{ V} / 10000 \text{ Ohm} = 0,5 \text{ mA} \\ R2 &= (15 \text{ V} - 5 \text{ V}) / 0,5 \text{ mA} \\ R2 &= 20 \text{ k}\Omega \\ &\Rightarrow \text{(E12-Reihe) } 22 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

- Transistor als Entkoppler:



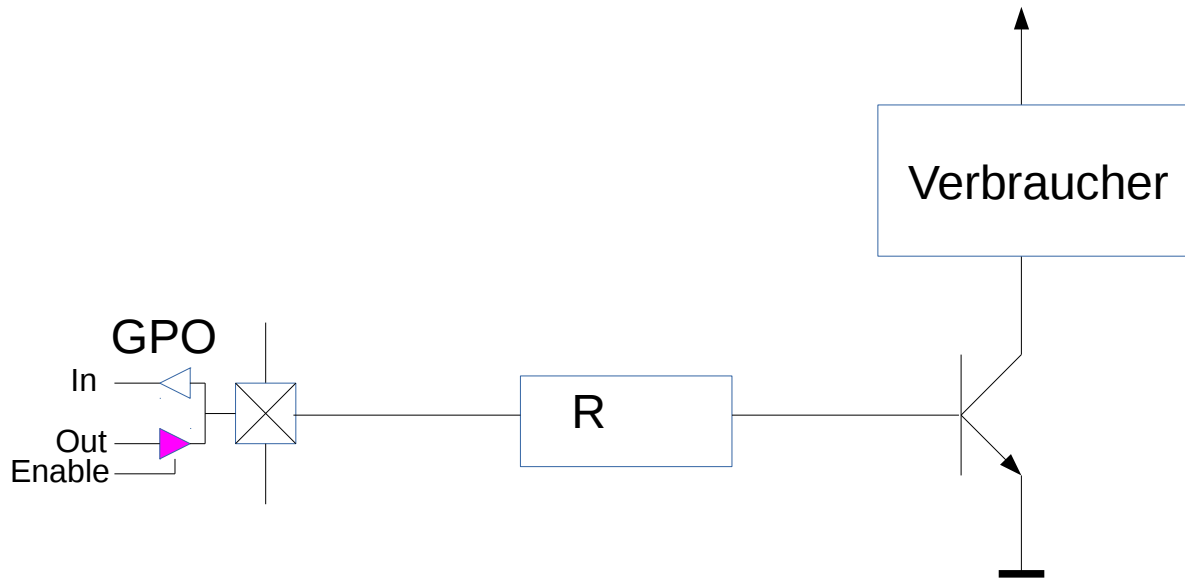
Beispielberechnung für 15V V_{in}
bei 5 V GPIO:

$$\begin{aligned} R1 &= 10 \text{ k}\Omega \text{ (Standardwert)} \\ R3 &= 10 \text{ k}\Omega \text{ (Standardwert)} \\ I_{R1} &= 0,7 \text{ V} / 10000 \text{ Ohm} = 0,07 \text{ mA} \\ R2 &= ((15 \text{ V})/2 - 0,7 \text{ V}) / 0,07 \text{ mA} \\ R2 &= 97 \text{ k}\Omega \\ &\Rightarrow \text{(E12-Reihe) } 100 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Hinweis: Hier muss mit der Schaltspannung gerechnet werden, oben wurde mit Versorgungsspannung gerechnet (einfacher)

Ausgangsbeschaltung für mittlere Ströme und Spannungen

- Transistor als Treiberstufe:



Ausgangsbeschaltung für hohe Ströme oder Spannungen

- Schalt-Relais mit Transistoransteuerung:

