

Leseprobe aus Kapitel 8 ‚Elektronik‘ des Buchs

‚Strukturbildung und Simulation technischer Systeme‘

Weitere Informationen zum Buch finden Sie unter strukturbildung-simulation.de

In diesem Beispiel aus dem Kapitel 8.5 wird der Transistor als Emitterfolger (= Kollektor-Schaltung) simuliert. Seine Struktur zeigt, dass hier die Ausgangs-Spannung geregelt ist.

8.5.2 Die Kollektorschaltung

Die Kollektorschaltung wird wie die Emitterschaltung an der Basis angesteuert. Der Arbeitswiderstand R_E , an der die Ausgangsspannung abfällt, liegt in der Emitterleitung. So sind Eingang und Ausgang durch die leitende Emitterdiode ED gekoppelt und das Ausgangspotenzial folgt dem Eingang mit der typischen Diodenschwelle von 0,7V (Emitterfolger).

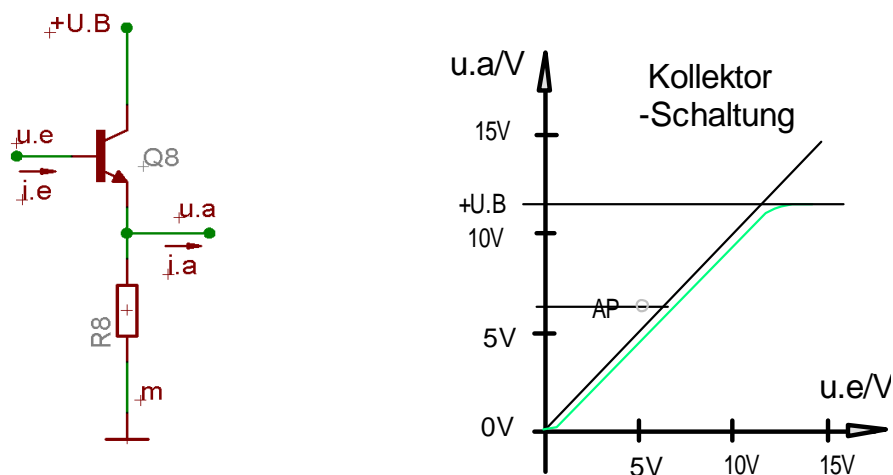


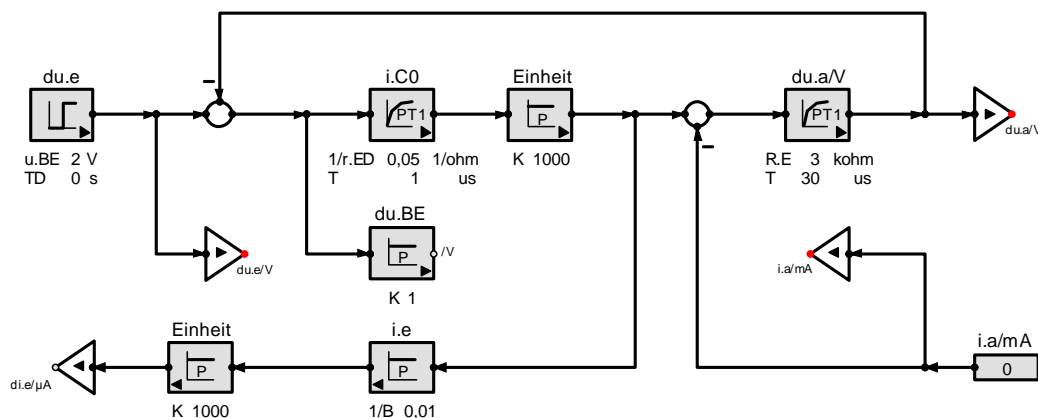
Abb. 8.5.2-1 Die Kollektorschaltung. Das Emitter-Potenzial folgt dem Basis-Potenzial mit einer Diodenschwelle ($\approx 0,7V$).

Arbeitspunkt

Ein bestimmter Arbeitspunkt muss nicht eingestellt werden. Wir legen ihn, um ein konkretes Beispiel rechnen zu können, auf die halbe Versorgungsspannung: $u.a0 = 6V$, $i.c0 = 2mA$. Damit liegen alle Schaltungswiderstände fest: $R.C = 6V/2mA = 3k\Omega$

Mit $u.T = 33mV$ wird $r.ED = 33mV/2mA = 16,5\Omega$.

Um Zahlenbeispiele rechnen zu können, sei hier ein Transistor mittlerer Leistung mit einer Stromverstärkung $B = 100$ angenommen.



Struktur 7-20 Kollektorschaltung: Sie zeigt einen Regelkreis für die Ausgangsspannung am Emitter. Belastungsschwankungen werden proportional ausgeregelt.

Dynamische Berechnung

Die abgebildete Struktur der Kollektorschaltung zeigt einen Regelkreis für die Ausgangsspannung $u.a$ (direkte Rückführung). Der Transistor vergleicht durch seine spannungsempfindliche Emitterdiode die Ausgangsspannung (Istwert $u.a$) mit der Eingangsspannung (Sollwert $u.e$) und stellt damit den Kollektorstrom $i.C$ (Stellgröße) so ein, dass $u.a$ dem Eingangspotenzial $u.e$ mit der annähernd konstanten Diodenschwelle folgt. Störgröße ist der Ausgangsstrom $i.a$.

Die dynamischen Parameter der Kollektor-Schaltung werden mit der Gleichung zur Berechnung von Gegenkopplungen aus der Struktur abgelesen:

Die Kreisverstärkung $V.0 = k.V \cdot k.R$ ist hier $R.E/r.ED = (U.B/2)/u.T = 150$. Das ist groß gegen 1. Also ist die Schaltung eine Regelung. Die Regelabweichung ist kleiner als $U.T = 30\text{mV}$, geht also gegen 0V.

Die Vorwärtskonstante $k.V$ - der direkte Weg zwischen Ein- und Ausgang in Signalflossrichtung - hängt von der jeweiligen Fragestellung ab. Für die Schaltungsdaten erhalten wir:

Spannungsverstärkung $v.u = \Delta u.a / \Delta u.e$

$$v.u = + \frac{R_E}{R_E + r_{ED}} \approx 1 - r.ED / R.E < 1$$

- wegen der mit $i.C$ geringfügig steigenden $u.BE$ etwas kleiner als 1,

Eingangs-Widerstand $r.e = \Delta u.e / \Delta i.e$

$$r.e = B * (R_E + r_{ED}) \quad \text{- groß durch die hohe Stromverstärkung } B \text{ und den großen } R.E$$

Ausgangs-Widerstand $r.a = \Delta u.a / (-\Delta i.a)$

$$r.a = r_{ED} // R_E \approx r_{ED} \quad \text{- klein durch die leitende Emitterdiode}$$

Strom-Rückwirkung $v.r = \Delta i.e / -\Delta i.a$

$$v.r = \frac{-R.C / B}{R.C + r.ED} \approx -1 / B \quad \text{- klein bei hoher Stromverstärkung}$$

Zeitkonstante $\tau = (r.ED // R.E) \cdot C.E = 1/2\pi \cdot f.g$ - klein durch $r.ED$

Temperaturgang $G.T = du.a/dT = +2\text{mV/K}$ (gering)

Dadurch wird die Spannungsverstärkung nahezu 1 und der Ausgangswiderstand klein ($r.ED$). Durch die Stromverstärkung des Transistors wird der Eingangswiderstand groß (Impedanz-Wandler).

Achtung: Die Kollektorschaltung ist ein Regelkreis. Regelkreise können durch Verzögerungen im Kreis instabil werden. Dann oszilliert der Ausgang bereits ohne Eingangssignal.

Die Ursache dafür und ihre Beseitigung wird in Kapitel **8 Regelungstechnik** behandelt.

Technische Daten

Stromverstärkung $B.ges = i.C/i.B = B1 \cdot B2$; Spannungsabfall $u.BE \approx 1,3\text{V}$

Sprungantwort eines Emitterfolgers (=Kollektor-Schaltung)

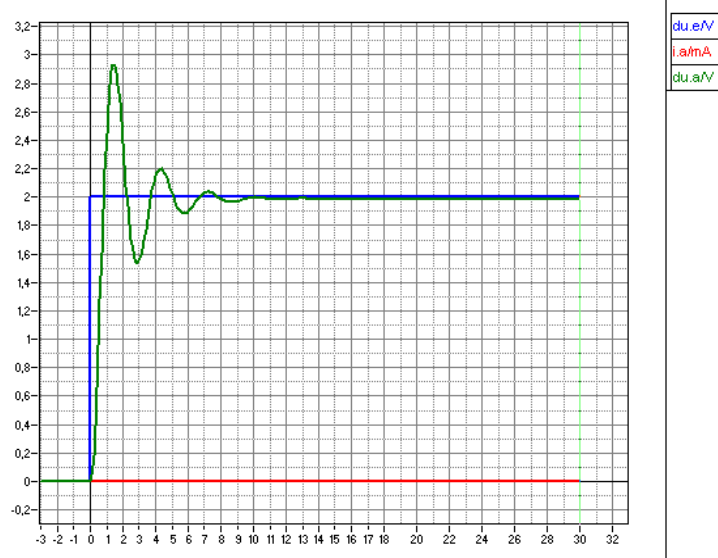


Abb. 8.5.2-2 blau = u.e-Sprung, grün = u.a-Sprungantwort. U.a folgt u.e sehr schnell, aber die Stabilität ist schlecht. Gefahr der Instabilität.

8.5.3 Darlington-Transistoren

Die Kollektorschaltung ist durch die Stromverstärkung des Transistors hochohmig im Eingang. Wenn das noch nicht genügt, weil die ansteuernde Quelle keine Belastung verträgt oder weil der Ausgang sehr viel Strom benötigt, können mehrere Transistoren hintereinander geschaltet werden.

Eine Hintereinanderschaltung zweier Transistoren heißt ‚Darlington-Transistor‘. Darlington-Transistoren werden integriert in einem Gehäuse angeboten. Sie lassen sich auch aus komplementären Transistoren realisieren:

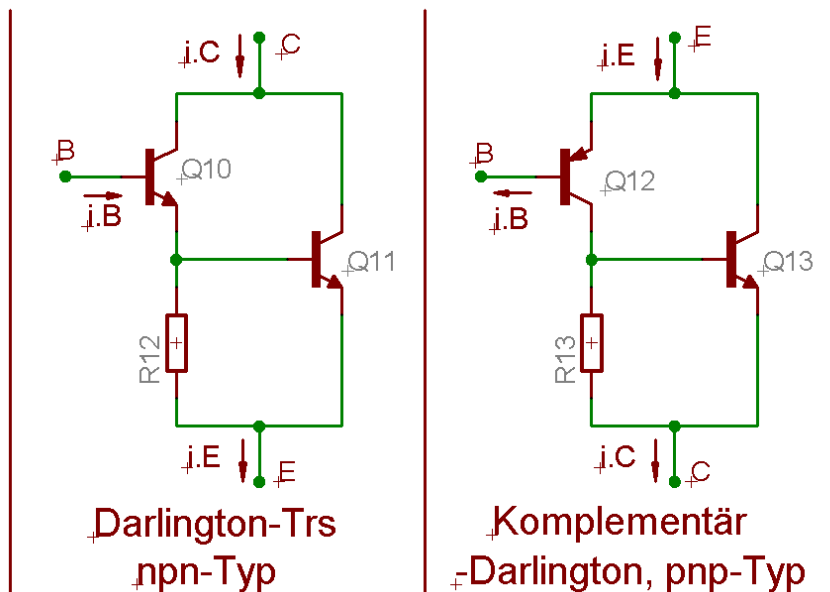
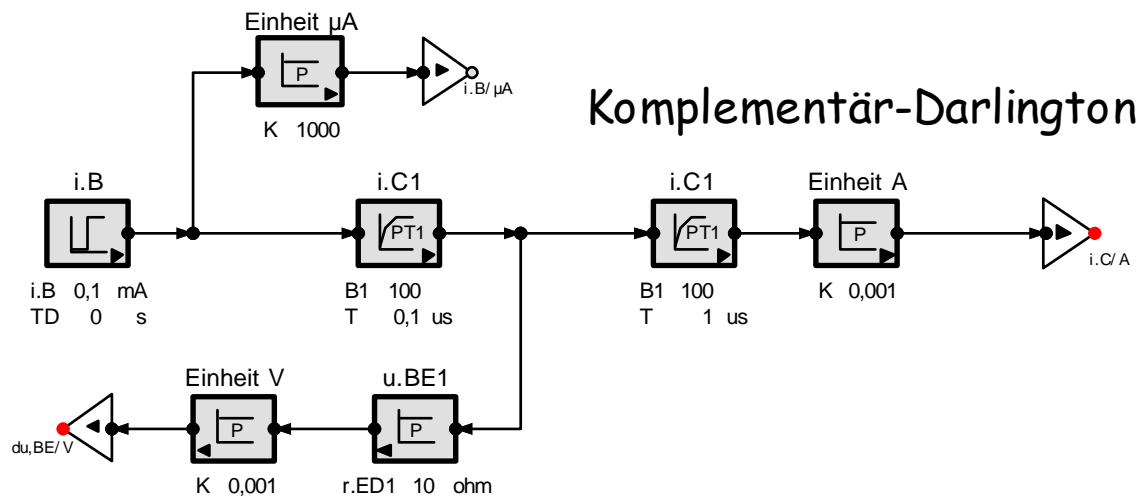


Abb. 8.5.3-1 Bei Darlington-Schaltungen multiplizieren sich die Stromverstärkungen beider hintereinander geschalteten Transistoren. Der Widerstand parallel zu einer Emitterdiode verhindert, dass sich die Schaltung thermisch leitend steuert.

Komplementär-Darlington



Struktur 7-21 Darlington-Transistoren

Technische Daten

Stromverstärkung $B_{ges} = i.C/i.B = B1 \cdot B2$

Spannungsabfall $u.BE \approx 0,65V$