555-Blinker, Sequenzer, sonstige LED-Schaltungen

Blinker mit 2 AMVs

- Blinker (Var. 1 bis 3), AMVs unabhängig
- Blinker, AMVs abhängig
- Wechselblinker für Einsatzfahrzeuge

  Wechselblinker, AMVs unabhängig, Frequenz fest
  Wechselblinker, AMVs unabhängig, Frequenz abgleichbar
  Wechselblinker, AMV-Synchronisierung nach GND
  Wechselblinker, AMV-Synchronisierung nach 555-Schwellwert

Blinker und Sequenzer mit AMV und Digital-ICs

- Sequenzer mit dem 4017

  2-LED-Wechselblinker, 2x2 Pulse
  4-LED-Sequenzer
  4-LED-Sequenzer zur Fahrtrichtungsanzeige
  10-LED-Sequenzer
  10-LED-Sequenzer als Modellbahn-Lauflicht
  10-LED-Sequenzer (LED-Treiber)
  10-LED-Sequenzer (Emitterfolger-LED-Treiber)
  10-LED-Sequenzer (LED-Treiber mit Strombegrenzung)
  6-LED-Knight-Rider mit Dioden-Kodierung
  6-LED-Knight-Rider mit OR-Gatter-Kodierung
  6-LED-Knight-Rider (LED-Treiber mit Strombegrenzung)
  9-LED-Sequenzer mit 3s-Sequenz-Pause
  3-LED-Ampelschaltung (LED-Treiber)
  12-LED-Ampelschaltung
  6-LED-Ampelschaltung (LED-Treiber)
  5-LED-Start-Sequenzer (LED-Treiber)
  6-Step-Sequenzer als Würfel (LED-Treiber)
  10-Step-Sequenzer als Mini-Glücksrad
  10-Step-Sequenzer als Glücksrad (LED-Treiber)
  18-LED-Sequenzer (2x 4017)

Blinker mit 2 AMVs

Blinker mit 2 AMVs blinken nicht dauernd, sondern nach dem Schema Blinken-Pause-Blinken-Pause... usw. Ein AMV erzeugt eine relativ niedrige Frequenz für die Blinkintervalle, d.h. er bestimmt die Pausenlänge und die Länge des darauffolgenden Blinkens. Ein zweiter AMV erzeugt eine wesentlich höhere Blinkfrequenz für das (LED-)Blinken während der Blinkphase.

Je nach dem Frequenzverhältnis der beiden AMVs ergibt sich eine unterschiedliche Anzahl von Blinkimpulsen während einer Blinkphase.

Blinker (Var. 1 bis 3), AMVs unabhängig

Die 3 folgenden Blinker arbeiten mit unabhängigen AMVs, d.h. jeder AMV schwingt mit seiner eigenen Frequenz, ohne Beeinflussung vom anderen AMV. Beide AMVs sind also freilaufend. Die jeweilige AMV-Frequenz wird mit Ra1, Rb1 und C1 bzw. Ra2, Rb2 und C2 festgelegt. Dabei sorgt Diode Da1 mit Ra1 = Rb1 für den Tastgrad 0,5 des ersten AMV und Diode Da2 mit Ra2 = Rb2 für den Tastgrad 0,5 des zweiten AMV.

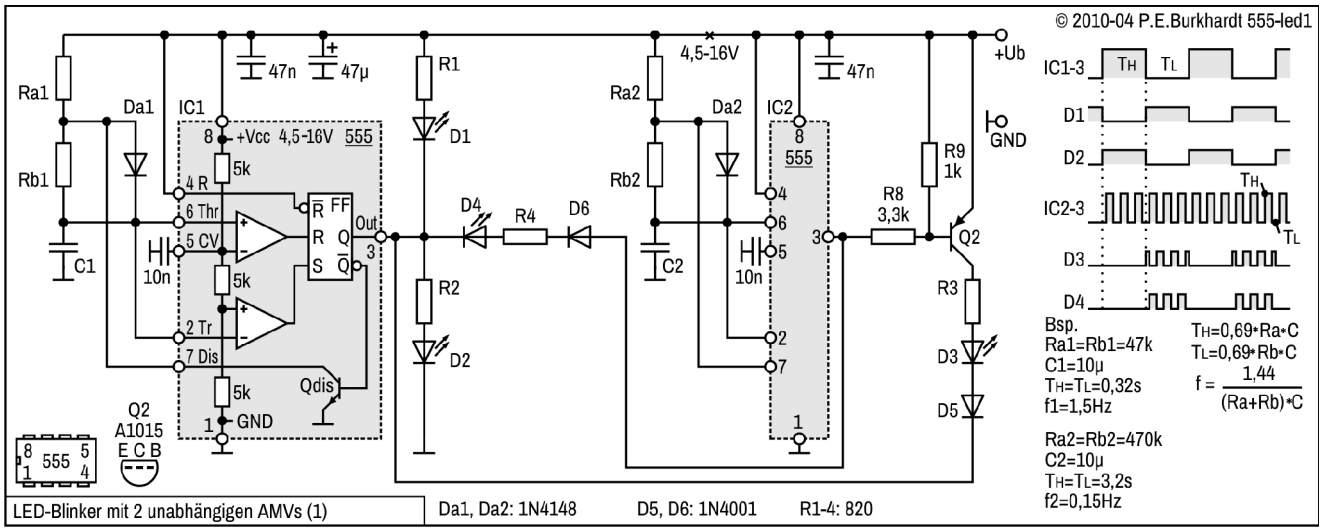
Der erste AMV (IC1) erzeugt die niedrige Frequenz für die Impulsintervalle (Blinkphase und Blinkpause). Der zweite AMV (IC2) erzeugt die höhere Frequenz für das Blinken während der Blinkphase.

Die Steuerung, wann das Blinken des Blink-AMVs wirksam wird, geschieht ausschließlich an den 555-Ausgängen durch Sperren oder Freigeben der entsprechenden Impulse. Wie gesagt, die AMVs selbst sind freilaufend.

Allen 3 Blinkern ist gemeinsam, dass die 4 LEDs bei gleichen AMV-Ausgangszuständen aufleuchten. Nur das Durchschalten der LEDs geschieht unterschiedlich, entweder direkt vom jeweiligen 555-Ausgang oder über zusätzlichen Schalttransistor.

Blinker-Variante (1)

Bei diesem Blinker sind für die gegenseitige AMV-Steuerung nur Transistor Q2 und Diode D6 notwendig.



LED-Blinker mit 2 unabhängigen AMVs, Variante 1

Wirkungsweise bei IC1-3 = H

Während IC1-3 = H (bedeutet: IC1 Pin 3 hat H-Potential) leuchtet nur LED D2. LEDs D1, D3 und D4 sind aus.

Wirkungsweise bei IC1-3 = L

Während IC1-3 = L leuchtet LED D1, LED D2 ist aus.

LED D4 leuchtet nur, wenn gleichzeitig IC2-3 = H ist.

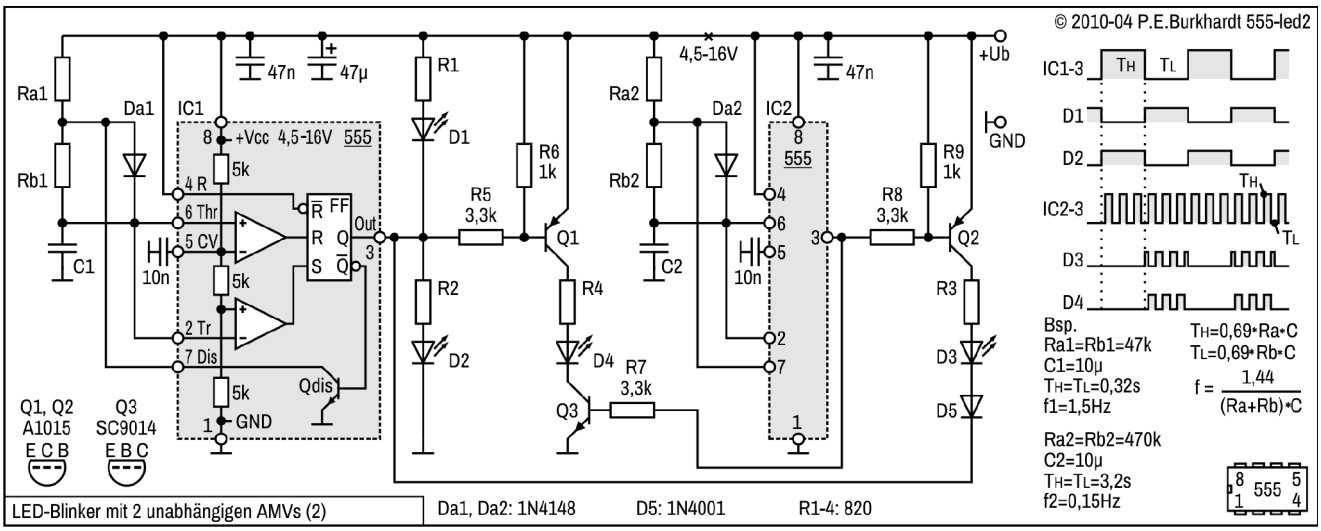
LED D3 leuchtet nur, wenn gleichzeitig IC2-3 = L ist. Grund: Das IC2-L liefert Q2-Basisstrom, Q2 ist leitend, D3 ist wegen IC1-3 = L ebenfalls leitend.

Fazit zur Variante 1

Für alle LEDs wirkt der maximal mögliche Strom der 555-Ausgangsstufe begrenzend.

Blinker-Variante (2)

Bei diesem Blinker sind für die gegenseitige AMV-Steuerung die 3 Transistoren Q1 bis Q3 zuständig.



Wirkungsweise bei IC1-3 = H

Während IC1-3 = H leuchtet nur LED D2. LEDs D1, D3 und D4 sind aus.

Wirkungsweise bei IC1-3 = L

Während IC1-3 = L leuchtet LED D1, LED D2 ist aus.

LED D4 leuchtet nur, wenn gleichzeitig IC2-3 = H ist. Grund: Das IC1-L liefert Q1-Basisstrom, das IC2-H liefert Q3-Basisstrom, Q1 und Q2 sind leitend, deshalb ist D4 ebenfalls leitend.

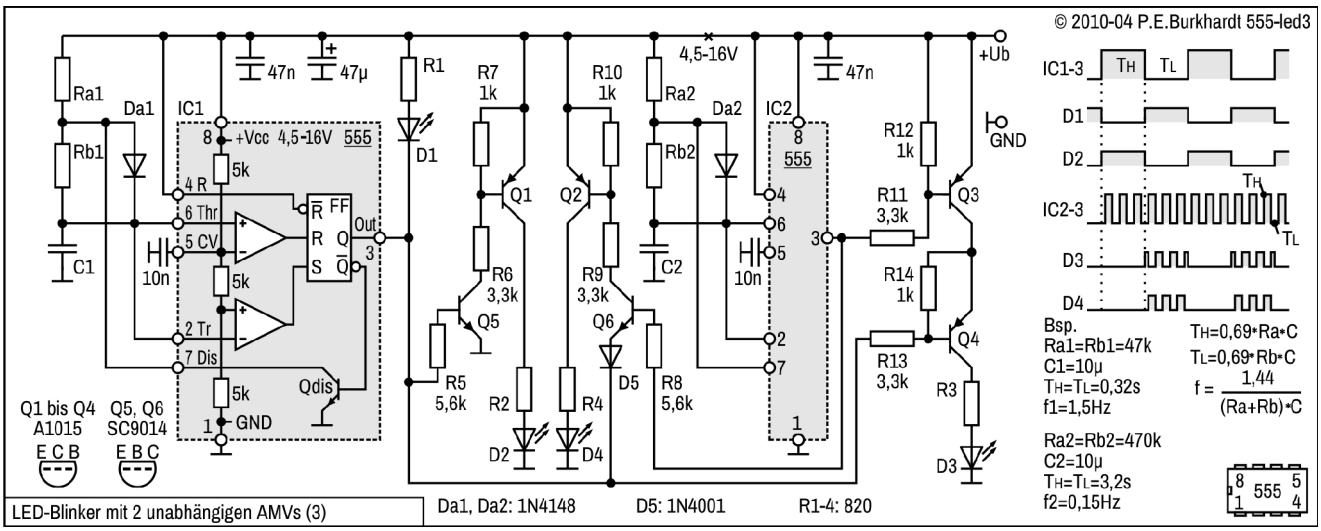
LED D3 leuchtet nur, wenn gleichzeitig IC2-3 = L ist. Grund: Das IC2-L liefert Q2-Basisstrom, Q2 ist leitend, D3 ist wegen IC1-3 = L ebenfalls leitend.

Fazit zur Variante 2

Für die LEDs D1, D2 und D3 wirkt der maximal mögliche Strom der 555-Ausgangsstufe begrenzend. D4 kann bei entsprechender Dimensionierung von Q1, R4 und Q3 mit stärkerem Strom betrieben werden.

Blinker-Variante (3)

Bei diesem Blinker sind für die gegenseitige AMV-Steuerung die 6 Transistoren Q1 bis Q6 zuständig.



Wirkungsweise bei IC1-3 = H

Während IC1-3 = H leuchtet nur LED D2. D2 leuchtet, weil IC1-H Q5-Basisstrom liefert und deshalb Q5 und Q1 sind leitend sind. LEDs D1, D3 und D4 sind aus.

Wirkungsweise bei IC1-3 = L

Während IC1-3 = L leuchtet LED D1, LED D2 ist aus.

LED D4 leuchtet nur, wenn gleichzeitig IC2-3 = H ist. Grund: Das IC2-H liefert Q6-Basisstrom, Q6 und Q2 sind leitend, deshalb ist D4 ebenfalls leitend.

LED D3 leuchtet nur, wenn gleichzeitig IC2-3 = L ist. Grund: Das IC2-L liefert Q3-Basisstrom, IC1-L liefert Q4-Basisstrom, Q3 und Q4 sind leitend, deshalb ist D3 ebenfalls leitend.

Fazit zur Variante 3

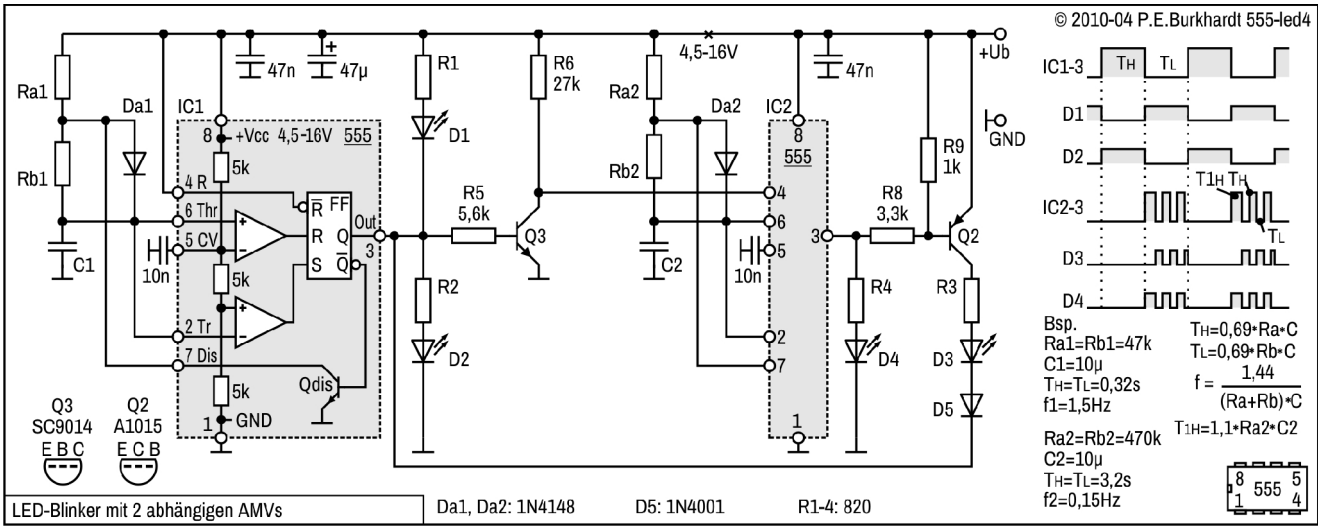
Nur für LED D1 wirkt der maximal mögliche Strom der 555-Ausgangsstufe begrenzend. D2, D3 und D4 können bei entsprechender Dimensionierung von Q1 bis Q4 mit stärkerem Strom betrieben werden.

Blinker, AMVs abhängig

Beim folgenden Blinker ist der zweite AMV (IC2) vom ersten AMV (IC1) abhängig. Der erste AMV ist freilaufend und sperrt den zweiten AMV immer dann, wenn der IC1-Ausgang L führt.

Die jeweilige AMV-Frequenz wird mit Ra1, Rb1 und C1 bzw. Ra2, Rb2 und C2 festgelegt. Dabei sorgt Diode Da1 mit Ra1 = Rb1 für den Tastgrad 0,5 des ersten AMV und Diode Da2 mit Ra2 = Rb2 für den Tastgrad 0,5 des zweiten AMV.

Der erste AMV (IC1) erzeugt die niedrige Frequenz für die Impulsintervalle (Blinkphase und Blinkpause). Der zweite AMV (IC2) erzeugt die höhere Frequenz für das Blinken während der Blinkphase.



Wirkungsweise bei IC1-3 = H

Während IC1-3 = H leuchtet nur LED D2. Transistor Q3 ist durchgesteuert, der Blink-AMV IC2 ist rückgesetzt. LEDs D1, D3 und D4 sind aus.

Wirkungsweise bei IC1-3 = L

Während IC1-3 = L leuchtet LED D1, LED D2 ist aus. Transistor Q3 ist gesperrt und gibt somit den Blink-AMV frei.

LED D4 leuchtet nur, wenn gleichzeitig IC2-3 = H ist.

LED D3 leuchtet nur, wenn gleichzeitig IC2-3 = L ist. Grund: Das IC2-L liefert Q2-Basisstrom, Q2 ist leitend, deshalb ist D3 ebenfalls leitend.

Fazit

Da der Blink-AMV IC2 vom Intervall-AMV IC1 durch Freigabe jedesmal neu gestartet wird, beginnt der IC2-AMV definitiv immer mit einer verlängerten H-Zeit. Er läuft gewissermaßen synchron an. Das Abschalten des Blink-AMV geschieht allerdings asynchron, da ja die AMV-Zeiten nicht voneinander abhängen.

Wechselblinker für Einsatzfahrzeuge

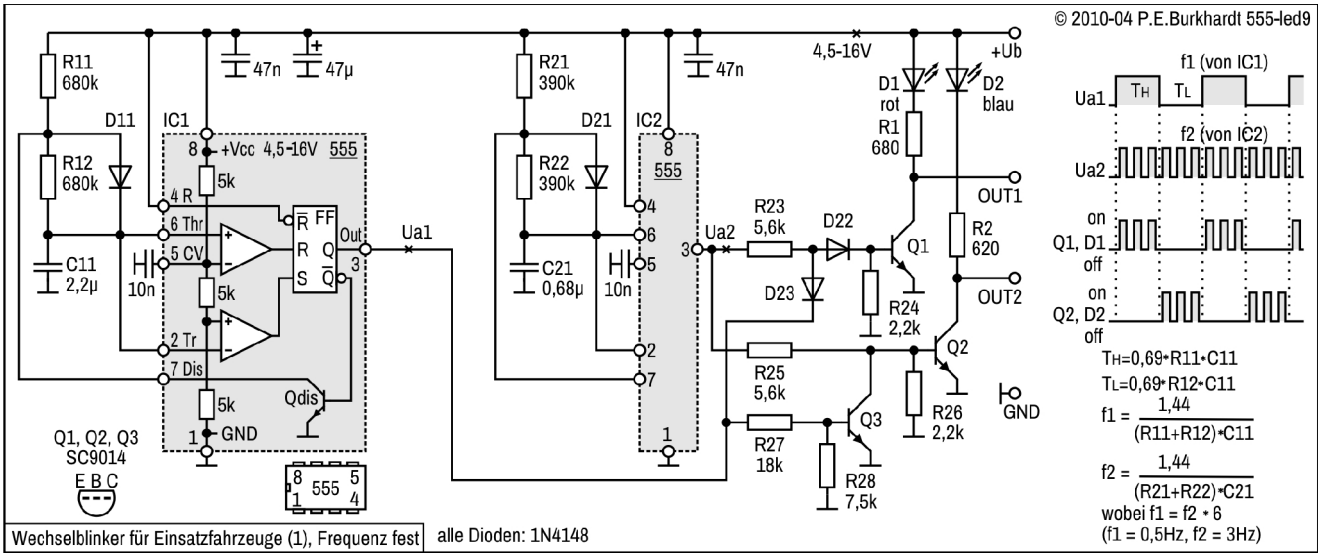
Einsatzfahrzeuge der Rettungsdienste und auch Polizeifahrzeuge sind mit unterschiedlichen Warnleuchten ausgestattet. Die möglichst realitätsgetreue Nachbildung der Blinksequenzen ist Wunsch jedes Modellbauers. Die folgenden Blinker-Schaltungen mit zwei AMVs liefern zwei verschachtelte LED-Leuchtfolgen von jeweils 3 Licht-Blitzen. Die Blinker haben neben den Kontroll-LEDs zwei Ausgänge für den Anschluss stärkerer Lampentreiber für Modellfahrzeuge.

Ein AMV (IC1) erzeugt eine niedrige Frequenz von ca. 0,5 Hz. Ein zweiter AMV (IC2) erzeugt die 6-fache Frequenz zur Ansteuerung der LED-Treiber Q1 und Q2. Die LED-Treiber werden vom ersten AMV so getastet, dass sich 3 Lichtpulse für z.B. rote Einsatz-Warnleuchten ergeben und danach 3 Lichtpulse für z.B. blaue Einsatz-Warnleuchten. Dieser Wechsel wiederholt sich zyklisch.

Beide AMVs sind freilaufend. Die einzelnen Blinkfolgen kommen nur durch Freigabe der LED-Treiber zustande. Damit immer genau 3 Lichtpulse erscheinen, müssen die AMVs frequenzstabil laufen und möglichst zusätzlich synchronisiert werden.

Wechselblinker, AMVs unabhängig, Frequenz fest

Die AMVs des folgenden Blinkers arbeiten mit fest eingestellten Frequenzen.



Tast-Frequenz-AMV (IC1)

Der 555 (IC1) liefert an seinem Ausgang die Tast-Impulse Ua1 mit gleich großer H- und L-Zeit. Die H-Zeit wird von R11 und C11 (C11-Ladung über R11-D11) bestimmt. Die L-Zeit wird von R12 und C11 (C11-Entladung über R12-Qdis) bestimmt. Mit R11 = R12 ergibt sich der Tastgrad 0,5 (Fehler durch D11 nicht beachtet).

Die im Bild angegebenen Formeln für T_H, T_L und f1 liefern nur Rechenwerte. Aufgrund der Bauelemente-Toleranzen müssen beim praktischen Aufbau die Zeiten T_H = 1,0 s und T_L = 1,0 s durch Auswahl geeigneter Widerstandswerte (bei gegebenem C11) möglichst genau eingehalten werden. Das ist für die korrekte LED-Impulsfolge der Gesamtschaltung wichtig. Die angegebenen Werte R11 = R12 = 680 kΩ sind 5%-Werte, die dem Rechenwert 659 kΩ nahe kommen.

Blink-Frequenz-AMV (IC2)

Der 555 (IC2) liefert an seinem Ausgang die Blink-Impulse Ua2 mit gleich großer H- und L-Zeit. Die H-Zeit wird von R21 und C21 (C21-Ladung über R21-D21) bestimmt. Seine L-Zeit wird von R22 und C21 (C21-Entladung über R22-Qdis) bestimmt. Mit R21 = R22 ergibt sich der Tastgrad 0,5 (Fehler durch D21 nicht beachtet).

Der Ua2-Tastgrad ist nicht ganz so kritisch, gleiche Widerstände (R21, R22) der 5%-Reihe genügen. Allerdings sollte die Frequenz f2 möglichst genau sein, damit bei 6-facher f1-Frequenz gerade 3 Blink-Impulse während Ua1 = H und 3 Blinkimpulse während Ua1 = L erzeugt werden (siehe Diagramme im Bild). Die angegebenen Werte R21 = R22 = 390 kΩ sind 5%-Werte, die dem Rechenwert 375,1 kΩ nahe kommen. Für die genaue f2-Frequenz sind also auch diese Widerstandwerte auf Basis des verwendeten C21 auszuwählen.

LED-Treiber Q1 und L-Zeit-Austastung

Der LED-Treiber mit Transistor Q1 steuert LED D1 an, stellt am Q1-Kollektor den L-aktiven Ausgang OUT1 bereit und erlaubt die Dunkel-Tastung von LED D1 während der L-Zeit von Ua1.

Die normale Q1-Ansteuerung erfolgt vom IC2-Ausgang Pin 3 über R23 und D23 mit der Frequenz f2. LED D1 blinkt entsprechend. Aber, diese Ansteuerung wird immer dann unterbrochen, wenn Ua1 = L ist. L zieht über D23 den Knoten R23-D23 nach GND. Damit sperrt Q1 und LED D1 bleibt in der Ua1-L-Zeit dunkel.

LED-Treiber Q2 und H-Zeit-Austastung

Der LED-Treiber mit Transistor Q2 steuert LED D2 an, stellt am Q2-Kollektor den L-aktiven Ausgang OUT2 bereit und erlaubt die Dunkel-Tastung von LED D2 während der H-Zeit von Ua1.

Die normale Q2-Ansteuerung erfolgt vom IC2-Ausgang Pin 3 über R25 mit der Frequenz f2. LED D2 blinkt entsprechend. Aber, diese Ansteuerung soll immer dann unterbrochen werden, wenn Ua1 = H ist. Damit das funktioniert, ist der Negator mit Q3 erforderlich. Bei Ua1 = H steuert Q3 über R27 durch, am Q3-Kollektor liegt jetzt L-Potential. Damit liegt die Q2-Basis auf GND, Q2 sperrt und LED D2 bleibt in der Ua1-H-Zeit dunkel.

Stabilität der LED-Impulse

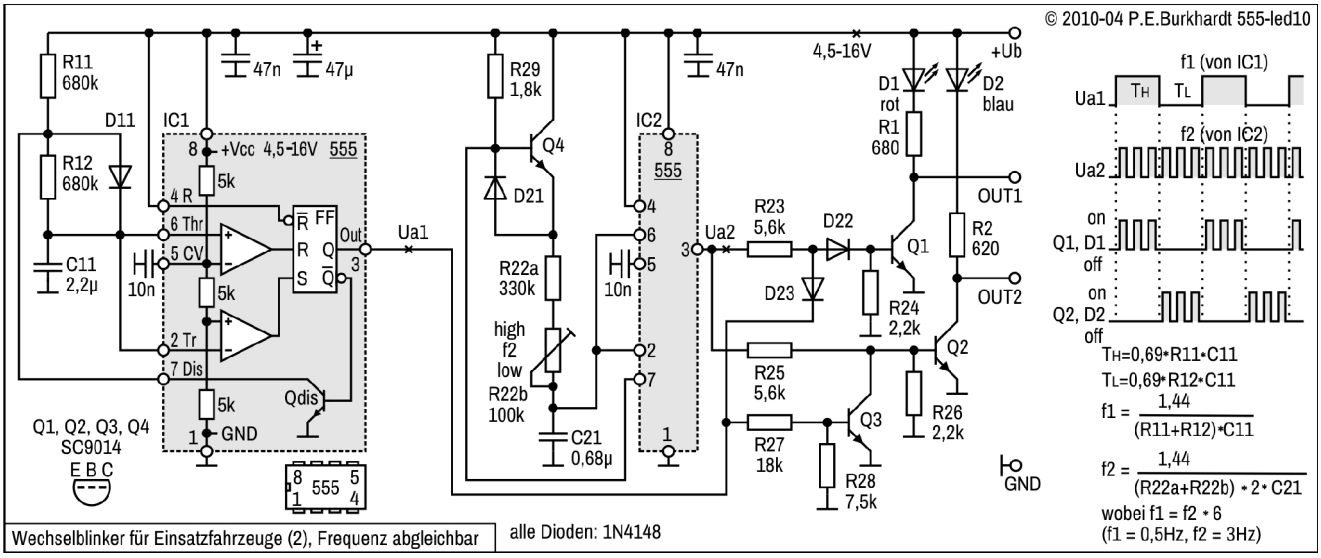
Für die Einhaltung des LED-Impulsmusters (abwechselnd je 3 Impulse pro 1 Sekunde) ist die genaue Einstellung der AMV-Frequenzen f1 und f2 erforderlich. Da die AMVs freilaufend sind (keine Synchronisierung), ergeben sich aber in längeren Zeitabständen trotzdem Unregelmäßigkeiten der Blinkimpulse. Die 555-typische Stabilität ist aber im gesamten Ub-Bereich gegeben.

Fazit

Nachteilig ist, dass bei nicht genau eingestellten AMV-Frequenzen das LED-Impulsmuster in gewissen Zeitabständen "außer Tritt" gerät, d. h. kurzzeitig unregelmäßig ist. Für Modell-Anwendungen ist das aber ohne Belang. Für den genauen Frequenzabgleich sollte ein Oszilloskop zur Verfügung stehen.

Wechselblinker, AMVs unabhängig, Frequenz abgleichbar

Die Frequenz des Blink-AMV (IC2) ist abgleichbar, um die Anpassung zum Festfrequenz-AMV (IC1) einfach zu ermöglichen.



Tast-Frequenz-AMV (IC1)

Der 555 (IC1) liefert an seinem Ausgang die Tast-Impulse Ua1 mit gleich großer H- und L-Zeit. Die H-Zeit wird von R11 und C11 (C11-Ladung über R11-D11) bestimmt. Die L-Zeit wird von R12 und C11 (C11-Entladung über R12-Qdis) bestimmt. Mit R11 = R12 ergibt sich der Tastgrad 0,5 (Fehler durch D11 nicht beachtet).

Die im Bild angegebenen Formeln für T_H, T_L und f1 liefern nur Rechenwerte. Aufgrund der Bauelemente-Toleranzen sollten beim praktischen Aufbau die Zeiten T_H = 1 s und T_L = 1 s durch Auswahl geeigneter Widerstandswerte (bei gegebenem C11) möglichst genau eingehalten werden. Das ist für die korrekte LED-Impulsfolge der Gesamtschaltung wichtig. Die angegebenen Werte R11 = R12 = 680 kΩ sind 5% -Werte, die dem Rechenwert 659 kΩ nahe kommen. Allerdings ist die genaue Frequenz nicht entscheidend, da der Blink-AMV (IC2) abgleichbar ist. Wichtiger sind gleiche H- und L-Zeiten. Das ist durch R11 = R12 leicht zu erreichen.

Blink-Frequenz-AMV (IC2)

Der 555 (IC2) liefert an seinem Ausgang die Blink-Impulse Ua2 mit gleich großer H- und L-Zeit. Sowohl H-Zeit als auch L-Zeit werden von R22a+R22b und C21 (C21-Ladung über R21-D21) bestimmt. Die C21-Ladung erfolgt über Q4-R22a-R22b. Die C21-Entladung erfolgt über R22b-R22a-D21-Qdis, d.h. über die gleichen Widerstände. Damit ergibt sich automatisch der Tastgrad 0,5 (Fehler durch Q4 und D21 nicht beachtet).

Die Frequenz f2 sollte möglichst genau sein, damit bei 6-facher f1-Frequenz gerade 3 Blink-Impulse während Ua1 = H und 3 Blinkimpulse während Ua1 = L erzeugt werden (siehe Diagramme im Bild). Deshalb wurde die f2-Frequenz mittels R22b abgleichbar gemacht. Der genaue Rechenwert für R22a+R22b ist 375,1 kΩ.

Die Einstellung mit R22b erfolgt so, dass sich über einen längeren Zeitraum 3 Blinkimpulse für LED D1 und 3 Blinkimpulse für LED D2 ergeben.

LED-Treiber Q1 und L-Zeit-Austastung

Der LED-Treiber mit Transistor Q1 steuert LED D1 an, stellt am Q1-Kollektor den L-aktiven Ausgang OUT1 bereit und erlaubt die Dunkel-Tastung von LED D1 während der L-Zeit von Ua1.

Die normale Q1-Ansteuerung erfolgt vom IC2-Ausgang Pin 3 über R23 und D23 mit der Frequenz f2. LED D1 blinkt entsprechend. Aber, diese Ansteuerung wird immer dann unterbrochen, wenn Ua1 = L ist. L zieht über D23 den Knoten R23-D23 nach GND. Damit sperrt Q1 und LED D1 bleibt in der Ua1-L-Zeit dunkel.

LED-Treiber Q2 und H-Zeit-Austastung

Der LED-Treiber mit Transistor Q2 steuert LED D2 an, stellt am Q2-Kollektor den L-aktiven Ausgang OUT2 bereit und erlaubt die Dunkel-Tastung von LED D2 während der H-Zeit von Ua1.

Die normale Q2-Ansteuerung erfolgt vom IC2-Ausgang Pin 3 über R25 mit der Frequenz f2. LED D2 blinkt entsprechend. Aber, diese Ansteuerung soll immer dann unterbrochen werden, wenn Ua1 = H ist. Damit das funktioniert, ist der Negator mit Q3 erforderlich. Bei Ua1 = H steuert Q3 über R27 durch, am Q3-Kollektor liegt jetzt L-Potential. Damit liegt die Q2-Basis auf GND, Q2 sperrt und LED D2 bleibt in der Ua1-H-Zeit dunkel.

Stabilität der LED-Impulse

Für die Einhaltung des LED-Impulsmusters (abwechselnd je 3 Impulse pro 1 Sekunde) ist der genaue Abgleich der f2-AMV-Frequenz auf das 6-fache der f1-AMV-Frequenz erforderlich. Da die AMVs freilaufend sind (keine Synchronisierung), ergeben sich aber in längeren Zeitabständen trotzdem Unregelmäßigkeiten der Blinkimpulse. Die 555-typische Stabilität ist aber im gesamten Ub-Bereich gegeben.

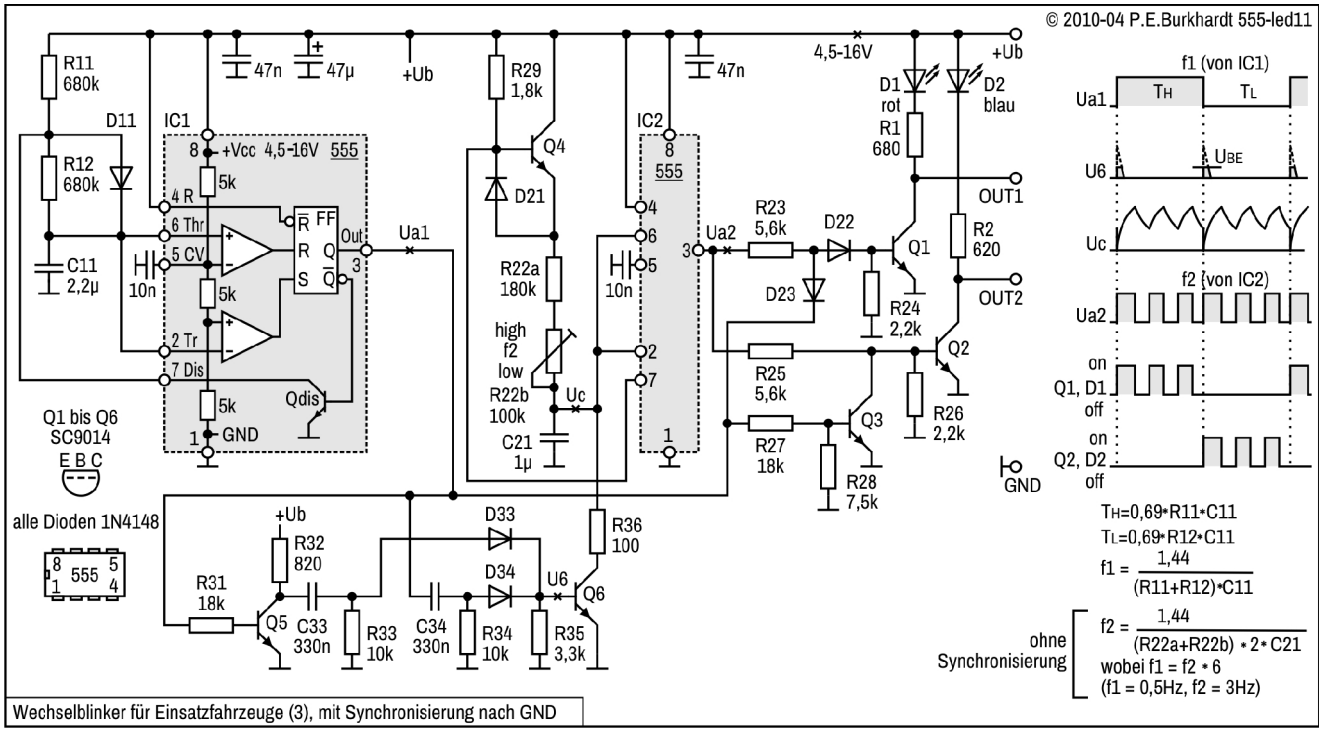
Fazit

Die Schaltung ist visuell über das LED-Blinkmuster abgleichbar, deshalb wird kein Frequenz-Messgerät benötigt.

Nachteilig ist allerdings, dass bei längerem Betrieb trotz genau eingestellter AMV-Frequenzen das LED-Impulsmuster in gewissen Zeitabständen "außer Tritt" gerät, d. h. kurzzeitig unregelmäßig ist. Für Modell-Anwendungen ist das aber ohne Belang.

Wechselblinker, AMV-Synchronisierung nach GND

Die Frequenz des Blink-AMV (IC2) ist abgleichbar, um die Anpassung zum Festfrequenz-AMV (IC1) einfach zu ermöglichen. Zusätzlich wird der Blink-AMV vom Tast-Frequenz-AMV synchronisiert, damit die Langzeitstabilität der LED-Impulsfolge gesichert ist. Die Synchronisation durch Kondensator-Entladung nach GND bewirkt, dass jeweils der erste der 3 Lichtpulse etwas länger ist.



Tast-Frequenz-AMV (IC1)

Der 555 (IC1) liefert an seinem Ausgang die Tast-Impulse Ua1 mit gleich großer H- und L-Zeit. Die H-Zeit wird von R11 und C11 (C11-Ladung über R11-D11) bestimmt. Die L-Zeit wird von R12 und C11 (C11-Entladung über R12-Qdis) bestimmt. Mit R11 = R12 ergibt sich der Tastgrad 0,5 (Fehler durch D11 nicht beachtet).

Die im Bild angegebenen Formeln für T_H, T_L und f1 liefern nur Rechenwerte. Aufgrund der Bauelemente-Toleranzen sollten beim praktischen Aufbau die Zeiten T_H = 1 s und T_L = 1 s durch Auswahl geeigneter Widerstandswerte (bei gegebenem C11) möglichst genau eingehalten werden. Das ist für die korrekte LED-Impulsfolge der Gesamtschaltung wichtig. Die angegebenen Werte R11 = R12 = 680 kΩ sind 5% -Werte, die dem Rechenwert 659 kΩ nahe kommen. Allerdings ist die genaue Frequenz nicht entscheidend, da der Blink-AMV (IC2) abgleichbar ist und zusätzlich synchronisiert wird. Wichtiger sind gleiche H- und L-Zeiten. Das ist durch R11 = R12 leicht zu erreichen.

Blink-Frequenz-AMV (IC2)

Der 555 (IC2) liefert an seinem Ausgang die Blink-Impulse Ua2 mit gleich großer H- und L-Zeit. Sowohl H-Zeit als auch L-Zeit werden von R22a+R22b und C21 (C21-Ladung über R21-D21) bestimmt. Die C21-Ladung erfolgt über Q4-R22a-R22b. Die C21-Entladung erfolgt über R22b-R22a-D21-Qdis, d.h. über die gleichen Widerstände. Damit ergibt sich automatisch der Tastgrad 0,5 (Fehler durch Q4 und D21 nicht beachtet).

Die Frequenz f2 sollte möglichst genau sein, damit bei 6-facher f1-Frequenz gerade 3 Blink-Impulse während Ua1 = H und 3 Blinkimpulse während Ua1 = L erzeugt werden (siehe Diagramme im Bild). Deshalb wurde die f2-Frequenz mittels R22b abgleichbar gemacht.

Die Einstellung mit R22b erfolgt so, dass sich über einen längeren Zeitraum 3 Blinkimpulse für LED D1 und 3 Blinkimpulse für LED D2 ergeben.

Synchronisierung nach GND

Damit die LED-Impulsfolge langzeitstabil ist, dürfen die beiden AMVs nicht unabhängig voneinander frei laufen, sondern müssen synchronisiert werden. Der Tast-Frequenz-AMV (IC1) ist Master und bestimmt, wann der Blink-Frequenz-AMV (IC2) mit seiner LED-Impulsfolge startet. Dazu wird zu Beginn jeder H- und L-Zeit des Tast-AMV der Kondensator C21 des Blink-AMV auf GND entladen, so dass immer bei Uc = 0 die neue LED-Impulsfolge startet.

C34-R34 differenziert die steigende Ua1-Flanke, der Differenzierimpuls wird über Diode D34 der Q6-Basis zugeführt (Summationsknoten U6). Zur Auswertung der fallenden Ua1-Flanke wird Ua1 mit Q5 negiert. Die nun steigende Flanke am Q5-Kollektor wird mit C33-R33 differenziert, der Differenzierimpuls wird über Diode D33 ebenfalls dem Summationsknoten U6 zugeführt.

Die Nadelimpulsfolge U6 (siehe auch Diagramm im Bild) steuert den Entladetransistor Q6 für kurze Zeit durch und C21 wird bei jedem Ua1-Wechsel entladen. Im weiteren Verlauf des H- oder L-Pegels von Ua1 schwingt der Blink-AMV entsprechend seiner eingestellten Frequenz solange, bis der Tast-AMV den nächsten H/L- oder L/H-Wechsel (Ua1) liefert. Aufgrund der definierten Anfangsbedingung kann sich die Impulsfolge des Blink-AMV in Relation zum Tast-AMV zeitlich nicht mehr verschieben. Das LED-Impulsbild bleibt konstant.

Allerdings gilt zu beachten, dass immer der erste H-Impuls des Blink-AMV länger ist als die Folgeimpulse. Die erste C21-Aufladung dauert von Null bis 2/3 von Ub, alle folgenden Ladezyklen dagegen von 1/3 von Ub bis 2/3 von Ub. Das heißt, die LED D1 bzw. D2 leuchtet beim ersten Blinkimpuls immer etwas länger.

LED-Treiber Q1 und L-Zeit-Austastung

Der LED-Treiber mit Transistor Q1 steuert LED D1 an, stellt am Q1-Kollektor den L-aktiven Ausgang OUT1 bereit und erlaubt die Dunkel-Tastung von LED D1 während der L-Zeit von Ua1.

Die normale Q1-Ansteuerung erfolgt vom IC2-Ausgang Pin 3 über R23 und D23 mit der Frequenz f2. LED D1 blinkt entsprechend. Aber, diese Ansteuerung wird immer dann unterbrochen, wenn Ua1 = L ist. L zieht über D23 den Knoten R23-D23 nach GND. Damit sperrt Q1 und LED D1 bleibt in der Ua1-L-Zeit dunkel.

LED-Treiber Q2 und H-Zeit-Austastung

Der LED-Treiber mit Transistor Q2 steuert LED D2 an, stellt am Q2-Kollektor den L-aktiven Ausgang OUT2 bereit und erlaubt die Dunkel-Tastung von LED D2 während der H-Zeit von Ua1.

Die normale Q2-Ansteuerung erfolgt vom IC2-Ausgang Pin 3 über R25 mit der Frequenz f2. LED D2 blinkt entsprechend. Aber, diese Ansteuerung soll immer dann unterbrochen werden, wenn Ua1 = H ist. Damit das funktioniert, ist der Negator mit Q3 erforderlich. Bei Ua1 = H steuert Q3 über R27 durch, am Q3-Kollektor liegt jetzt L-Potential. Damit liegt die Q2-Basis auf GND, Q2 sperrt und LED D2 bleibt in der Ua1-H-Zeit dunkel.

Stabilität und Abgleich der LED-Impulse

Für die Einhaltung des LED-Impulsmusters (abwechselnd je 3 Impulse pro 1 Sekunde) ist der Abgleich der f2-AMV-Frequenz auf das 6-fache der f1-AMV-Frequenz erforderlich, wobei allerdings die etwas längere Zeit des ersten LED-Impulses durch die Synchronisierung zu beachten ist. Die RC-Dimensionierung des Blink-AMV lässt es zu, 2 bis 4 LED-Impulse pro Sekunde mit Trimmer R22b einzustellen.

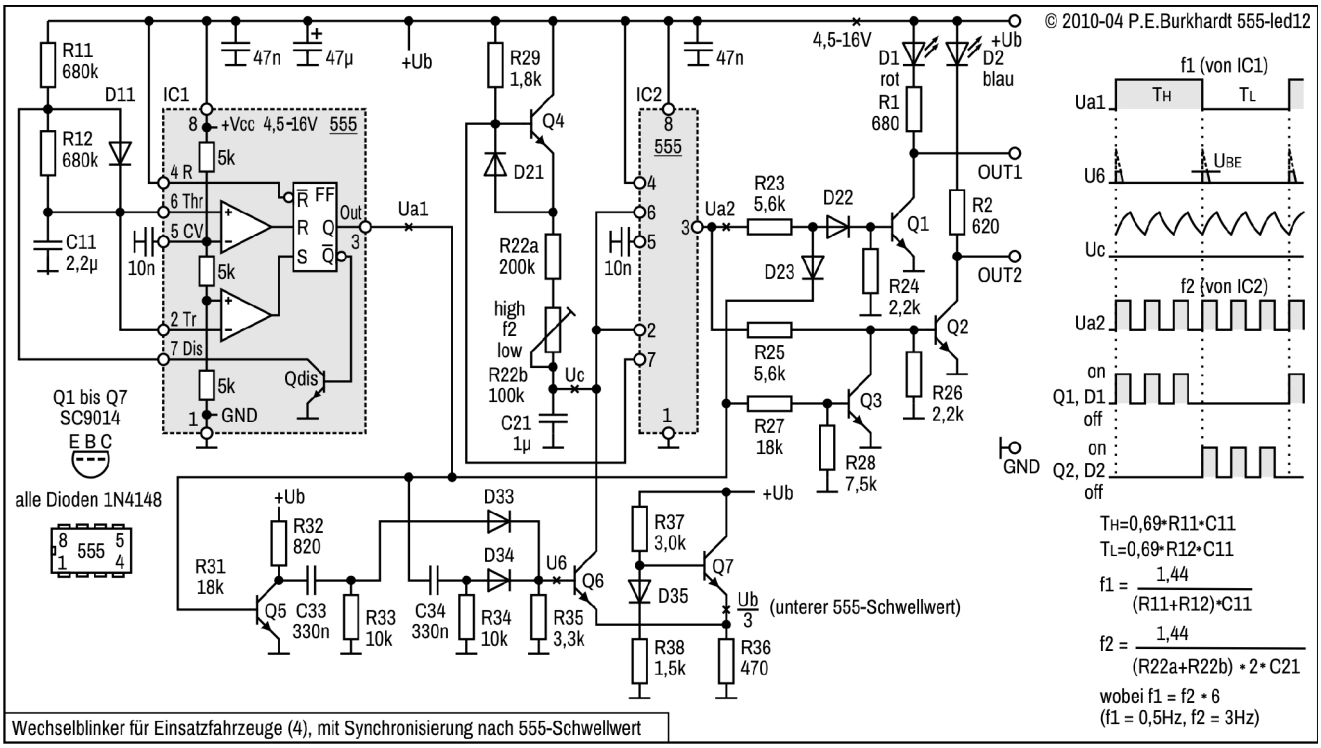
R22b sollte erst solange verkleinert werden, bis gerade der 4. Impuls erscheint. Wird dann R22b ein wenig zurückgedreht bis der 4. Impuls verschwindet, ist der Blink-AMV optimal für 3 Impulse pro Sekunde eingestellt.

Fazit

Die Langzeitstabilität des LED-Blinkmusters durch die Synchronisierung der beiden AMVs ist gut. Der Abgleich ist einfach. Der längere erste LED-Impuls ist kaum sichtbar und stört nur bei hohen Ansprüchen.

Wechselblinker, AMV-Synchronisierung nach 555-Schwellwert

Die Frequenz des Blink-AMV (IC2) ist abgleichbar, um die Anpassung zum Festfrequenz-AMV (IC1) einfach zu ermöglichen. Zusätzlich wird der Blink-AMV vom Tast-Frequenz-AMV synchronisiert, damit die Langzeitstabilität der LED-Impulsfolge gesichert ist. Die Synchronisation durch Kondensator-Entladung nach dem unteren 555-Schwellwert bewirkt, dass bei exaktem Abgleich jeder der 3 Lichtpulse die gleiche Länge hat.



Wechselblinker für Einsatzfahrzeuge (4), mit Synchronisierung nach 555-Schwellwert

Tast-Frequenz-AMV (IC1)

Der 555 (IC1) liefert an seinem Ausgang die Tast-Impulse Ua1 mit gleich großer H- und L-Zeit. Die H-Zeit wird von R11 und C11 (C11-Ladung über R11-D11) bestimmt. Die L-Zeit wird von R12 und C11 (C11-Entladung über R12-Qdis) bestimmt. Mit R11 = R12 ergibt sich der Tastgrad 0,5 (Fehler durch D11 nicht beachtet).

Die im Bild angegebenen Formeln für T_H, T_L und f1 liefern nur Rechenwerte. Aufgrund der Bauelemente-Toleranzen sollten beim praktischen Aufbau die Zeiten T_H = 1 s und T_L = 1 s durch Auswahl geeigneter Widerstandswerte (bei gegebenem C11) möglichst genau eingehalten werden. Das ist für die korrekte LED-Impulsfolge der Gesamtschaltung wichtig. Die angegebenen Werte R11 = R12 = 680 kΩ sind 5% -Werte, die dem Rechenwert 659 kΩ nahe kommen. Allerdings ist die genaue Frequenz nicht entscheidend, da der Blink-AMV (IC2) abgleichbar ist und zusätzlich synchronisiert wird. Wichtiger sind gleiche H- und L-Zeiten. Das ist durch R11 = R12 leicht zu erreichen.

Blink-Frequenz-AMV (IC2)

Der 555 (IC2) liefert an seinem Ausgang die Blink-Impulse Ua2 mit gleich großer H- und L-Zeit. Sowohl H-Zeit als auch L-Zeit werden von R22a+R22b und C21 (C21-Ladung über R21-D21) bestimmt. Die C21-Ladung erfolgt über Q4-R22a-R22b. Die C21-Entladung erfolgt über R22b-R22a-D21-Qdis, d.h. über die gleichen Widerstände. Damit ergibt sich automatisch der Tastgrad 0,5 (Fehler durch Q4 und D21 nicht beachtet).

Die Frequenz f2 sollte möglichst genau sein, damit bei 6-facher f1-Frequenz gerade 3 Blink-Impulse während Ua1 = H und 3 Blinkimpulse während Ua1 = L erzeugt werden (siehe Diagramme im Bild). Deshalb wurde die f2-Frequenz mittels R22b abgleichbar gemacht.

Die Einstellung mit R22b erfolgt so, dass sich über einen längeren Zeitraum 3 Blinkimpulse für LED D1 und 3 Blinkimpulse für LED D2 ergeben.

Synchronisierung nach dem unteren 555-Schwellwert

Damit die LED-Impulsfolge langzeitstabil ist, dürfen die beiden AMVs nicht unabhängig voneinander frei laufen, sondern müssen synchronisiert werden. Der Tast-Frequenz-AMV (IC1) ist Master und bestimmt, wann der Blink-Frequenz-AMV (IC2) mit seiner LED-Impulsfolge startet. Dazu wird zu Beginn jeder H- und L-Zeit des Tast-AMV der Kondensator C21 des Blink-AMV auf den unteren 555-Schwellwert entladen, so dass immer bei Uc = 1/3 von Ub die neue LED-Impulsfolge startet.

C34-R34 differenziert die steigende Ua1-Flanke, der Differenzierimpuls wird über Diode D34 der Q6-Basis zugeführt (Summationsknoten U6). Zur Auswertung der fallenden Ua1-Flanke wird Ua1 mit Q5 negiert. Die nun steigende Flanke am Q5-Kollektor wird mit C33-R33 differenziert, der Differenzierimpuls wird über Diode D33 ebenfalls dem Summationsknoten U6 zugeführt.

Die Nadelimpulsfolge U6 (siehe auch Diagramm im Bild) steuert den Entladetransistor Q6 für kurze Zeit durch und C21 wird bei jedem Ua1-Wechsel entladen. Im weiteren Verlauf des H- oder L-Pegels von Ua1 schwingt der Blink-AMV entsprechend seiner eingestellten Frequenz solange, bis der Tast-AMV den nächsten H/L- oder L/H-Wechsel (Ua1) liefert. Aufgrund der definierten Anfangsbedingung kann sich die Impulsfolge des Blink-AMV in Relation zum Tast-AMV zeitlich nicht mehr verschieben. Das LED-Impulsbild bleibt konstant.

Die C21-Entladung erfolgt auf eine mit Tansistorstufe Q7 erzeugte Hilfs-Referenzspannung. Die Q7-Basis hängt am Spannungsteiler R37-R38, der 1/3 von Ub bereitstellt (analog zum internen Spannungsteiler des 555). Q7 arbeitet als Emitterfolger, so dass auch am Emitterwiderstand diese Spannung erscheint, allerdings wegen der BE-Diodenstrecke um 0,6 V vermindert. Diode D35 gleicht dies aus, was allerdings nur annähernd genau ist. Für den vorliegenden Zweck reicht diese einfache Referenz aber aus. Sie hat den Vorteil, dass die Referenz bei Ub-Änderung mitläuft, genau wie es die Referenz im 555 tut. Die Schaltung funktioniert deshalb im gesamten angegebenen Ub-Bereich.

C21 wird also bei jedem Tast-Wechsel des IC1 auf diese Hilfs-Referenz entladen, egal ob Uc von C21 gerade die interne untere 555-Referenz hat oder nicht. Laufen die AMVs nicht absolut synchron und ist z.B. Uc beim Entladen noch nicht auf die untere 555-Schwelle (1/3 von Ub) abgesunken, verkürzt sich die folgende Impulspause durch die Tast-AMV-Zwangsentladung. Die Anzahl der LED-Impulse bleibt erhalten.

LED-Treiber Q1 und L-Zeit-Austastung

Der LED-Treiber mit Transistor Q1 steuert LED D1 an, stellt am Q1-Kollektor den L-aktiven Ausgang OUT1 bereit und erlaubt die Dunkel-Tastung von LED D1 während der L-Zeit von Ua1.

Die normale Q1-Ansteuerung erfolgt vom IC2-Ausgang Pin 3 über R23 und D23 mit der Frequenz f2. LED D1 blinkt entsprechend. Aber, diese Ansteuerung wird immer dann unterbrochen, wenn Ua1 = L ist. L zieht über D23 den Knoten R23-D23 nach GND. Damit sperrt Q1 und LED D1 bleibt in der Ua1-L-Zeit dunkel.

LED-Treiber Q2 und H-Zeit-Austastung

Der LED-Treiber mit Transistor Q2 steuert LED D2 an, stellt am Q2-Kollektor den L-aktiven Ausgang OUT2 bereit und erlaubt die Dunkel-Tastung von LED D2 während der H-Zeit von Ua1.

Die normale Q2-Ansteuerung erfolgt vom IC2-Ausgang Pin 3 über R25 mit der Frequenz f2. LED D2 blinkt entsprechend. Aber, diese Ansteuerung soll immer dann unterbrochen werden, wenn Ua1 = H ist. Damit das funktioniert, ist der Negator mit Q3 erforderlich. Bei Ua1 = H steuert Q3 über R27 durch, am Q3-Kollektor liegt jetzt L-Potential. Damit liegt die Q2-Basis auf GND, Q2 sperrt und LED D2 bleibt in der Ua1-H-Zeit dunkel.

Stabilität und Abgleich der LED-Impulse

Für die Einhaltung des LED-Impulsmusters (abwechselnd je 3 Impulse pro 1 Sekunde) ist der Abgleich der f2-AMV-Frequenz auf das 6-fache der f1-AMV-Frequenz erforderlich. Die RC-Dimensionierung des Blink-AMV lässt es zu, 2 bis 4 LED-Impulse pro Sekunde mit Trimmer R22b einzustellen.

R22b sollte erst solange verkleinert werden, bis gerade der 4. Impuls erscheint. Wird dann R22b ein wenig zurückgedreht bis der 4. Impuls verschwindet, ist der Blink-AMV optimal für 3 Impulse pro Sekunde eingestellt.

Fazit

Die Langzeitstabilität des LED-Blinkmusters durch die Synchronisierung der beiden AMVs ist gut. Bei richtigem Abgleich haben alle LED-Impulse die gleiche Länge und ergeben das gewünschte Blinkmuster.

Der Schaltungsaufwand ist recht hoch. Hier zeigen sich auch die Grenzen der Schaltungslösung mit Blink-AMV gegenüber rein digitalen Lösungen mit Zähler-IC.

Blinker und Sequenzer mit AMV und Digital-ICs

Blinker mit digitalen ICs können bezüglich unterschiedlicher Pulsfolgen wesentlich flexibler entworfen werden, im Gegensatz zu Schaltungen allein nur mit 555-AMVs. Ein 555-AMV dient dann nur noch als Taktgeber für z.B. Zähler-ICs mit entsprechender Ausgangskodierung.

Vorteilhaft bei digitalen Schaltungen ist, dass fast beliebige Impulsfolgen mit frei wählbaren Pausen und Intervallabständen möglich sind. Alles ist nur eine Frage des Aufwands. Doch schon mit einem oder zwei Zähler-ICs zusätzlich zum 555 sind ganz unterschiedliche Blink-Konzepte realisierbar.

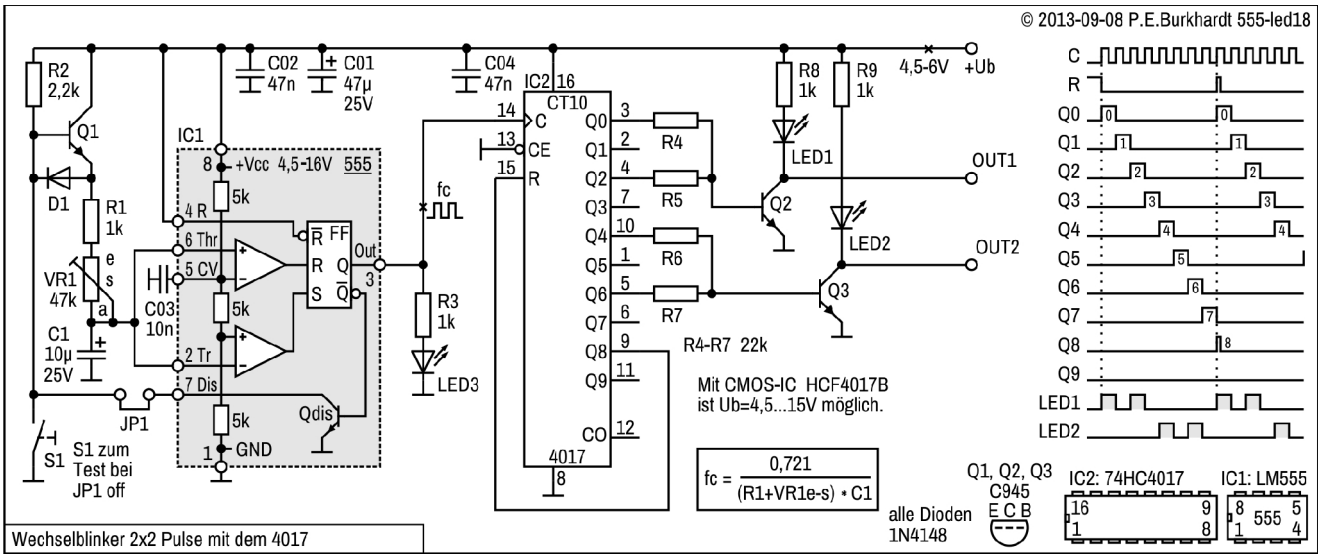
Sequenzer mit dem 4017

2-LED-Wechselblinker, 2x2 Pulse

Auch dieser Wechselblinker ist für Modell-Einsatzfahrzeuge geeignet, allerdings liefert er für jede der 2 LEDs (bzw. Ausgänge) jeweils nur 2 Lichtpulse im Wechsel.

Eigenschaften

- 555-AMV als Taktgenerator mit Tastgrad 0,5
- Taktfrequenz einstellbar
- Zähler 4017 für die Impuls-Ausgabe
- 2x2 Pulse im Wechsel
- LED-Treiber und zusätzliche Ausgänge
- Betriebsspannung 4,5 bis 6 V (74HC4017) bzw. bis 15 V (CMOS HCF4017B)



Schaltungsbeschreibung

Prinzip

Der 555-AMV (IC1) erzeugt die Taktfrequenz mit Tastgrad 0,5 für den dekadischen Zähler 4017 (IC2). Die Länge aller Lichtpulse und Pausen folgt dem Raster der Taktfrequenz in der Weise, dass für jede H- bzw. L-Zeit ein Zählschritt benutzt wird. Die Taktfrequenz ist mit Trimm-Poti VR1 einstellbar.

Die Kodierung der Zählerausgänge erfolgt über Widerstände, die gleichzeitig die Basiswiderstände der beiden LED-Treiber sind. Zwei L-aktive zusätzliche Ausgänge stehen zur Ansteuerung stärkerer Treiber zur Verfügung.

555-AMV und Tastgrad

Die 555-Ausgangsimpulse (555-Pin 3) werden direkt dem Zählereingang C (Pin 14) zugeführt. Das ist möglich, da C als Trigger-Eingang ausgeführt ist. Übrigens funktioniert als 555 auch die CMOS-Variante ohne jede Schaltungsänderung.

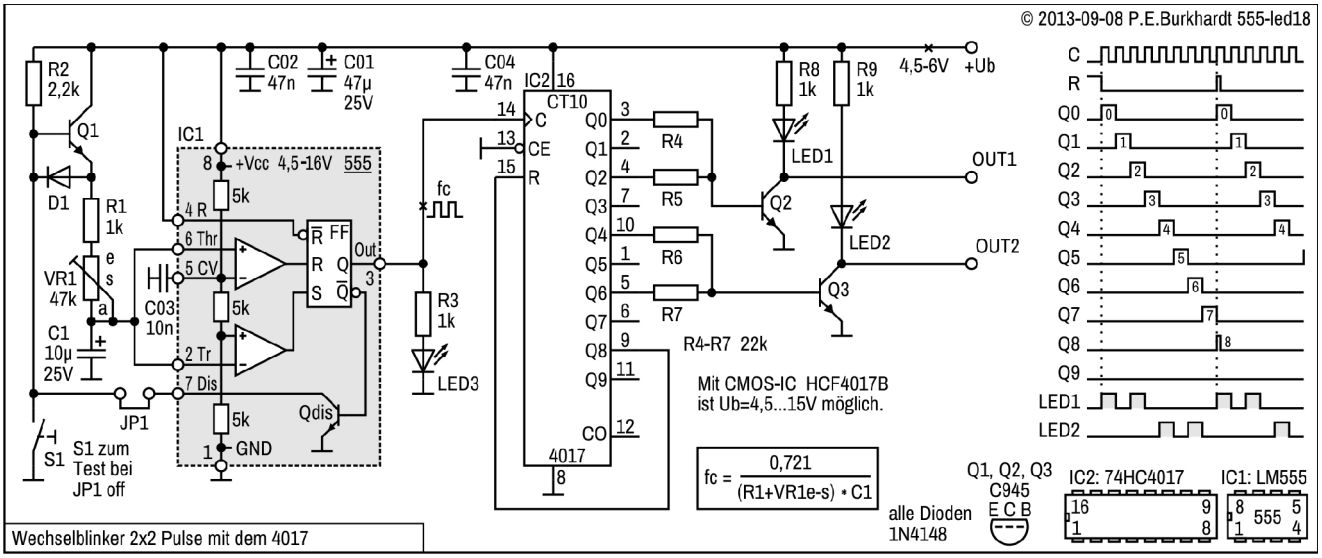
Die Zusatzschaltung mit Transistor Q1 gewährleistet, dass sich der Tastgrad der Ausgangsimpulse (0,5) bei Frequenzeinstellung mit Trimm-R VR1 nicht ändert. C1 lädt sich von +Ub über Q1, R1 und VR1 auf. Ist die 555-2/3-Schwelle erreicht, wird der 555-interne Entladetransistor Qdis leitend. C1 entlädt sich nun über VR1, R1, Diode D1 nach GND (Q1 sperrt). Das bedeutet, das Laden (H am Ausgang) und Entladen (L am Ausgang) erfolgt über die gleichen Widerstände. Damit bleibt bei Widerstandsänderung (VR1) das Verhältnis von H zu L am Ausgang gleich.

Jumper JP1 und Taste S1 dienen der Funktionskontrolle (Beschreibung weiter unten) und sind für die normale AMV-Funktion nicht erforderlich.

Dekadischer Zähler 4017

Der 4017 ist ein fünfstufiger dekadischer Johnson-Zähler. Er zählt mit jeder steigenden Flanke am Takteingang C um einen Schritt weiter. Bedingung ist, dass die Zählfreigabe CE (Clock Enable) auf GND liegt. Jeder Zählerstand 0 bis 9 wird im 1-aus-10-Kode ausgegeben. Dabei liegt der jeweilige dem Zählerstand entsprechende Ausgang Q auf High-Potential, alle anderen Q-Ausgänge führen Low-Potential. Der Takteingang C hat Schmitt-Trigger-Eigenschaften, d.h. die Flankensteilheit der Zählimpulse spielt keine Rolle.

In der Schaltung werden nur die Zählerstände 0 bis 7 für die 2x2 Impulse genutzt, Zählerstand 8 dient dem Rücksetzen des Zählers und tritt nur ganz kurz auf. Damit das so funktioniert, ist Ausgang Q8 mit dem Reset-Eingang R verbunden. Sobald Q8 auf H geht, wird der Zähler zurückgesetzt und Q0 wird H (Zählerstand 0).



(Bild-Wiederholung)

Als Zähler reicht die Geschwindigkeit des CMOS-Typs HCF4017B völlig aus. In der Schaltung kann dann die Betriebsspannung +Ub maximal 15 V betragen. Wird der schnellere 74HC4017 eingesetzt (wie im Schaltbild angegeben), darf aber +Ub nur maximal 6 V betragen. Die restliche Schaltung funktioniert im gesamten Betriebsspannungsbereich des bipolaren LM555 (4,5 bis 16 V).

Wirkungsweise entsprechend Diagramm (rechts im Bild)

Den Zusammenhang Zählerstand zu den Lichtpulsen zeigt das Diagramm. Die Lichtpulse fügen sich in das Zählraster ein. Bei Zählerstand Q0 = H (Zählerstand 0) leuchtet LED1 erstmalig, danach folgt mit Zählerstand Q1 die Pause, danach mit Q2 der zweite Lichtpuls, danach mit Q3 wieder eine Pause, dann mit Q4 der erste LED2-Lichtpuls usw.

Sobald Zählerstand 8 erreicht wird (Q8 = H), wird der 4017 zurückgesetzt, d.h. auf Zählerstand 0. Zählerstand Q8 tritt also nur ganz kurz auf und ist nicht sichtbar. Danach läuft der Zähler sofort entsprechend dem dargestellten Taktschema zyklisch weiter.

Kodierung und LED-Treiber

Die einfache Zusammenfassung z.B. des Ausgangs Q0 mit dem Ausgang Q2 über Widerstände ist möglich, da ja nur immer ein Ausgang H-Potential führt. Dioden sind entbehrlich. Ausgänge Q1 und Q3 z.B. sind nicht beschaltet, da während der H-Zeiten dieser Ausgänge keine LED leuchten soll.

Die angegebenen Treibertransistoren Q2 und Q3 lassen auch stärkere LEDs (oder LED-Gruppen) zu, d.h. die Begrenzungswiderstände R8 und R9 können durchaus verringert werden.

Funktionskontrolle der Schaltung mit S1

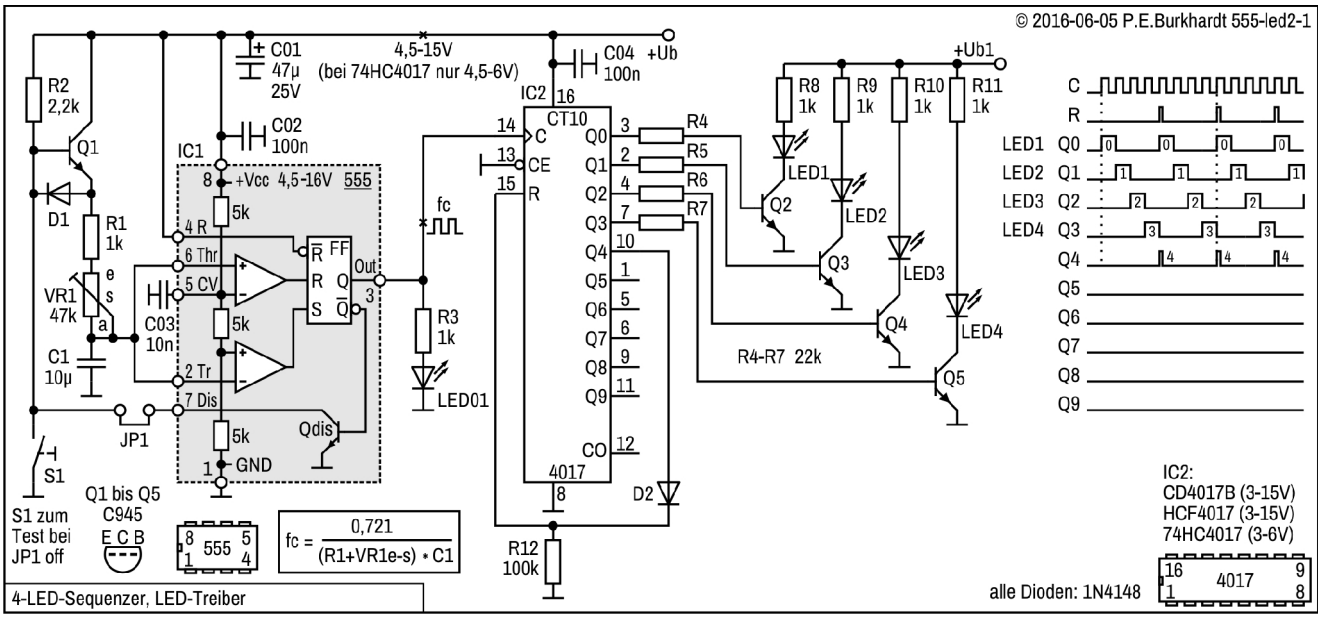
Zusätzlich wurden Taste S1 und JP1 eingefügt. Ist die Brücke JP1 offen, kann der frequenzbestimmende Kondensator C1 mit Taste S1 von Hand entladen werden. Wird S1 losgelassen, lädt sich C1 auf. Das hat zur Folge, bei jedem Tastendruck wird am 555-Ausgang ein Impuls erzeugt, der den Zähler um einen Schritt weiter schaltet. Der jeweilig erreichte Zählerstand bleibt an den Zählerausgängen erhalten.

Mit dieser Hand-Taktung kann die Schaltung auf einfache Weise statisch untersucht werden, bzw. es lässt sich das angegebene Impulsdiagramm (im Bild rechts) leicht nachvollziehen.

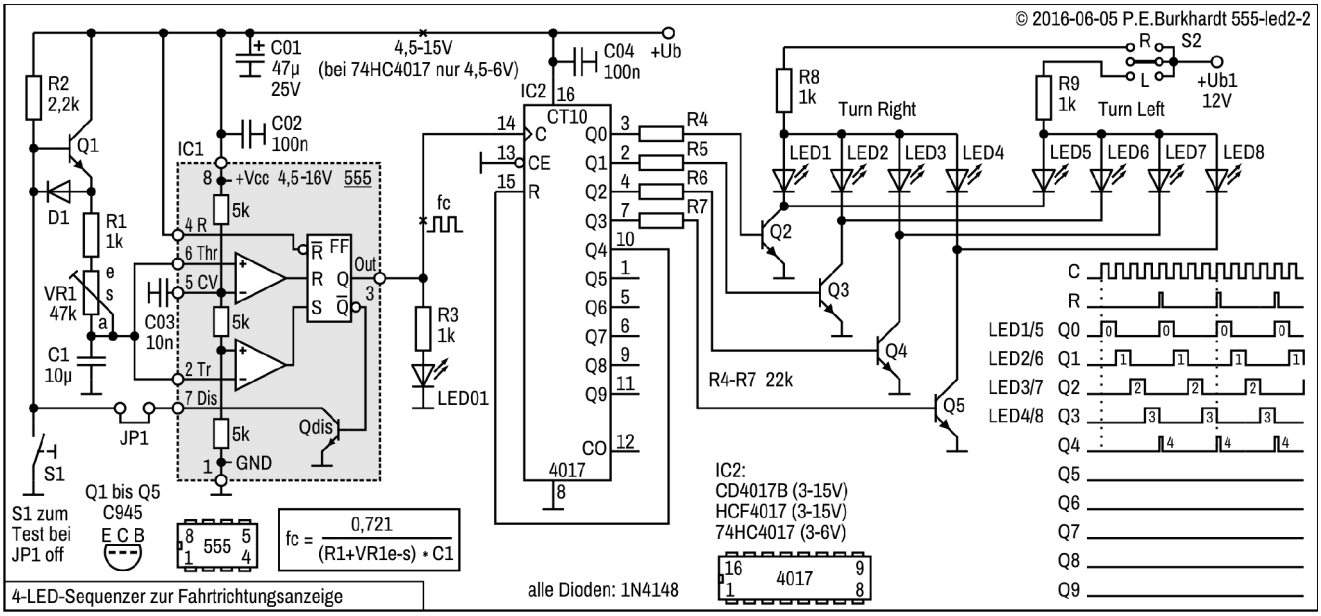
Fazit

Der 4017 erlaubt durch seine 1-aus-10-kodierten Ausgänge die flexible Kodierung einfacher Impulsfolgen, mit denen sich entsprechende LED-Leuchtfolgen ergeben. Ist die LED-Zahl höher und/oder die gewünschte Komplexität der Leuchtfolgen größer, kann der Zählumfang durch zusätzliche 4017-ICs erweitert werden. Unterschiedliche Pausen und Leuchtzeiten sind bei genügend großer Zählweite einfach realisierbar.

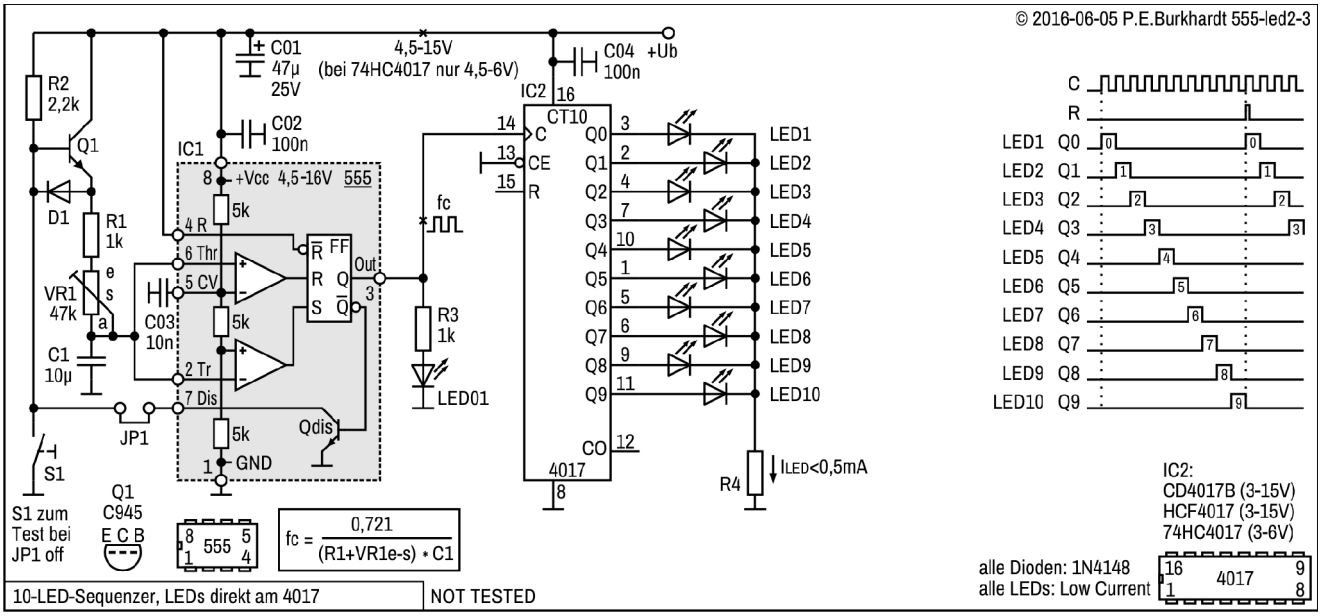
4-LED-Sequenzer



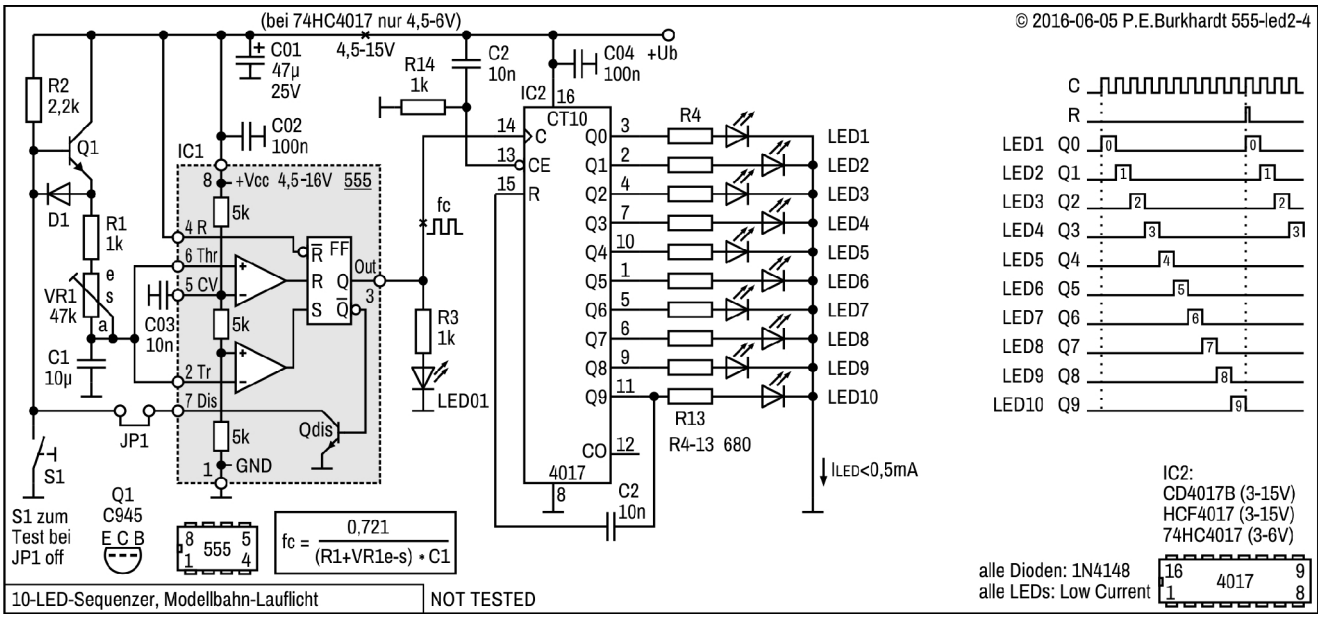
4-LED-Sequenzer zur Fahrtrichtungsanzeige



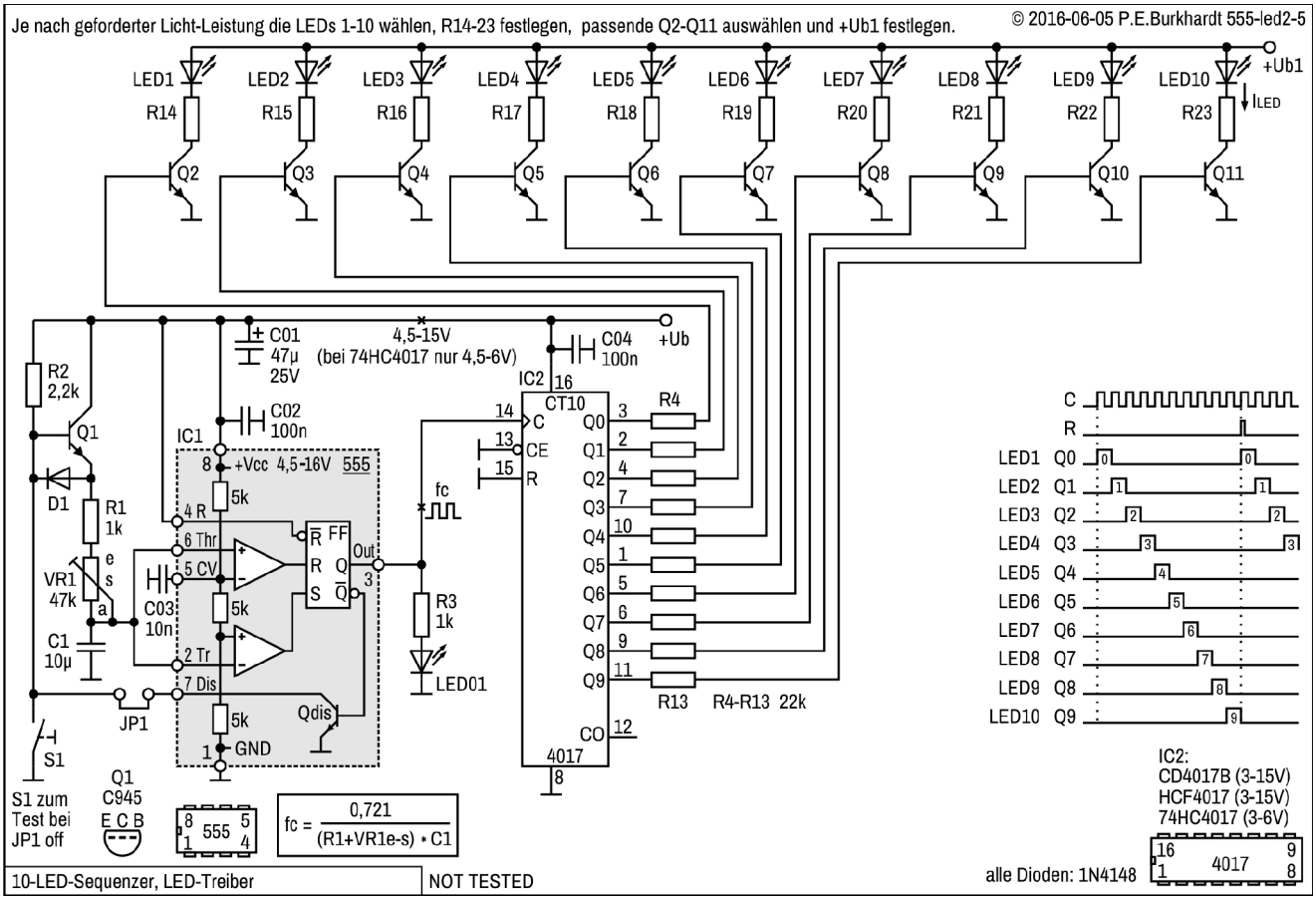
10-LED-Sequenzer



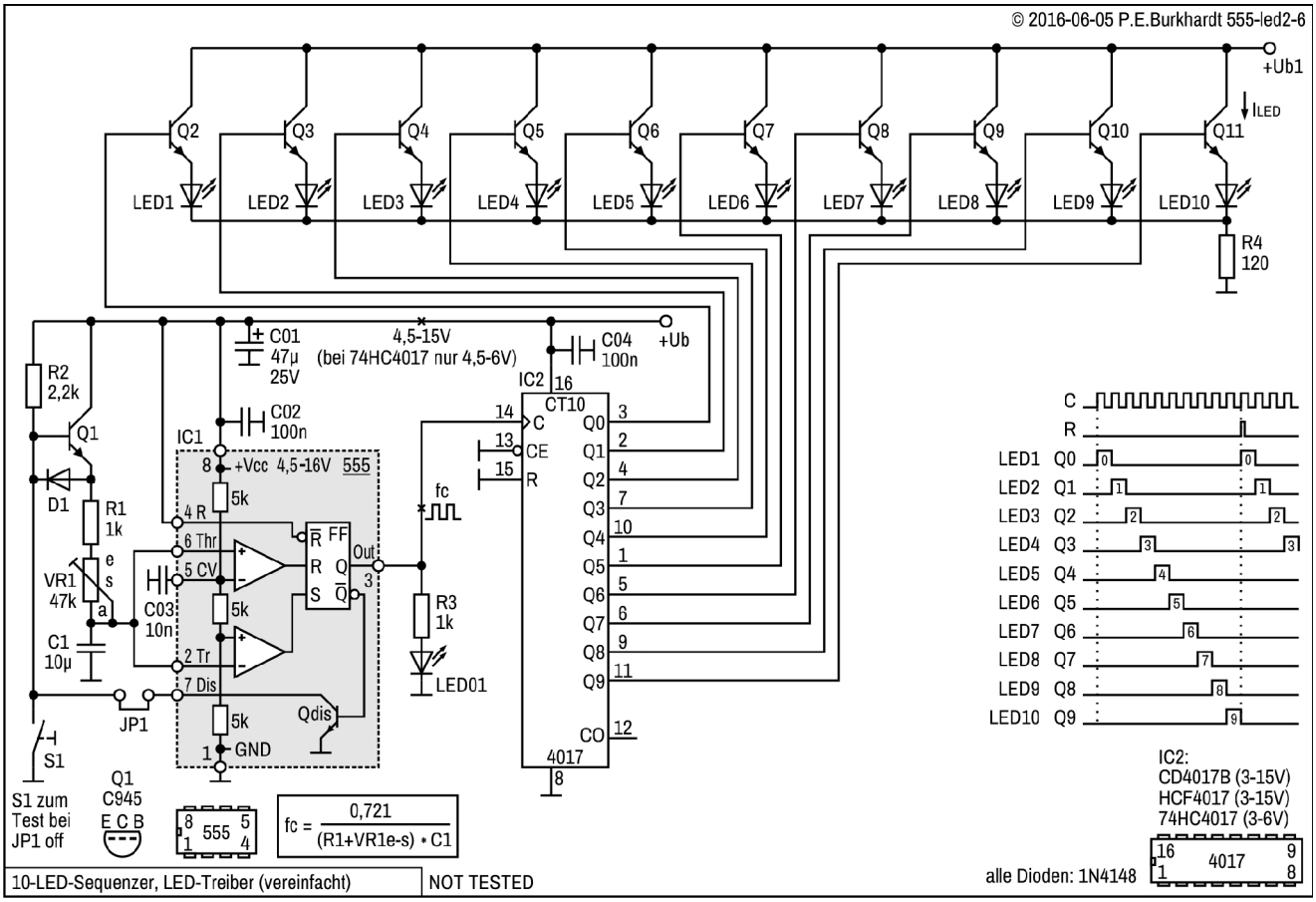
10-LED-Sequenzer als Modellbahn-Lauflicht



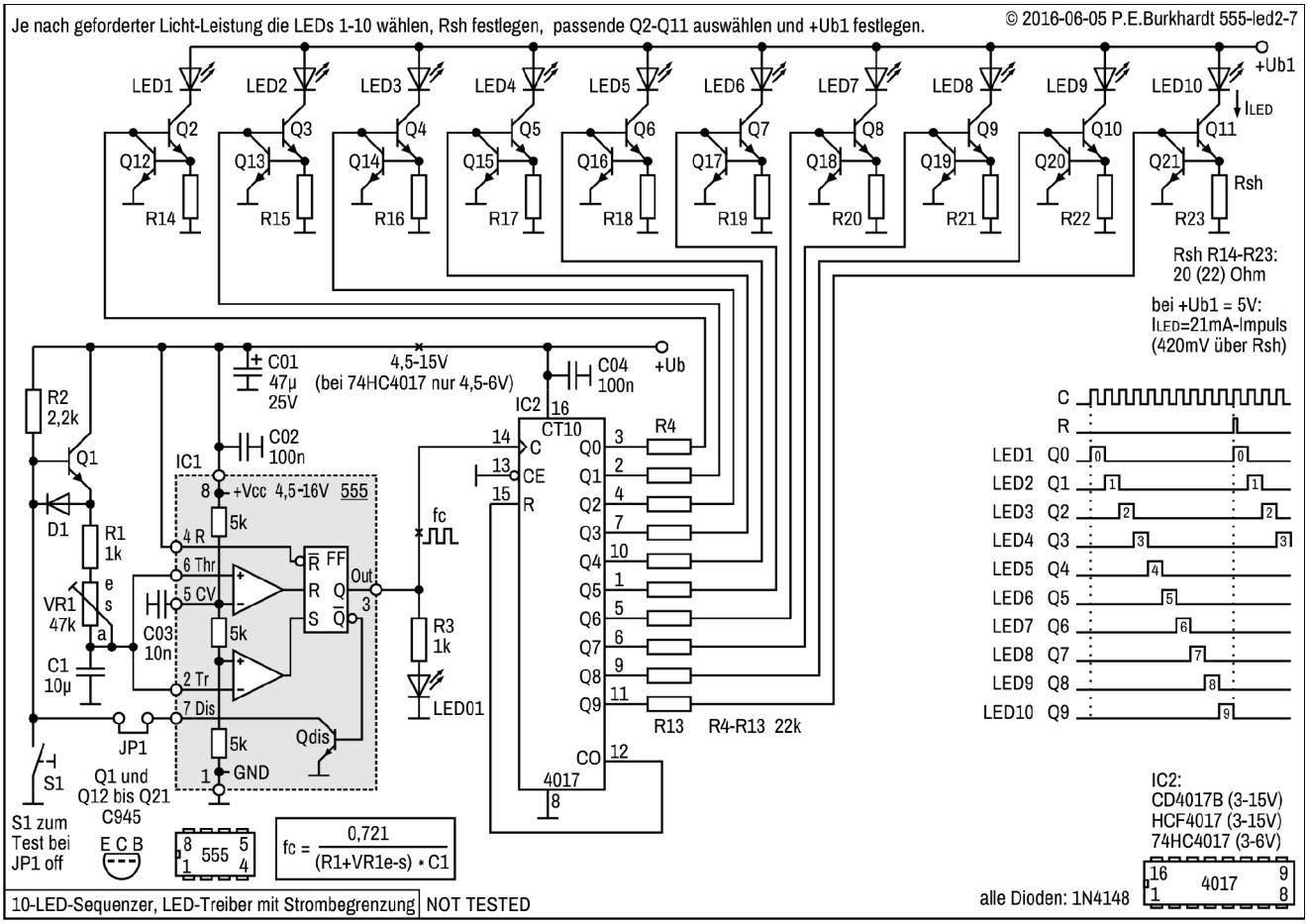
10-LED-Sequenzer (LED-Treiber)



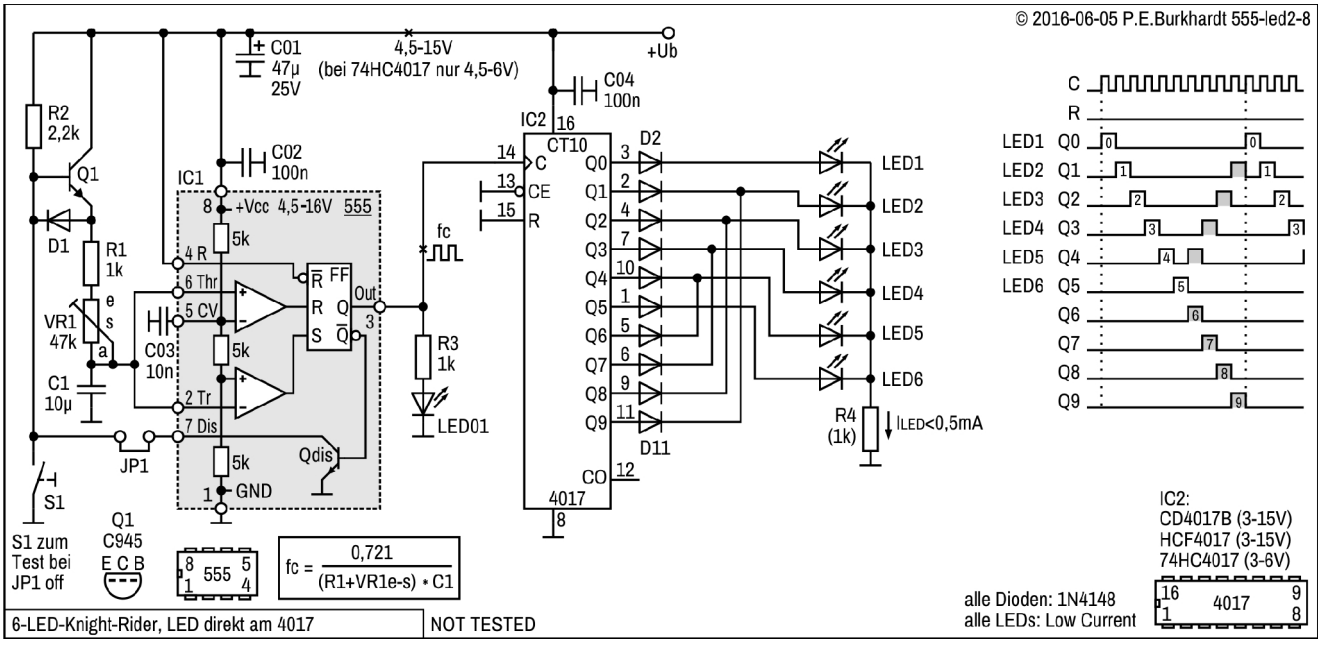
10-LED-Sequenzer (Emitterfolger-LED-Treiber)



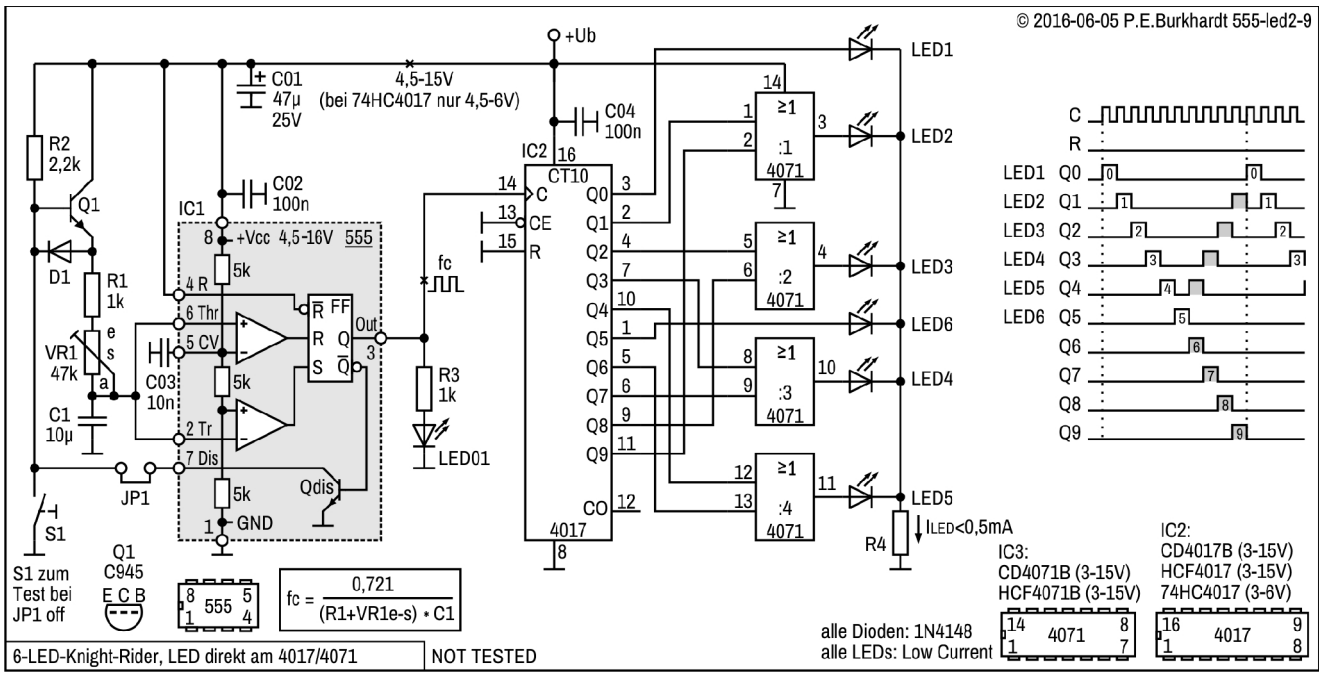
10-LED-Sequenzer (LED-Treiber mit Strombegrenzung)



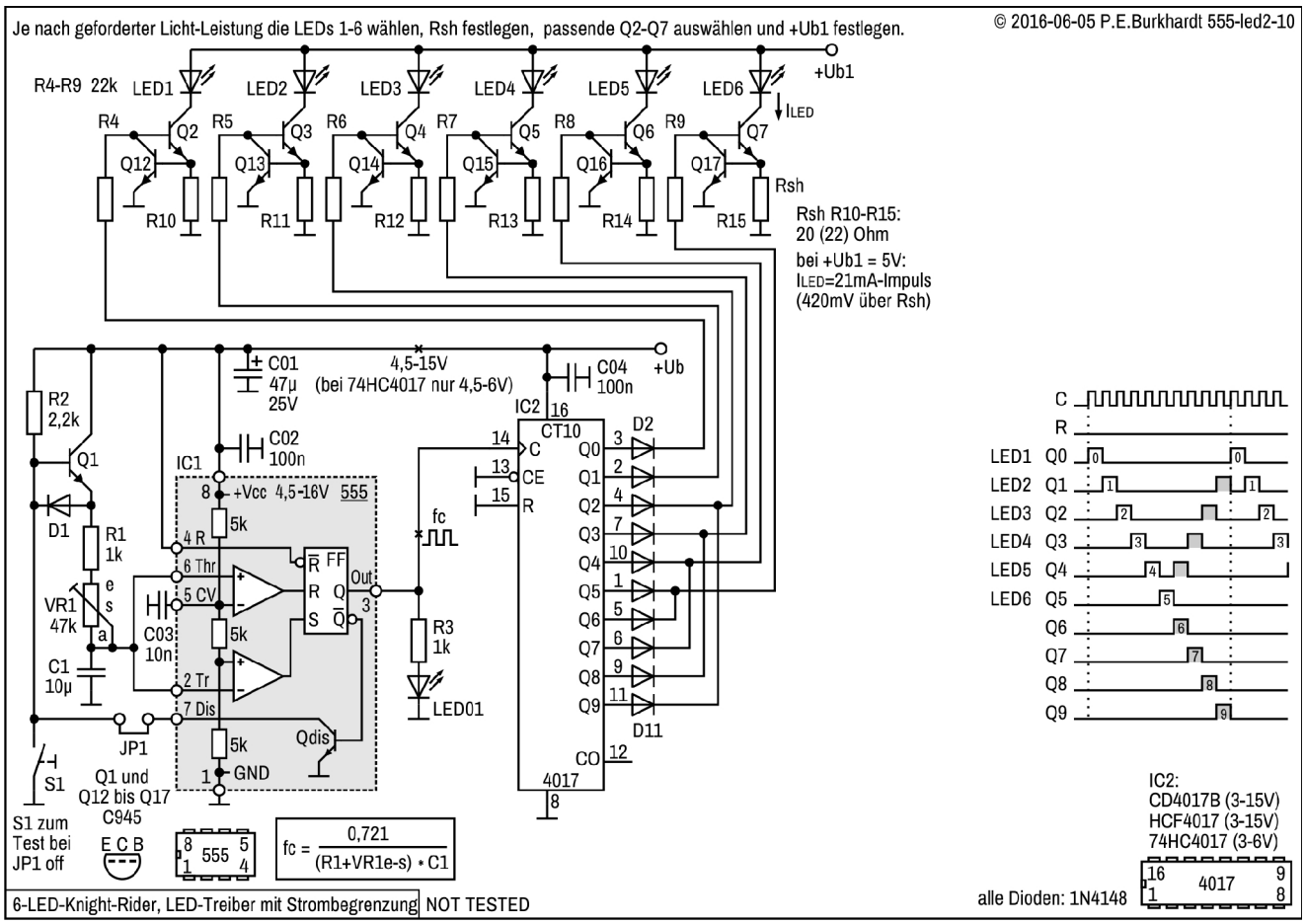
6-LED-Knight-Rider mit Dioden-Kodierung



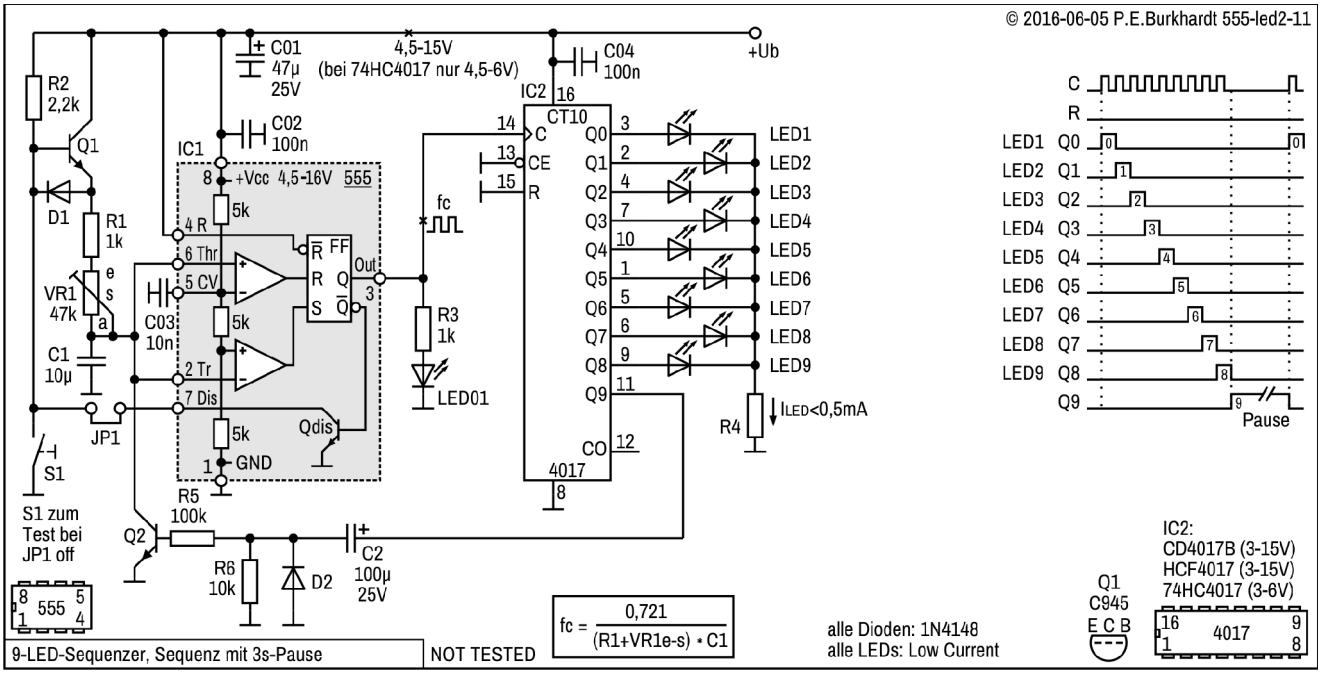
6-LED-Knight-Rider mit OR-Gatter-Kodierung



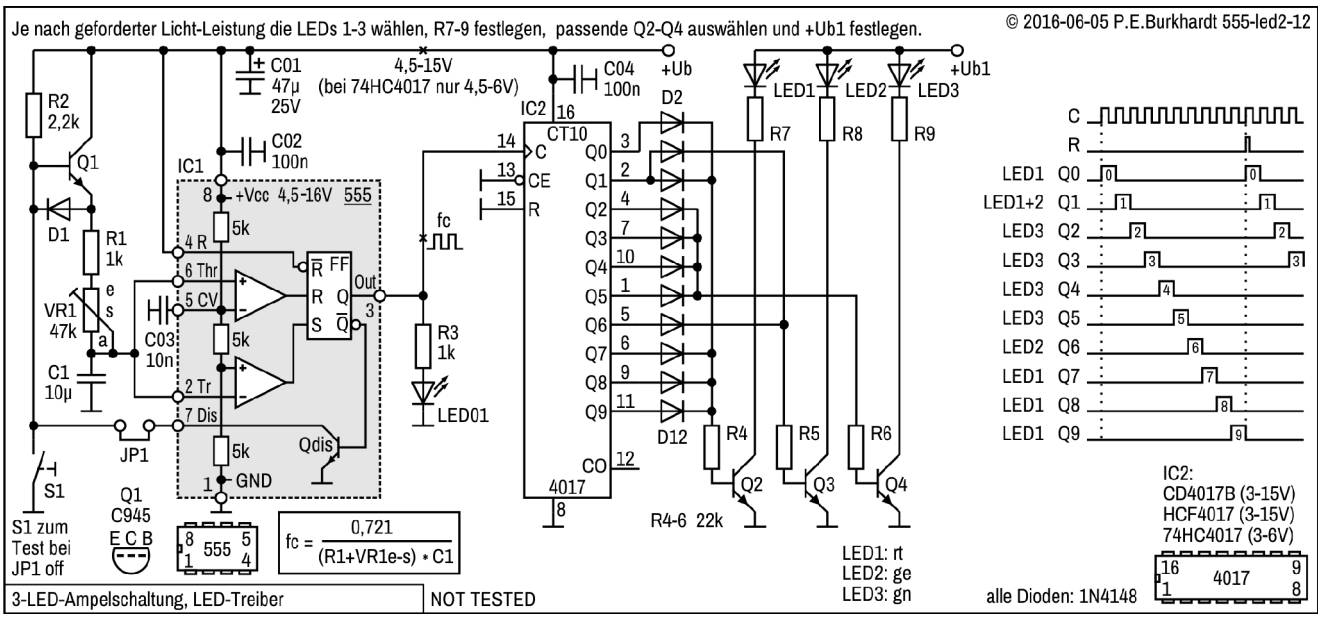
6-LED-Knight-Rider (LED-Treiber mit Strombegrenzung)



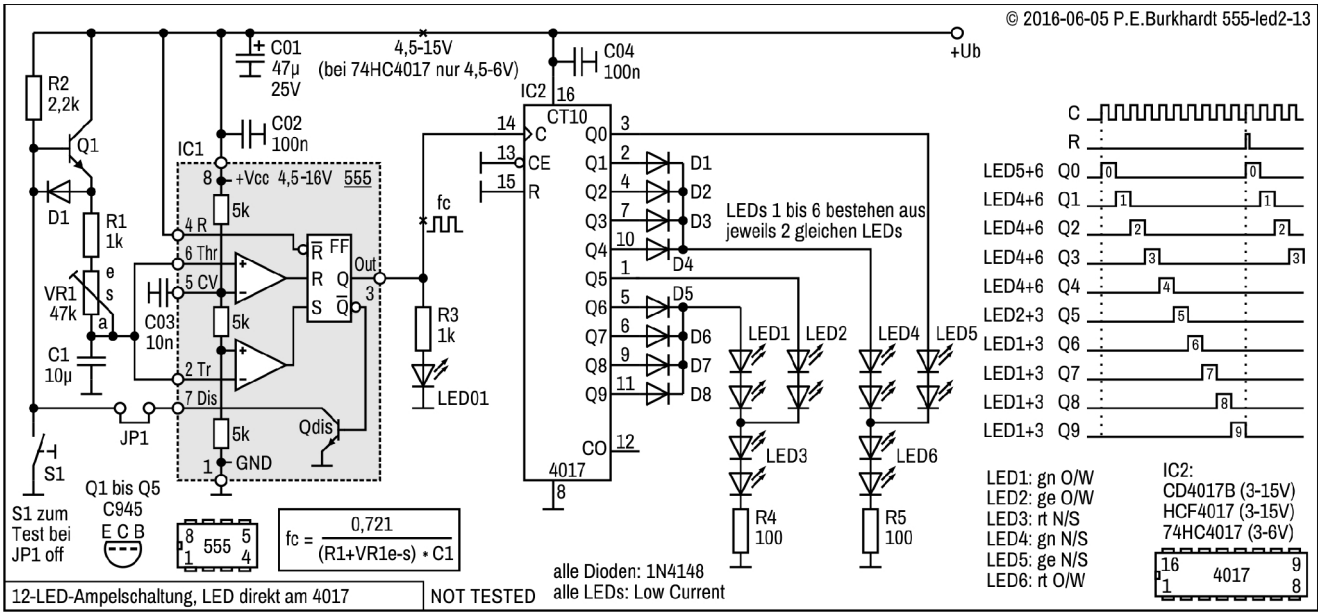
9-LED-Sequenzer mit 3s-Sequenz-Pause



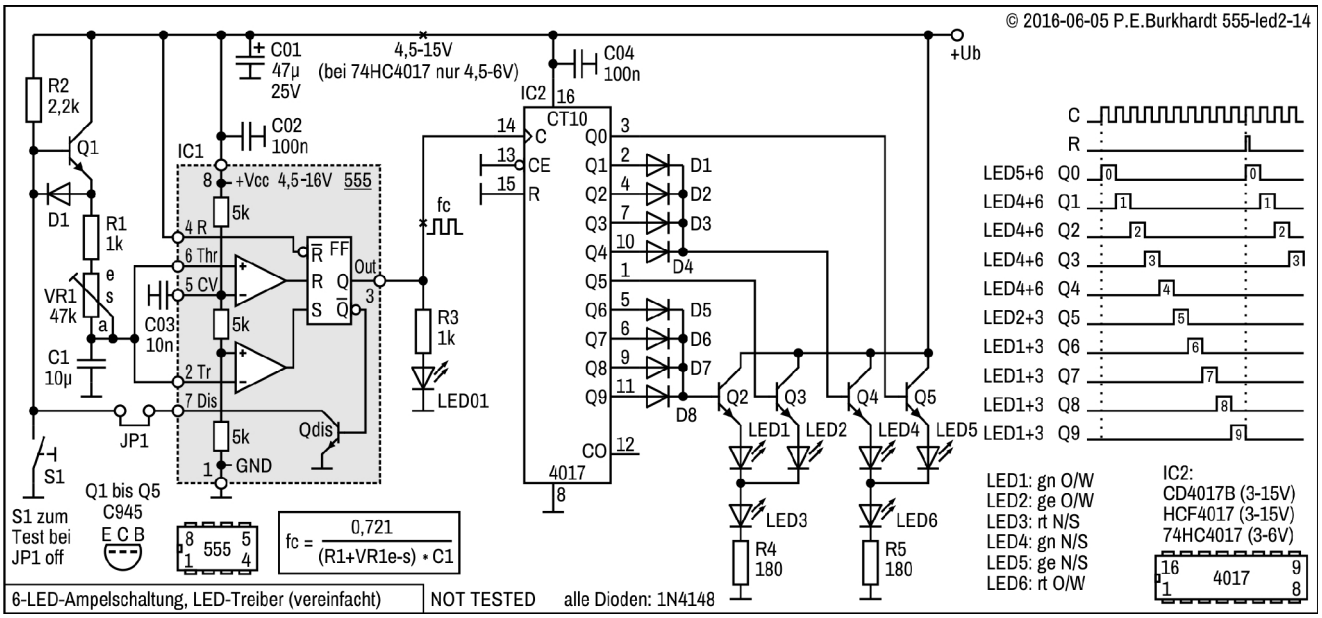
3-LED-Ampelschaltung (LED-Treiber)



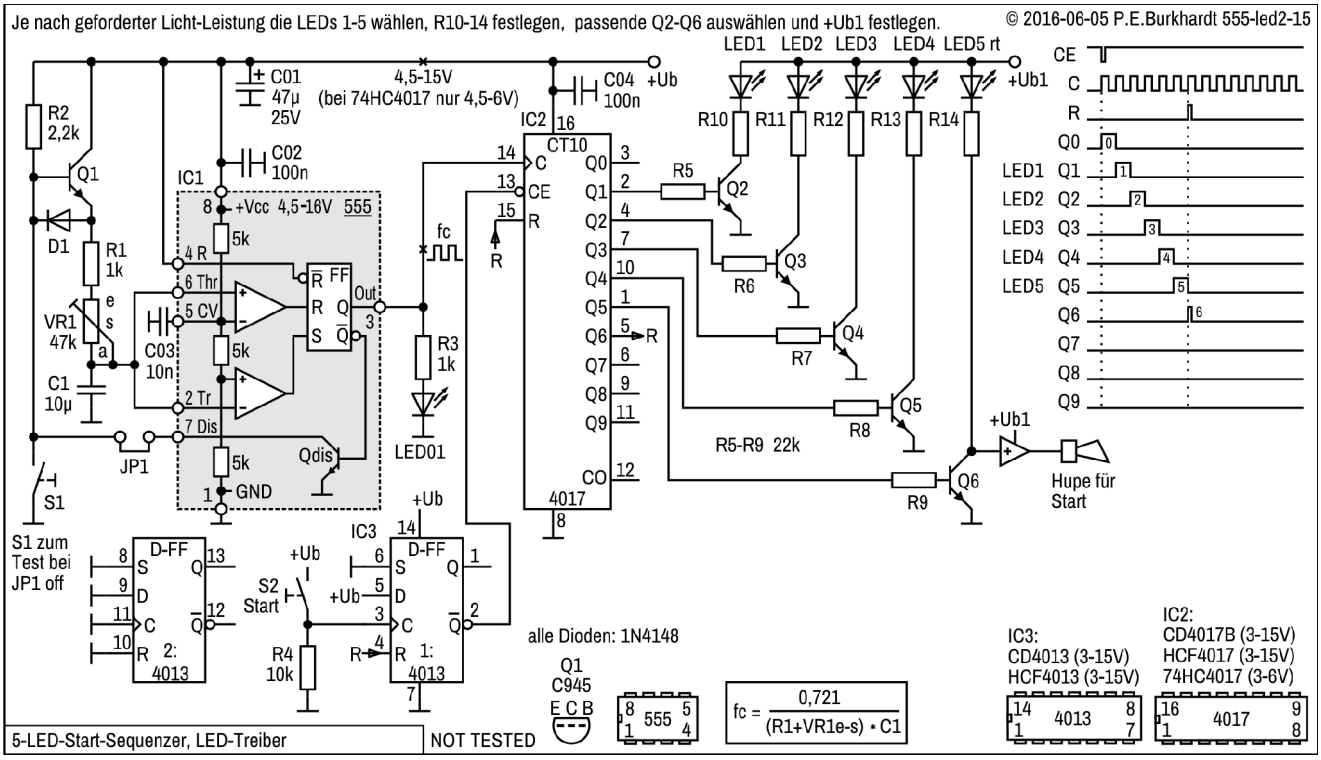
12-LED-Ampelschaltung



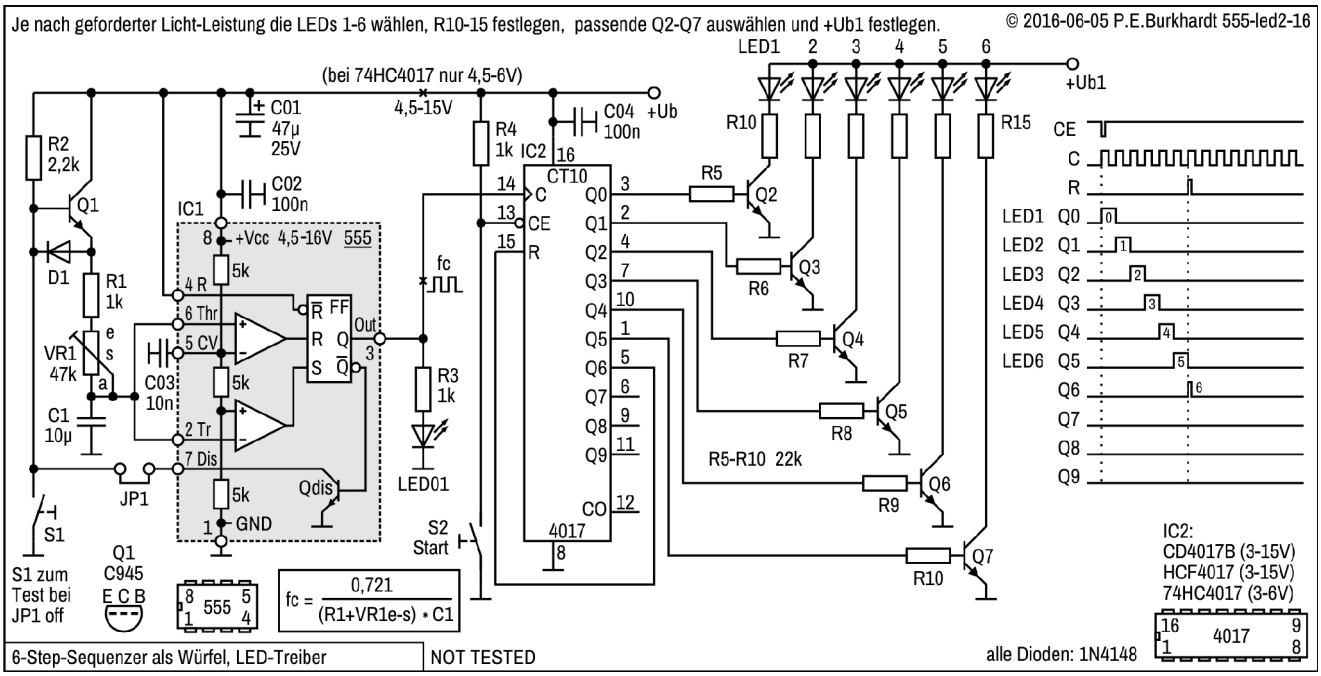
6-LED-Ampelschaltung (LED-Treiber)



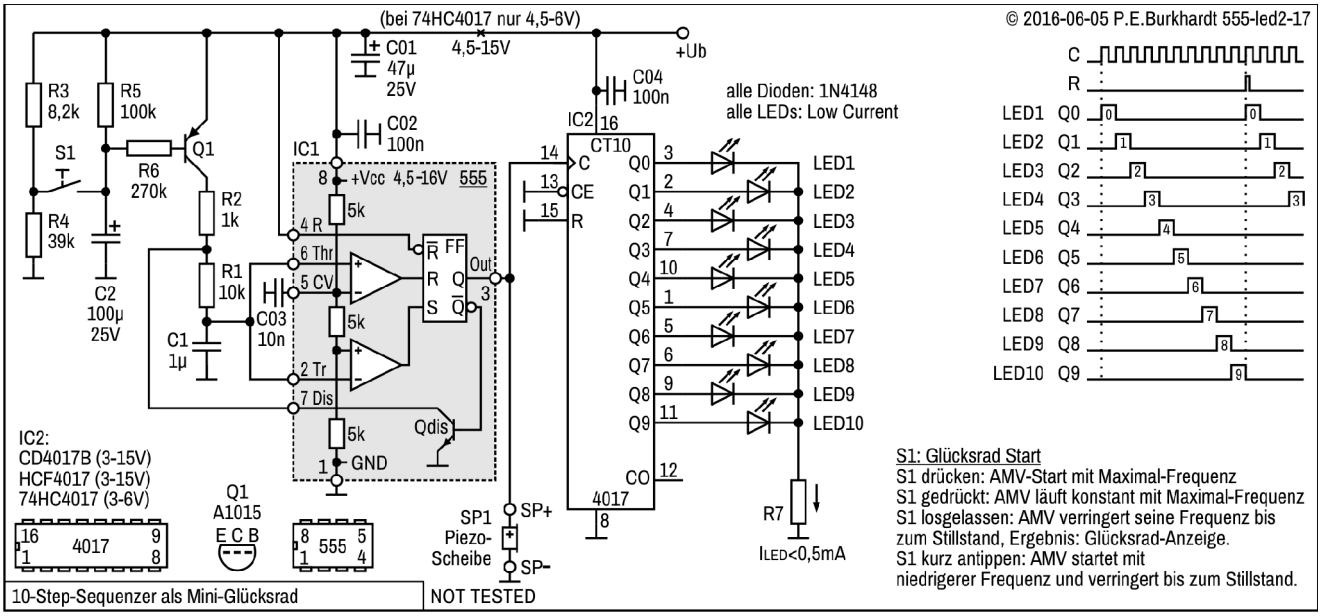
5-LED-Start-Sequenzer (LED-Treiber)



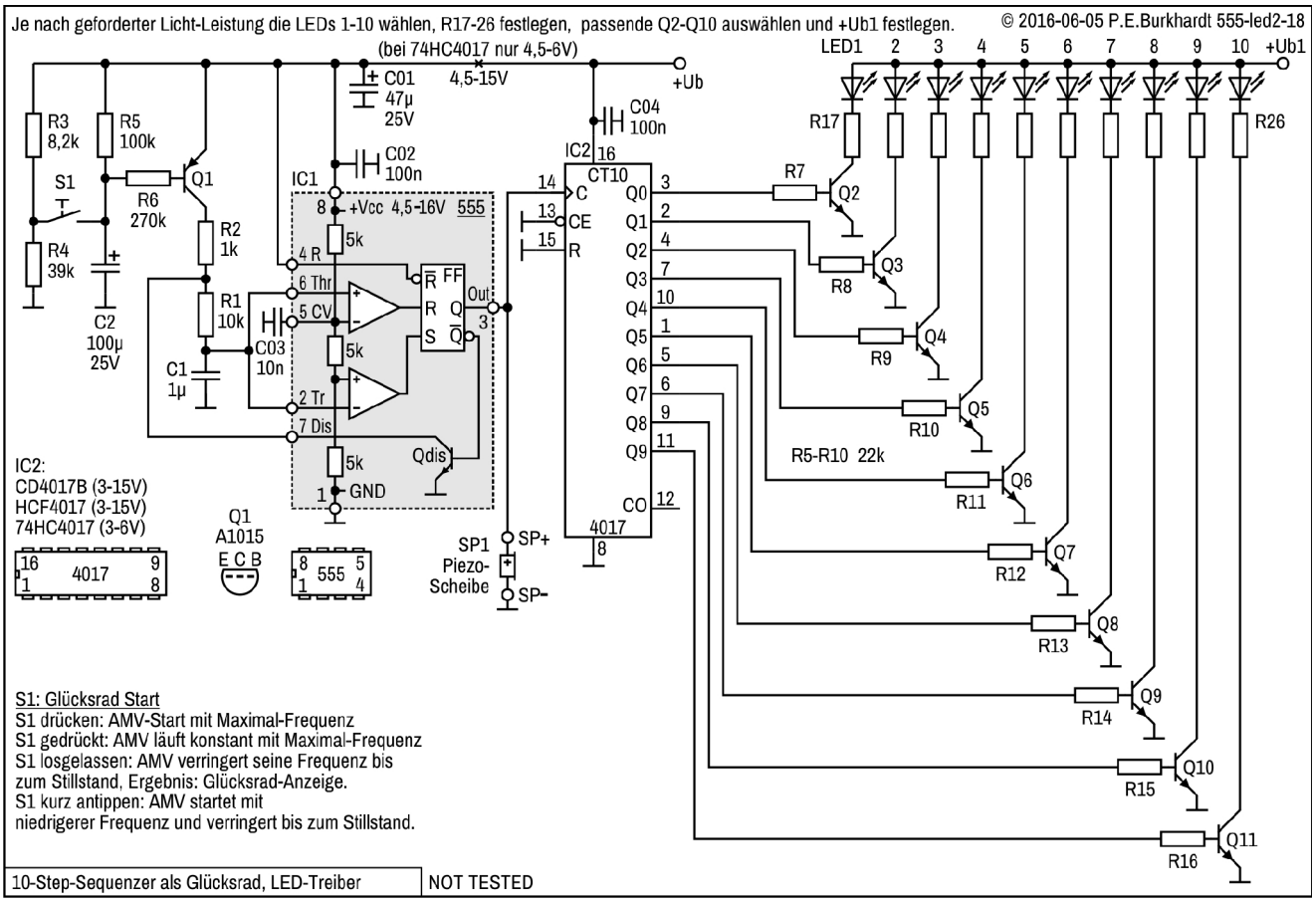
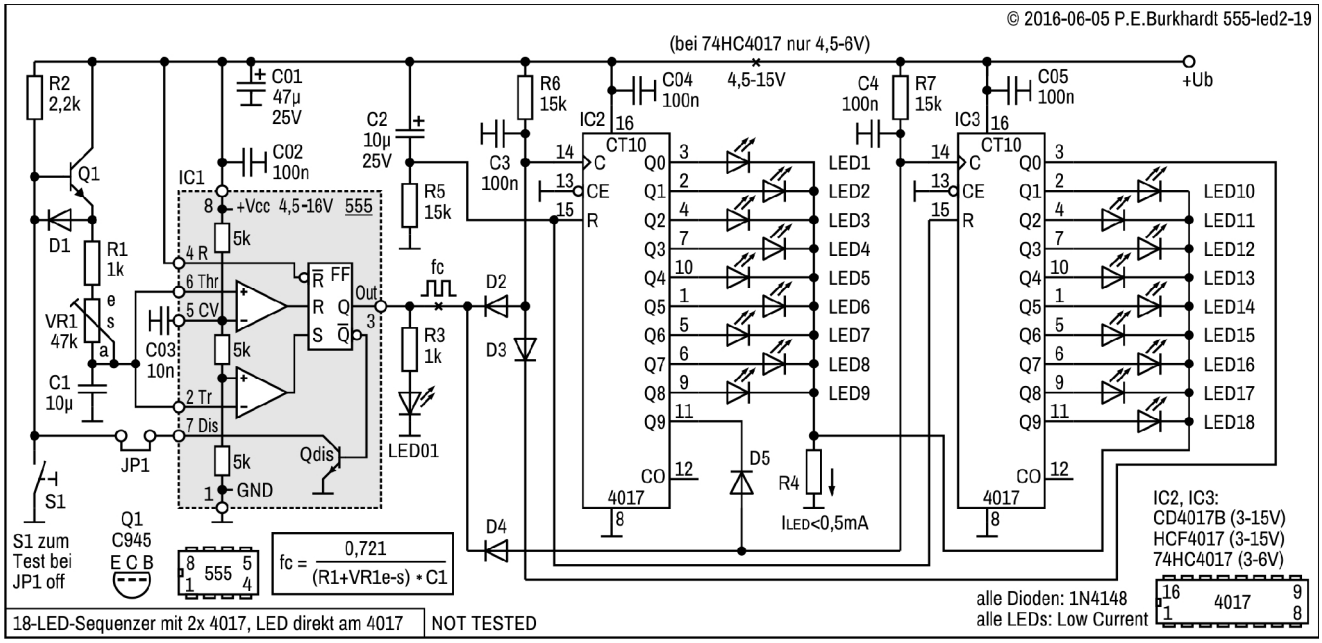
6-Step-Sequenzer als Würfel (LED-Treiber)



10-Step-Sequenzer als Mini-Glücksrad



10-Step-Sequenzer als Glücksrad (LED-Treiber)



18-LED-Sequenzer (2x 4017)