

555-Digitalschaltungen

Kontakte entprellen

- Testgeneratoren
 - Testgenerator simuliert das Kontaktprellen
 - Puls-Burst-Generator mit Pulszahl 1 bis 10
 - Puls-Burst-Generator simuliert Kontaktprellen
- Kontakte entprellen mit 555 als Fensterkomparator
 - CMOS-555 als Fensterkomparator, Prinzip
 - Taste entprellen, Triggern mit Ue-H/L-Flanke
 - Taste entprellen, Triggern mit Ue-L/H-Flanke
- Kontakte entprellen mit 555-MMV
 - Taste EIN (MMV)
 - Taste EIN (MMV), Ladesperre
 - Taste EIN (MMV), H/L-Flanke
 - Taste EIN (MMV), H/L-Flanke, verbessert
 - 2x Taste EIN (2x MMV), verriegelt
 - 2x Taste EIN (2x MMV), verriegelt, Ladesperre
- Kontakte entprellen mit 555-FF
 - Umschalt-Taste EIN/AUS (FF)
 - 2x Umschalt-Taste EIN/AUS (2x FF), verriegelt, nur LM555
 - 2x Umschalt-Taste EIN/AUS (2x FF), verriegelt
 - 4x Umschalt-Taste EIN/AUS (4x FF), verriegelt
 - EIN- und AUS-Taste (FF), Auto-Reset
 - Tipp-Taste EIN/AUS (FF)
 - Tipp-Taste EIN/AUS (FF), Auto-Reset

Impulsfolge-Generatoren

- Impuls-Sequenzen mit MMVs
 - Ring-Sequenz mit Start-MMV
 - Ring-Sequenz mit 4 MMVs
 - Ring-Sequenz mit 6 MMVs, Single-/Loop-Modus
 - Ring-Sequenz mit 6 MMVs, 2 Ausgänge

Kontakte entprellen

Allgemeines zum Kontaktprellen

Schließt ein Tastenkontakt, berühren sich die Kontaktflächen meist nicht nur einmal, sondern mehrmals, bis dann der Kontakt dauerhaft hergestellt ist. Die Taste prellt. Fast jeder mechanische Schalter hat diesen kurzzeitigen Wackelkontakt, der in der angesteuerten Schaltung zu Fehlschaltungen führen kann. Auch beim Öffnen ist es möglich, dass der Stromfluss mehrmals unterbrochen und wieder geschlossen wird, bevor die Kontaktflächen endgültig getrennt sind.

Kontaktprellen ist vor allem von der Mechanik (Schließkräfte, Schließgeschwindigkeit, Kontaktmaterial u.a.) abhängig, aber auch Schaltspannung und Schaltstrom spielen eine große Rolle (Mikrolichtbogen, Kontaktabbrand, Materialwanderung u.a.).

Selbst bei äußerlich gleichen Bedingungen (Spannung, Strom, Mechanik) ist es nicht leicht, das Prellen zu messen. Jeder Prellvorgang ist gewissermaßen ein einmaliger Vorgang, der sich nicht periodisch reproduzieren lässt. Somit ist das Testen von Schaltungen, die das Prellen für die zu steuernde Schaltung unwirksam machen sollen, nur mit dem Originalkontakt möglich, wenn ein Speicher-Oszi zur Verfügung steht.

Für den Nachweis, ob eine Entprellschaltung funktioniert, ist ersatzweise ein Generator gefragt, der periodisch dem Prellen ähnliche Impulsgruppen zur Verfügung stellt. Die Schaltung kann dann mit einem analogen Oszi getestet werden.

Testgeneratoren

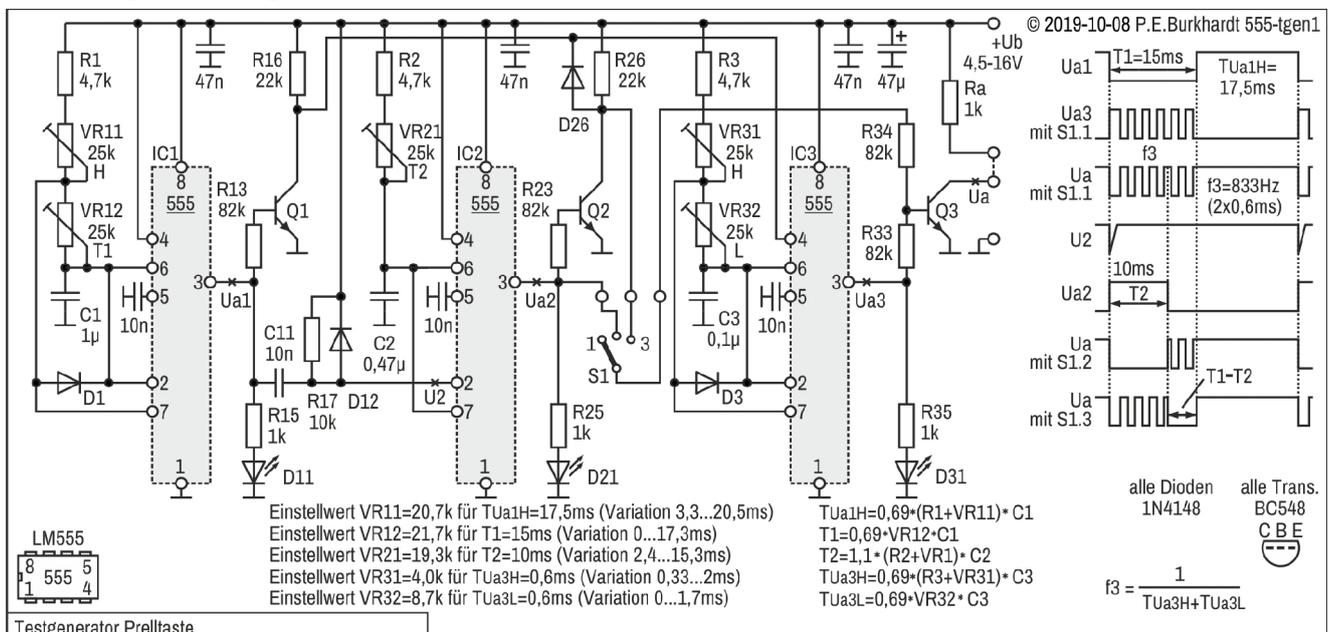
Testgenerator simuliert das Kontaktprellen

Anwendung

Der folgende Testgenerator simuliert einen prellenden Kontakt und liefert ein digitales Signal, mit dem sich Entprellschaltungen mit dem analogen Oszilloskop testen und optimieren lassen.

Impulsfolge und -zeiten des Generators ermöglichen zwar die oszilloskopische Darstellung, stimmen aber nicht mit dem Originalkontakt überein. Maßgebend ist, dass sich die Wirksamkeit der Entprellschaltung nachweisen lässt. Es ist zu erkennen, ob die Unterdrückung der Prell-Impulse funktioniert oder ob noch unerwünschte Impulse auftreten.

Schaltung des Testgenerators



Schaltungsprinzip

Insgesamt drei 555-ICs und etwas Logik generieren die sich wiederholende Prüfsequenz. Diese Sequenz setzt sich zusammen aus der Prell-Impulsfolge mit anschließender Wartezeit (Pause). Die Prell-Impulsfolge besteht aus Prell-Impulsen und der geschlossenen Kontaktzeit.

Drei Betriebsarten erlauben die unterschiedliche Zusammensetzung der Prell-Impulsfolge. Alle Zeiten sind für die Oszi-Darstellung optimiert, aber einzeln einstellbar.

Betriebsart 1

Erst $U_a = H$, dann Prellimpulse, dann wieder $U_a = H$: entspricht dauernd Prellen während des geschlossenen Kontaktes

Betriebsart 2

Erst $U_a = L$, dann Prellimpulse, dann $U_a = H$: entspricht Prellen beim Kontakt-Schließen

Betriebsart 2

Erst $U_a = H$, dann Prellimpulse, dann $U_a = L$: entspricht Prellen beim Kontakt-Öffnen

Wiederholung der Prell-Impulsfolge (zur Darstellung auf dem Oszi)

Ein AMV (IC1) liefert die Grundfrequenz, mit der sich die Prell-Impulsfolge auf dem Oszi wiederholt. Länge der Prell-Impulsfolge und Pausenzeit sind damit festgelegt.

Prell-Impulse

Ein weiterer AMV (IC3) liefert die Prell-Impulse. Damit wird festgelegt, in welchem Abstand und wie oft sich der zu schließende (oder zu öffnende) Kontakt von der Kontaktfläche löst, bevor er permanent schließt (oder öffnet).

Permanente Kontakt-Zeit

Der dritte 555 (IC2) ist als MMV geschaltet und bildet die Basis für die Zeit des endgültig geschlossenen Kontaktes.

Ausgabe der Prüfsequenz

Die Ausgabe der Prüfsequenz erfolgt mit einem OC-Transistor (open collector), der den schließenden Kontakt gegen GND simuliert. Soll gegen $+U_b$ oder eine andere positive Spannung geschaltet werden, ist eine weitere Schaltstufe erforderlich.

Schaltungsbeschreibung

IC1 arbeitet als AMV und liefert mit U_{a1} die Grundfrequenz für die Oszi-Darstellung. Mit VR11 ist die H-Zeit, mit VR12 die L-Zeit einstellbar. Über Transistor Q1 wird der IC3-Reset-Eingang Pin 4 angesteuert. H-Zeit von U_{a1} bedeutet Pause, L-Zeit bedeutet Freigabe der mit IC3 erzeugten Prell-Impulse. Die Länge dieser Freigabe ist T1 (Länge der Prell-Impulsfolge).

IC3 arbeitet ebenfalls als AMV. Mit VR31 ist die H-Zeit, mit VR32 die L-Zeit der U_{a3} -Prell-Impulse einstellbar. Es ergibt sich die U_{a3} -Frequenz f_3 .

IC2 ist als MMV geschaltet, VR21 + R2 bestimmen mit C2 die Verzögerungszeit T2. Diese Zeit T2 stellt den endgültig geschlossenen Kontakt in der Prell-Impulsfolge T1 dar. Zur IC2-Triggerung wird U_{a1} mit C11-R17 differenziert, dabei begrenzt D12 die über U_b liegende Spitze.

Die Stellung des Wahlschalters S1 bestimmt, ob die permanent geschlossene Kontakt-Zeit am Anfang oder am Ende der Prell-Impulsfolge wirksam wird. In Stellung 1 ist keine permanente Kontakt-Zeit vorhanden (nur Prell-Impulse). In Stellung 2 ist die Kontakt-Zeit am Anfang und in Stellung 3 am Ende der Prell-Impulsfolge T1 vorhanden.

Die resultierende U_a -Prüfsequenz ist als OC-Ausgang des Transistors Q3 verfügbar. R_a ist der Pull-Up-Widerstand, wahlweise ist auch extern ein Widerstand möglich.

Die LEDs D11/D21/D31 leuchten bei H des jeweiligen 555-Ausgangs. Für die Generatorfunktion sind sie nicht erforderlich.

Impulsbildung, S1 in Stellung 1

Mit U_{a1} -L-Potential ist Q1 gesperrt und IC3 für die Zeit T1 freigegeben. An U_{a3} erscheinen die Prell-Impulse und sind negiert am Q3-Kollektor verfügbar (siehe Diagramm U_a mit S1.1 mit der Frequenz f_3).

Mit U_{a1} -H-Potential (Pause) ist Q1 leitend und IC3 gesperrt, da der IC3-Reset-Eingang auf GND liegt. U_{a3} führt L, die Q3-Basis erhält über R33 keinen Basisstrom. Wegen S1 in Stellung 1 erhält die Q3-Basis auch über R34 keinen Basisstrom. Q3 ist also gesperrt, U_a führt H, was dem dauernd offenen Kontakt entspricht (siehe Diagramm U_a mit S1.1 mit dauernd H).

Impulsbildung, S1 in Stellung 2

Mit Ua1-L-Potential ist Q1 gesperrt und IC3 für die Zeit T1 freigegeben. An Ua3 erscheinen die Prell-Impulse. Außerdem triggert die Ua1-H/L-Flanke den IC2-MMV. Ua2 wird H für die Zeit T2. Q3 wird jetzt über R34 durchgesteuert, so dass für die Ua2-H-Zeit an Ua L-Potential erscheint. Da T2 kürzer als T1 ist, wird ein Teil der Prell-Impulse ausgeblendet. Zu Beginn der Prell-Impulsfolge ist also Q3 für die Zeit T2 permanent durchgesteuert, was einem dauernd geschlossenen Kontakt entspricht. Für den Rest der T1-Zeit sind die Prell-Impulse wieder wirksam (siehe Diagramm Ua mit S1.2).

Während der Ua2-H-Zeit ist natürlich auch Q2 durchgesteuert. Wegen Diode D26 wirkt sich dies aber nicht auf die Resetleitung am IC3-Pin 4 aus.

Mit Ua1-H-Potential (Pause) ist Q1 leitend und IC3 gesperrt, da der IC3-Reset-Eingang auf GND liegt. Ua3 führt L, die Q3-Basis erhält über R33 keinen Basisstrom. Außerdem führt Ua2 ein L (IC2-MMV ist nicht aktiv), so dass die Q3-Basis auch über R34 keinen Basisstrom erhält. Q3 ist also gesperrt, Ua führt H, was dem dauernd offenen Kontakt entspricht (siehe Diagramm Ua mit S1.2 mit dauernd H).

Impulsbildung, S1 in Stellung 3

Mit Ua1-L-Potential ist Q1 gesperrt und IC3 für die Zeit T1 freigegeben. An Ua3 erscheinen die Prell-Impulse. Außerdem triggert die Ua1-H/L-Flanke den IC2-MMV. Ua2 wird H für die Zeit T2. Q2 ist leitend, das wirkt sich aber nicht über R34 auf Q3 aus. Deshalb sind während T2 die Ua3-Prell-Impulse negiert am Q3-Kollektor verfügbar.

Ua2 wird L, wenn die T2-Zeit zu Ende ist. Q2 sperrt und Q3 wird jetzt über R34 durchgesteuert, so dass für die Ua2-L-Zeit an Ua L-Potential erscheint, solange T1 noch nicht zu Ende ist. Da T2 kürzer als T1 ist, wird für die Zeit (T1 - T2) der restliche Teil der Prell-Impulse ausgeblendet. Zum Ende der Prell-Impulsfolge ist also Q3 für die Zeit (T1 - T2) permanent durchgesteuert, was einem dauernd geschlossenen Kontakt entspricht (siehe Diagramm Ua mit S1.3).

Mit Ua1-H-Potential (Pause) ist Q1 leitend und IC3 gesperrt, da der IC3-Reset-Eingang auf GND liegt. Ua3 führt L, die Q3-Basis erhält über R33 keinen Basisstrom. Außerdem führt der Q2-Kollektor wegen der Diode D26 ein L, so dass die Q3-Basis auch über R34 keinen Basisstrom erhält. Q3 ist also gesperrt, Ua führt H, was dem dauernd offenen Kontakt entspricht (siehe Diagramm Ua mit S1.3 mit dauernd H).

Einstellwerte der Impulszeiten

Alle Einstellwerte der Musterschaltung sind im Bild angegeben. Basis bildet die Grundsequenz Ua1, mit der gerade noch eine flimmerarme Darstellung mit dem analogen 2-Strahl-Oszi möglich ist.

Die Prell-Impulse müssen nicht wie angegeben den Tastgrad 0,5 haben, sondern können unsymmetrisch sein und/oder eine andere Frequenz haben.

Die Zeit T2 muss sich allerdings innerhalb der Prell-Impulsfolge T1 bewegen, damit die Schalterstellungen S1.2 und S1.3 funktionieren.

Die jeweilige Zeit-Variation aller Einstellregler ist im Bild angegeben, gültig für die Werte der Kondensatoren C1, C2 und C3.

Zeitkonstanten der zu testenden Entprell-Schaltung

Die Zeitkonstanten der zu testenden Entprell-Schaltung müssen an die Zeiten des Testgenerators angepasst, d.h. verringert, werden.

Bei realen Kontakten können bis zu 100 ms vergehen, bis der Kontakt dauerhaft geschlossen bzw. geöffnet ist (beim Öffnen meist wesentlich weniger).

Soll z.B. ein nachtriggerbares Monoflop den Kontakt entprellen, muss diese Monoflop-Zeit für den Test kleiner als die Pausenzeit des Testgenerators gewählt werden. Dadurch ist die Monoflop-Zeit noch in der Generator-Pause zu Ende und damit die Entprellung vor der nächsten Testgenerator-Sequenz abgeschlossen.

Für den realen Kontakt ist dann die Monoflop-Zeit an die zu erwartende Prellzeit anzupassen (meist zu vergrößern).

Betriebsspannung Ub

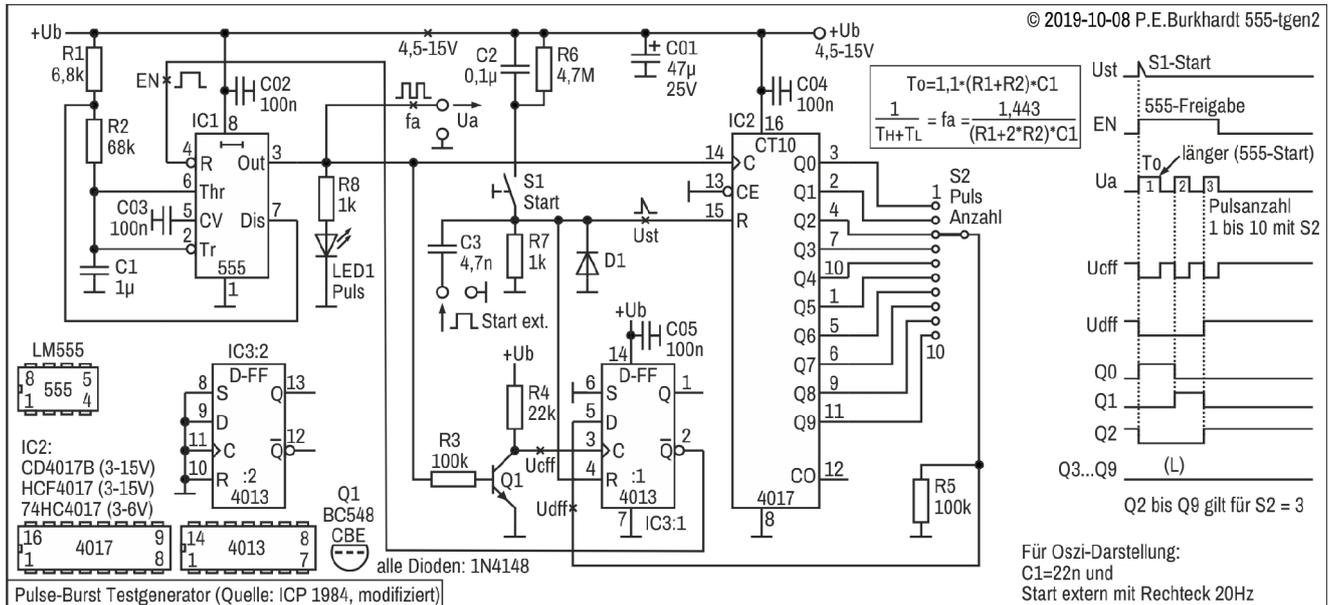
Ub ist in den 555-Grenzen frei wählbar und kann durch den OC-Ausgang durchaus von der Betriebsspannung der zu testenden Entprell-Schaltung abweichen. Ub zwischen 10 und 12 V ist günstig, da sich dann die Fluss-Spannung der Dioden D1 und D3 weniger auf die errechneten Zeiten auswirkt. Die angegebenen Formeln und Zeiten gelten übrigens nur ohne Berücksichtigung des Dioden-Fehlers. Das betrifft aber nur die H-Zeiten von Ua1 und Ua3.

Fazit

Das Testen und Optimieren einer digital arbeitenden Entprell-Schaltung ist mit dem analogen Oszi möglich. Dabei müssen die Zeitkonstanten der Entprell-Schaltung ggf. an die Testgenerator-Zeiten angepasst werden. Höherfrequente Testsignale (Störsignale) liefert der Generator nicht. Diesbezüglich kann kein Schaltungstest erfolgen. Das ist aber auch nicht Anwendungsziel dieses Generators.

Puls-Burst-Generator mit Pulszahl 1 bis 10

Im Zuge der Untersuchungen zum Kontaktprellen entstand der im Folgenden gezeigte Puls-Burst-Generator. Er basiert auf einem Beitrag von ICP (1984) und arbeitet, so wie im Bild gezeigt, zuverlässig.



Schaltungsbeschreibung

Prinzip der Pulserzeugung

Der Timer 555 erzeugt einen Takt, sobald er über den Reset-Eingang Pin 4 die Freigabe erhält. Der Takt wird dem Zähler 4017 zugeführt, dessen Ausgänge bei jeder L/H-Flanke am Takteingang Pin 14 nacheinander einen H-Impuls liefern. Schalter S2 bestimmt, wieviel Impulse der 4017 zählen darf. Über das FF 4013 erfolgt der Stopp des Zählers, sobald die mit S2 gewählte Pulszahl erreicht ist. Außerdem wird der 555 zurückgesetzt. Die Schaltung befindet sich wieder in Bereitschaft.

Die ausgewählte Anzahl der Impulse steht am 555-Ausgang Pin 3 zur Verfügung.

Der Start für einen Puls-Burst kann von Hand mit Taste S1, aber auch periodisch über den Starteingang erfolgen. Der wiederholte Start ermöglicht, die Impuls-Bursts auf dem analogen Oszi darzustellen. Werden die Impulsgruppen einer Schaltung zugeführt, kann dauernd die Wirkungsweise dieser Schaltung untersucht werden.

Die detaillierte Beschreibung der einzelnen ICs soll an dieser Stelle nicht erfolgen. Im Bild sind eigentlich alle nötigen Angaben enthalten. Insbesondere gilt, das Impulsdigramm zu beachten.

Fazit

Puls-Bursts (oder auch Impulsgruppen) lassen sich einfach mit wenigen ICs erzeugen und periodisch für die Oszi-Wiedergabe bereitstellen. Die Impulsanzahl einer Gruppe ist von 1 bis 10 einstellbar. Der Generator ist bei vielen Mess- und Steueraufgaben einsetzbar. Eigentlich sollte er als Basis für einen Generator zur Kontaktprell-Simulation dienen. Der Aufwand war mir aber zu groß.

Der folgende Beitrag "Puls-Burst-Generator simuliert Kontaktprellen" beschreibt eine Variante, die nur mit dem 555 arbeitet und alle gewünschten Aufgaben beim Beurteilen von Debouncing-Schaltungen erfüllt.

Puls-Burst-Generator simuliert Kontaktprellen

Anwendung

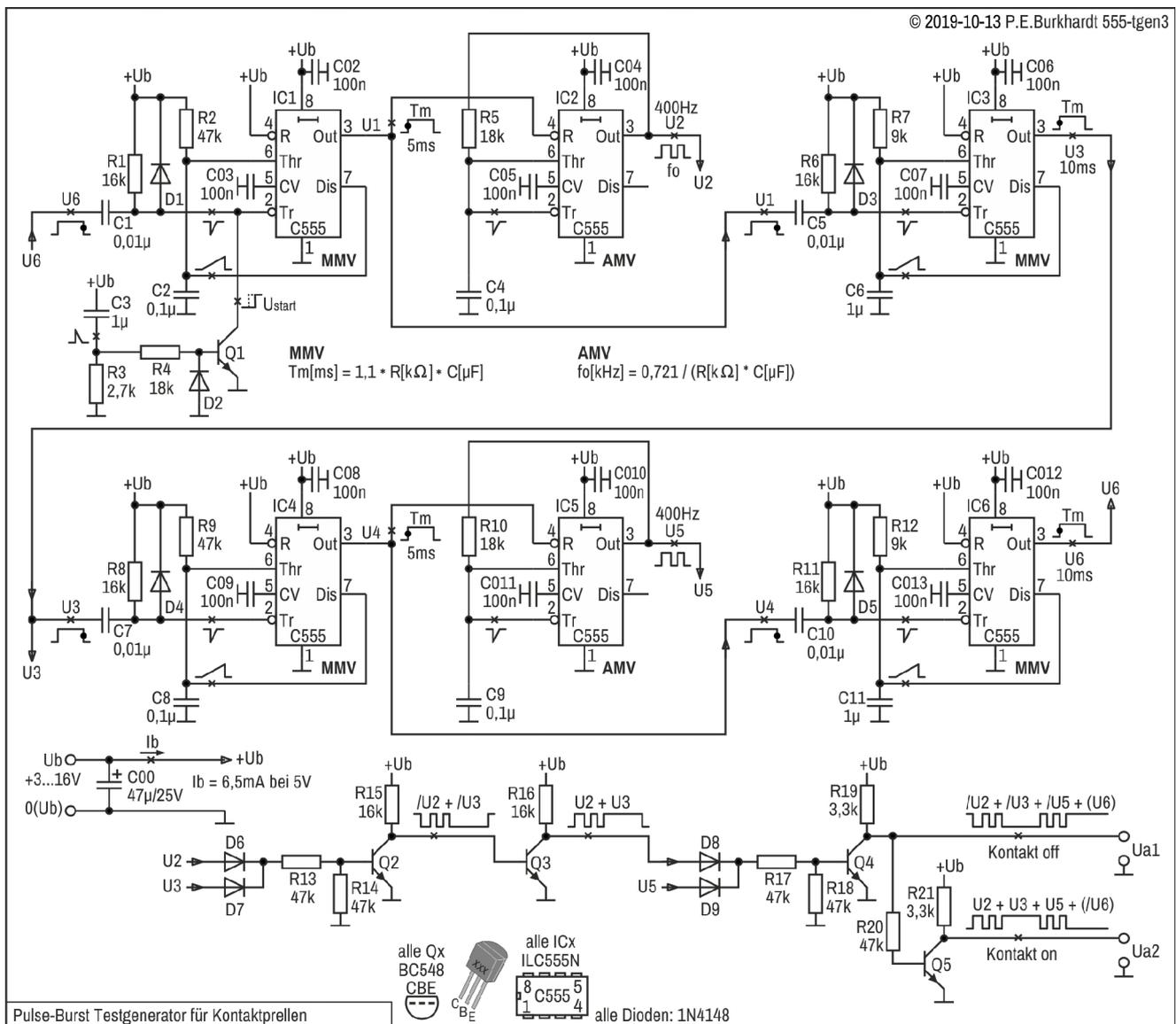
Der folgende Testgenerator simuliert einen prellenden Kontakt und liefert ein digitales Signal, mit dem sich Entprellschaltungen mit dem analogen Oszilloskop testen und optimieren lassen.

Impulsfolge und -zeiten des Generators ermöglichen zwar die oszilloskopische Darstellung, stimmen aber nicht mit dem Originalkontakt überein. Maßgebend ist, dass sich die Wirksamkeit der Entprellschaltung nachweisen lässt. Es ist zu erkennen, ob die Unterdrückung der Prell-Impulse funktioniert oder ob noch unerwünschte Impulse auftreten.

Schaltungsprinzip

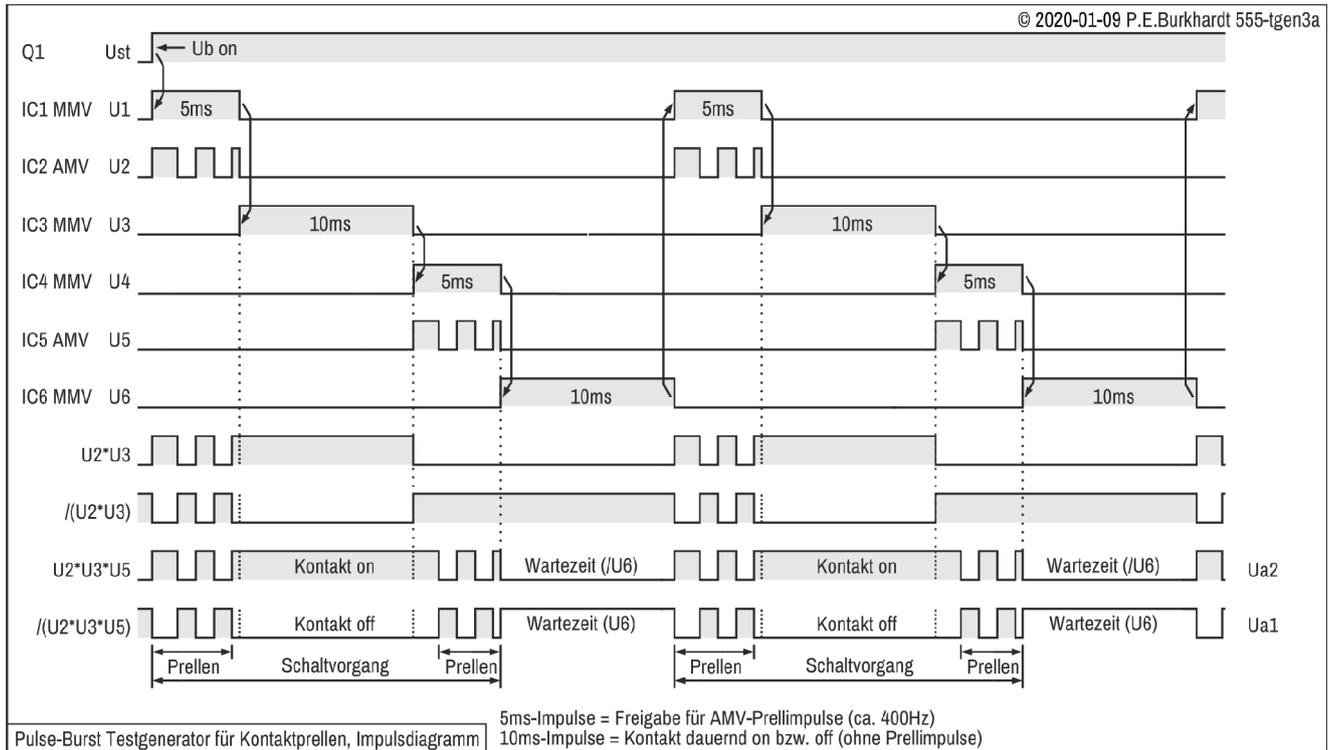
Insgesamt 6 555-ICs und etwas Logik generieren die sich wiederholende Prüfsequenz. Diese Sequenz setzt sich zusammen aus der Prell-Impulsfolge nach dem ersten Schließen des Kontakts und nach dem ersten Öffnen des Kontakts. Dazwischen ist der Pegel konstant, was dem dauernd geschlossenen Kontakt entspricht. Nach dieser Sequenz besteht eine Wartezeit und der ganze Vorgang wiederholt sich. Somit kann die zu testende Schaltung mit dem analogen Oszi untersucht werden.

Die Sequenz für den sich schließenden Kontakt steht neigert an einem weiteren Ausgang zur Verfügung, so dass sich auch öffnende Kontakte simulieren lassen.



Schaltungsbeschreibung

Für die folgende Beschreibung sollte neben dem Schaltplan auch der Impulsplan präsent sein.



Prinzip der Impulserzeugung

Die Impulsfolgen sind fest von der Schaltung vorgegeben. Die gesamte Prüfsequenz besteht aus den folgenden unterschiedlichen Impulsabschnitten: Start, Schließerprellen, permanente Kontaktzeit on bzw. off, Öffnerprellen und Wartezeit bis zur nächsten Sequenz. Den Start erledigt ein Transistor, alle anderen Abschnitte werden von jeweils einem CMOS-555 generiert.

Am Ende des Signalweges werden die einzelnen Abschnitte logisch verknüpft und ergeben so die komplette sich wiederholende Prüfsequenz. Diese steht an zwei Ausgängen einmal direkt und einmal negiert zur Verfügung.

Start der Sequenz

Die Schaltung generiert nacheinander alle Impulsabschnitte flankengetriggert. Damit diese Abfolge in Gang kommt ist ein Startimpuls erforderlich. Transistor Q1 generiert diesen Impuls und triggert damit den ersten 555 IC1.

Mit dem Einschalten der Betriebsspannung +Ub entsteht wegen C3 und R3 am Q1-Kollektor eine kurze Verzögerung des ansteigenden Pegels gegenüber +Ub, so dass IC1 sicher als MMV triggert. Die Wartezeit U6 ist in diesem Moment noch nicht wirksam.

In allen folgenden Sequenzen fehlt natürlich Ustart, dafür triggert dann die fallende Flanke von U6 und hält so die sich wiederholende Impulsfolge am Laufen.

Erzeugen der Prellimpulse beim sich schließenden Kontakt

Der vom Startimpuls Ustart bzw. in der Folge vom Ende der Wartezeit U6 getriggerte MMV IC1 erzeugt den 5ms-Impuls U1. Dieser gibt mit seiner L/H-Flanke den AMV IC2 frei, der mit einer Frequenz von ca. 400 Hz schwingt. Diese Frequenz (U2) wurde gewählt, um 2 bis maximal 3 Prellimpulse zu erzeugen.

Erzeugen der permanenten Kontaktzeit nach den Prellimpulsen

Mit dem Ende des Freigabeimpulses U1, also nach den Prellimpulsen, wird der nächste Abschnitt der Sequenz angestoßen. Die H/L-Flanke von U1 triggert den MMV IC3. Der gelieferte 10ms-Impuls U3 wird der Logik zugeführt. Dort sorgt er für die permanent geschlossene Kontaktzeit ohne Prellen.

Erzeugen der Prellimpulse beim sich öffnenden Kontakt

Ist die permanente 10ms-Kontaktzeit U3 zu Ende, triggert die U3-H/L-Rückflanke den MMV IC4, der den nächsten 5ms-Freigabeimpuls U4 für die Prellimpulse des sich öffnenden Kontakts bereitstellt. U4 gibt mit seiner L/H-Flanke den AMV IC5 frei, der ebenfalls mit einer Frequenz von ca. 400 Hz schwingt (U5).

Erzeugen der Wartezeit bis zum nächsten Kontaktzyklus

Zwischen einem Kontaktzyklus (Prellen, Geschlossen, Prellen) zum nächsten ist eine Wartezeit von 10 ms eingebaut. Damit ergibt sich für die Triggerung des analogen Oszis und für die Darstellung auf dem Schirm eine günstige Impulsverteilung ohne zu große Lücken.

Die Wartezeit muss mit dem Ende von U4 beginnen (das Ende des Öffnerprellens). Deshalb triggert die H/L-Flanke von U4 den MMV IC6, der letztendlich den 10ms-Warteimpuls U6 erzeugt.

Impuls U6 muss nicht der Logik zugeführt werden. Sein Ende signalisiert dem ersten 555 (IC1), dass jetzt ein neuer Kontaktzyklus beginnen soll. U6 triggert also IC1, der daraufhin den Freigabeimpuls für das nächste Kontaktprellen erzeugt.

Damit ist der Kreis geschlossen. Ab jetzt laufen die beschriebenen Vorgänge nacheinander ab, bis +Ub abgeschaltet wird.

Logik zum Aneinanderreihen der einzelnen Impulsabschnitte

Die Impulse U2 (Kontaktprellen am Anfang), U3 (permanent geschlossener Kontakt) und U5 (Kontaktprellen am Ende) werden mit einer einfachen Transistorlogik zusammengefügt. Es werden 4 Transistoren (Q2 bis Q5) benötigt, wobei die zwei Ausgangsstufen schon enthalten sind.

Die genaue Funktionsweise der Logik ist im Impulsdigramm dargestellt.

Betriebsspannung und Ausgangsstufen

Es lohnt sich für die Logik nicht, digitale ICs einzusetzen. Dadurch würde der mögliche Betriebsspannungsbereich unnötigerweise eingeschränkt. Außerdem würde man für die Endstufen sowieso günstigerweise Transistoren benötigen. Übrigens ist es in der vorliegenden Schaltung auch möglich (und manchmal sinnvoll), die Transistoren Q4 und Q5 als Open-Kollektor-Stufen auszuführen. Das ist z.B. vorteilhaft, wenn die zu untersuchende Schaltung eine andere Betriebsspannung hat.

Fazit

Der Testgenerator liefert zwar eine relativ starre Impulsfolge, ist aber dadurch einfach zu handhaben. Für den speziellen Zweck des "Debouncing"-Nachweises ist er gut geeignet. Es geht nicht darum, die Zeitkonstanten von Entprellschaltungen zu prüfen oder zu optimieren, sondern der Generator soll nur den Nachweis erbringen, ob die zu prüfende Schaltung prinzipiell das tut, was sie soll, nämlich Prellimpulse unterdrücken.

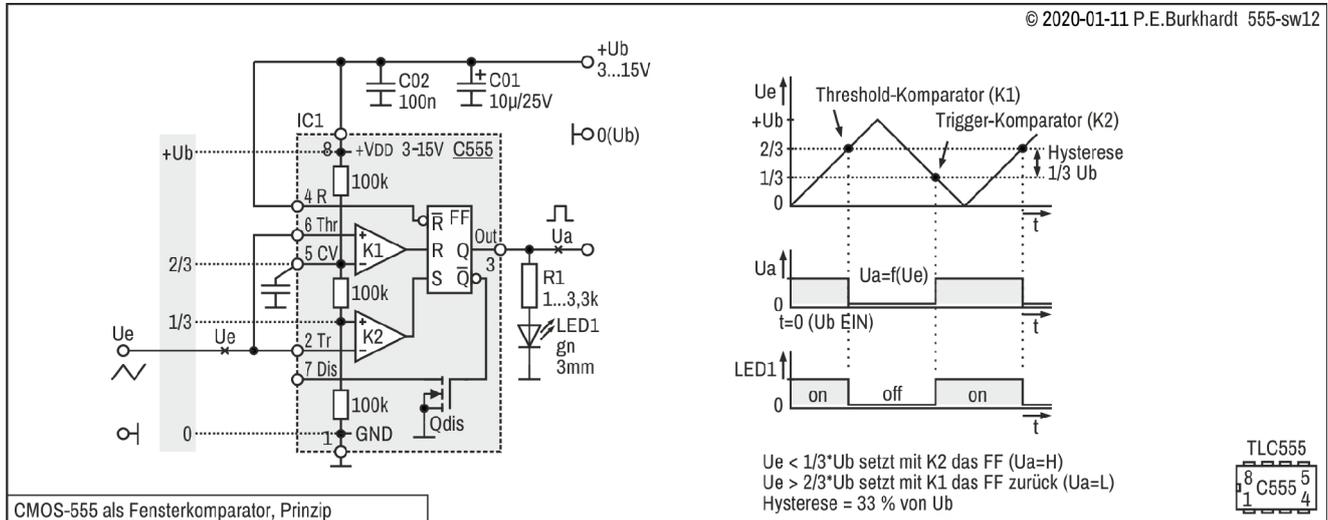
Die Zeiten der erzeugten Impulse wurden so gewählt, dass man in der Entprellschaltung letztlich die 10-fache Zeitkonstante festlegen sollte, um mit Sicherheit das Kontaktprellen zu unterdrücken. Mit anderen Worten: Die 5 ms andauernde Prellfolge des Generators entspricht in der endgültigen Schaltung einer Zeitkonstante von 50 ms. Sind durch den Generator die Prellimpulse verschwunden, sollte dies in der endgültigen Schaltung bei 10-facher Zeitkonstante des entprellenden RC-Gliedes auch der Fall sein.

Kontakte entprellen mit 555 als Fensterkomparator

Der 555 kann mit seinen zwei Schwellwertschaltern und dem FF ganz einfach als Fensterkomparator geschaltet werden, so wie es mit Opamps bzw. Opamp-Komparatoren möglich ist.

CMOS-555 als Fensterkomparator, Prinzip

Das folgende Bild zeigt das Prinzip des 555-Fensterkomparators.



Gemeinsamer Eingang Ue für 2 Komparatoren

Trigger- und Threshold-Komparator sind nichts weiter als einfache Opamps. Deren Eingänge sind so beschaltet, dass sich einerseits der gemeinsame Eingang Ue ergibt (Pins 6 und 2), andererseits aber für beide Komparatoren eine eigene Referenzspannung wirksam werden kann.

Referenzspannungen für die Komparatoren

Vergeblich wird man eine Referenzspannungsquelle suchen. Sie ergibt sich einfach durch den internen Spannungsteiler, der aus 3 gleich großen Widerständen besteht und zwischen der Betriebsspannung +Ub und GND hängt. Die Spannung +Ub wird also gedrittelt. Am unteren Knoten ergibt sich 1/3 von Ub, am oberen Knoten 2/3 von Ub. Nun sind diese Spannungen so mit den Eingängen der Komparatoren K1 und K2 verbunden, dass sie im Zusammenwirken mit dem nachgeschalteten internen FF ihre Funktion als Referenzspannung erfüllen können.

Wirkung des Trigger-Komparators K2

Der untere Knoten ist mit dem (+)-Eingang von K2 verbunden. Das bedeutet, ist die Spannung am (-)-Eingang von K2 kleiner als am (+)-Eingang, wirkt sich das als höhere Ausgangsspannung von K2 aus und das FF wird gesetzt. Gesetztes FF bedeutet, dass Ua auf H-Pegel liegt.

Wirkung des Threshold-Komparators K1

Der obere Knoten dagegen ist mit dem (-)-Eingang von K1 verbunden. Das bedeutet, ist die Spannung am (+)-Eingang von K1 größer als am (-)-Eingang, wirkt sich das als höhere Ausgangsspannung von K1 aus und das FF wird rückgesetzt. Rückgesetztes FF bedeutet, dass Ua auf L-Pegel liegt.

Untere und obere Schwelle, 33 % von Ub Hysterese

Da nun der Threshold-Eingang Pin 6 mit dem Trigger-Eingang Pin 2 verbunden ist und als gemeinsamer Ue-Eingang verwendet wird, ergibt sich das im Diagramm gezeigte Verhalten eines Fensterkomparators. Unterhalb der 2/3-Schwelle ist das FF gesetzt (auch beim Ub-Einschalten), Ua ist H. Überschreitet der Ue-Pegel die 2/3-Schwelle, wird das FF zurückgesetzt, Ua ist L. Das bleibt so, bis Ue wieder absinkt, und zwar bis unter die 1/3-Schwelle. Somit ergibt sich eine Hysterese, die 1/3 der Betriebsspannung beträgt. Die Hysterese ist hier gleichbedeutend mit einem Spannungsfenster zwischen 1/3 und 2/3 von Ub, in dem Ua je nach Ue-Spannungsverlauf entweder H oder L ist.

Dieser hohe Wert der Hysterese, d.h. also der Abstand der Umschaltunkte des Ausgangs von H nach L und umgekehrt, ist der größte Vorteil dieses 555-Fensterkomparators. Kleinere Änderungen der Eingangsspannung Ue im Hysteresebereich, also im Fenster, wirken sich nicht auf die Ausgangsspannung Ua aus. Das bedeutet nichts anderes, als das die gesamte Anordnung sehr störsicher ist. Erst wenn Ue das Fenster verlässt, schaltet Ua um.

Reset-Anschluss Pin 4

Eine wichtige Eigenschaft des 555 ist der vorrangig wirkende Rücksetzeingang Pin 4. Damit kann der 555 einerseits beim Zuschalten der Betriebsspannung Ub in einen definierten FF-Schaltzustand gebracht, d.h. rückgesetzt werden. Andererseits ist es auch während des Betriebs zu jeder Zeit möglich, das FF zurückzusetzen, unabhängig von den Pegeln an allen anderen Eingängen.

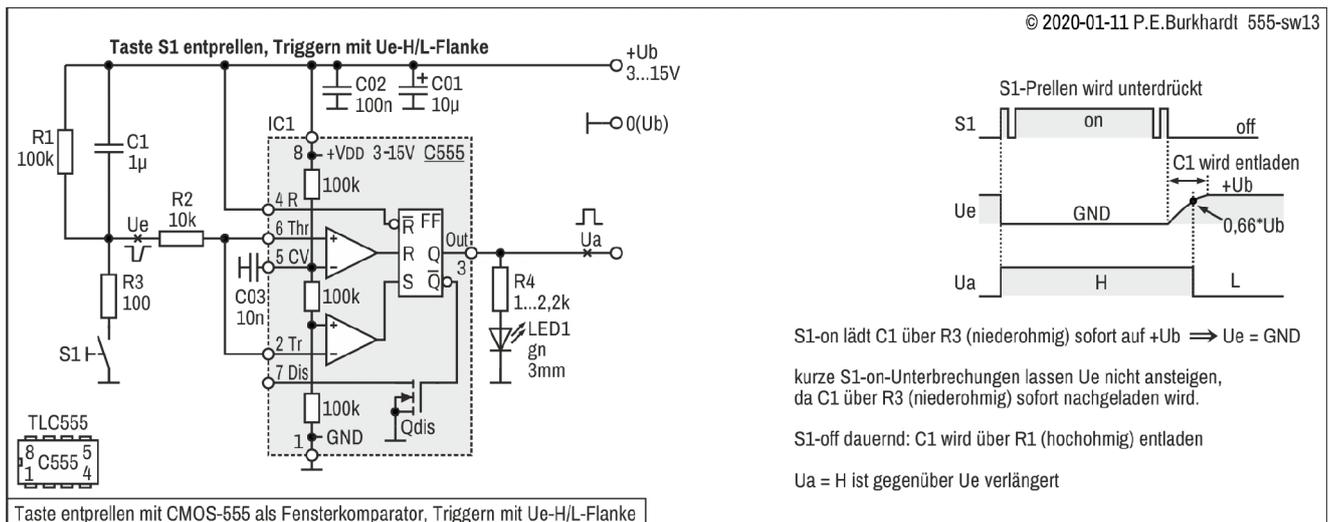
Mechanische Kontakte entprellen

Mit dem 555-Fensterkomparator lassen sich vorteilhaft Kontakte entprellen, z.B. Schließer oder Öffner einer Taste, aber auch Kontakte eines Relais usw.

Normalerweise ergeben sich bei mechanischen Kontakten mehrere kurze Impulse, wenn ein Kontakt schließt oder öffnet. Das heißt, der Kontakt prellt. Diese kurzen Impulsserien sind nicht erwünscht, da sie Fehlschaltungen der angeschlossenen Elektronik auslösen können. Nun kommt es darauf an, ob z.B. ein Tastenkontakt bei der ansteigenden Flanke (L/H-Flanke) der zu schaltenden Spannung als geschlossen gelten soll oder erst bei der abfallenden Flanke (H/L-Flanke). Für beide Fälle sind im Folgenden die entsprechenden Schaltungen beschrieben.

Taste entprellen, Triggern mit Ue-H/L-Flanke

Die gegen GND geschaltete Taste S1 liefert beim ersten Schließen des Kontaktes am 555-Ausgang einen prellfreien Ua-Impuls mit H-Pegel. Dieser Ua-Impuls endet verzögert nach dem letzten Öffnen des Kontaktes.



Schaltungsbeschreibung und Entprellfunktion

Der 555 arbeitet als Fensterkomparator. Mit Ub EIN (bedeutet Ub-H-Potential) liegt auch Ue wegen R1 auf H. Das erste Schließen der Taste S1 bewirkt, dass Ue auf GND springt, da R3 niederohmig ist. C1 wird über R3 entladen. R3 dient nur als Strombegrenzung. Dieser Ue-H/L-Sprung unterschreitet die untere 555-Schwelle und Ua wird deshalb H. LED1 leuchtet.

Weiteres kurzzeitiges Öffnen und Schließen des S1-Kontaktes (Prellen) wirkt sich nur wenig auf das Ue-Potential aus, da C1 kurz über R1 aufgeladen und dann gleich wieder über R3-S1 entladen wird. Ua bleibt ohne Unterbrechung auf H.

In der nächsten Phase ist der S1-Kontakt permanent geschlossen, auch jetzt bleibt natürlich Ua auf H.

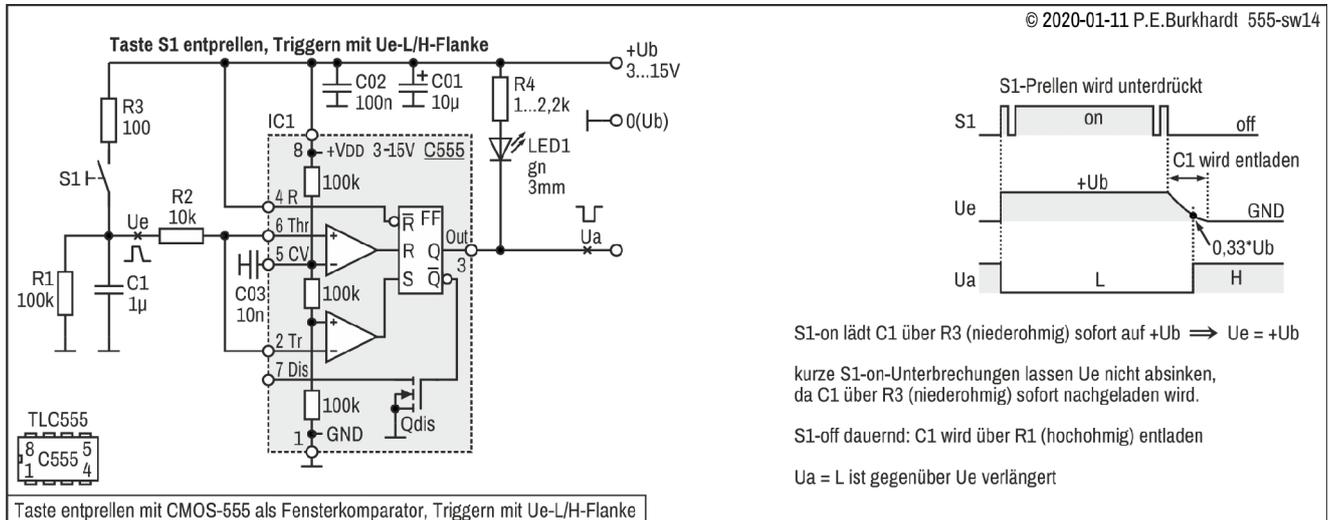
Wird nun Taste S1 losgelassen, d.h. der S1-Kontakt soll sich öffnen, geschieht dies wieder mit einer kleinen Abfolge von Öffnen und Schließen (Prellen), bis der Kontakt schließlich permanent offen bleibt. Auch diese kurze Impulsfolge wirkt sich nicht auf den Ua-Pegel aus. Ua bleibt weiterhin auf H.

In der letzten Phase ist der S1-Kontakt dann permanent offen. Nun wird C1 langsam über R1 entladen. Das heißt, die Spannung Ue steigt an und erreicht schließlich den oberen 555-Schwellwert $2/3$ von Ub. In diesem Moment wird das 555-FF vom Threshold-Komparator zurückgesetzt. Das bedeutet, Ua ist L. Damit ist der ganze Vorgang beendet.

Allerdings ist der H-Impuls am 555-Ausgang etwas länger, als der Tastendruck gedauert hat. Die Zeit der Prellimpulse (beim Schließen und Öffnen) ist sowieso in der Ua-H-Zeit enthalten. Hinzu kommt die C1-Aufladezeit am Ende der Tastendruck-Zeit. Diese H-Impulsverlängerung hängt von der C1-R1-Zeitkonstante ab. Einerseits darf z.B. C1 nicht zu klein sein, damit Prellimpulse sicher unterdrückt werden. Andererseits sollte die Zeitkonstante aber auch nicht zu groß sein, damit die Wiederbereitschaftszeit zum nächsten Tastendruck nicht unnötig verlängert ist.

Taste entprellen, Triggern mit Ue-L/H-Flanke

Soll mit der steigenden Flanke der Eingangsspannung ein Ausgangsimpuls beginnen, ist eine etwas andere Beschaltung des 555 nötig. Die gegen +Ub geschaltete Taste S1 liefert beim ersten Schließen des Kontaktes am 555-Ausgang einen prellfreien Ua-Impuls mit L-Pegel. Dieser Ua-L-Impuls endet verzögert nach dem letzten Öffnen des Kontaktes.



Schaltungsbeschreibung und Entprellfunktion

Der 555 arbeitet als Fensterkomparator. Mit Ub EIN (bedeutet Ub-H-Potential) liegt Ue wegen R1 auf L. Das erste Schließen der Taste S1 bewirkt, dass Ue auf +Ub springt, da R3 niederohmig ist. C1 wird über R3 geladen. R3 dient nur als Strombegrenzung. Dieser Ue-L/H-Sprung überschreitet die obere 555-Schwelle und Ua wird deshalb L. LED1 leuchtet.

Weiteres kurzzeitiges Öffnen und Schließen des S1-Kontaktes (Prellen) wirkt sich nur wenig auf das Ue-Potential aus, da C1 kurz über R1 aufgeladen und dann gleich wieder über S1-R3 entladen wird. Ua bleibt ohne Unterbrechung auf L.

In der nächsten Phase ist der S1-Kontakt permanent geschlossen, auch jetzt bleibt natürlich Ua auf H.

Wird nun Taste S1 losgelassen, d.h. der S1-Kontakt soll sich öffnen, geschieht dies wieder mit einer kleinen Abfolge von Öffnen und Schließen (Prellen), bis der Kontakt schließlich permanent offen bleibt. Auch diese kurze Impulsfolge wirkt sich nicht auf den Ua-Pegel aus. Ua bleibt weiterhin auf L.

In der letzten Phase ist der S1-Kontakt dann permanent offen. Nun wird C1 langsam über R1 entladen. Das heißt, die Spannung Ue sinkt und erreicht schließlich den unteren 555-Schwellwert $1/3$ von Ub. In diesem Moment wird das 555-FF vom Trigger-Komparator gesetzt. Das bedeutet, Ua ist H. Damit ist der ganze Vorgang beendet.

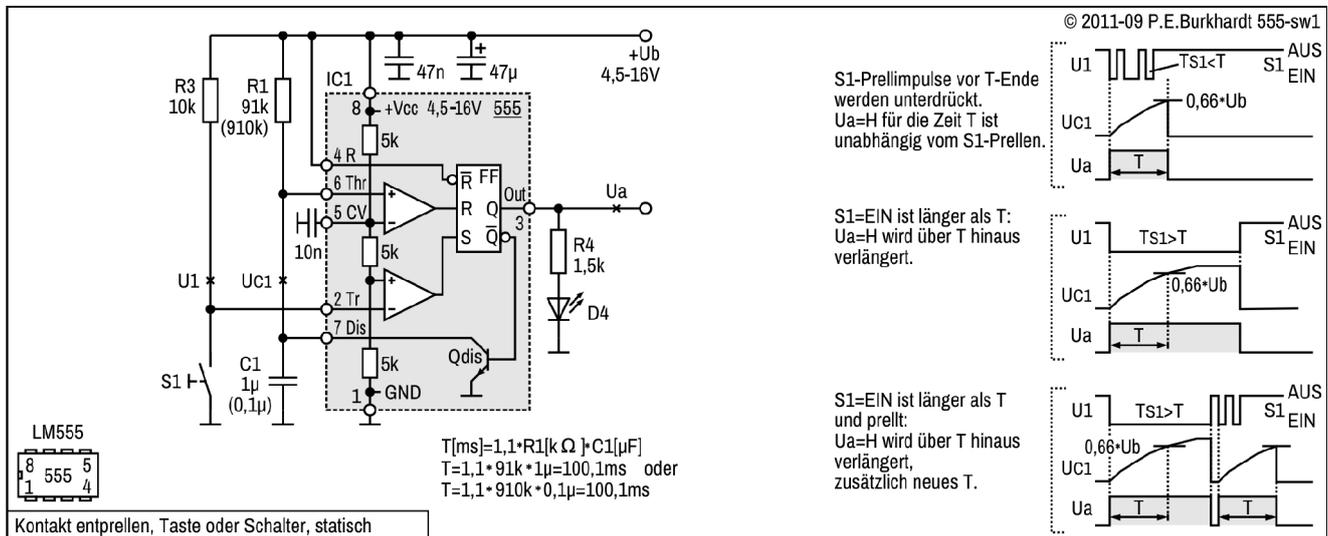
Allerdings ist der L-Impuls am 555-Ausgang etwas länger, als der Tastendruck gedauert hat. Die Zeit der Prellimpulse (beim Schließen und Öffnen) ist sowieso in der Ua-L-Zeit enthalten. Hinzu kommt die C1-Entladezeit am Ende der Tastendruck-Zeit. Diese L-Impulsverlängerung hängt von der C1-R1-Zeitkonstante ab. Einerseits darf z.B. C1 nicht zu klein sein, damit Prellimpulse sicher unterdrückt werden. Andererseits sollte die Zeitkonstante aber auch nicht zu groß sein, damit die Wiederbereitschaftszeit zum nächsten Tastendruck nicht unnötig verlängert ist.

Kontakte entprellen mit 555-MMV

Taste EIN (MMV)

Prinzip

Bei Tastenbetätigung triggert die erste Verbindung mit GND einen 555-MMV. Während der Aktivzeit des MMV wirken sich weitere Signalwechsel am 555-Triggereingang nicht auf den 555-Ausgang aus. Damit wird das Tastenprellen sicher unterdrückt. Bei längerem Tastendruck verlängert sich auch der Ausgangsimpuls.



Wirkungsweise

Taste S1 liegt direkt zwischen GND und Triggereingang Pin 2. Ist S1 offen, wird über den Pullup-Widerstand R3 der Triggereingang auf +Ub gezogen, der MMV ist inaktiv. Ausgang Ua führt L-Pegel, die LED D4 leuchtet nicht.

Schließt S1, aktiviert der erstmalig auftretende GND-Kontakt den MMV. Die mit R1/C1 festgelegte Aktivzeit T beginnt, Ua wird H, D4 leuchtet. Weitere L/H/L-Wechsel am Triggereingang haben aufgrund des internen 555-FF keinen Einfluss auf Ua, solange sie innerhalb T auftreten. Ist T abgelaufen und Pin 2 zwischenzeitlich auf H, wechselt Ua wieder auf L, der MMV ist inaktiv.

Bleibt S1 am T-Ende geschlossen, bleibt auch das FF gesetzt und damit Ua auf H. Erst wenn S1 öffnet, geht Ua auf L.

Also hält eine gedrückte Taste S1 (oder allgemein ein geschlossener Kontakt S1) den Ausgang Ua solange auf H, bis S1 wieder öffnet. Allerdings wird eine neue Aktivzeit T ausgelöst, wenn der Kontakt beim Öffnen wieder prellt. Das ist meistens der Fall.

Festlegen der Aktivzeit T

Innerhalb T hat das S1-Prellen beim Schließen und beim Öffnen keine Auswirkung auf Ua. Nach T wird entweder der Ua-Impuls verlängert oder eine neue Aktivzeit ausgelöst.

Um bei jedem Tastendruck einen sauberen Ua-Impuls definierter Länge zu erhalten, muss also die T-Zeit sowohl die Tastendruck-Zeit, als auch die Prellzeit überbrücken. Wird T = 100 ms gewählt, ist dies meist der Fall. Im Bild sind entsprechende Werte für R1 und C1 angegeben.

Störempfindlichkeit

Der 555-Triggereingang ist sehr empfindlich. Nach GND sind nur 0,5 µA für mindestens 0,1 µs nötig, um den MMV zu aktivieren. Je größer R3 ist, desto eher können Einstreuungen auf den Triggereingang wirksam werden. Für bessere Störimmunität kann R3 auf 1 kΩ verringert werden, wenn S1 den höheren Strom zulässt. Lange Zuleitungen zu S1 sind zu vermeiden.

Testen der Schaltung

Die Wirkungsweise der Schaltung lässt sich mit dem Testgenerator simuliert das Kontaktprellen testen. Dazu wird T auf ca. 10 bis 20 ms verringert (R1 einstellbar machen), um die Oszi-Darstellung zu ermöglichen. Der OC-Transistor des Generators ersetzt S1. So entstehen die im Bild gezeigten Diagramme.

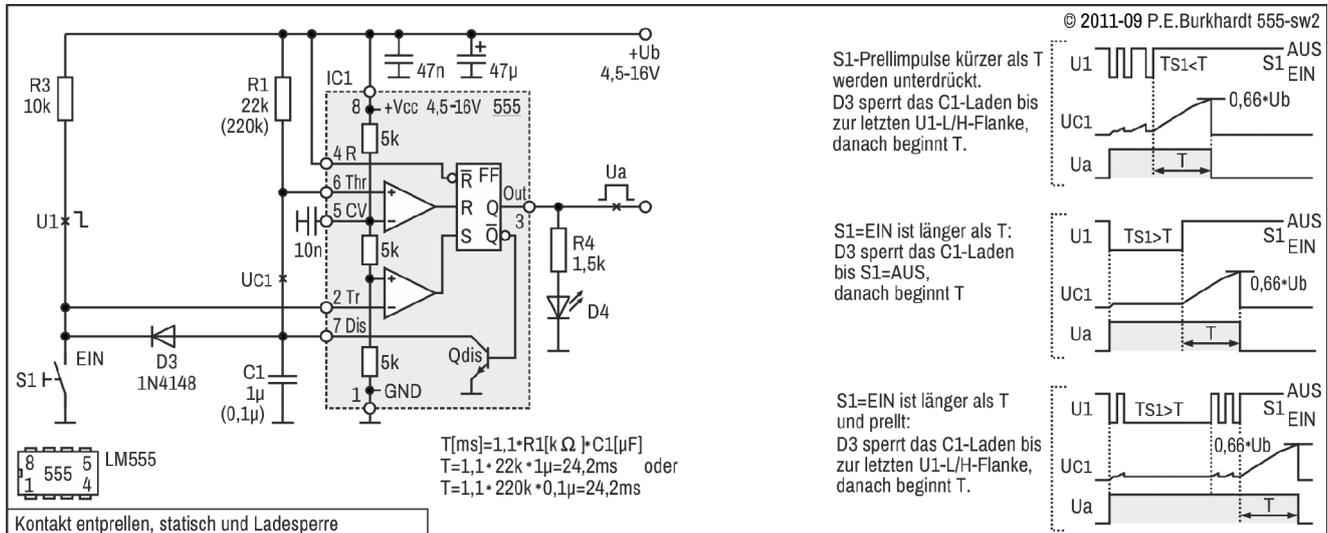
Fazit

Innerhalb der MMV-Aktivzeit T wird Kontaktprellen sicher unterdrückt. Längerer Tastendruck verlängert auch den Ausgangsimpuls und kann beim Öffnen einen weiteren Impuls auslösen.

Taste EIN (MMV), Ladesperre

Prinzip

Bei Tastenbetätigung triggert der erste Kontakt mit GND einen 555-MMV und der Ausgangsimpuls beginnt. Durch eine Ladesperre beginnt die Aktivzeit des MMV erst nach dem Öffnen der Taste. Der Ausgangsimpuls verlängert sich. Tastenprellen wird sicher unterdrückt.



Taste oder Schalter entprellen, statisch und Ladesperre

Wirkungsweise

Taste S1 liegt direkt zwischen GND und Triggereingang Pin 2. Ist S1 offen, wird über den Pullup-Widerstand R3 der Triggereingang auf +Ub gezogen, der MMV ist inaktiv. Ausgang Ua führt L-Pegel, die LED D4 leuchtet nicht.

Schließt S1, aktiviert der erstmalig auftretende GND-Kontakt den MMV, Ua wird H, D4 leuchtet. Außerdem wird über Diode D3 das Threshold-Potential (Pin 6 bzw. C1) auf GND gezogen, so dass sich C1 nicht aufladen kann. Weitere L/H/L-Wechsel durch S1-Prellen wirken sich nicht aus, solange jede S1-H-Zeit (S1 offen, D3 gesperrt) kleiner ist als die mit R1-C1 festgelegte MMV-Aktivzeit. Das heißt, C1 kann sich in den kurzen H-Prell-Zeiten nicht bis zur 2/3-Ub-Schwelle aufladen und damit den Ausgang Ua nach L schalten. Das nächste S1-L entlädt C1 wieder über D3, Ua bleibt weiter auf H. Dies wird auch als Nachtriggerung bezeichnet.

Öffnet S1 dauernd (zumindest länger als die mit R1/C1 festgelegte Aktivzeit T) wird am T-Ende das 555-FF rückgesetzt und damit Ua = L, d.h. ab der letzten S1-L/H-Flanke (das letzte S1-Öffnen) wirkt noch die MMV-Aktivzeit und verlängert so den Ausgangsimpuls.

Das S1-Prellen wird sicher unterdrückt, egal ob das S1-Prellen beim Schließen oder beim Öffnen auftritt.

Festlegen der Aktivzeit T

Der Ua-Impuls wird beendet, wenn sich C1 bis zur 2/3-Ub-Schwelle aufladen kann. In dieser C1-Ladezeit (MMV-Aktivzeit) muss die S1-Offen-Zeit einer Prellung beendet sein, wenn sich die Prellung nicht auf Ua auswirken soll.

Die T-Zeit muss also nur jede einzelne S1-Offen-Zeit während des Prellens überbrücken. Sie kann entsprechend kurz gewählt werden, sie muss ja nicht die gesamte Prellzeit überbrücken. Im Bild sind entsprechende Werte für R1 und C1 angegeben.

Störempfindlichkeit

Der 555-Triggereingang ist sehr empfindlich. Nach GND sind nur 0,5 µA für mindestens 0,1 µs nötig, um den MMV zu aktivieren. Je größer R3 ist, desto eher können Einstreuungen auf den Triggereingang wirksam werden. Für bessere Störimmunität kann R3 auf 1 kΩ verringert werden, wenn S1 den höheren Strom zulässt. Lange Zuleitungen zu S1 sind zu vermeiden.

Das alles gilt aber nur, wenn S1 offen ist. Bedingt durch D3 wird jede Störung unterdrückt, wenn S1 geschlossen ist oder wenn die Aktivzeit T noch läuft.

Testen der Schaltung

Die Wirkungsweise der Schaltung lässt sich mit dem Testgenerator simuliert das Kontaktprellen testen. Dazu wird T auf ca. 10 bis 20 ms verringert (R1 einstellbar machen), um die Oszi-Darstellung zu ermöglichen. Der OC-Transistor des Generators ersetzt S1. So entstehen die im Bild gezeigten Diagramme.

Fazit

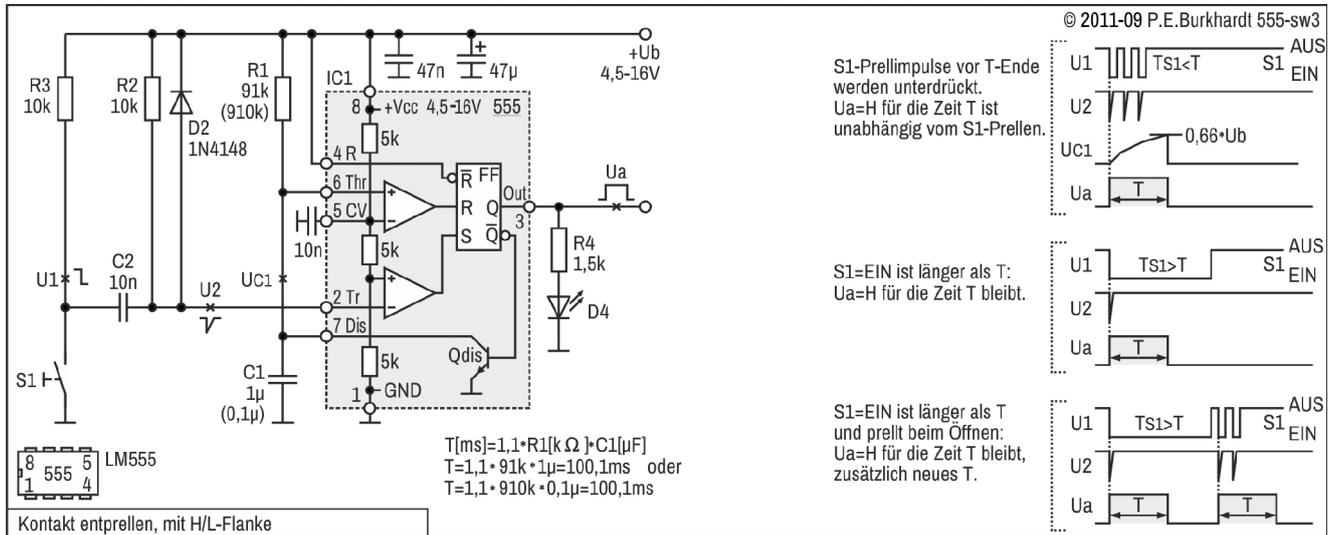
Ist S1 geschlossen oder nur weniger als die MMV-Aktivzeit geöffnet, wird Kontaktprellen sicher unterdrückt. Längerer Tastendruck verlängert auch den Ausgangsimpuls, am Ende des Tastendrucks wird die MMV-Aktivzeit T angehängt.

Ist der Tastendruck kurz gegenüber der Aktivzeit, kann der MMV als Timer dienen, da sich der Ausgangsimpuls nur unwesentlich verlängert.

Taste EIN (MMV), H/L-Flanke

Prinzip

Bei Tastenbetätigung triggert die erste H/L-Flanke einen 555-MMV. Während der Aktivzeit des MMV wirken sich weitere Signalwechsel am 555-Triggereingang nicht auf den 555-Ausgang aus. Damit wird das Tastenprellen sicher unterdrückt. Bei längerem Tastendruck verlängert sich der Ausgangsimpuls nicht.



Taste oder Schalter entprellen, mit H/L-Flanke

Wirkungsweise

Taste S1 liegt zwischen GND und dem Knoten R3-C2. Triggereingang Pin 2 wird über den Pullup-Widerstand R2 auf +Ub gezogen, der MMV ist inaktiv. Ausgang Ua führt L-Pegel, die LED D4 leuchtet nicht.

Schließt S1, wird der erstmalig auftretende GND-Kontakt differenziert und die S1-H/L-Flanke aktiviert den MMV. Die mit R1/C1 festgelegte Aktivzeit T beginnt, Ua wird H, D4 leuchtet. Weitere L/H/L-Wechsel am Triggereingang haben aufgrund des internen 555-FF keinen Einfluss auf Ua, solange sie innerhalb T auftreten. Ist T abgelaufen, wechselt Ua wieder auf L, der MMV ist inaktiv.

Bleibt S1 (oder allgemein ein Kontakt S1) am T-Ende geschlossen, ist trotzdem nur die Aktivzeit T wirksam. Der Ausgangsimpuls wird nicht verlängert.

Allerdings wird eine neue Aktivzeit T ausgelöst, wenn der Kontakt beim Öffnen wieder prellt. Das ist meistens der Fall.

Festlegen der Aktivzeit T

Innerhalb T hat das S1-Prellen beim Schließen und beim Öffnen keine Auswirkung auf Ua. Nach T wird eine neue Aktivzeit ausgelöst, wenn der Kontakt beim Öffnen prellt.

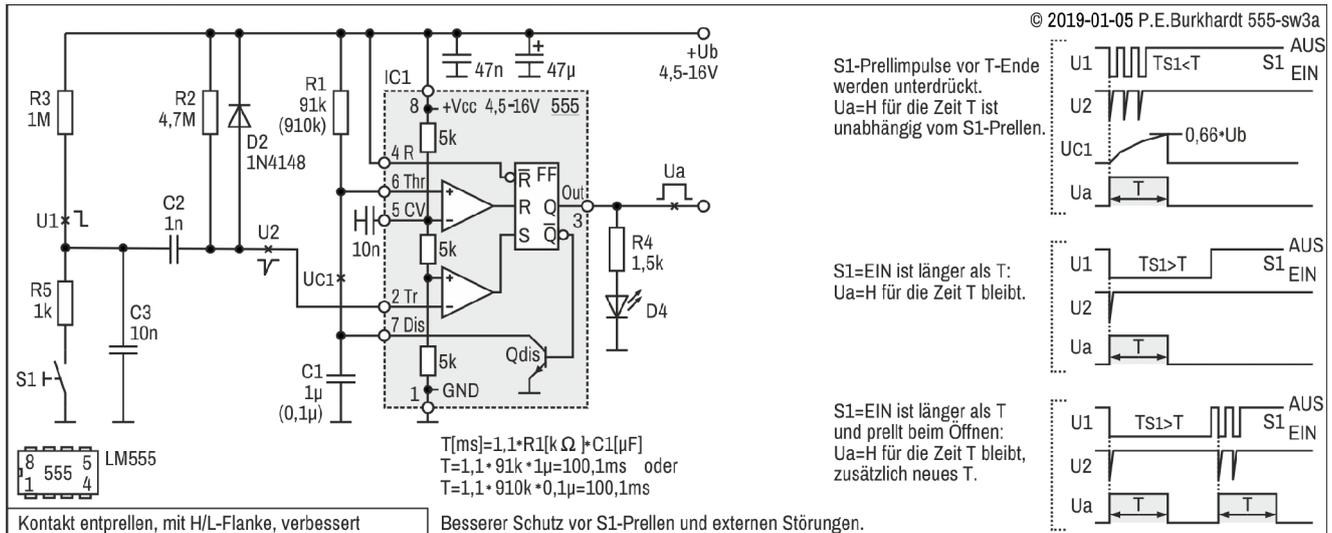
Um bei jedem Tastendruck einen saubereren Ua-Impuls definierter Länge zu erhalten, muss also die T-Zeit sowohl die Tastendruck-Zeit, als auch die Prellzeit überbrücken. Wird T = 100 ms gewählt, ist dies meist der Fall. Im Bild sind entsprechende Werte für R1 und C1 angegeben.

Störempfindlichkeit

Der 555-Triggereingang ist sehr empfindlich. Nach GND sind nur 0,5 µA für mindestens 0,1 µs nötig, um den MMV zu aktivieren. Je größer R3 ist, desto eher können Einstreuungen auf den Triggereingang wirksam werden. Für bessere Störimmunität kann R3 auf 1 kΩ verringert werden, wenn S1 den höheren Strom zulässt. Lange Zuleitungen zu S1 sind zu vermeiden.

Taste EIN (MMV), H/L-Flanke, verbessert

In der folgenden Schaltung wurde der Schutz vor Tasten-Prellen und externen Störungen verbessert.



Ob die zusätzlichen Bauelemente R5 und C3 nötig sind, hängt von S1 und der Leitung zu S1 ab. In schwieriger störverseuchter Umgebung sind sowieso weitere Maßnahmen (Abschirmung, Leitungstreiber) erforderlich, um das ungewollte Auslösen eines MMV-Impulses zu verhindern.

Testen der Schaltungen

Die Wirkungsweise der Schaltungen lässt sich mit dem Testgenerator simuliert das Kontaktprellen testen. Dazu wird T auf ca. 10 bis 20 ms verringert (R1 einstellbar machen), um die Oszi-Darstellung zu ermöglichen. Der OC-Transistor des Generators ersetzt S1. So entstehen die im Bild gezeigten Diagramme.

Fazit

Innerhalb der MMV-Aktivzeit T wird Kontaktprellen sicher unterdrückt. Längerer Tastendruck verlängert zwar nicht den Ausgangsimpuls, kann aber beim Öffnen einen weiteren Impuls auslösen.

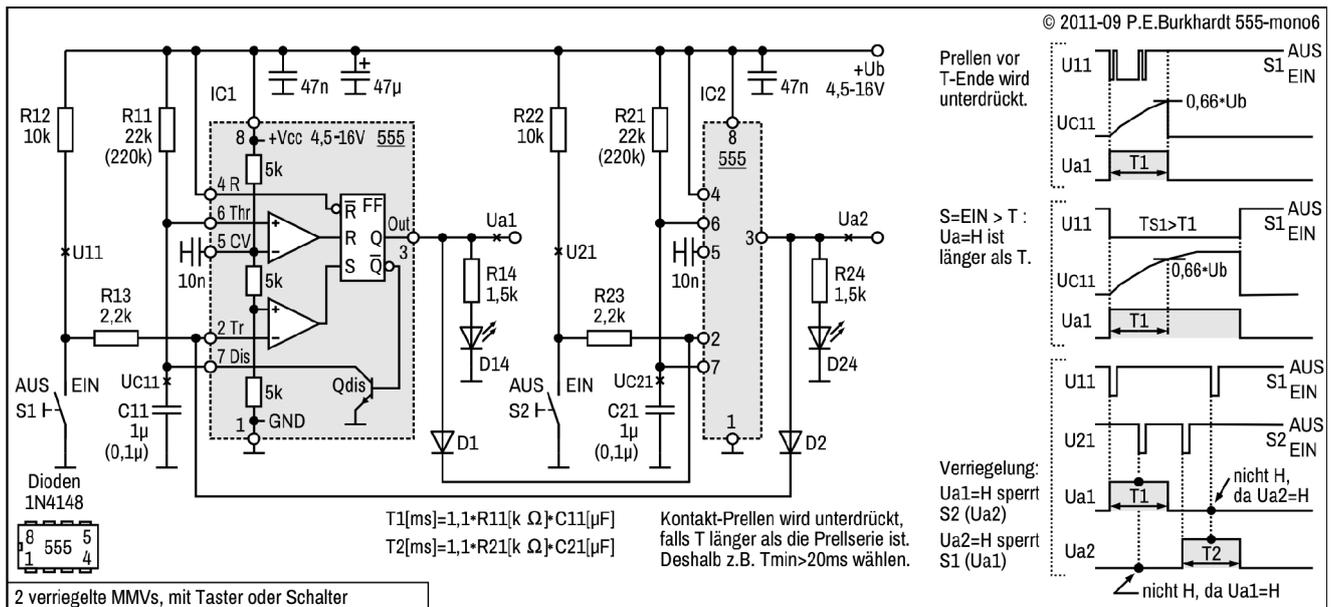
2x Taste EIN (2x MMV)

Prinzip

Zwei MMVs verriegeln sich gegenseitig, so dass immer nur ein MMV aktiv sein kann. Wurde z.B. der erste MMV mit S1 gestartet, ist S2 solange wirkungslos, bis die Aktiv-Zeit des ersten MMV zu Ende ist.

S1 und S2 können Taster, Schalter oder sonstige Kontakte sein. Die Kontakte werden sicher entprellt, wenn die jeweilige MMV-Aktivzeit länger als die Prell-Impulsserie ist. Anstelle der Kontakte kann auch Logik die Triggerung auslösen. Die Mindest-Aktivzeit ist dann nur von der nötigen Breite der Triggerimpulse abhängig ($> 0,1 \mu s$, siehe Datenblatt).

Bei längerem Tastendruck ($> \text{Aktivzeit}$) verlängert sich auch der Ausgangsimpuls. Während eines länger eingeschalteten Kontakts über die Aktivzeit hinaus kann also der andere MMV auch nicht starten.



2 verriegelte MMVs, mit Taster oder Schalter

Wirkungsweise

AUS-Zustand (S1 und S2)

Taste S1 ist offen, IC1-Triggeringang Pin 2 liegt über R12 und R13 an H (+Ub). Dadurch ist der IC1-MMV inaktiv, Ua1 ist L, D14 leuchtet nicht. Diode D2 hat keinen Einfluss (geperert), da auch der IC2-Ausgang Ua2 auf L-Pegel liegt.

Taste S2 ist ebenfalls offen, IC2-Triggeringang Pin 2 liegt über R22 und R23 an H (+Ub). Dadurch ist der IC2-MMV inaktiv, Ua2 ist L, D24 leuchtet nicht. Diode D1 hat keinen Einfluss (geperert), da auch der IC1-Ausgang Ua1 auf L-Pegel liegt.

EIN-Zustand (z.B. S1) und Aktivzeit (T1)

Schließt S1, aktiviert der erstmalig auftretende GND-Kontakt den IC1-MMV. Die mit R11/C11 festgelegte Aktivzeit T1 beginnt, Ua1 wird H, D14 leuchtet. Weitere L/H/L-Wechsel am Triggeringang haben aufgrund des internen 555-FF keinen Einfluss auf Ua1, solange sie innerhalb T1 auftreten. Ist T1 abgelaufen und S1 zwischenzeitlich offen, wechselt Ua1 wieder auf L, der IC1-MMV ist inaktiv.

Bleibt S1 am T1-Ende geschlossen, bleibt auch das IC1-FF gesetzt und damit Ua1 auf H. Erst wenn S1 öffnet, geht Ua1 auf L.

Also hält eine gedrückte Taste S1 (oder allgemein ein geschlossener Kontakt S1) den Ausgang Ua1 solange auf H, bis S1 wieder öffnet. Allerdings wird eine neue Aktivzeit T ausgelöst, wenn der Kontakt beim Öffnen wieder prellt. Das ist meistens der Fall.

Verriegelung

Ausgehend davon, dass anfangs beide Taster offen sind und beide 555-Ausgänge auf L liegen, wird derjenige MMV aktiviert, dessen Taster zuerst gedrückt wurde.

Wird z.B. zuerst S1 gedrückt, wird der IC1-MMV aktiv und Ua1 führt mindestens für die Zeit T1 H-Pegel. Damit liegt auch der IC2-Triggeringang über Diode D1 auf H-Pegel, selbst wenn mit S2 versucht wird, den IC2-MMV zu starten. Taste S2 ist jetzt verriegelt. Der IC2-MMV kann erst starten, wenn diese Verriegelung wegfällt, wenn also Ua1 wieder L wurde.

Der EIN- und AUS-Zustand von S2 ist analog zu S1. Im S2-EIN-Zustand wird S1 von S2 verriegelt, im S2-AUS-Zustand ist das Einschalten über S1 wieder möglich. Alle Zustände sind im Bild (Diagramme) dargestellt.

Festlegen der Aktivzeit T

Innerhalb T hat das Prellen beim Schließen und beim Öffnen der Triggerkontakte keine Auswirkung auf Ua. Nach T wird entweder der Ua-Impuls verlängert oder eine neue Aktivzeit ausgelöst.

Um bei jedem Tastendruck einen sauberen Ua-Impuls definierter Länge T zu erhalten, muss also die T-Zeit sämtliche durch Prellen verursachten Signalwechsel überbrücken (Berechnung siehe Bild).

Geschlossene Kontakte über die Aktivzeit hinaus sollten vermieden werden, da sonst das Öffner-Prellen eine neue (normalerweise nicht gewünschte) Aktivzeit auslöst.

Bei logischer Trigger-Ansteuerung (keine Kontakte) kann der Triggerimpuls beliebig lang sein, der Ausgang liegt dann entsprechend lange über die Aktivzeit hinaus auf H. Dabei ist der jeweils andere Ausgang inaktiv (L-Pegel).

Testen der Schaltung

Die Prell-Unterdrückung lässt sich mit dem Testgenerator simuliert das Kontaktprellen testen. Dazu wird T1 bzw. T2 auf ca. 10 bis 20 ms verringert (R11 bzw. R21 einstellbar machen), um die Oszi-Darstellung zu ermöglichen.

Für den Test der Verriegelung sind lange T-Zeiten günstig, z.B. 2,2 μ F für C11/C12 und 2 M Ω für R11/R21. Die Funktion der Tastensperre lässt sich dann mit den LEDs (D14, D24) nachweisen.

Fazit

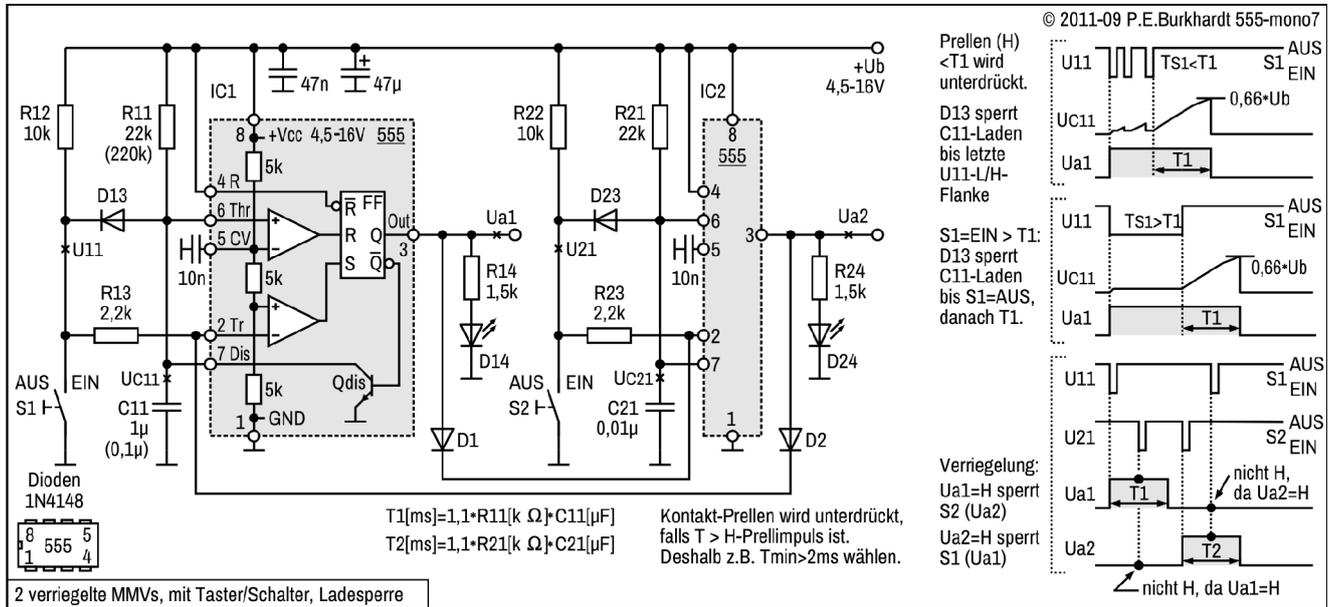
Die MMV-Verriegelung ist zur wechselseitigen Triggerung zweier Timer geeignet. Jeweils nur ein Timer ist aktiv, der andere gesperrt. Innerhalb der MMV-Aktivzeit wird Kontaktprellen sicher unterdrückt. Längerer Tastendruck verlängert auch den Ausgangsimpuls und kann beim Öffnen einen weiteren Impuls auslösen.

2x Taste EIN (2x MMV), Ladesperre

Prinzip

Zwei MMVs verriegeln sich gegenseitig, so dass immer nur ein MMV aktiv sein kann. Wurde z.B. der erste MMV mit S1 gestartet, ist S2 solange wirkungslos, bis die Aktiv-Zeit des ersten MMV zu Ende ist.

S1 und S2 können Taster, Schalter oder sonstige Kontakte sein. Durch eine Ladesperre beginnt die MMV-Aktivzeit erst nach dem Öffnen des Kontakts. Der Ausgangsimpuls verlängert sich. Kontaktprellen wird sicher unterdrückt.



2 verriegelte MMVs, mit Taster oder Schalter, Ladesperre

Wirkungsweise

AUS-Zustand (S1 und S2)

Taste S1 ist offen, IC1-Triggereingang Pin 2 liegt über R12 und R13 an H (+Ub). Dadurch ist der IC1-MMV inaktiv, Ua1 ist L, D14 leuchtet nicht. Diode D2 hat keinen Einfluss (geperrt), da auch der IC2-Ausgang Ua2 auf L-Pegel liegt.

Taste S2 ist ebenfalls offen, IC2-Triggereingang Pin 2 liegt über R22 und R23 an H (+Ub). Dadurch ist der IC2-MMV inaktiv, Ua2 ist L, D24 leuchtet nicht. Diode D1 hat keinen Einfluss (geperrt), da auch der IC1-Ausgang Ua1 auf L-Pegel liegt.

EIN-Zustand (z.B. S1) und Aktivzeit (T1)

Schließt S1, aktiviert der erstmalig auftretende GND-Kontakt den IC1-MMV, Ua1 wird H, D14 leuchtet. Außerdem wird über Diode D13 das Threshold-Potential (Pin 6 bzw. C11) auf GND gezogen, so dass sich C11 nicht aufladen kann. Weitere L/H/L-Wechsel durch S1-Prellen wirken sich nicht aus, solange jede S1-H-Zeit (S1 offen, D13 gesperrt) kleiner ist als die mit R11/C11 festgelegte MMV-Aktivzeit.

Das heißt, C11 kann sich in den kurzen H-Prell-Zeiten nicht bis zur 2/3-Ub-Schwelle aufladen und damit den Ausgang Ua1 nach L schalten. Das nächste S1-L entlädt C11 wieder über D13, Ua1 bleibt weiter auf H. Dies wird auch als Nachtriggung bezeichnet.

Öffnet S1 dauernd (zumindest länger als die mit R11/C11 festgelegte Aktivzeit T1) wird am T1-Ende das 555-FF rückgesetzt und damit Ua1 = L, d.h. ab der letzten S1-L/H-Flanke (das letzte S1-Öffnen) wirkt noch die MMV-Aktivzeit T1 und verlängert so den Ausgangsimpuls.

Das S1-Prellen wird sicher unterdrückt, egal ob das S1-Prellen beim Schließen oder beim Öffnen auftritt.

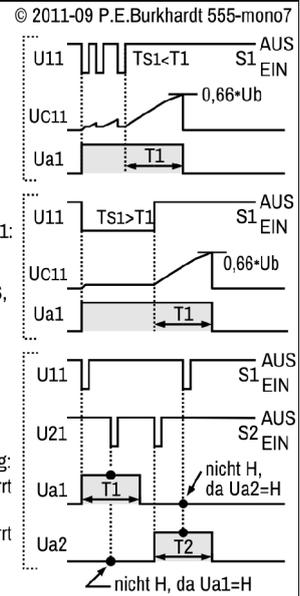
Verriegelung

Ausgehend davon, dass anfangs beide Taster offen sind und beide 555-Ausgänge auf L liegen, wird derjenige MMV aktiviert, dessen Taster zuerst gedrückt wurde.

Wird z.B. zuerst S1 gedrückt, wird der IC1-MMV aktiv und Ua1 führt H-Pegel. Damit liegt auch der IC2-Triggereingang über Diode D1 auf H-Pegel, selbst wenn mit S2 versucht wird, den IC2-MMV zu starten. Taste S2 ist jetzt verriegelt. Der IC2-MMV kann erst starten, wenn diese Verriegelung wegfällt, wenn also Ua1 wieder L wurde.

EIN und AUS von S2

Der EIN- und AUS-Zustand von S2 ist analog zu S1. Im S2-EIN-Zustand wird S1 von S2 verriegelt, im S2-AUS-Zustand ist das Einschalten über S1 wieder möglich. Alle Zustände sind im Bild (Diagramme) dargestellt.



Festlegen der Aktivzeit T1

Der Ua1-Impuls wird beendet, wenn sich C11 bis zur 2/3-Ub-Schwelle aufladen kann. In dieser C11-Ladezeit (IC1-MMV-Aktivzeit) muss die S1-Offen-Zeit einer Prellung beendet sein, wenn sich die Prellung nicht auf Ua1 auswirken soll.

Die T1-Zeit muss also nur jede einzelne S1-Offen-Zeit während des Prellens überbrücken. Sie kann entsprechend kurz gewählt werden, sie muss ja nicht die gesamte Prellzeit überbrücken.

Der IC2-MMV mit T2 verhält sich ebenso.

Testen der Schaltung

Die Prell-Unterdrückung lässt sich mit dem Testgenerator simuliert das Kontaktprellen testen. Dazu wird T1 bzw. T2 auf ca. 10 bis 20 ms verringert (R11 bzw. R21 einstellbar machen), um die Oszi-Darstellung zu ermöglichen.

Für den Test der Verriegelung sind lange T-Zeiten günstig, z.B. 2,2 μ F für C11/C12 und 2 M Ω für R11/R21. Die Funktion der Tastensperre lässt sich dann mit den LEDs (D14, D24) nachweisen.

Fazit

Die MMV-Verriegelung ist zur wechselseitigen Triggerung zweier Timer geeignet. Jeweils nur ein Timer ist aktiv, der andere gesperrt.

Ist der Triggerkontakt geschlossen oder nur weniger als die MMV-Aktivzeit geöffnet, wird Kontaktprellen sicher unterdrückt. Längerer Tastendruck verlängert auch den Ausgangsimpuls, am Ende des Tastendrucks wird die MMV-Aktivzeit angehängt.

Ist der Tastendruck kurz gegenüber der Aktivzeit, verlängert sich der Ausgangsimpuls nur unwesentlich.

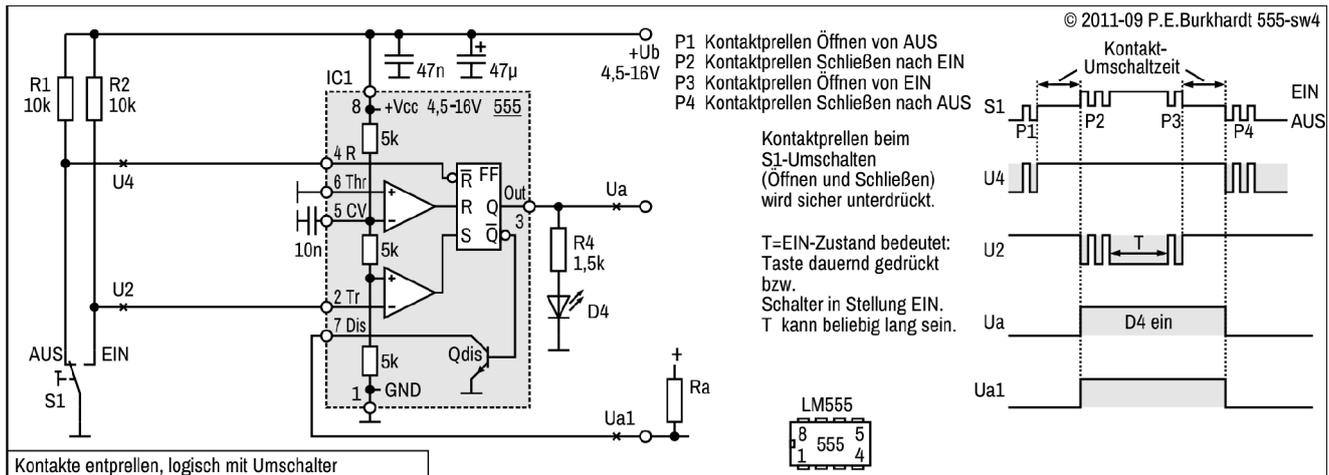
Kontakte entprellen mit 555-FF

Umschalt-Taste EIN/AUS (FF)

Prinzip

Eine Umschalt-Taste oder ein Umschalter hält mit seinem Ruhekontakt (Öffner) einen 555 rückgesetzt (S1-Stellung AUS). Bei Tastenbetätigung gibt der Öffner den Rücksetzeingang frei. Signalwechsel des Öffners (Prellen) führen noch nicht zum Setzen des 555, der Ausgang bleibt auf L-Pegel.

Die erste Schließer-Verbindung mit GND setzt das 555-FF, der Ausgang geht auf H-Pegel (S1-Stellung EIN). Signalwechsel des Schließers (Prellen) verändern den Ausgangspegel nicht, d.h. das Prellen wird unterdrückt. Der Ausgangsimpuls bleibt solange bestehen, wie sich Taste bzw. Umschalter in Stellung EIN befinden. Beim Loslassen bzw. Umschalten in Stellung AUS wird das Prellen ebenfalls unterdrückt. Es wirkt keine Zeitkonstante, die Prellunterdrückung geschieht rein logisch mit dem 555-FF.



Umschalt-Taste oder Umschalter entprellen, logisch mit 555-FF

Wirkungsweise

Umschalt-Taste S1 liegt mit seinem Ruhekontakt (Öffner) direkt am Rücksetzeingang Pin 4 und verbindet diesen mit GND. Dies ist Stellung AUS, der Ua-Ausgang führt L, der 555 ist rückgesetzt, D4 leuchtet nicht.

Ist S1 offen, wird über den Pullup-Widerstand R1 der Rücksetzeingang auf +Ub gezogen, der Rücksetzeingang ist freigegeben. Dies allein führt noch zu keiner Ua-Änderung. Deshalb wirkt sich ein Prellen beim S1-Öffnen nicht aus.

Schließt S1, setzt der erstmalig auftretende GND-Kontakt das interne 555-FF, da der Threshold-Eingang Pin 6 permanent auf GND liegt. Dies ist Stellung EIN, der Ua-Ausgang führt H, der 555 ist gesetzt, D4 leuchtet.

Weitere L/H/L-Wechsel am Triggereingang haben keinen Einfluss auf Ua, das FF ist ja bereits gesetzt. Das Prellen wirkt sich also auch nicht aus. Ua bleibt H, solange S1 auf EIN steht.

Erst wenn S1 wieder Kontakt in AUS-Stellung hat, wird das FF zurückgesetzt und Ua geht auf L.

Alle Zustände sind im Bild (Diagramme) dargestellt.

Störempfindlichkeit

Nur der Reset-Eingang ist störempfindlich, falls S1 geöffnet hat oder in Stellung EIN steht. Je größer R1 ist, desto eher können Einstreuungen auf den Reset-Eingang wirksam werden. Für bessere Störimmunität kann R1 auf 1 kΩ verringert werden, wenn S1 den höheren Strom zulässt. Lange Zuleitungen zu S1 sind zu vermeiden.

OC-Ausgang

Durch den freien Discharge-Transistor des 555 steht zusätzlich ein Open-Collector-Ausgang zur Verfügung. Allerdings ist die Belastungsfähigkeit nicht besonders hoch (siehe Datenblatt).

Der Maximalstrom, der in Pin 7 hineinfließen kann, wird 555-intern begrenzt und ist stark Ub-abhängig. Eine äußere Strombegrenzung ist nicht erforderlich, solange die maximale Gesamt-Verlustleistung des 555 durch Dauerbelastung des Entladetransistors nicht überschritten wird. Üblicherweise wird aber der wirksame Widerstand vom Pin 7 nach Ub nicht kleiner als 1 kΩ gewählt.

Fazit

Mit einer Umschalt-Taste bzw. einem Umschalter ist durch das 555-interne FF kein Kontaktprellen wirksam. Es ist keine Zeitkonstante nötig. Ua ist H, solange S1 auf EIN steht.

Nachteil ist, dass die Umschalt-Taste mit Öffner und Schließer erfolgen muss.

2x Umschalt-Taste EIN/AUS (2x FF), verriegelt, nur LM555

Die folgende Schaltung funktioniert nur mit dem LM555 oder B555, nicht aber z.B. mit dem NE555 (siehe auch Funktionsvergleich NE555 mit LM555).

Anwendung

Gegenseitig verriegelnde Tasten oder Schalter sind erforderlich, wenn das gleichzeitige Einschalten nicht erlaubt ist. Das kann z.B. sein, um die Sicherheit zu gewährleisten. Außerdem sollten das Prellen der Kontakte unterdrückt sein, um Fehlfunktionen zu vermeiden.

Prinzip

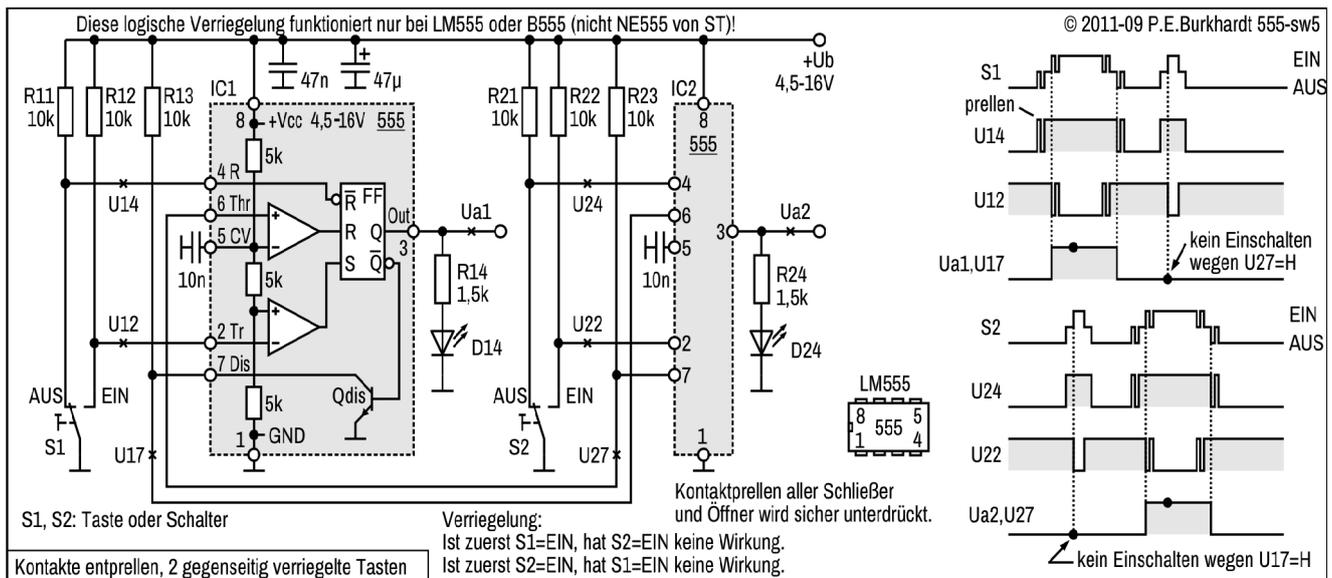
Zwei Umschalt-Tasten (oder zwei Umschalter) sind mit zwei als FF geschaltete 555 so verknüpft, dass der zuerst betätigte Taster Vorrang hat. Das heißt, die Betätigung des zweiten Tasters hat dann keine Wirkung. Soll mit dem zweiten Taster eingeschaltet werden, muss erst mit dem ersten Taster ausgeschaltet werden. Beim Zuschalten der Betriebsspannung sind beide Ausgänge ausgeschaltet.

Jeder Taster hält mit seinem Ruhekontakt (Öffner) seinen 555 rückgesetzt (Stellung AUS). Bei Tastenbetätigung gibt der Öffner den Rücksetzeingang frei. Signalwechsel des Öffners (Prellen) führen noch nicht zum Setzen des 555, der Ausgang bleibt auf L-Pegel.

Die erste Schließer-Verbindung mit GND setzt das zugehörige 555-FF, der Ausgang geht auf H-Pegel (Stellung EIN). Gleichzeitig wird der andere 555 verriegelt. Signalwechsel des Schließers (Prellen) verändern den Ausgangspegel nicht, d.h. das Prellen wird unterdrückt.

Der Ausgangsimpuls bleibt solange bestehen, wie sich Taste bzw. Umschalter in Stellung EIN befinden. Beim Loslassen bzw. Umschalten in Stellung AUS wird das Prellen ebenfalls unterdrückt.

Es wirkt keine Zeitkonstante, die Prellunterdrückung geschieht rein logisch mit dem 555-FF.



2 gegenseitig verriegelte Umschalt-Tasten oder Umschalter, nur mit LM555 oder B555

Wirkungsweise

AUS-Zustand (S1 und S2)

Umschalt-Taste S1 liegt mit seinem Ruhekontakt (Öffner) direkt am Rücksetzeingang Pin 4 und verbindet diesen mit GND. Dies ist Stellung AUS, der Ua1-Ausgang führt L, der IC1-555 ist rückgesetzt, D14 leuchtet nicht. Zu beachten ist, dass Threshold-Eingang Pin 6 über R23 L-Pegel erhält, da der interne Transistor Qdis des zweiten 555 (IC2) durchgesteuert ist (Ua2 führt L).

Umschalt-Taste S2 ist ebenso beschaltet, S2 ist in Stellung AUS, der Ua2-Ausgang führt L, der IC2-555 ist rückgesetzt, D24 leuchtet nicht. Auch hier erhält der Threshold-Eingang Pin 6 über R13 L-Pegel, da der interne Transistor Qdis des ersten 555 (IC1) durchgesteuert ist (Ua1 führt L).

EIN-Zustand (z.B. S1)

Ist S1 offen, wird über den Pullup-Widerstand R11 der Rücksetzeingang auf +Ub gezogen, der Rücksetzeingang ist freigegeben. Dies allein führt noch zu keiner Ua1-Änderung. Deshalb wirkt sich ein Prellen beim S1-Öffnen nicht aus.

Schließt S1, setzt der erstmalig auftretende GND-Kontakt das interne 555-FF (IC1), da der Threshold-Eingang Pin 6 über Qdis des IC2-555 auf GND liegt. Dies ist Stellung EIN, der Ua1-Ausgang führt H, der IC1-555 ist gesetzt, D14 leuchtet.

Außerdem erhält jetzt der Threshold-Eingang des IC2-555 über R13 H-Potential, da IC1-Qdis gesperrt ist. Damit ist das Einschalten des IC2-555-FF über S2 nicht möglich, d.h. S2 wird von S1 verriegelt.

Weitere S1-L/H/L-Wechsel am Triggereingang des IC1-555 haben keinen Einfluss auf Ua1, das FF ist ja bereits gesetzt. Das Prellen wirkt sich also auch nicht aus. Ua1 bleibt H, solange S1 auf EIN steht.

AUS-Zustand (z.B. S1)

Erst wenn S1 wieder Kontakt in AUS-Stellung hat, wird das IC1-FF zurückgesetzt und Ua1 geht auf L. Außerdem erhält jetzt der Threshold-Eingang des IC2-555 über R13 wieder L-Potential, da IC1-Qdis gesperrt ist. Damit ist das Einschalten des IC2-555-FF über S2 jetzt wieder möglich, d.h. S2 wird von S1 nicht mehr verriegelt.

Der EIN- und AUS-Zustand von S2 ist analog zu S1. Im S2-EIN-Zustand wird S1 von S2 verriegelt, im S2-AUS-Zustand ist das Einschalten über S1 wieder möglich. Alle Zustände sind im Bild (Diagramme) dargestellt.

Störempfindlichkeit

Nur der Reset-Eingang ist störempfindlich, falls S1 bzw. S2 geöffnet hat oder in Stellung EIN steht. Je größer R11 bzw. R21 ist, desto eher können Einstreuungen auf den Reset-Eingang wirksam werden. Für bessere Störimmunität kann R11 bzw. R21 auf 1 k Ω verringert werden, wenn S1 bzw. S2 den höheren Strom zulässt. Lange Zuleitungen zu S1 und zu S2 sind zu vermeiden.

Fazit

Zwei Tasten bzw. Schalter lassen sich mit zwei LM555 relativ einfach verriegeln. Um Kontaktprellen sicher zu unterdrücken, sind Umschalt-Tasten bzw. Umschalter nötig. Dabei muss keine Zeitkonstante wirksam werden, Prellunterdrückung und Verriegelung erfolgen logisch.

Nachteil ist, dass die Tasten bzw. Schalter je einen Öffner und einen Schließer haben müssen.

2x Umschalt-Taste EIN/AUS (2x FF), verriegelt

Anwendung

Gegenseitig verriegelnde Tasten oder Schalter sind erforderlich, wenn das gleichzeitige Einschalten nicht erlaubt ist. Das kann z.B. sein, um die Sicherheit zu gewährleisten. Außerdem sollten das Prellen der Kontakte unterdrückt sein, um Fehlfunktionen zu vermeiden.

Prinzip

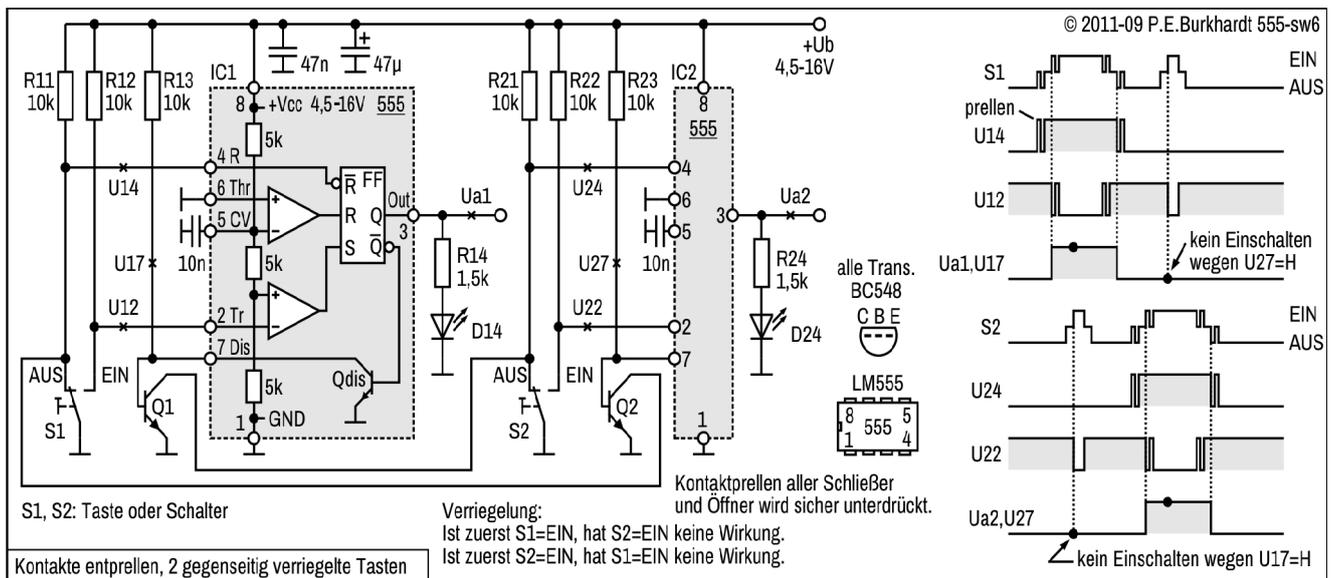
Zwei Umschalt-Tasten (oder zwei Umschalter) sind mit zwei als FF geschaltete 555 so verknüpft, dass der zuerst betätigte Taster Vorrang hat. Das heißt, die Betätigung des zweiten Tasters hat dann keine Wirkung. Soll mit dem zweiten Taster eingeschaltet werden, muss erst mit dem ersten Taster ausgeschaltet werden. Beim Zuschalten der Betriebsspannung sind beide Ausgänge ausgeschaltet.

Jeder Taster hält mit seinem Ruhekontakt (Öffner) seinen 555 rückgesetzt (Stellung AUS). Bei Tastenbetätigung gibt der Öffner den Rücksetzeingang frei. Signalwechsel des Öffners (Prellen) führen noch nicht zum Setzen des 555, der Ausgang bleibt auf L-Pegel.

Die erste Schließer-Verbindung mit GND setzt das zugehörige 555-FF, der Ausgang geht auf H-Pegel (Stellung EIN). Gleichzeitig wird der andere 555 über einen Transistor verriegelt. Signalwechsel des Schließers (Prellen) verändern den Ausgangspegel nicht, d.h. das Prellen wird unterdrückt.

Der Ausgangsimpuls bleibt solange bestehen, wie sich Taste bzw. Umschalter in Stellung EIN befinden. Beim Loslassen bzw. Umschalten in Stellung AUS wird das Prellen ebenfalls unterdrückt.

Es wirkt keine Zeitkonstante, die Prellunterdrückung geschieht rein logisch mit dem 555-FF.



Wirkungsweise

AUS-Zustand (S1 und S2)

Umschalt-Taste S1 liegt mit seinem Ruhekontakt (Öffner) direkt am Rücksetzeingang Pin 4 und verbindet diesen mit GND. Dies ist Stellung AUS, der Ua1-Ausgang führt L, der IC1-555 ist rückgesetzt, D14 leuchtet nicht. Zu beachten ist, dass Transistor Q1 gesperrt ist (Qdis des IC1-555 ist durchgesteuert) und damit den AUS-Zustand von S2 (U24) nicht beeinflusst.

Umschalt-Taste S2 ist ebenso beschaltet, S2 ist in Stellung AUS, der Ua2-Ausgang führt L, der IC2-555 ist rückgesetzt, D24 leuchtet nicht. Auch hier wird der AUS-Zustand von S1 (U14) nicht beeinflusst, da der interne Transistor Qdis des zweiten 555 (IC2) durchgesteuert und damit Q2 gesperrt ist.

EIN-Zustand (z.B. S1)

Ist S1 offen, wird über den Pullup-Widerstand R11 der Rücksetzeingang auf +Ub gezogen, der Rücksetzeingang ist freigegeben. Dies allein führt noch zu keiner Ua1-Änderung. Deshalb wirkt sich ein Prellen beim S1-Öffnen nicht aus.

Schließt S1, setzt der erstmalig auftretende GND-Kontakt das interne 555-FF (IC1), da der Threshold-Eingang Pin 6 auf GND liegt. Dies ist Stellung EIN, der Ua1-Ausgang führt H, der IC1-555 ist gesetzt, D14 leuchtet.

Außerdem wird jetzt der AUS-Zustand von S2 zwangsweise aufrecht erhalten, da Q1 über R13 durchgesteuert ist (Qdis des IC1-555 ist gesperrt) und S2 kurzschließt. Damit ist das Einschalten des IC2-555-FF über S2 nicht möglich, d.h. S2 wird von S1 verriegelt.

Weitere S1-L/H/L-Wechsel am Triggereingang des IC1-555 haben keinen Einfluss auf Ua1, das FF ist ja bereits gesetzt. Das Prellen wirkt sich also auch nicht aus. Ua1 bleibt H, solange S1 auf EIN steht.

AUS-Zustand (z.B. S1)

Erst wenn S1 wieder Kontakt in AUS-Stellung hat, wird das IC1-FF zurückgesetzt und Ua1 geht auf L. Außerdem wird jetzt S2 nicht mehr auf AUS gehalten, da Q1 wieder gesperrt ist. Damit ist das Einschalten des IC2-555-FF über S2 jetzt wieder möglich, d.h. S2 wird von S1 nicht mehr verriegelt.

EIN und AUS von S2

Der EIN- und AUS-Zustand von S2 ist analog zu S1. Im S2-EIN-Zustand wird S1 von S2 verriegelt, im S2-AUS-Zustand ist das Einschalten über S1 wieder möglich. Alle Zustände sind im Bild (Diagramme) dargestellt.

Störempfindlichkeit

Nur der Reset-Eingang ist störempfindlich, falls S1 bzw. S2 geöffnet hat oder in Stellung EIN steht. Je größer R11 bzw. R21 ist, desto eher können Einstreuungen auf den Reset-Eingang wirksam werden. Für bessere Störimmunität kann R11 bzw. R21 auf 1 k Ω verringert werden, wenn S1 bzw. S2 den höheren Strom zulässt. Lange Zuleitungen zu S1 und zu S2 sind zu vermeiden.

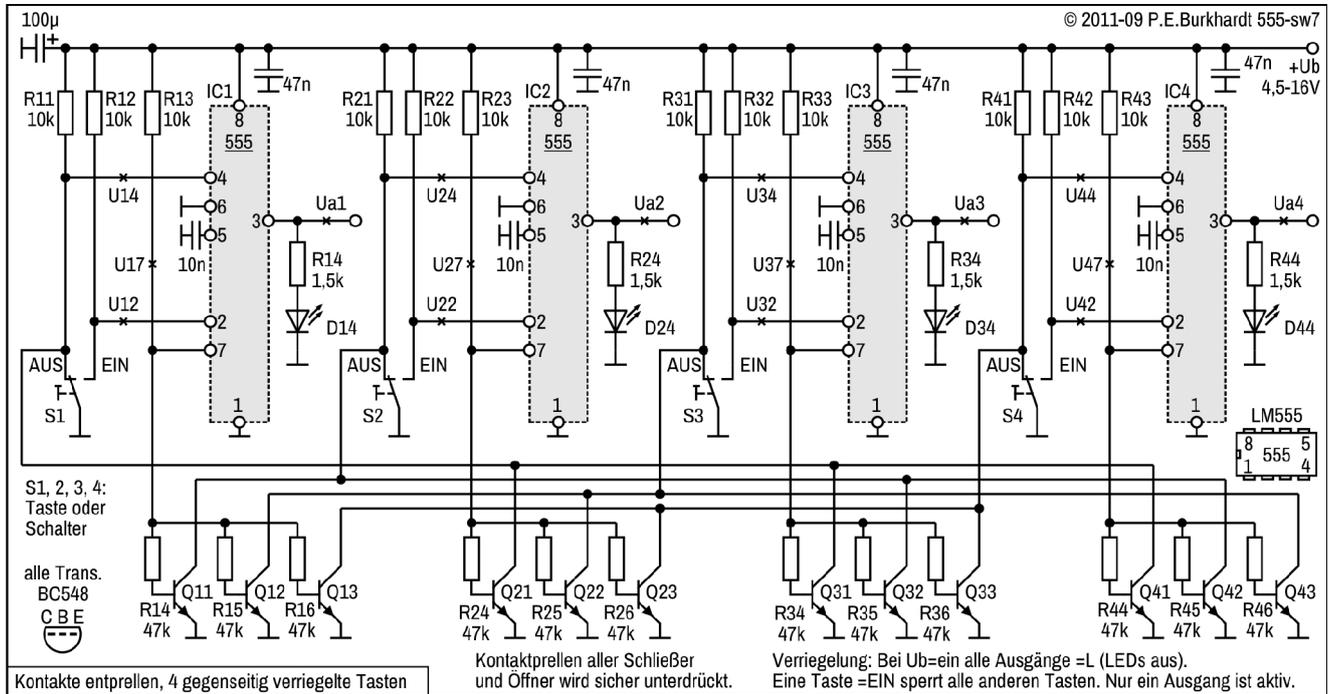
Fazit

Zwei Tasten bzw. Schalter lassen sich mit zwei 555 und zwei Transistoren relativ einfach verriegeln. Um Kontaktprellen sicher zu unterdrücken, sind Umschalt-Tasten bzw. Umschalter nötig. Dabei muss keine Zeitkonstante wirksam werden, Prellunterdrückung und Verriegelung erfolgen logisch.

4x Umschalt-Taste EIN/AUS (4x FF), verriegelt

Erweiterung auf 4 Tasten

Die bisher beschriebene Schaltung (2x Umschalt-Taste EIN/AUS (2x FF), verriegelt) lässt sich auf mehr als 2 Tasten erweitern. Dazu sind für jede Taste ein 555 und entsprechende Verriegelungs-Transistoren erforderlich. Das folgende Bild zeigt ein Beispiel mit 4 Tasten.



4 gegenseitig verriegelte Umschalt-Tasten oder Umschalter

Wirkungsweise der Verriegelung

Jeder Pin-7-Ausgang steuert die zugehörigen Verriegelungs-Transistoren (Bsp. Q11, Q12 und Q13 von IC1) so, dass alle anderen AUS-Stellungen (S2, S3 und S4) erzwungen werden, wenn der zugehörige Schalter (S1) auf EIN steht (d.h. Ua1 führt H).

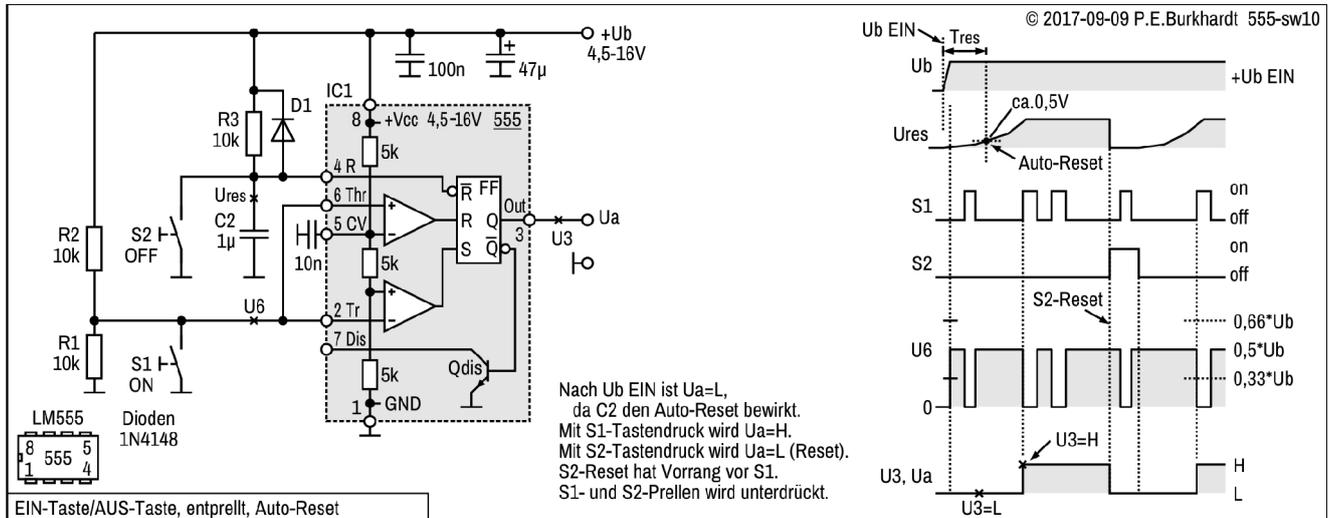
Umgekehrt werden alle anderen AUS-Stellungen (S2, S3 und S4) freigegeben, wenn der zugehörige Schalter (S1) auf AUS (d.h. Ua1 führt L) steht.

Fazit

Die Erweiterung auf mehr als zwei Tasten bzw. Schalter ist möglich, aber auch recht aufwendig. Nachteil ist, dass die Tasten bzw. Schalter je einen Öffner und einen Schließer haben müssen.

EIN- und AUS-Taste (FF), Auto-Reset

Die folgende Schaltung verwendet keine Umschalt-Tasten, sondern 2 getrennte Tasten zum Ein- bzw. Ausschalten.



Schaltungsbeschreibung

Situation beim Einschalten von U_b

Die Schwellwert-Eingänge Pin 6 und 2 sind gemeinsam an die halbe Betriebsspannung $+U_b$ geführt (U_6). Dazu müssen R_1 und R_2 gleich groß sein (5 %). Beim Einschalten ($+U_b$ EIN) setzt deshalb das 555-FF seinen Ausgang (U_3) normalerweise auf H, da die untere 555-Schwelle ($1/3$ von U_b) überschritten wird. Das wird aber durch ein automatisches 555-Rücksetzen bei U_b -EIN verhindert. U_3 wird deshalb L (U_a ist fast Null). Das 555-FF verharrt in diesem $U_a=L$ -Zustand, da der Pegel an den Pins 6 und 2 auf $U_b/2$ wegen R_1 und R_2 festgehalten wird. Die untere 555-Schwelle ($1/3$ von U_b) wird also nicht unterschritten, der Ausgang U_a schaltet nicht auf H.

EIN-Taste S1

Wird S1 gedrückt, wird die untere 555-Schwelle ($1/3$ von U_b) unterschritten, das 555-FF wird gesetzt, U_a wird H (EIN-Zustand). Voraussetzung ist, S2 wird oder ist nicht gedrückt. Wäre oder würde die AUS-Taste S2 geschlossen, ist S1 wirkungslos, da der Reset-Eingang Vorrang vor allen anderen 555-Eingängen hat.

AUS-Taste S2

Wird S2 gedrückt, wird das FF rückgesetzt, egal ob S1 offen oder geschlossen ist. 555-FF rückgesetzt bedeutet, U_a ist L (AUS-Zustand). Das 555-FF verharrt in diesem $U_a=L$ -Zustand, da der Pegel an den Pins 6 und 2 auf $U_b/2$ wegen R_1 und R_2 festgehalten wird.

Auto-Reset

Beim U_b -Zuschalten (keine Taste gedrückt) sollte der Ausgang U_a L-Pegel führen. Deshalb wird der 555 mittels R_3 und C_2 am 555-Reset-Eingang Pin 4 rückgesetzt. Der U_{res} -Pegel am Pin 4 ist nach dem U_b -Zuschalten im ersten Moment fast Null, der 555 wird rückgesetzt. Im weiteren Verlauf wird C_2 über R_3 aufgeladen, der U_{res} -Pegel steigt über die Reset-Schwelle von 0,5 V und wird damit inaktiv.

Diode D_1 verkürzt die Wiederbereitschaftszeit der Auto-Reset-Funktion. Wird U_b abgeschaltet, wird C_2 über D_1 schnell entladen. Beim sofortigen U_b -Wieder-Einschalten ist also C_2 entladen und Auto-Reset ist wirksam. Ohne D_1 müssen die Abstände zwischen U_b -AUS und U_b -EIN größer sein, da sich C_2 über R_3 entladen muss.

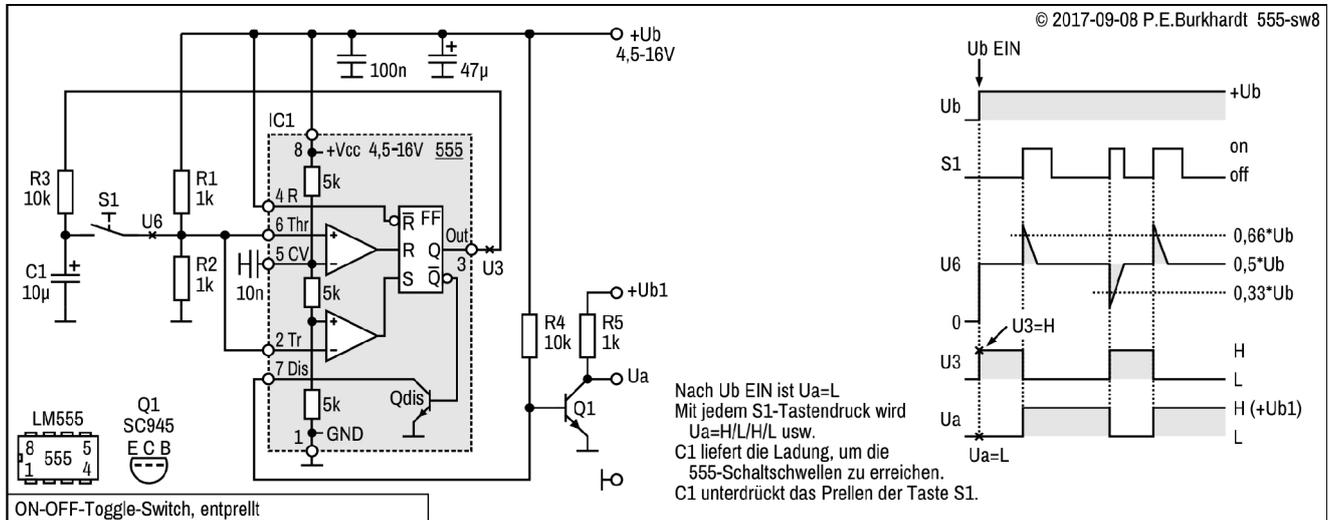
Entprellen der Kontakte und Sicherheit

Sowohl S1 als auch S2 wirken beim erstmaligen Schließen des jeweiligen Tastenkontakts. Weiteres Öffnen und Schließen wirkt sich nicht aus, da das FF entweder schon gesetzt oder schon rückgesetzt ist. Im normalen EIN-/AUS-Betrieb mittels S1 und S2 sind keine Zeitkonstanten wirksam. Nur die Auto-Reset-Funktion wirkt während der kurzen C_2 -Aufladezeit von 0 auf etwa 0,5 V.

Da die AUS-Taste vorrangig vor der EIN-Taste wirkt, sind in sicherheitskritischen Anwendungen diesbezügliche Forderungen leicht zu erfüllen

Tipp-Taste EIN/AUS (FF)

Für eine Tipp-Taste, die im Wechsel nacheinander irgendwas ein- und dann wieder ausschaltet (Toggle-Switch), ist nur ein einziges Flip-Flop nötig. Das 555-FF ist dazu gut geeignet, da es auch die nötigen Schwellwertschalter enthält. Die Taste benötigt nur einen Schließler, ist aber nicht gegen GND oder +Ub geschaltet.



Schaltungsbeschreibung

Situation beim Einschalten von Ub

Die Schwellwert-Eingänge Pin 6 und 2 sind gemeinsam an die halbe Betriebsspannung +Ub geführt (U6). Dazu müssen R1 und R2 gleich groß sein (5 %). Beim Einschalten (+Ub EIN) setzt deshalb das 555-FF seinen Ausgang (U3) auf H, da die untere 555-Schwelle (1/3 von Ub) überschritten wird. Das FF verharrt in diesem Zustand, da die obere Schaltschwelle (2/3 von Ub) nicht erreicht wird. Dieses H am Ausgang Pin3 lädt den Kondensator über R3 auf.

Damit nach Ub EIN nicht H, sondern L am Ausgang erscheint, wird der 555-interne Entladetransistor Qdis (Pin 7) in Verbindung mit einem nachfolgenden Negator (Q1) genutzt. Ua führt immer das negierte Signal von Pin 3.

Taste S1 wird nach Ub EIN gedrückt (555-Ausgang ist H)

C1 ist nach Ub EIN auf nahezu +Ub geladen, da der 555-Ausgang (Pin 3) H führt. Mit Drücken von S1 wird diese Spannung an den 555-Schwellwert-Eingängen (Pins 6 und 2) wirksam. Die obere 555-Schwelle (2/3 von Ub) wird überschritten. Dadurch kippt das 555-FF in den anderen Zustand und am 555-Ausgang Pin 3 erscheint L.

Sobald L am 555-Ausgang erscheint, wird C1 über R3 auf nahezu GND entladen. Diese Zeitkonstante bestimmt, wie lange Prellimpulse unterdrückt werden und wie schnell S1 wieder gedrückt werden kann, um einen neuen Schaltvorgang auszulösen.

Mit U3 = L (555-Ausgang) ist Ua = H, das bedeutet EIN für irgendeine angeschlossene Schaltung.

Taste S1 wird gedrückt, wenn der 555-Ausgang L führt

C1 ist auf nahezu GND entladen, da der 555-Ausgang (Pin 3) L führt. Mit Drücken von S1 wird dieses L an den 555-Schwellwert-Eingängen (Pins 6 und 2) wirksam. Die untere 555-Schwelle (1/3 von Ub) wird unterschritten. Dadurch kippt das 555-FF in den anderen Zustand und am 555-Ausgang Pin 3 erscheint H.

Sobald H am 555-Ausgang erscheint, wird C1 über R3 auf nahezu +Ub geladen. Diese Zeitkonstante bestimmt, wie lange Prellimpulse unterdrückt werden und wie schnell S1 wieder gedrückt werden kann, um einen neuen Schaltvorgang auszulösen.

Mit U3 = H (555-Ausgang) ist Ua = L, das bedeutet AUS für irgendeine angeschlossene Schaltung.

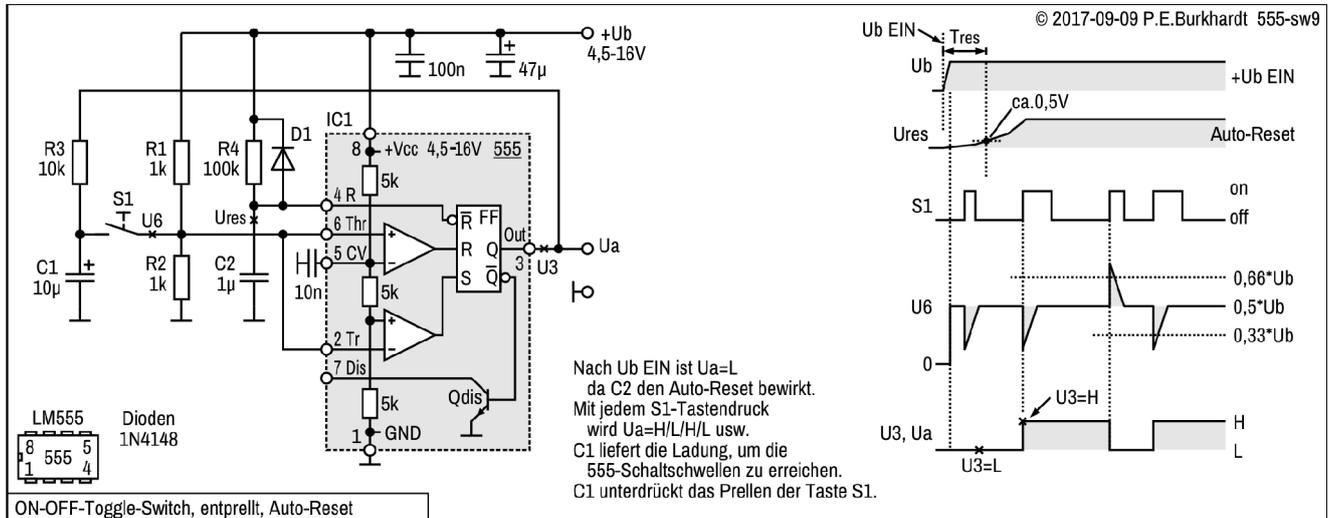
Fazit

Mit jedem Tastendruck wechselt der Ausgang Ua sein Potential, d.h. jeder Tastendruck schaltet EIN oder AUS. Prell-Impulse werden sicher unterdrückt, solange die Zeitkonstante $R3 \cdot C1$ genügend groß ist. Trotzdem ist ein relativ schnelles Drücken mit S1 möglich, um den Schaltzustand zu ändern.

Mit geringem Aufwand kann mit dem 555 ein Toggle-Switch realisiert werden. Das Zurückstellen des 555 beim Ub-Einschalten ist nicht nötig, wenn dem 555-Ausgang Pin 7 ein Negator nachgeschaltet wird, dessen Ausgang als Schaltungsausgang (Ua) benützt wird. Nachteilig ist allerdings, dass S1 nicht gegen GND oder +Ub geschaltet ist.

Tipp-Taste EIN/AUS (FF), Auto-Reset

Der folgende Toggle-Switch kommt ohne Negation des Ausgangs aus, da beim Ub-Zuschalten automatisch der 555 zurückgesetzt wird und deshalb ohne erste Tastenbetätigung der Ausgang Ua auf L liegt.



Schaltungsbeschreibung

Situation beim Einschalten von Ub

Die Schwellwert-Eingänge Pin 6 und 2 sind gemeinsam an die halbe Betriebsspannung +Ub geführt (U6). Dazu müssen R1 und R2 gleich groß sein (5 %). Beim Einschalten (+Ub EIN) setzt deshalb das 555-FF seinen Ausgang (U3) normalerweise auf H, da die untere 555-Schwelle (1/3 von Ub) überschritten wird. Das wird aber durch ein automatisches 555-Rücksetzen bei Ub-EIN verhindert. U3 wird deshalb L (Ua ist fast Null). Das 555-FF verharrt in diesem Ua-L-Zustand, da der Pegel an den Pins 6 und 2 auf Ub/2 wegen R1 und R2 festgehalten wird. Die untere 555-Schwelle (1/3 von Ub) wird also nicht unterschritten, der Ausgang Ua schaltet nicht auf H.

Taste S1 wird nach Ub EIN gedrückt (555-Ausgang ist L)

C1 ist auf nahezu GND entladen, da der 555-Ausgang (Pin 3) L führt. Mit Drücken von S1 wird dieses L an den 555-Schwellwert-Eingängen (Pins 6 und 2) wirksam. Die untere 555-Schwelle (1/3 von Ub) wird unterschritten. Dadurch kippt das 555-FF in den anderen Zustand und am 555-Ausgang Pin 3 erscheint H. Ua = H bedeutet EIN.

Sobald H am 555-Ausgang erscheint, wird C1 über R3 auf nahezu +Ub geladen. Diese Zeitkonstante bestimmt, wie lange Prellimpulse unterdrückt werden und wie schnell S1 wieder gedrückt werden kann, um einen neuen Schaltvorgang auszulösen.

Taste S1 wird gedrückt, wenn der 555-Ausgang H führt

C1 ist auf nahezu +Ub geladen, wenn der 555-Ausgang (Pin 3) H führt. Mit Drücken von S1 wird diese Spannung an den 555-Schwellwert-Eingängen (Pins 6 und 2) wirksam. Die obere 555-Schwelle (2/3 von Ub) wird überschritten. Dadurch kippt das 555-FF in den anderen Zustand und am 555-Ausgang Pin 3 erscheint L. Ua = L bedeutet AUS.

Sobald L am 555-Ausgang erscheint, wird C1 über R3 auf nahezu GND entladen. Diese Zeitkonstante bestimmt, wie lange Prellimpulse unterdrückt werden und wie schnell S1 wieder gedrückt werden kann, um einen neuen Schaltvorgang auszulösen.

Auto-Reset

Beim Ub-Zuschalten (S1 nicht gedrückt) sollte der Ausgang Ua L-Pegel führen. Deshalb wird der 555 mittels R4 und C2 am 555-Reset-Eingang Pin 4 rückgesetzt. Der Ures-Pegel am Pin 4 ist nach dem Ub-Zuschalten im ersten Moment fast Null, der 555 wird rückgesetzt. Im weiteren Verlauf wird C2 über R4 aufgeladen, der Ures-Pegel steigt über die Reset-Schwelle von 0,5 V und wird damit inaktiv.

Diode D1 verkürzt die Wiederbereitschaftszeit der Auto-Reset-Funktion. Wird Ub abgeschaltet, wird C2 über D1 schnell entladen. Beim sofortigen Ub-Wieder-Einschalten ist also C2 entladen und Auto-Reset ist wirksam. Ohne D1 müssen die Abstände zwischen Ub-AUS und Ub-EIN größer sein, da sich C2 über R4 entladen muss.

Fazit

Mit jedem Tastendruck wechselt der Ausgang Ua sein Potential, d.h. jeder Tastendruck schaltet EIN oder AUS. Prell-Impulse werden sicher unterdrückt, solange die Zeitkonstante $R3 * C1$ genügend groß ist. Trotzdem ist ein relativ schnelles Drücken mit S1 möglich, um den Schaltzustand zu ändern.

Impulsfolge-Generatoren

Impuls-Sequenzen mit MMVs

Werden monostabile Multivibratoren hintereinander geschaltet, lassen sich Impulsfolgen mit unterschiedlichen (einstellbaren) Impulslängen und Impulspausen realisieren. Allerdings benötigt man für jeden Impuls und, je nach Schaltung, für jede Impulspause einen separaten MMV.

Ring-Sequenz mit Start-MMV

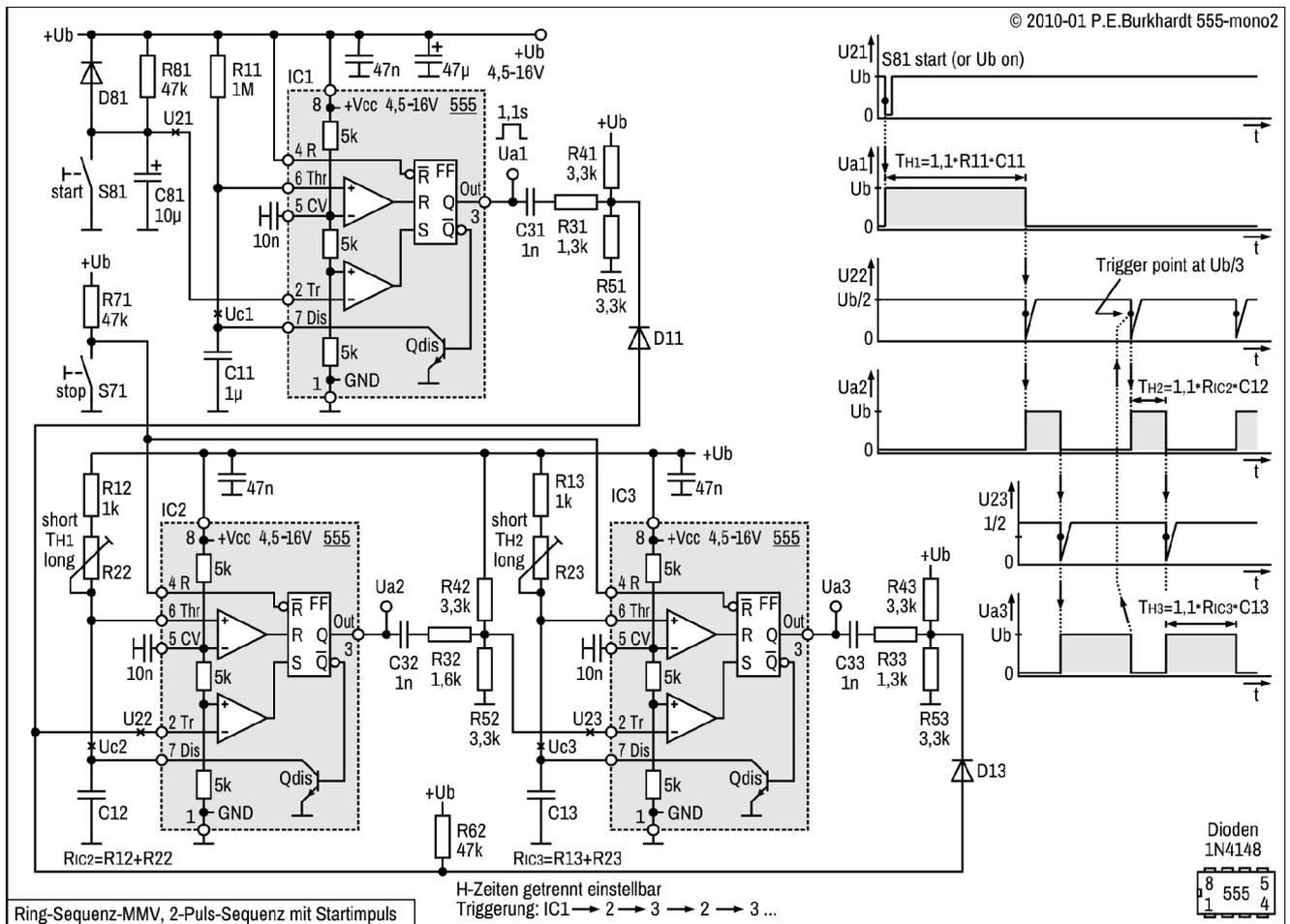
Prinzip der Ring-Sequenz

Der 1. MMV wird gestartet. Sein Impulsende startet (triggert) den 2. MMV. Dessen Impulsende startet den 3. MMV usw. Mit dem Impulsende des letzten MMVs wird wieder der 1. MMV gestartet. Somit entsteht ein Ring von MMVs, die sich nacheinander triggern. An jedem MMV-Ausgang ist ein Impuls abgreifbar, der unmittelbar nach der H-Zeit des Vorgänger-MMVs erscheint.

Da die H-Zeit jedes MMV-Impulses einstellbar ist, kann eine flexible Sequenz erzeugt werden. Die Anzahl der Impulse entspricht der Anzahl der eingesetzten MMVs.

2-Puls-Sequenz

Eine 2-Puls-Sequenz benötigt eigentlich nur 2 MMVs. Die folgende Schaltung ist um einen Start-MMV erweitert.



Schaltungsbeschreibung

IC2 und IC3 bilden den Ring der sich triggern MMVs. IC1 dient als Start-MMV und wird entweder durch das Einschalten von Ub oder über Start-Taste S81 aktiviert. Mit Stop-Taste S71 kann der Impulslauf unterbrochen werden.

Start-/Stop-Taster

Der aktive Ring kann jederzeit mit Start-Taster S81 gestartet und mit Stop-Taster S71 gestoppt werden. Das Starten erzeugt einen Startimpuls genau wie beim Einschalten von U_b . Zur Verkürzung der Wiederbereitschaftszeit zum Start nach Abschalten von U_b ist die Diode D81 gegen $+U_b$ geschaltet, damit C81 schneller entladen wird.

Beim Stoppen werden die Ring-MMVs über Reset-Eingang Pin 4 zurückgesetzt. Das bedeutet, dass die Ausgänge Ua2 und Ua3 sofort auf L gehen. Dies geschieht unabhängig davon, ob die jeweilige H-Zeit abgelaufen ist oder nicht. Der nächste Start erfolgt also immer aus einem definierten AUS-Zustand heraus. Reset-Eingang 4 hat Vorrang vor allen anderen Steuereingängen des 555.

Impulslänge

Impulslänge ist die H-Zeit des Ausgangsimpulses an Ua (MMV-Gleichung):

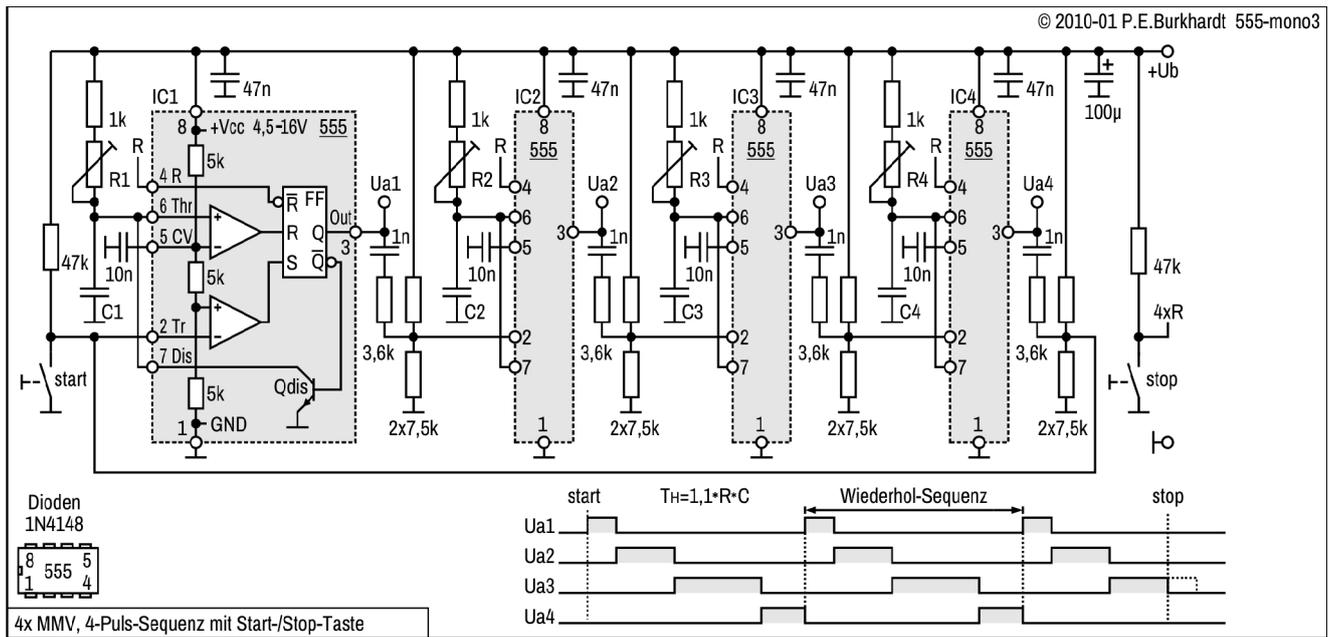
$$T = 1,1 * R * C \quad \text{oder} \quad T [\text{ms}] = 1,1 * R [\text{k}\Omega] * C [\mu\text{F}] \quad (1) \quad \text{Impulsdauer bei } U_5 = 2/3 * U_b$$

Der Startimpuls Ua1 muss so lang sein, dass der Nennwert von $+U_b$ stabil anliegt, bevor die Ring-Sequenz aktiviert wird. Die H-Zeiten der Impuls-Sequenz sind innerhalb der möglichen Werte für das RC-Glied frei wählbar. Da jedes Impulsende den nächsten Impuls anstößt, sind keine Wartezeiten o.ä. zu beachten.

Anwendung

Hintereinander geschaltete Monoflops eignen sich für viele zyklischen Prozesse, in denen Impulse (EIN-Zeiten) unterschiedlicher Länge notwendig sind. Ablaufsteuerungen für Lichtanlagen sind ein Beispiel. Die einzelnen Impulse wirken unmittelbar nacheinander. Eine Pause läßt sich durch Weglassen eines Ausgangs realisieren. Auch können Ausgänge logisch verknüpft werden, um kompliziertere Impulsmuster zu erstellen.

Ring-Sequenz mit 4 MMVs



Wirkungsweise

Vier Monoflops bilden einen Ring und erzeugen so eine 4-Puls-Sequenz, die sich ständig wiederholt. Mit Taste Start beginnt die Sequenz, mit Taste Stop erfolgt die sofortige Unterbrechung. Das Impulsdigramm verdeutlicht die Arbeitsweise. Die dargestellten H-Zeiten sind beispielhaft und können in weiten Bereichen grob mit C1 bis C4 und endgültig mit R1 bis R4 eingestellt werden.

Einmalige 4-Puls-Sequenz

Soll die 4-Puls-Sequenz nicht zyklisch (also nur einmal) ablaufen, muss nur die Rückführung von Ua4 nach Triggereingang Pin 2 von IC1 entfernt werden. Die Erzeugung der Ansteuerimpulse am Ausgang Ua4 kann dann auch entfallen. Ebenso ist evtl. die Stop-Taste nicht mehr nötig. Alle Rücksetzeingänge Pin 4 werden dann an +Ub gelegt.

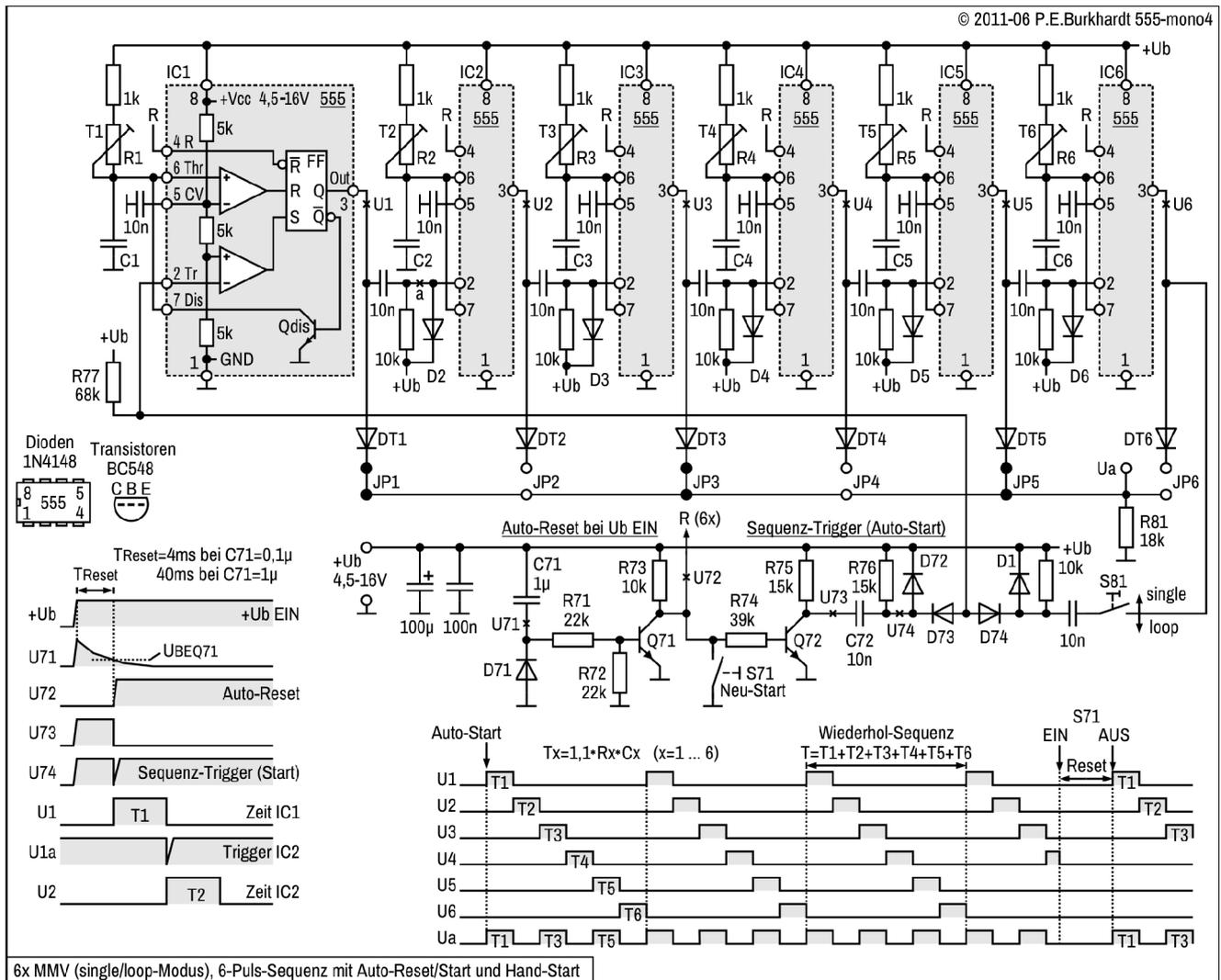
Ring-Sequenz mit 6 MMVs, Single-/Loop-Modus

Wirkungsweise

6 MMVs erzeugen 6 H-Zeiten, die über Dioden als Folge von 6 Zeitabschnitten am Ausgang Ua zur Verfügung stehen. Alle Zeiten sind unabhängig einstellbar und durch entsprechende Diodenbeschriftung zu einer beliebigen Impulsfolge (Sequenz) kombinierbar. Die Sequenz wird wahlweise einmalig oder wiederholt ausgegeben.

Der 1. MMV wird gestartet. Sein Impulsende startet (triggert) den 2. MMV. Dessen Impulsende startet den 3. MMV usw. Mit dem Impulsende des letzten MMVs wird wieder der 1. MMV gestartet (Wiederhol-Betrieb). Somit entsteht ein Ring von MMVs, die sich nacheinander triggern. An jedem MMV-Ausgang ist ein Impuls abgreifbar, der unmittelbar nach der H-Zeit des Vorgänger-MMVs erscheint. Die Anzahl der Impulse entspricht der Anzahl der eingesetzten MMVs.

Eine Reset- und Start-Schaltung sorgt nach Einschalten der Betriebsspannung für den automatischen Sequenz-Start unter definierten Bedingungen. Mittels Taste ist ein Sequenz-Neustart jederzeit möglich.



Schaltungsbeschreibung

IC1 bis IC6 bilden den MMV-Ring. Die Dioden DT1 bis DT6 summieren den jeweiligen MMV-Impuls (U1 bis U6), wenn die entsprechende Brücke (JP1 bis JP6) eingelegt ist. Mit Ua steht die Sequenz am Ausgang H-aktiv (R81) zur Verfügung.

Transistor Q71 liefert den Einschalt-Auto-Reset für die Reset-Eingänge der 6 MMVs. Transistor Q72 ist für den Start-Trigger-Impuls zuständig. Nach jedem Reset erfolgt der Auto-Start. Beides kann mit Taste S71 von Hand ausgelöst werden (Neu-Start).

MMV-Haltezeit

R1 bis R6 und C1 bis C6 bestimmen die Haltezeiten der einzelnen 555-MMVs (T1 bis T6). R1 und C1 sind beispielsweise für den ersten MMV (IC1) zuständig. Der 1kΩ-Widerstand vor R1 dient lediglich als Schutzwiderstand.

Die U1-H-Zeit am IC1-Ausgang Pin 3 errechnet sich mit $T1 = (R1 + 1 \text{ k}\Omega) * C1$.

Durch geeigneten R1- und C1-Wert kann jede beliebige Zeit (in den bekannten Grenzen der 555-Beschaltung) eingestellt werden. Da dies analog für die anderen MMVs ebenfalls gilt, können sehr unterschiedliche Zeiten für die Ausgangs-Sequenz bereitgestellt werden.

Triggern der MMVs

Ist die Halte-Zeit eines MMV zu Ende, bewirkt die fallende H-Zeit-Flanke über das Differenzierglied am 555-Ausgang (10 nF und 10 k Ω) die Triggerung des nächsten MMVs. Der Triggerimpuls ist als U1a für den ersten MMV im linken Impuls-Diagramm (siehe Schaltbild) für IC1 dargestellt. Die Diode parallel zum Differenzier-Widerstand dient lediglich zur Begrenzung des über +Ub liegenden Differenzier-Impulses im Falle der steigenden H-Zeit-Flanke.

Da so jeder MMV-Ausgang mit dem folgenden MMV-Trigger-Eingang verbunden ist, ergibt sich ein Weiterschalten der MMVs.

Bildung der Impuls-Sequenz

Soll eine MMV-H-Zeit in der Ua-Sequenz (Ausgang Ua) ebenfalls als H-Zeit wirksam werden, ist die entsprechende Diode (DT1 bis DT6) mit der Ua-Schiene zu verbinden.

Im Bild sind beispielhaft die Brücken für T1 (JP1), T3 (JP3) und T5 (JP5) eingelegt. Das ergibt die H-Zeiten T1, T3 und T5 in der Ua-Sequenz (siehe rechtes Impuls-Diagramm im Bild). Fehlende Brücken ergeben für die entsprechenden Zeiten in der Ua-Sequenz einen L-Pegel. Im dargestellten Beispiel sind dies die Zeiten T2, T4 und T6.

Es sind natürlich auch andere Kombinationen denkbar. Sind mehr als 6 Zeitabschnitte in der Ausgangs-Sequenz erforderlich, müssen entsprechend mehr MMVs in Reihe geschaltet werden.

Falls Taste S81 geschlossen ist, triggert der letzte MMV-Ausgang (IC6) wieder den ersten MMV. Der MMV-Ring ist geschlossen und die programmierte Impuls-Sequenz wiederholt sich.

Reset- und Startschaltung

Beim Einschalten der Betriebsspannung Ub sind alle MMVs zunächst inaktiv. Bevor der MMV-Ring eine Impuls-Sequenz liefern kann, muss einer der MMVs angestoßen (getriggert) werden. Es ist also eine entsprechende automatische Startschaltung erforderlich.

Eine Reset-Schaltung sorgt außerdem bei Ub EIN und bei Hand-Start für definierte MMV-Anfangsbedingungen. Damit wird stets die gleiche Impuls-Sequenz garantiert.

Auto-Reset bei Ub EIN

Mit Zuschalten der Betriebsspannung Ub wird C71 aufgeladen (siehe auch linkes Impuls-Diagramm im Bild). Q71 wird leitend, U72 hat L-Pegel und hält damit alle MMVs über die 555-Rücksetzeingänge auf Reset. Steigt Ub nicht mehr an, entlädt sich C71 über R71 und die Q71-U_{BE}-Strecke. Q71 bleibt solange leitend (und damit Reset aktiv), bis die Q71-U_{BE}-Schwelle unterschritten wird. Nun wird Q71 gesperrt, U72 wird H und damit der MMV-Reset aufgehoben.

Der C71-Wert bestimmt also (in Verbindung mit R71 und R72) die Reset-Zeit ab Ub EIN bis MMV-Freigabe. Gemessene Werte sind im Bild angegeben.

Sequenz-Trigger (Auto-Start)

Während der Reset-Zeit ist wegen Reset-L-Pegel auch Transistor Q72 gesperrt, U73 liegt auf H. Ist aber Reset zu Ende (U72 geht auf H), steuert Q72 durch und U73 am Q72-Kollektor wird L. Dieser HL-Sprung wird über C72-R76 differenziert. Es ergibt sich ein U74-L-Impuls, der über Diode D73 den ersten MMV (IC1) triggert. Damit wird der MMV-Ring gestartet, die Sequenz beginnt.

D72 begrenzt auch hier den über +Ub liegenden Differenzier-Impuls im Falle des U73-LH-Sprungs.

S71: Neu-Start von Hand

Taste S71 erlaubt den Neu-Start der Wiederhol-Sequenz auch während des normalen Betriebs.

Das Drücken von S71 legt die Reset-Leitung auf GND. Alle MMVs werden zurückgesetzt. Dieser Reset-Zustand hält solange an, wie S71 geschlossen ist.

Wird S71 wieder losgelassen, geht U72 wegen R73 auf H, die MMVs werden freigegeben, der vorher gesperrte Q72 wird leitend. U73 am Q72-Kollektor wird L. Dieser U73-HL-Sprung verursacht einen U74-L-Impuls (wie bereits beschrieben) und triggert damit über D73 den ersten MMV (IC1). Damit wird der MMV-Ring gestartet, die Sequenz beginnt.

S81: Wiederhol-Sequenz oder einmalige 6-Puls-Sequenz

Ist Taste S81 geschlossen, wird nach Sequenz-Start (durch Ub EIN oder Neu-Start) die Ausgangs-Sequenz ständig wiederholt. Dies geschieht solange, bis wieder ein S71-Neu-Start erfolgt oder Ub abgeschaltet wird.

Ist S81 offen, läuft die 6-Puls-Sequenz nicht zyklisch (also nur einmal) ab. Die beschriebenen Funktionen Auto-Reset, Auto-Start und Neu-Start bleiben unverändert und lösen eben nur einmalig die 6-Puls-Sequenz aus.

Option: Start-Stop-Funktion mit S71 als Schalter

Wird anstelle Taste S71 ein Schalter S71 eingesetzt, ist ebenfalls ein Neu-Start von Hand möglich, allerdings mit zusätzlichem Dauer-Reset (Stop).

Wird S71 geschlossen, gehen alle MMVs in den Reset-Zustand, alle 555-Ausgänge U1 bis U6 und damit auch Ua führen dauernd L-Pegel.

Wird S71 geöffnet, löst dies (wie schon beschrieben) die Triggerung des ersten MMVs aus und die Ausgangs-Sequenz beginnt. Ist S81 geschlossen, wird die Sequenz wiederholt.

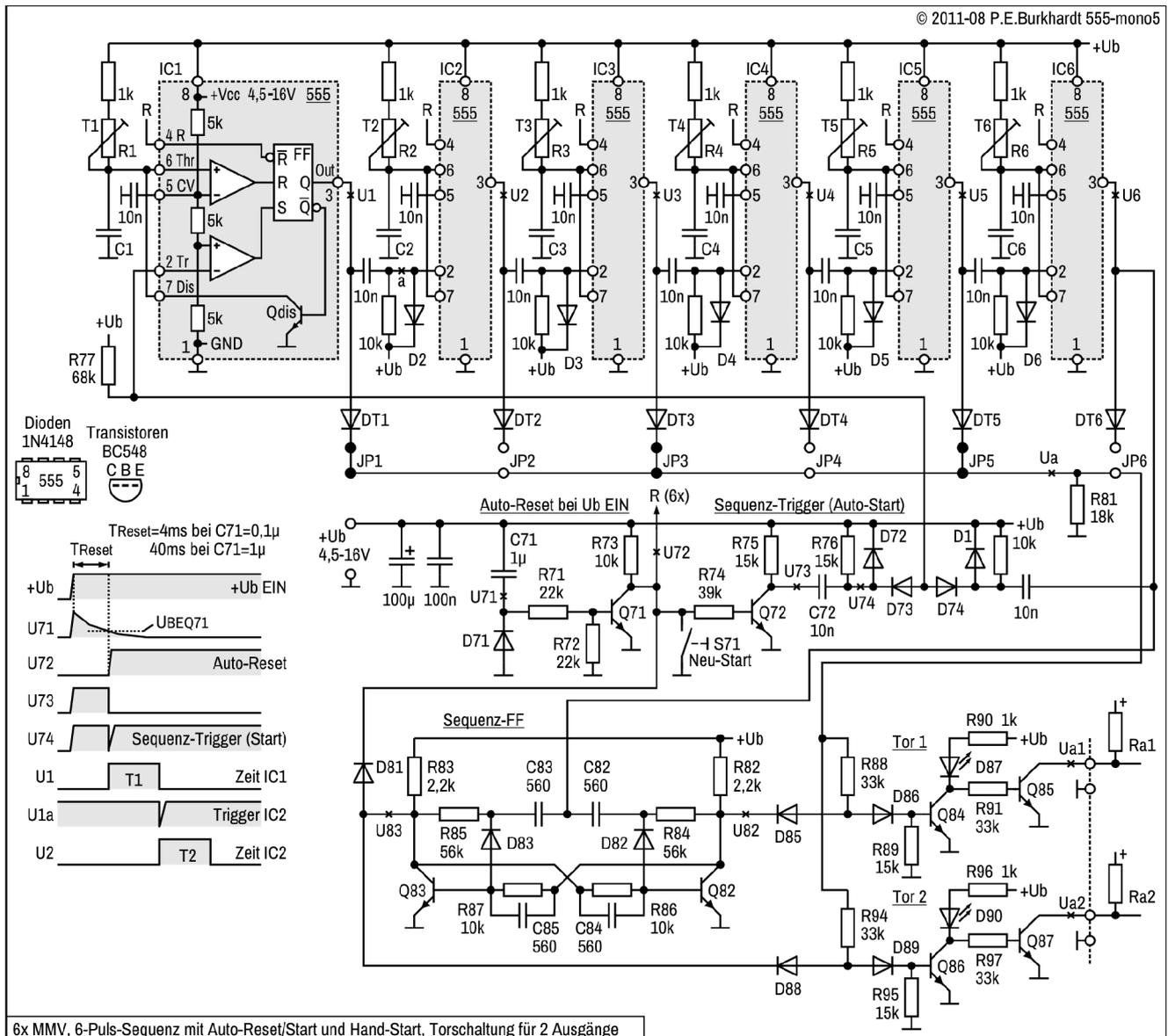
Ring-Sequenz mit 6 MMVs, 2 Ausgänge

Wirkungsweise

6 MMVs erzeugen 6 H-Zeiten, die über Dioden als Folge von 6 Zeitabschnitten an 2 Ausgängen Ua1 und Ua2 abwechselnd zur Verfügung stehen. Alle 6 Zeiten sind unabhängig einstellbar und durch entsprechende Diodenbeschaltung zu einer beliebigen Impulsfolge (Sequenz) kombinierbar. Die Sequenz wird abwechselnd an 2 Ausgänge gegeben.

Der 1. MMV wird gestartet. Sein Impulsende startet (triggert) den 2. MMV. Dessen Impulsende startet den 3. MMV usw. Mit dem Impulsende des letzten MMVs wird wieder der 1. MMV gestartet (Wiederhol-Betrieb). Somit entsteht ein Ring von MMVs, die sich nacheinander triggern. An jedem MMV-Ausgang ist ein Impuls abgreifbar, der unmittelbar nach der H-Zeit des Vorgänger-MMVs erscheint. Die Anzahl der Impulse entspricht der Anzahl der eingesetzten MMVs.

Eine Reset- und Start-Schaltung sorgt nach Einschalten der Betriebsspannung für den automatischen Sequenz-Start unter definierten Bedingungen. Mittels Taste ist ein Sequenz-Neustart jederzeit möglich.



Schaltungsbeschreibung

IC1 bis IC6 bilden den MMV-Ring. Die Dioden DT1 bis DT6 summieren den jeweiligen MMV-Impuls (U1 bis U6), wenn die entsprechende Brücke (JP1 bis JP6) eingelegt ist. Mit Ua steht die Sequenz H-aktiv an R81 zur Verfügung.

Diese Sequenz wird abwechselnd über Tor 1 (D86, Q84,85) und über Tor 2 (D89, Q86,87) an die Ausgänge Ua1 und Ua2 geschaltet. Zur Steuerung der Tore dient das Sequenz-FF (Q82,83). Die Tor-Freigabe erfolgt über D85 bzw. D88.

Transistor Q71 liefert den Einschalt-Auto-Reset für die Reset-Eingänge der 6 MMVs sowie für die Rückstellung des Sequenz-FF (D81). Transistor Q72 ist für den Start-Trigger-Impuls zuständig. Nach jedem Reset erfolgt der Auto-Start. Beides kann mit Taste S71 von Hand ausgelöst werden (Neu-Start).

MMV-Haltezeit

R1 bis R6 und C1 bis C6 bestimmen die Haltezeiten der einzelnen 555-MMVs (T1 bis T6). R1 und C1 sind beispielsweise für den ersten MMV (IC1) zuständig. Der 1kΩ-Widerstand vor R1 dient lediglich als Schutzwiderstand.

Die U1-H-Zeit am IC1-Ausgang Pin 3 errechnet sich mit $T_1 = (R_1 + 1 \text{ k}\Omega) \cdot C_1$.

Durch geeigneten R1- und C1-Wert kann jede beliebige Zeit (in den bekannten Grenzen der 555-Beschaltung) eingestellt werden. Da dies analog für die anderen MMVs ebenfalls gilt, können sehr unterschiedliche Zeiten für die Ausgangs-Sequenz bereitgestellt werden.

Triggern der MMVs

Ist die Halte-Zeit eines MMV zu Ende, bewirkt die fallende H-Zeit-Flanke über das Differenzierglied am 555-Ausgang (10 nF und 10 kΩ) die Triggerung des nächsten MMVs. Der Triggerimpuls ist als U1a für den ersten MMV im linken Impuls-Diagramm (siehe Schaltbild) für IC1 dargestellt. Die Diode parallel zum Differenzier-Widerstand dient lediglich zur Begrenzung des über +Ub liegenden Differenzier-Impulses im Falle der steigenden H-Zeit-Flanke.

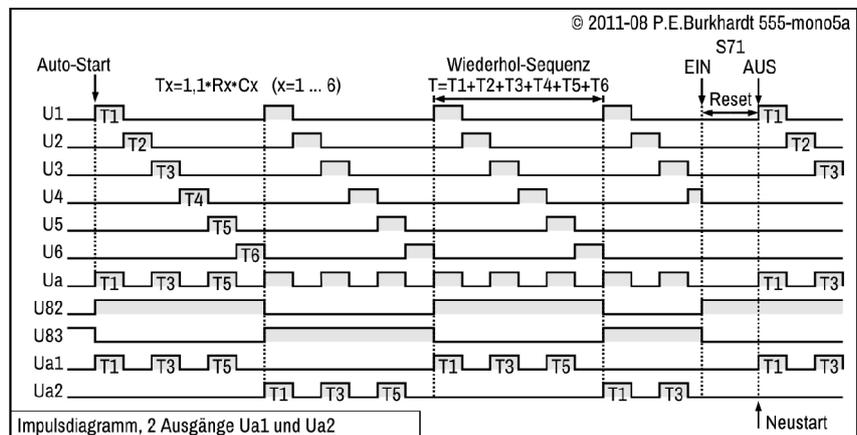
Da so jeder MMV-Ausgang mit dem folgenden MMV-Trigger-Eingang verbunden ist, ergibt sich ein Weiterschalten der MMVs.

Bildung der Impuls-Sequenz

Soll eine MMV-H-Zeit in der Ua-Sequenz (Ausgang Ua) ebenfalls als H-Zeit wirksam werden, ist die entsprechende Diode (DT1 bis DT6) mit der Ua-Schiene zu verbinden.

Im Bild sind beispielhaft die Brücken für T1 (JP1), T3 (JP3) und T5 (JP5) eingelegt. Das ergibt die H-Zeiten T1, T3 und T5 in der Ua-Sequenz.

Fehlende Brücken ergeben für die entsprechenden Zeiten in der Ua-Sequenz einen L-Pegel. Im dargestellten Beispiel sind dies die L-Zeiten T2, T4 und T6.



Der MMV-Ring ist geschlossen und die programmierte Impuls-Sequenz wiederholt sich.

Es sind natürlich auch andere Kombinationen denkbar. Sind mehr als 6 Zeitabschnitte in der Ua-Sequenz erforderlich, müssen entsprechend mehr MMVs in Reihe geschaltet werden.

Die Sequenz-FF-Ausgänge U82 und U83 steuern Tor 1 und 2 so an, dass die Ua-Sequenz wechselseitig am Ua1-Ausgang und Ua2-Ausgang erscheint.

Reset- und Startschaltung

Beim Einschalten der Betriebsspannung Ub sind alle MMVs zunächst inaktiv. Bevor der MMV-Ring eine Impuls-Sequenz liefern kann, muss einer der MMVs angestoßen (getriggert) werden. Es ist also eine entsprechende automatische Startschaltung erforderlich.

Eine Reset-Schaltung sorgt außerdem bei Ub EIN und bei Hand-Start für definierte MMV-Anfangsbedingungen. Damit wird stets die gleiche Impuls-Sequenz garantiert. Außerdem muss das Sequenz-FF in eine definierte Start-Lage gebracht werden, damit immer am gleichen Ausgang (hier Ua1) die erste Sequenz erscheint.

Auto-Reset bei Ub EIN

Mit Zuschalten der Betriebsspannung Ub wird C71 aufgeladen (siehe auch linkes Impuls-Diagramm im Schaltbild). Q71 wird leitend, U72 hat L-Pegel und hält damit alle MMVs über die 555-Rücksetzeingänge auf Reset. Steigt Ub nicht mehr an, entlädt sich C71 über R71 und die Q71-UBE-Strecke. Q71 bleibt solange leitend (und damit Reset aktiv), bis die Q71-UBE-Schwelle unterschritten wird. Nun wird Q71 gesperrt, U72 wird H und damit der MMV-Reset aufgehoben.

Der C71-Wert bestimmt also (in Verbindung mit R71 und R72) die Reset-Zeit ab Ub EIN bis MMV-Freigabe. Gemessene Werte sind im Bild angegeben.

Während der Reset-Zeit zwingt Q71 über D81 das Sequenz-FF in die Start-Lage. U83 ist L und U82 ist H. Das bedeutet, Tor 1 ist offen und die erste Sequenz (nach Reset) erscheint am Ausgang Ua1.

Sequenz-Trigger (Auto-Start)

Während der Reset-Zeit ist wegen Reset-L-Pegel auch Transistor Q72 gesperrt, U73 liegt auf H. Ist aber Reset zu Ende (U72 geht auf H), steuert Q72 durch und U73 am Q72-Kollektor wird L. Dieser HL-Sprung wird über C72-R76 differenziert. Es ergibt sich ein U74-L-Impuls, der über Diode D73 den ersten MMV (IC1) triggert. Damit wird der MMV-Ring gestartet, die Sequenz beginnt.

D72 begrenzt auch hier den über +Ub liegenden Differenzier-Impuls im Falle des U73-LH-Sprungs.

S71: Neu-Start von Hand

Taste S71 erlaubt den Neu-Start der Wiederhol-Sequenz auch während des normalen Betriebs.

Das Drücken von S71 legt die Reset-Leitung auf GND. Alle MMVs werden zurückgesetzt. Dieser Reset-Zustand hält solange an, wie S71 geschlossen ist.

Wird S71 wieder losgelassen, geht U72 wegen R73 auf H, die MMVs werden freigegeben, der vorher gesperrte Q72 wird leitend. U73 am Q72-Kollektor wird L. Dieser U73-HL-Sprung verursacht einen U74-L-Impuls (wie bereits beschrieben) und triggert damit über D73 den ersten MMV (IC1). Damit wird der MMV-Ring gestartet, die Sequenz beginnt.

Wiederhol-Sequenz

Nach Sequenz-Start (durch Ub EIN oder Neu-Start) wird die Ausgangs-Sequenz ständig wiederholt. Dies geschieht solange, bis wieder ein S71-Neu-Start erfolgt oder Ub abgeschaltet wird.

Option: Start-Stop-Funktion mit S71 als Schalter

Wird anstelle Taste S71 ein Schalter S71 eingesetzt, ist ebenfalls ein Neu-Start von Hand möglich, allerdings mit zusätzlichem Dauer-Reset (Stop).

Wird S71 geschlossen, gehen alle MMVs in den Reset-Zustand, alle 555-Ausgänge U1 bis U6 und damit auch Ua führen dauernd L-Pegel.

Wird S71 geöffnet, löst dies (wie schon beschrieben) die Triggerung des ersten MMVs aus und die Ausgangs-Sequenz beginnt und wird ständig wiederholt.

Torschaltung und Ausgänge

Die zwei Torschaltungen sind identisch aufgebaut, nachfolgend die Beschreibung für Tor 1:

Ein Ua-H-Impuls steuert über R88 und D86 den Transistor Q84 durch, vorausgesetzt, der Knoten D85-D86 wird nicht vom Sequenz-FF von Q82 über D85 auf GND gezogen. Q84 leitend bedeutet, Q85 ist gesperrt und Ua1 führt H. Dafür ist am OC-Ausgang extern der Widerstand Ra1 nach +Ub oder einer anderen positiven Spannung erforderlich.

Durch den OC-Ausgang ist eine Pegel- und Leistungsanpassung an die zu treibende Last möglich. Für Q85 (bzw. Q87) können auch stärkere Transistoren eingesetzt werden, wenn die externe Last dies erfordert.

Den aktiv H-führenden Ua1-Ausgangspegel zeigt die LED D87 (bzw. D90 für Ua2) an.

Sequenz-FF

Q82 und Q83 bilden das Sequenz-FF. C82 bzw. C83 differenzieren die U6-HL-Flanke, so dass nach jedem 6. MMV-Impuls das FF umschaltet.

Nach Reset führt U82 ein H, Q82 ist gesperrt, das Tor 1 ist offen.

Nach dem 6. MMV-Impuls (T6-Ende) wird Q82 leitend und damit U82 = L. Der Knoten D85-D86 wird nun über D85 und Q82 auf GND gelegt, Q84 sperrt und Q85 steuert durch. Damit ist Tor 1 gesperrt.

Andererseits wird Q83 gesperrt und damit U83 = H. Der Knoten D88-D89 bleibt vom Sequenz-FF unbeeinflusst. Q86 steuert nun durch, sobald über R94 und D89 ein H-Impuls anliegt. Gleichzeitig sperrt Q87 und Ua2 führt H. Jetzt ist also Tor 2 offen.

Beim nächsten 6. MMV-Impuls schalten das Sequenz-FF und damit die Tore wieder um. Die Impuls-Sequenz erscheint wieder an Ua1.

Betriebsspannung Ub

Ub kann in den 555-Grenzen frei gewählt werden, optimal sind 10 bis 12 V. Schaltungsänderungen sind nicht erforderlich. Die OC-Ausgänge sind leicht an externe Lastfälle und Pegel anpassbar.