

Vergleich von Möglichkeiten zur Arbeitspunkteinstellung

Erweiterungen: keine

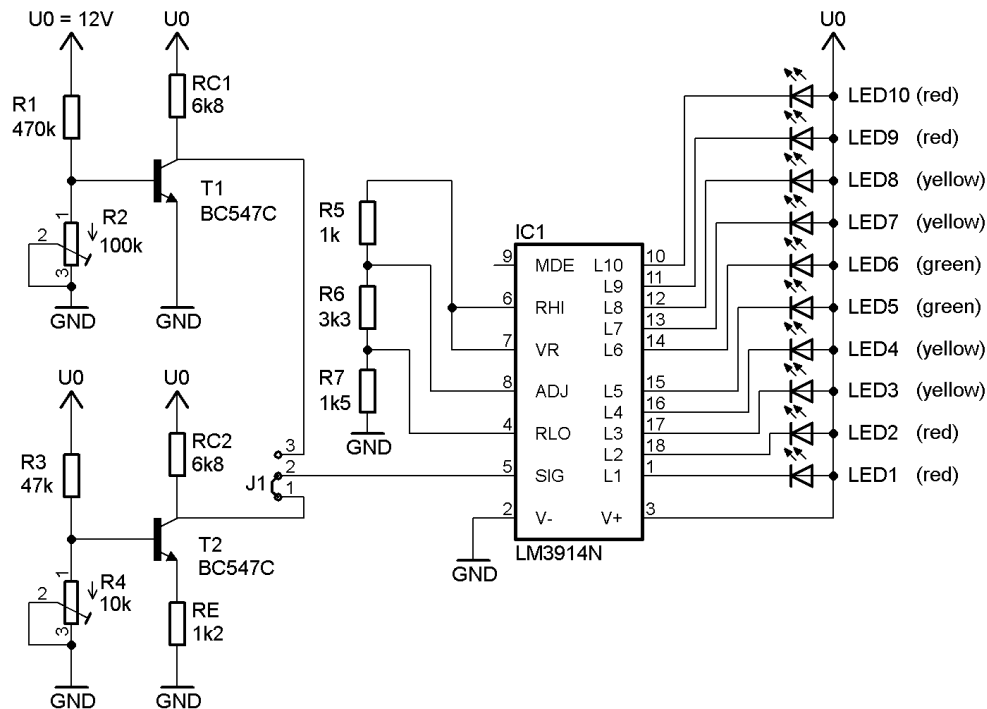


Abb. 1: Schaltplan

Versuchsbeschreibung

Dieser Versuch soll in Anlehnung an [HLST-Skript, Kapitel 6.5] die Einstellung des Arbeitspunkts einer Emitterschaltung mit Hilfe eines Basisteilers, einmal mit und einmal ohne Emittterwiderstand, gegenüberstellen. Dabei soll hauptsächlich die Temperaturempfindlichkeit beider Schaltungen untersucht werden. Als Maß für die Temperaturempfindlichkeit soll uns jeweils das Kollektorpotential V_C beider Schaltungen dienen und die Abweichung vom Sollwert sichtbar gemacht werden.

Funktionsbeschreibung

Als Anzeigeelement verwenden wir den Treiberbaustein LM 3914 (die genaue Funktionsweise finden Sie in der Einleitung) in Kombination mit einer 10-köpfigen LED-Reihe, welche uns die Abweichung vom gewünschten Arbeitspunkt anzeigen soll. Dazu legen wir das jeweilige Kollektorpotential an den Signaleingang (PIN 5) des Treibers. Befindet sich V_C der jeweiligen Schaltung beim Sollwert, so leuchtet LED₅ (grün). Verschiebt sich V_C hingegen nach oben oder unten, so macht sich dies durch ein "Wandern" des LED-Lichts bemerkbar (Abb. 2)

Der Sollwert des Kollektorpotentials beider Schaltungen soll ohne Temperatureinfluss etwa bei der halben Betriebsspannung (6V) liegen. Um den Sollwert einstellen zu können, ist jeweils einer der beiden Basisteilerwiderstände als Präzisions-Trimмер ausgeführt.

Das Prinzip ist einfach: $U_{BE} \uparrow \downarrow \Rightarrow I_C \uparrow \downarrow \Rightarrow V_C \downarrow \uparrow$

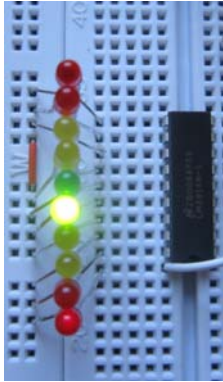


Abb. 2a: V_C OK

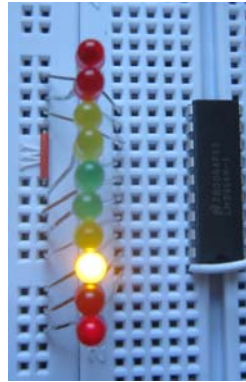


Abb. 2b: V_C zu gering

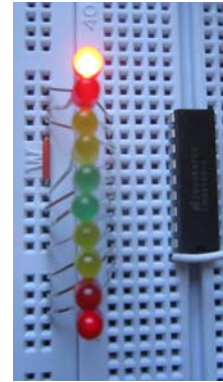


Abb. 2c: V_C viel zu hoch

Versuchsdurchführung

Am einfachsten ist es, die beiden Emitterschaltungen am oberen und unteren Rand des Steckbretts und die Auswerteschaltung dazwischen aufzubauen. So können Sie leicht den Draht von PIN 5 am Treiberbaustein an den Kollektor der jeweiligen Emitterschaltung umhängen. Stellen Sie den Trimmer der Schaltung, welche Sie untersuchen möchten, so ein, dass nur *LED5* leuchtet. Nun haben Sie das Kollektorpotential auf den Sollwert eingestellt.

Hinweis: bei der Schaltung ohne Emitterwiderstand kann es vorkommen, dass immer mehrere LEDs gleichzeitig leuchten, da sich V_C andauernd in einem gewissen Bereich verändert. Dies stellt also keine Schaltungsfehler Ihrerseits dar, sondern ist durch die Instabilität des Arbeitspunktes bedingt.

Sie können nun z.B. einen handelsüblichen Haarfön verwenden, um die Betriebstemperatur des Transistors zu erhöhen. Sie sollten nun sehen, dass das LED-Licht "wandert". Bei der oben angegebenen Dimensionierung entsprechen die äußeren beiden roten LEDs (1 und 10) bereits einer Abweichung von 50% vom Sollwert. Mit Kältespray oder einer mit Eiswasser gefüllten Plastiktüte können Sie den Transistor abkühlen. Untersuchen Sie beide Schaltungen auf ihre Temperaturempfindlichkeit. Die Unterschiede sollten doch sehr markant ausfallen. Sie können auch den Emitterwiderstand variieren und beobachten, wie sich dies auf die T-Stabilität auswirkt.

Sie können die beiden Schaltungen auch auf Designfestigkeit (Bauteilstreuungen) untersuchen. Tauschen Sie dazu einfach die Transistoren beider Schaltungen mehrfach aus und beobachten Sie, wie sich das Kollektorpotential verändert.

Anmerkung: Wenn Sie im [HLST-Skript, Kapitel 6.5] nachlesen, so werden Sie erkennen, dass ein hochohmiger Basisteiler die Temperaturabhängigkeit verringert. Der Basisteiler bei der Schaltung ohne Emitterwiderstand wurde absichtlich eine Größenordnung höher gewählt, was dieser Schaltung eigentlich einen Vorteil verschaffen sollte. Sehen Sie aber selbst, ob dieser Vorteil relevant ist. Sie könnten alternativ auch Schaltungen untersuchen die lediglich mit einem Basiswiderstand auskommen. Dabei müssen Sie aber aufgrund der Exemplarstreuung der Stromverstärkung etwas mit den Widerstandswerten experimentieren bis Sie den Wunscharbeitspunkt realisieren können.

Dimensionierung

Betrachten wir zuerst die Emitterschaltungen. Wir wünschen uns in beiden Schaltungen für das Kollektorpotential V_C einen Sollwert von 6V. Der Kollektorstrom I_C soll ca. 1mA betragen. Die Spannung an R_E sei mit 1V gewählt.

Der Kollektorwiderstand berechnet sich zu

$$R_{C1} = R_{C2} = \frac{U_0 - V_C}{I_C} = \frac{6V}{1mA} = 6k\Omega \rightarrow 6,8k\Omega \text{ gewählt} \rightarrow I_C = \frac{6V}{6,8k\Omega} = 0,88mA$$

Für die weitere Dimensionierung nehmen wir U_{BE} beider Schaltungen mit $0,7V$ an. Genau genommen ist diese Annahme bei der Schaltung ohne R_E nicht zulässig. Warum dies so ist, können Sie im [HLST-Skript, Kapitel 6.5.3] nachlesen. Da wir jedoch V_C später ohnehin mit einem Trimmer genau einstellen, wollen die Annahme trotzdem heranziehen, um die Größenordnung des Trimmers abschätzen zu können¹. Weiters vernachlässigen wir die Basisströme und rechnen mit unbelasteten Spannungsteilern.

$$U_{R2} = U_{BE} \approx 0,7V \rightarrow \frac{0,7V}{11,3V} = \frac{R_2}{R_1} \rightarrow R_1 = 470k\Omega, R_2 = 29k\Omega \text{ (100k}\Omega \text{ Trimmer)}$$

$$U_{R4} = U_{RE} + U_{BE} \approx 1,7V \rightarrow \frac{1,7V}{10,3V} = \frac{R_4}{R_3} \rightarrow R_3 = 47k\Omega, R_4 = 7,8k\Omega \text{ (10k}\Omega \text{ Trimmer)}$$

$$R_E = \frac{1V}{I_E} \approx \frac{1V}{I_C} = \frac{1V}{0,88mA} = 1,13k\Omega \rightarrow 1,2k\Omega \text{ gewählt}$$

Kommen wir nun zur Dimensionierung des LED-Treibers. Um die nachfolgenden Schritte zu verstehen, ist es empfehlenswert, die Funktionsweise des LM 3914 bereits zu kennen. Eine kurze Zusammenfassung finden Sie in der Einleitung. Details können Sie dem Datenblatt entnehmen. Weiters wird die Dimensionierung des Treibers im Versuch "Knight-Rider Lauflicht" etwas ausführlicher erklärt.

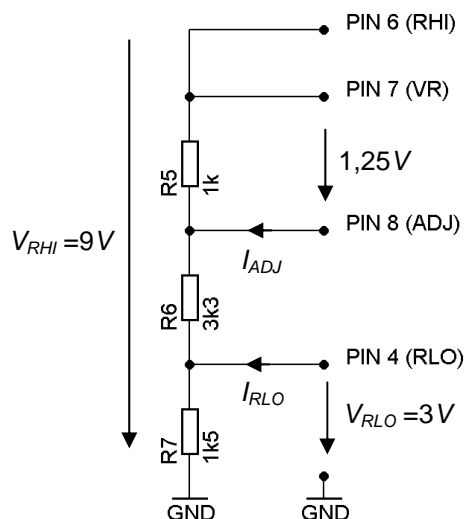


Abb. 3: Referenzquelle des LM 3914 Treibers (zwischen den Pins 6 und 4 befindet sich IC-intern ein Gesamtwiderstand von ca 10k)

Wir wählen den Aussteuerbereich des Treibers so, dass wir eine Abweichung vom Sollwert von 50% gerade noch darstellen können. Das heißt, dass bei einem Sollwert von 6V der Aussteuerbereich von 3V bis 9V reichen muss.

$$U_{R5} = 1,25V \quad I_{ADJ} \approx 50\mu A \quad I_{RLO} \approx \frac{V_{RHI} - V_{RLO}}{10k\Omega} = 600\mu A$$

Wenn wir R_5 mit $1k\Omega$ wählen, so erhalten wir für V_{RLO} und V_{RHI} folgenden Gleichungen und können daraus die restlichen Widerstände bestimmen:

¹ Zur genauen Dimensionierung müsste man die Transistorkennlinie heranziehen (ein weiterer Nachteil der Schaltung). Es ist jedoch zu erwarten, dass mit Basis-Emitterspannungen um die $0,7V$ herum der gewünschte Arbeitspunkt realisiert werden kann.

$$V_{RLO} = \left(\frac{U_{R5}}{R_5} + I_{ADJ} + I_{RLO} \right) * R_7 \rightarrow R_7 = \frac{V_{RLO}}{\frac{U_{R5}}{R_5} + I_{ADJ} + I_{RLO}} = \frac{3V}{1,9mA} = 1,58k\Omega \rightarrow 1,5k\Omega$$

$$V_{RHI} = V_{RLO} + \left(\frac{U_{R5}}{R_5} + I_{ADJ} \right) * R_6 + U_{R5} \rightarrow R_6 = \frac{V_{RHI} - V_{RLO} - U_{R5}}{\frac{U_{R5}}{R_5} + I_{ADJ}} = \frac{4,75V}{1,3mA} = 3,65k\Omega \rightarrow 3,3k\Omega$$