

“Knight – Rider“ Lauflicht

Erweiterungen: keine

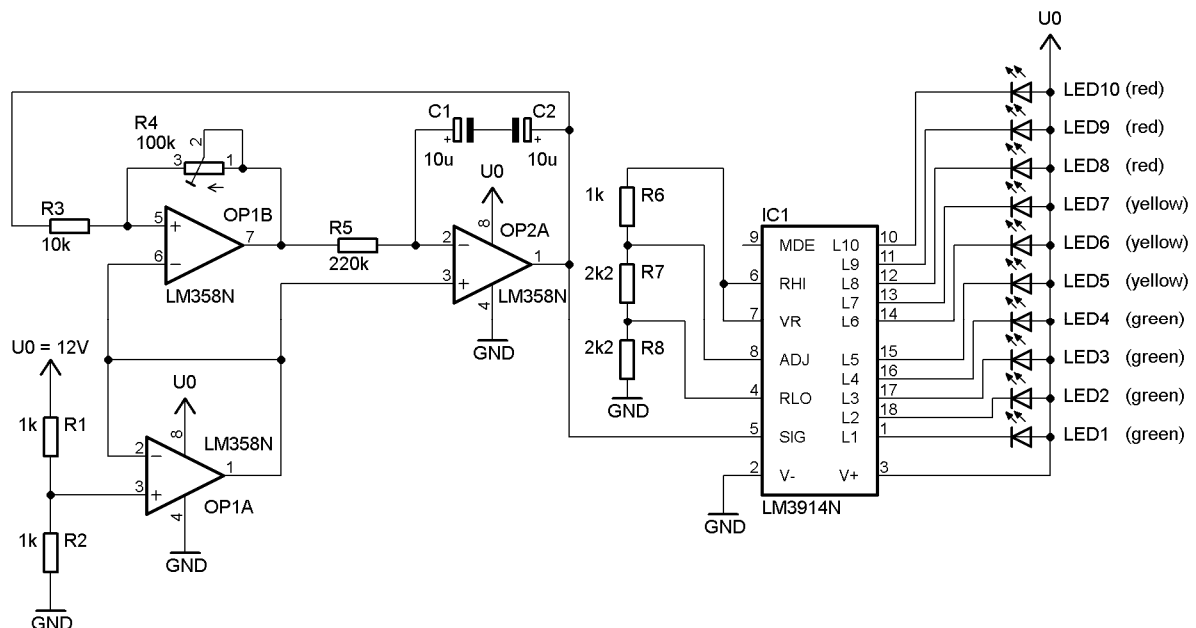


Abb. 1: Schaltplan

Hinweis:

Die Serienschaltung von C_1 und C_2 in antiserieller Weise ermöglicht es die Kombination beider Kondensatoren in bipolarer Weise zu betreiben. Dies ist notwendig, da sowohl positive als auch negative Spannungen an der Gesamtkapazität auftreten.

Versuchsbeschreibung

Mit Hilfe dieser Schaltung lässt sich das bekannte, links-rechts laufende Lauflicht aus der Fernsehserie “Knight-Rider“ realisieren.

Funktionsbeschreibung

Der linke Schaltungsteil (ohne den Treiberbaustein) realisiert einen Funktionsgenerator. Am Ausgang von OP_{1B} liegt ein Rechtecksignal, am Ausgang von OP_{2A} hingegen ein Dreiecksignal. Genauer genommen handelt es sich um ein Dreiecksignal dem ein DC-Offset von $U_0/2$ überlagert ist.

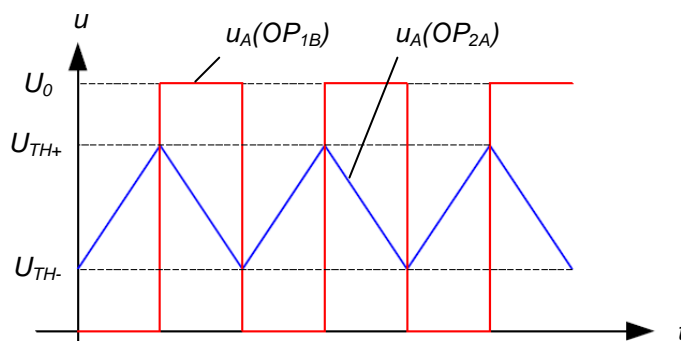


Abb. 2: Signalverläufe an den OP Ausgängen

Wie es genau zu diesen Verläufen kommt, wird im Versuch "Dimmen einer LED mittels Pulsweitenmodulation" ausführlich beschrieben. Damit Sie aber trotzdem einen kurzen Überblick gewinnen können, hier eine kurze Zusammenfassung:

OP_{1B} arbeitet zusammen mit R_3 und R_4 als nicht invertierender Schmitt-Trigger (S-T), OP_{2A} zusammen mit R_5 und C_1 als invertierender Integrator. Wenn sich der S-T in der pos. Sättigung befindet, fällt die Ausgangsspannung am Integrator zeitlich linear. Sobald die untere Schaltschwelle U_{TH-} des S-T unterschritten wird, kippt dieser in die neg. Sättigung und die Ausgangsspannung am Integrator steigt linear. Dieser Zyklus beginnt von vorn, sobald die obere Schaltschwelle U_{TH+} des S-T überschritten wird. Damit beide OPs symmetrisch aussteuern können, heben wir mit Hilfe von OP_{1A} das Bezugspotential auf $U_0/2$ an.

Für unser Laufflicht nutzen wir in weitere Folge das Dreieckssignal am Ausgang von OP_{2A} . Dazu legen wir dieses an den Eingang des Treiberbausteins *LM 3914*. Die genaue Funktionsweise des Treiberbausteins finden Sie in der Einleitung. Mit Hilfe der internen Referenzspannung des *LM 3914* und den Widerständen R_6 , R_7 und R_8 erzeugen wir uns die nötigen Vergleichsspannungen. Bei einer Dimensionierung laut *Abb. 1* liegen diese Spannungen in etwa bei $V_{RLO} = 3V$ und $V_{RHI} = 9V$.

Da wir PIN 9 (*MDE*) des Treibers offen gelassen haben, arbeitet dieser im DOT-Betrieb, d.h. es leuchtet immer nur die LED, welche dem aktuellen Wert der Eingangsspannung entspricht. Da die Eingangsspannung nun linear steigt und fällt, erhalten wir das "Knight-Rider" Laufflicht.

Um den Aussteuerbereich des Treibers möglich gut auszunutzen, können wir mit Hilfe von R_4 , welcher als Spindeltrimmer ausgeführt ist, U_{TH-} und U_{TH+} einstellen und somit auch den Spitze-Spitze Wert des Dreieckssignals.

Dimensionierung

Die genaue Dimensionierung des Funktionsgenerators finden Sie ebenfalls im Versuch "Dimmen einer LED mittels Pulsweitenmodulation". Wir wollen daher hier nur die bereits hergeleiteten Formeln anwenden und unsere Zahlenwerte einsetzen.

Im Wesentlichen wird durch den Schmitt-Trigger die Amplitude und durch den Integrator die Frequenz des Dreieckssignals bestimmt. Wir wünschen uns eine Frequenz von 0,5Hz und einen Spitze-Spitze Wert von 6V¹⁾.

Die Schaltschwellen des Schmitt-Triggers ergeben sich zu $U_{TH\pm} = \pm U_B \frac{R_3}{R_4} + \frac{U_0}{2} = \pm 6V \frac{R_3}{R_4} + 6V$

Wobei U_B die theoretische, symmetrische Versorgungsspannung des OPs bezeichnet, wenn wir uns das Bezugspotential um $U_0/2$ angehoben vorstellen. Wenn wir z.B. die Gleichung für die obere Schaltschwelle lösen, so erhalten wir für das Widerstandsverhältnis

$$9V = 6V \frac{R_3}{R_4} + 6V \rightarrow \frac{R_3}{R_4} = \frac{1}{2} \rightarrow R_3 = 10k\Omega, R_4 = 20k\Omega \text{ gewählt}$$

Da die Bauteile, speziell die ELKOs, Toleranzen aufweisen und somit eine ganz genaue Dimensionierung nicht möglich ist, führen wir R_4 als Spindeltrimmer-Poti aus, um den Spitze-Spitze Wert des Dreieckssignals später noch einstellen zu können.

Für die Periodendauer des Signals erhalten wir folgenden Ausdruck $T = \frac{U_{TH+} - U_{TH-}}{6V} * 2R_5 \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

$$\begin{aligned} C_1 = C_2 = C \\ \rightarrow T = 2R_5 \frac{C}{2} = 2s \rightarrow C = 10\mu F, R_5 = 220k\Omega \text{ gewählt} \end{aligned}$$

¹⁾ Selbstverständlich können Sie das Experiment mit anderen Werten durchführen. Die Schaltung wurde mit diesen Werten lediglich auf Funktion getestet.

Kommen wir nun zu den Vergleichsspannungen des Treiberbausteins.

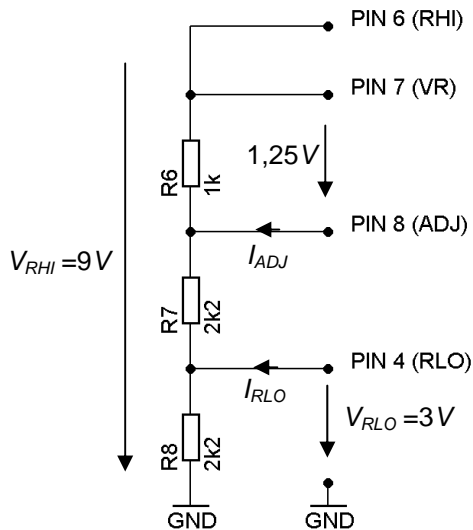


Abb. 3: Referenzquelle des LM3914 Treibers

Wie Sie auch in der Einleitung nachlesen können, fallen zwischen PIN 7 und 8 immer 1,25V ab. Diese interne Spannungsreferenz des LM 3914 ist weitgehend unabhängig von der Last. Die höchst zulässigen Ströme bzw. weitere Eigenschaften der Referenzquelle können Sie dem Datenblatt entnehmen. Mit Hilfe der Referenzspannung und einem Spannungsteiler können wir nun sehr einfach unsere Vergleichsspannungen erzeugen. Die beiden Ströme I_{ADJ} und I_{RLO} sind als nicht ideale Eigenschaften der Referenzquelle aufzufassen und sollten bei genauer Berechnung berücksichtigt werden. Die Strom I_{ADJ} wurden experimentell $I_{ADJ} \approx 50\mu A$ bestimmt (laut Datenblatt typ. $75\mu A$). I_{RLO} ergibt sich aus der Tatsache, dass zwischen Pin 4 und 6 IC-intern ein Widerstand von ca. $10k\Omega$ auftritt, daher gilt $I_{RLO} \approx (V_{RHI} - V_{RLO}) / 10k\Omega$

Der Strom durch die LEDs und somit auch die Helligkeit wird durch den Strom, welcher aus PIN 7 fließt, gesteuert. Es gilt gemäß Datenblatt folgende Beziehung: $I_{LED} = 10 I_{PIN7}$. Um vernünftige LED-Ströme zu realisieren, ist es daher ratsam, R_6 im Bereich von $1k\Omega$ zu wählen, da durch diesen I_{PIN7} maßgeblich bestimmt wird.

Wenn wir die Fehlerströme in der Berechnung berücksichtigen und R_6 mit $1k\Omega$ wählen, so erhalten wir für V_{RLO} und V_{RHI} folgende Gleichungen und können daraus die restlichen Widerstände bestimmen:

$$V_{RLO} = \left(\frac{1,25V}{R_6} + I_{ADJ} + I_{RLO} \right) * R_8 \rightarrow R_8 = \frac{V_{RLO}}{\frac{1,25V}{R_6} + I_{ADJ} + I_{RLO}}$$

$$\rightarrow R_8 = \frac{3V}{\frac{1,25V}{1k\Omega} + 50\mu A + 600\mu A} = 1,58k\Omega \rightarrow 1,5k\Omega \text{ gewählt}$$

$$V_{RHI} = V_{RLO} + \left(\frac{1,25V}{R_6} + I_{ADJ} \right) * R_7 + 1,25V \rightarrow R_7 = \frac{V_{RHI} - V_{RLO} - 1,25V}{\frac{1,25V}{R_6} + I_{ADJ}}$$

$$\rightarrow R_7 = \frac{4,75V}{\frac{1,25V}{1k\Omega} + 50\mu A} = 3,65k\Omega \rightarrow 3,9k\Omega \text{ gewählt}$$

Anmerkung:

Das Lauflicht funktioniert zwar mit den berechneten Werten, jedoch hat sich gezeigt, dass die Einstellung des Aussteuerbereichs bei einer Wahl von $R_7 = R_8 = 2,2k\Omega$, einfacher ist. Grund dafür ist unter anderem die nicht ganz symmetrische Dreiecksspannung. Die Asymmetrie entsteht dadurch, dass in der Realität der LM 358 (bei asymmetrischer Versorgung) weiter an die untere

Versorgungsspannung aussteuern kann, als an die obere. *Abb. 4* zeigt die simulierten Verläufe der OP-Ausgangsspannungen und soll die Problematik verdeutlichen.

Falls Sie oft mit elektronischen Schaltungen arbeiten, werden Sie sehen, dass die rechnerische Dimensionierung oft nur ein erster Anhaltspunkt ist. Oft müssen die Bauteilwerte beim realen Aufbau aufgrund von Einflüssen, die in der Berechnung nicht berücksichtigt werden, noch korrigiert werden. Sie werden jedoch feststellen, dass Sie sehr schnell ein Gefühl für die Größenordnung von Bauteilwerten bekommen, wenn Sie des Öfteren Schaltungen dimensionieren.

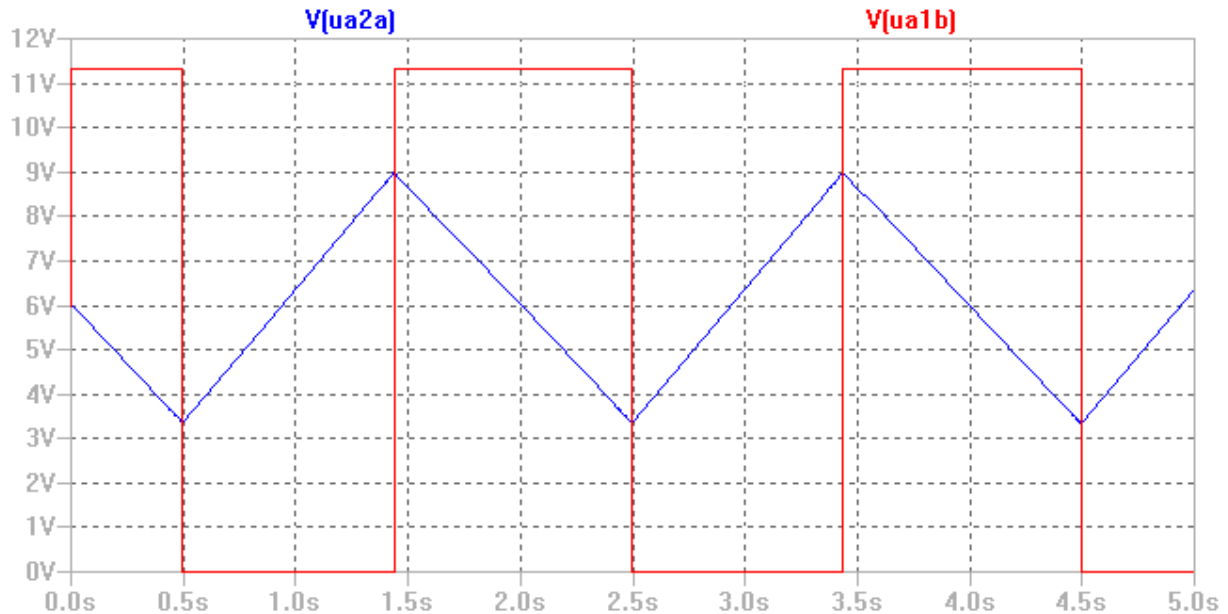


Abb. 4: Spice-Simulation der OP-Ausgangsspannungen