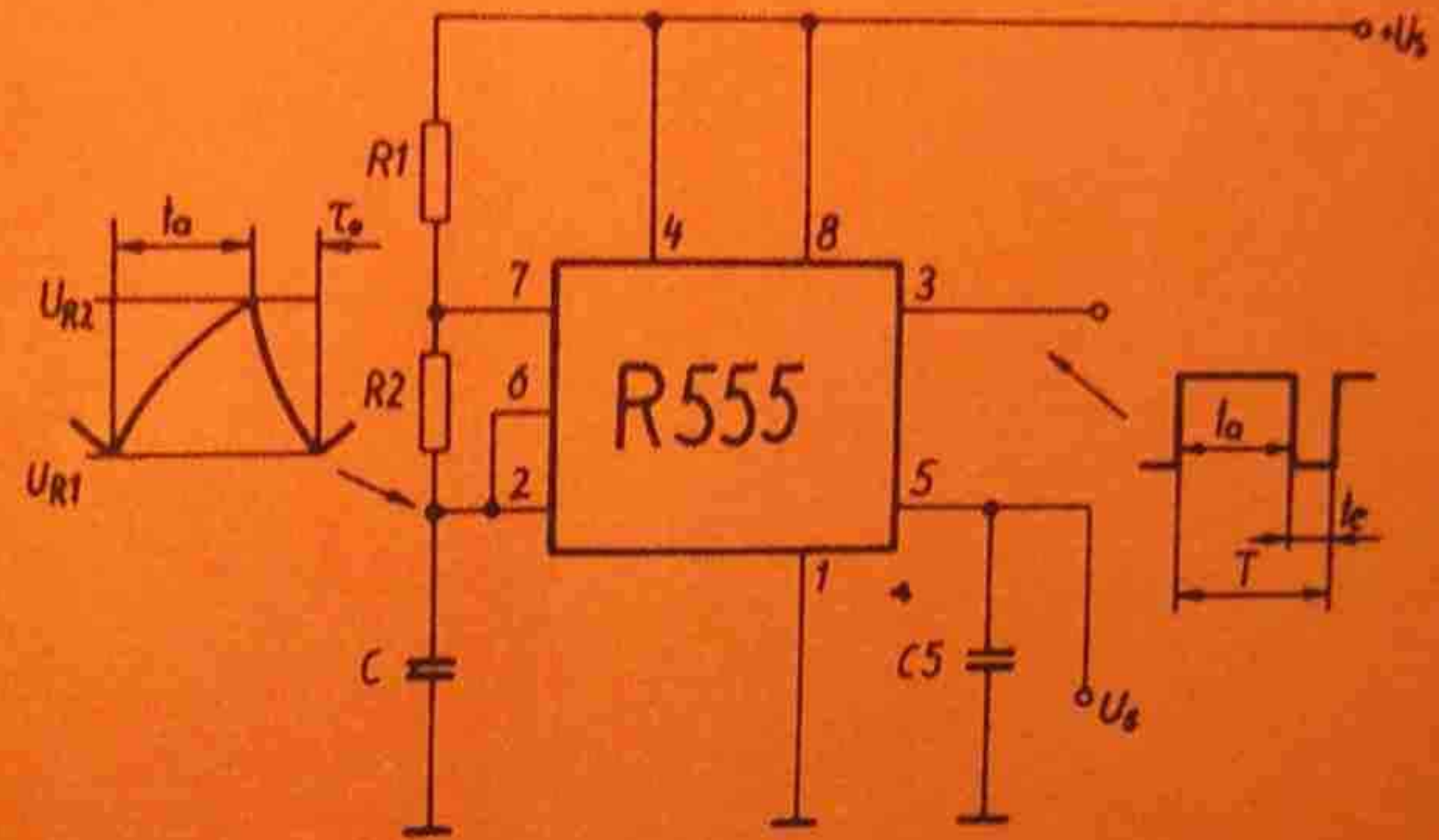


Elektronikbausatz 11



Zeitgeberschaltung
R 555



Achtung!

Seit 1. Januar 1987 gilt für Amateurbauelemente eine neue Bezeichnung.

An die TGL-Bezeichnung wird S1 angehängt (z. B. A 277 D S1).

Liebe Bastler und Amateure!

Mit dem R 555 steht Ihnen ein universell einsetzbarer Zeitgeberschaltkreis zur Verfügung, mit dem es möglich ist, einmalige oder periodisch wiederkehrende Zeitverzögerungen hoher Genauigkeit zu realisieren. Der Zeitbereich ist in weiten Grenzen veränderbar, wird von der Umgebungstemperatur, der Versorgungsspannung und der internen Schaltung nur gering beeinflusst und im wesentlichen nur durch die externe RC-Kombination bestimmt.

Das verwendete Schaltungskonzept ermöglicht eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten, die von der genauen Zeitverzögerung, Zeitsteuerung bis zur Erzeugung von einzelnen oder periodischen Impulsen mit festen oder durch eine Steuerspannung veränderbaren Impulsbreiten bzw. Tastverhältnissen reichen. Mit zwei Grundschaltungen werden monostabiler oder astabiler Betrieb erreicht.

Die Grundschaltungen geben Anregungen zum Einsatz des Schaltkreises R 555. Aus ihnen lassen sich weitere Anwendungsmöglichkeiten in speziellen Schaltungen ableiten.

1. Aufbau und Funktionsprinzip der Zeitgeberschaltung R 555

Das Blockschaltbild des R 555 wird im Bild 1 gezeigt. Der IS besteht aus 2 Komparatorstufen K 1 und K 2 mit einem internen Referenzspannungsteiler, einem RS-Flip-Flop, einem als Entladestufe zu verwendenden Transistor sowie einer invertierend wirkenden Gegendaktausgangsstufe. Die Ausgangssignale der Komparatoren schalten das Flip-Flop, welches die Entlade- und Ausgangsstufe gleichphasig steuert, um.

Der Schaltkreis R 555 verhält sich ohne äußere Beschaltung wie ein Komparator mit Hysterese. Liegt am Eingang des Komparators 1 (Anschluß 2) eine Spannung kleiner als die Referenzspannung U_{R1} an, kippt der Ausgang (Anschluß 3) auf H-Potential. Überschreitet die Spannung am Eingang des Komparators 2 (Anschluß 6) die Referenzspannung U_{R2} , so kippt der Ausgang auf L-Potential.

Die Spannungen U_{R1} und U_{R2} werden aus einem internen Referenzspannungsteiler mit drei gleichgroßen Widerständen R_T gewonnen. U_{R1} ist deshalb stets halb so groß wie die Referenzspannung U_{R2} von K 2, die am Anschluß 5 durch externe Beschaltung beeinflusst werden kann. Wird am Anschluß 5 keine externe Spannung angelegt, ergeben sich die Referenzspannungen abhängig von der Versorgungsspannung U_s im Verhältnis 1:2/3:1/3.

Das RS-Flip-Flop dient zum Entprellen der Komparatoren. Damit werden an die Eingangssignale keine besonderen Anforderungen für die Anstiegsgeschwindigkeiten gestellt. Über den Anschluß 4 kann ein Rückstellen des RS-Flip-Flop unabhängig von den Komparatorsignalen durch Verbindung mit dem Massepotential erreicht werden.

Im Reset-Zustand liegt der Ausgang (Anschluß 3) auf L-Potential, der Entladetransistor (Anschluß 7) in der Sättigung.

Die Versorgungsspannung U_s ist am Anschluß 8, das Massepotential am Anschluß 1 anzulegen.

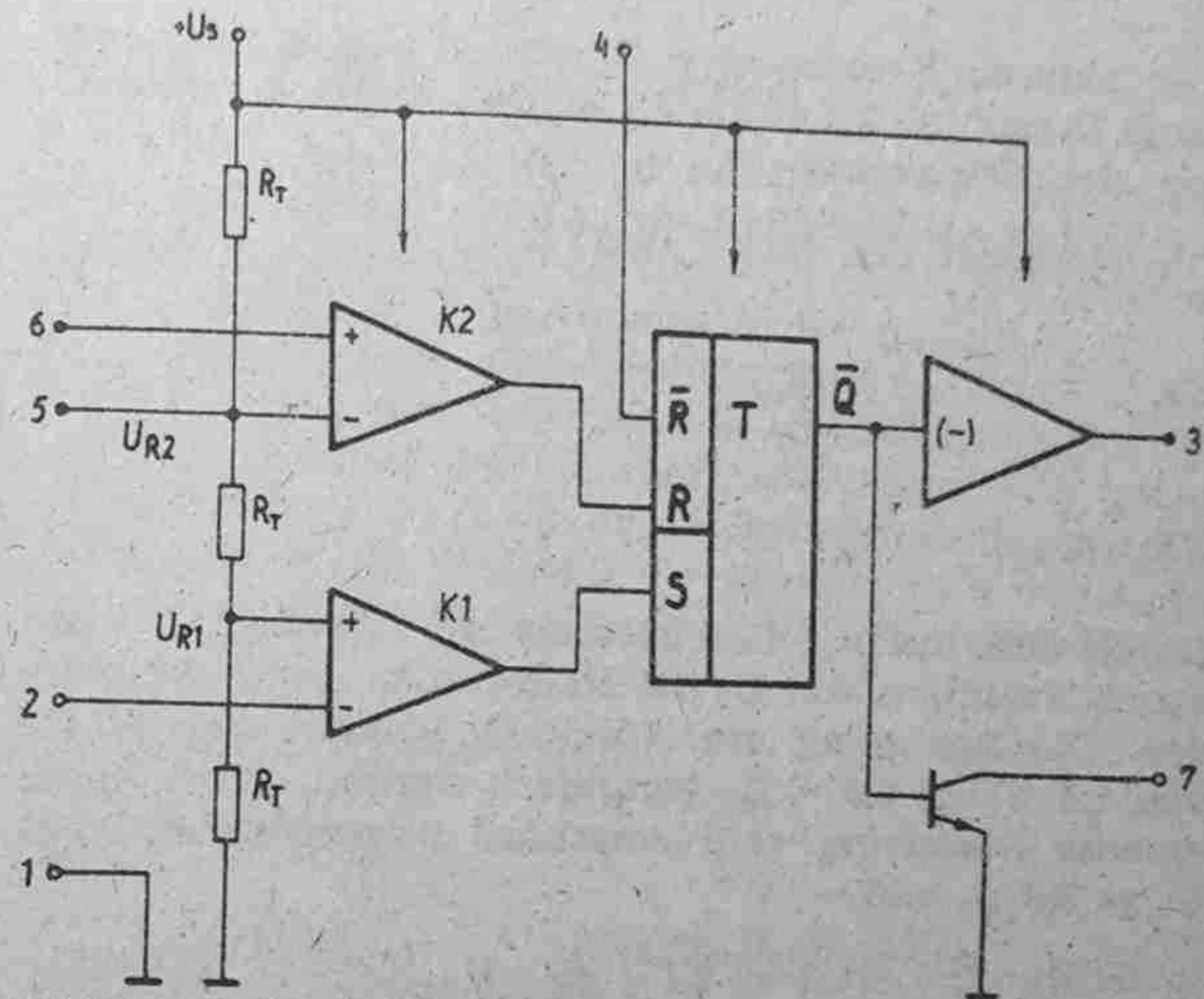


Bild 1 Blockschaltbild R 555

2. Grundschaltungen mit dem R 555

2.1. R 555 im monostabilen Betrieb (MMV)

Im Bild 2 wird die Grundvariante des monostabilen Betriebes dargestellt. Die Triggerung der Schaltung erfolgt mit der negativen Flanke des Triggerimpulses am Anschluß 2 zu dem Zeitpunkt, wo die Referenzspannung U_{R1} des Komparators K 1 unterschritten wird. Der Ausgang kippt auf H-Potential und der Kondensator C der externen RC-Kombination wird über den Widerstand R_2 aufgeladen. Sobald die Kondensatorspannung einen Wert größer als die Referenzspannung U_{R2} erreicht hat, wird das RS-Flip-Flop zurückgesetzt. Der Ausgang kippt auf L-Potential zurück.

Der externe Kondensator C wird durch die Entladestufe (Anschluß 7)! entladen, es besteht der Zustand wie vor der Triggerung.

Die Haltezeit des MMV beträgt

$$t_H = R \cdot C \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{U_{R2}}{U_5}}$$

mit $U_{R2} = U_5$

Durch eine externe Beschaltung am Anschluß 5 kann durch Variation von U_5 die Haltezeit t_H gesteuert werden. Die Spannung am Anschluß 5 kann auf Werte von 1,5 V bis $0,9 \cdot U_5$ verändert werden. Wird keine externe Steuerung am Anschluß 5 verwendet, gilt $U_5 = 2/3 U_5$ und

$$t_H = R \cdot C \cdot \ln 3 = 1,1 \cdot R \cdot C.$$

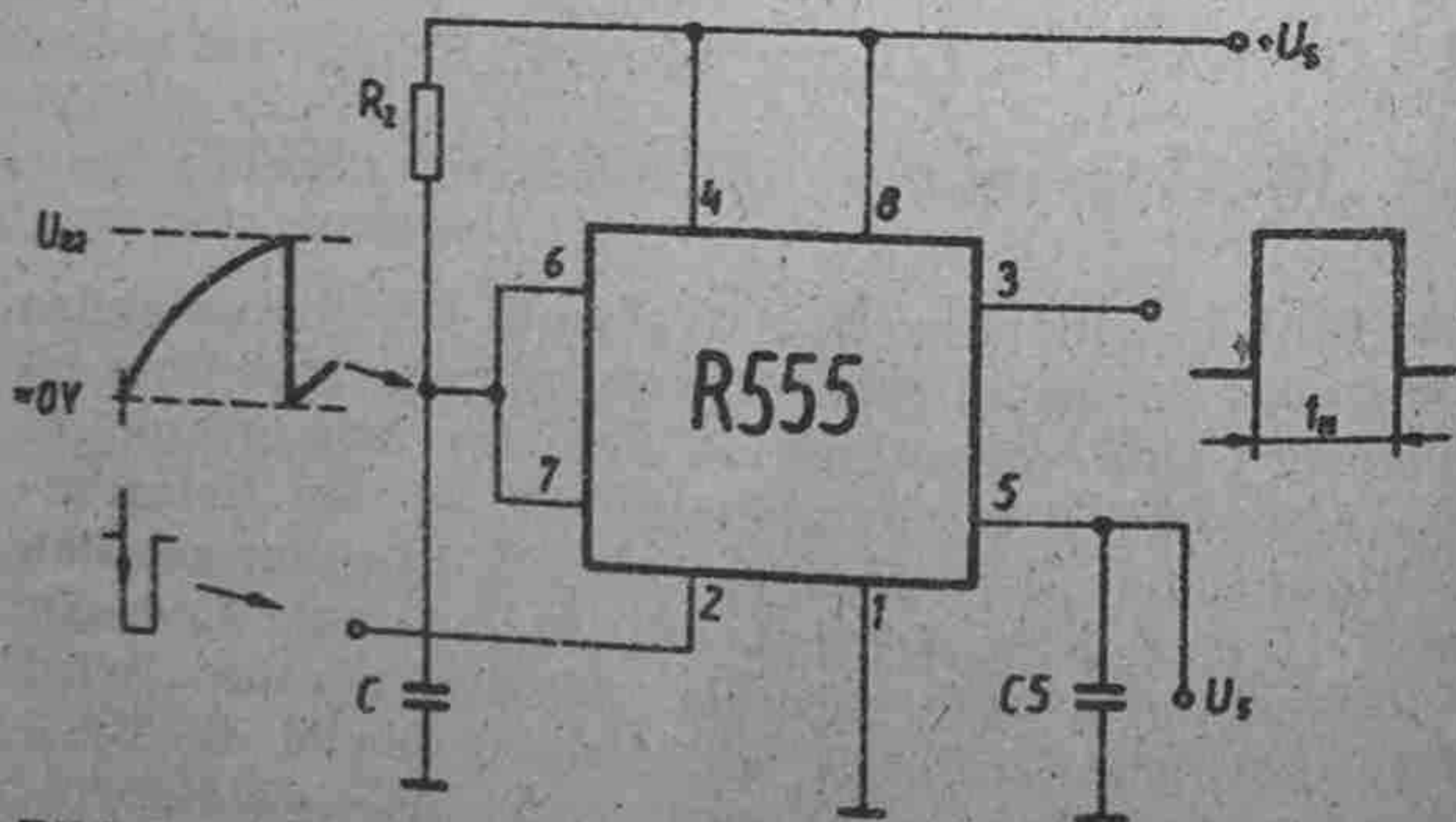


Bild 2

2.2. R 555 im astabilen Betrieb (AMV)

Im Bild 3 wird die Grundvariante des astabilen Betriebes dargestellt. Dieser wird durch Selbsttriggerung der Schaltung ermöglicht. Die Komparatoreingänge an den Anschlüssen 2 und 6 werden miteinander verbunden. Durch Auf- und Entladung der externen RC-Kombination zwischen den Referenzspannungen U_{R1} und U_{R2} werden die Komparatoren selbsttätig umgesteuert. Die Aufladung des externen Kondensators C erfolgt über die Widerstände R_1 und R_2 von U_{R1} bis U_{R2} die Entladung nur über den Widerstand R_2 von U_{R2} bis U_{R1}

Für die Aufladephase t_a gilt:

$$t_a = (R_1 + R_2) \cdot C \cdot \ln \frac{U_5 - U_{R1}}{U_5 - U_{R2}}$$

$$U_{R2} = U_5 = 2 U_{R1}$$

und für die Entladephase t_e

$$t_e = R_2 \cdot C \cdot \ln \frac{U_{R2}}{U_{R1}}$$

Da die Spannung $U_{R2} = 2 U_{R1}$ beträgt, wird die Entladezeit

$$t_e = R_2 \cdot C \cdot \ln 2$$

unabhängig von den Referenzspannungen U_{R1} und U_{R2} . Eine Steuerung über Anschluß 5 beeinflusst daher nur die Aufladzeit. Beim Anlegen einer Steuerspannung am Anschluß 5 wird also die Taktperiode T und

das Tastverhältnis $d = \frac{t_e}{T}$ gleichzeitig verändert.

Die Taktperiode T wird durch die Summe von Lade- und Entladephase bestimmt und beträgt

$$T = \frac{1}{f} = t_a + t_e$$

Ohne externe Steuerung am Anschluß 5 wird

$$U_{R2} = 2 U_{R1} = 2/3 U_s.$$

Die Aufladezeit beträgt

$$t_a = (R_1 + R_2) \cdot C \cdot \ln 2.$$

Für die Taktzeit T ergibt sich

$$T = t_a + t_e = (R_1 + 2 R_2) \cdot C \cdot \ln 2.$$

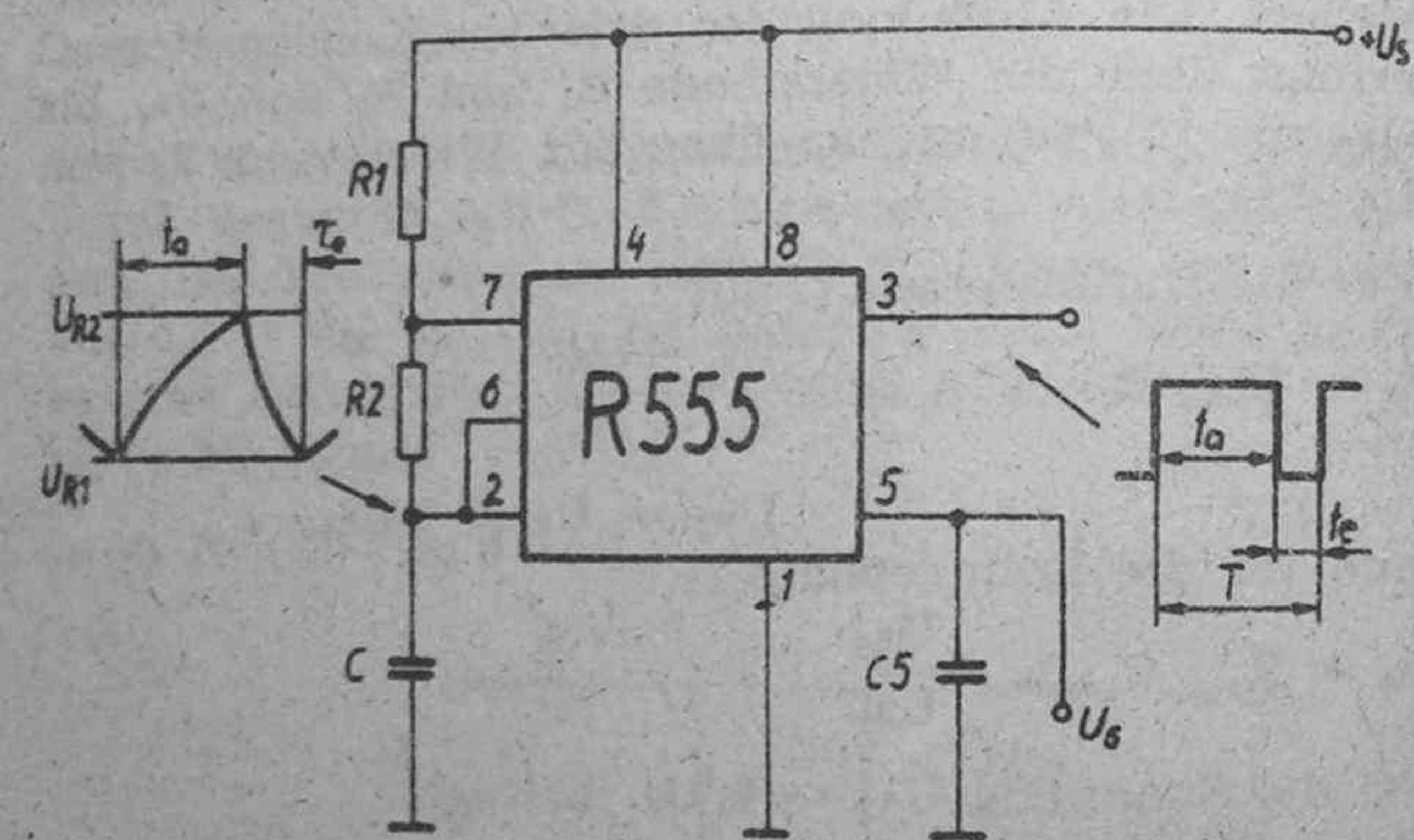


Bild 3

3. Schaltungsbeispiele mit dem R 555

3.1. Kurzzeitschaltuhr

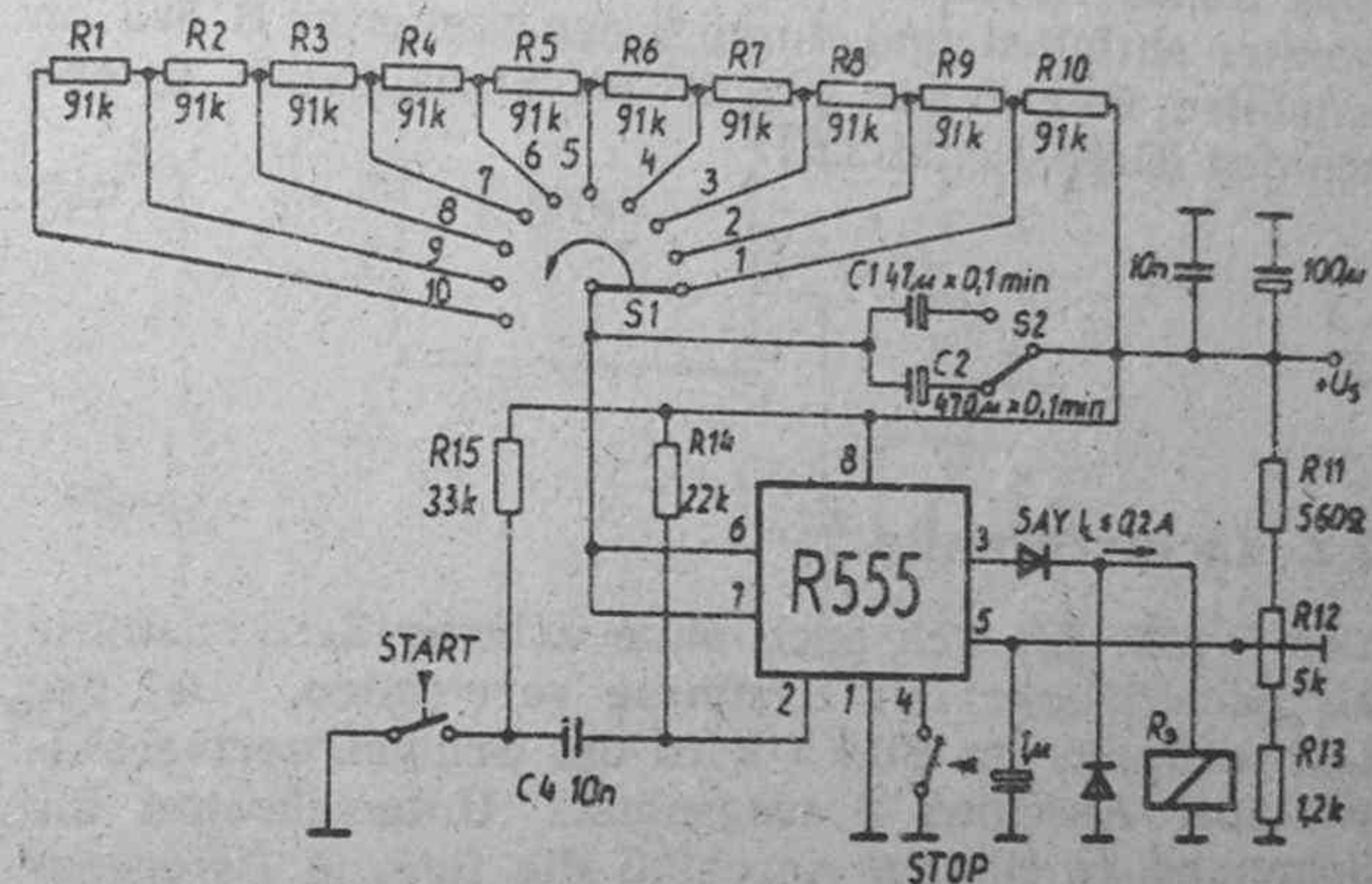


Bild 4

Im Bild 4 wird eine einfache elektronische Schaltuhr dargestellt, mit der sich Zeiten zwischen 6 Sekunden und 10 Minuten in 10 festgelegten Stufen über S_1 und S_2 vorwählen lassen. Die vorgewählte Zeit kann durch Tastendruck gestartet und, falls erforderlich, vorzeitig gestoppt werden.

Der Schaltung liegt das Grundprinzip des MMV zugrunde. Durch Änderung der die Zeitkonstante bestimmenden Widerstände R_1 bis R_{10} lassen sich beliebige Zeitintervalle erreichen, so daß Belichtungs-, Trocken- oder Erwärmungsprozesse gesteuert werden können. Die zeitbestimmenden Elektrolytkondensatoren C_1 und C_2 dürfen nur geringe Restströme (kleiner $2,5 \mu A$ bei 10 V) aufweisen.

Anstelle der Widerstände R_1 bis R_{10} und des Schalters S_1 kann auch ein Potentiometer verwendet werden. Zur Feineinstellung der Zeiten wird R_{12} benutzt.

Das Relais R_s kann für Anwendungen als Kurzzeitwecker entfallen und durch einen weiteren R 555 im astabilen Betrieb als akustischer Signalgeber ersetzt werden (siehe Punkt 3.6.).

3.2. Lichtschranke

Der R 555 läßt sich auch ohne externe Zeitkonstante als Schalttrigger mit Hysterese verwenden. Bei der Lichtschranke im Bild 5 wird das Schwellwertverhalten über Anschluß 2 ausgenutzt. Unterschreitet die Spannung an diesem Anschluß die interne Referenzspannung U_{R1} , was durch das Abdunkeln des Fotowiderstandes SP 201 erreicht wird, kippt der Ausgang auf H-Potential und das Relais $R_s 1$ wird stromlos bzw. ein Relais $R_s 2$ wird gegen Masse eingeschaltet.

Wird der Fototransistor im internen Zweig des Spannungsteilers gegen Masse geschaltet, kehrt sich der Beleuchtungseffekt um. Bei Belichtung stellt sich am Ausgang H-Potential ein.

Mit R_1 wird die Helligkeitsschwelle eingeschaltet, R_2 begrenzt den maximalen Strom durch den Fototransistor.

Das Relais R_s kann entfallen und durch eine akustische Alarmschaltung mit einem weiteren R 555 im astabilen Betrieb (siehe Punkt 3.6.) ersetzt werden.

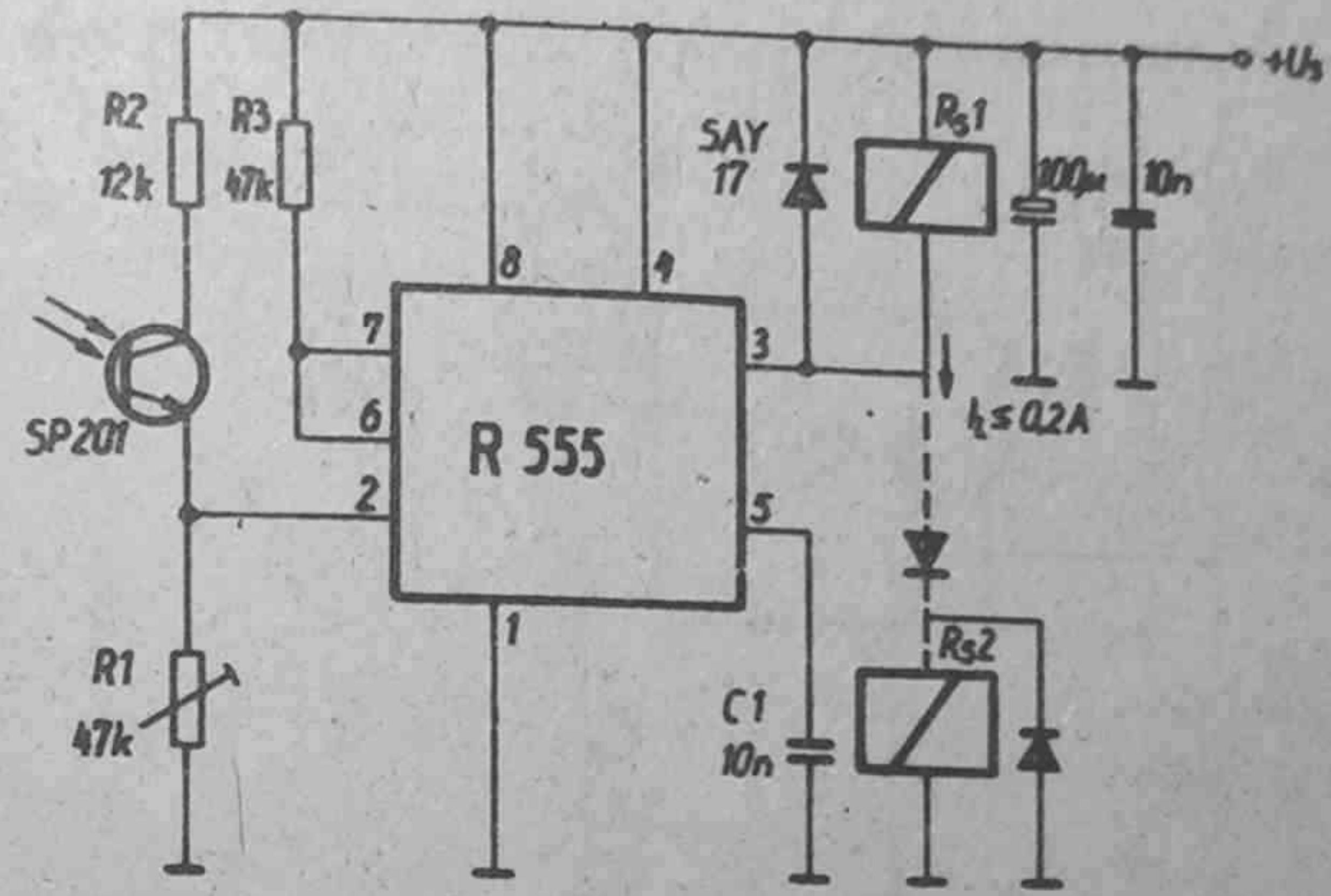


Bild 5

3.3. Temperaturschalter

Eine analoge Anwendung des R 555 als Schalttrigger in einem Temperaturschalter zeigt Bild 6. Hier wird der Fototransistor durch einen Thermistor – z. B. TNM 10 k – ersetzt. Bei Erwärmung verschiebt dieser das Spannungsteilerverhältnis $(R_1 + R_2) : R_3$ soweit, bis die Triggerschwelle U_{R1} unterschritten wird und das Relais R_s abfällt bzw. bei Betrieb gegen Massenpotential einschaltet (siehe Punkt 3.2.). Diese Schaltung läßt sich als Schalttrigger durch beliebige Sensoren variieren und auch zur Spannungsüberwachung (z. B. Batterieladezustandskontrolle, Bordspannung u. a. m.) einsetzen.

An den Ausgang können auch andere Indikatoren, z. B. Lampen oder LED's geschaltet werden (siehe Punkt 3.4.).

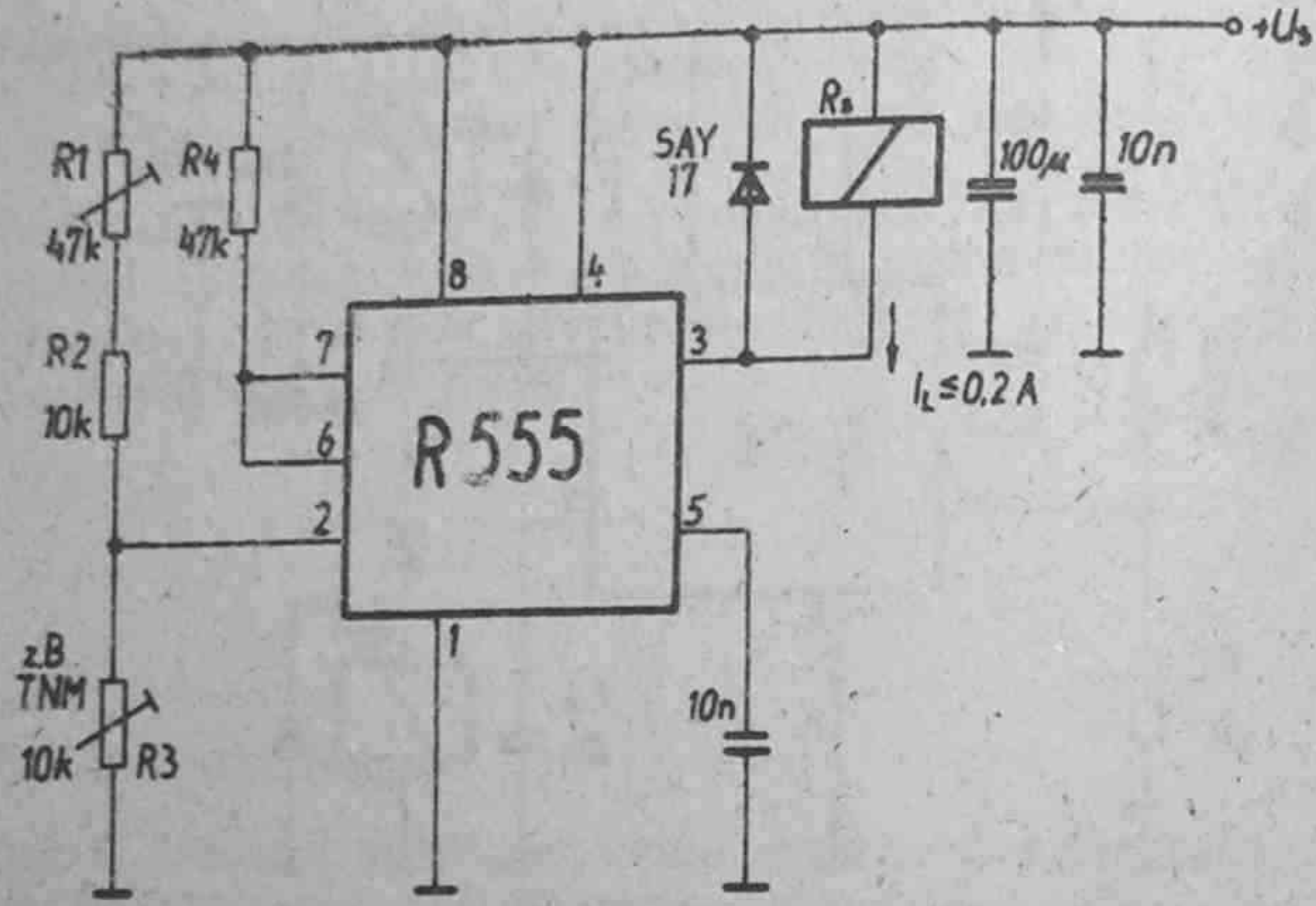


Bild 6

3.4. Blinkschaltung

Eine einfache Anwendung des R 555 im astabilen Betrieb zeigt Bild 7. Die Auflade- und Entladezeiten werden über die Diode D_2 entkoppelt. Damit können Tastverhältnisse kleiner als 0,5 erreicht werden. Bei einem Tastverhältnis $d = 0,5$ sind die Leuchtzeiten der LED's D_2 und D_3 gleich.

Die Vorwiderstände R_3 und R_4 müssen entsprechend der gewählten Betriebsspannung U_s und den gewünschten Leuchtstärken der LED's dimensioniert werden. Dabei ist der maximal zulässige Strom der Dioden zu beachten.

Die Blinkfrequenz kann, wie unter Punkt 2.2. erläutert wurde, verändert werden.

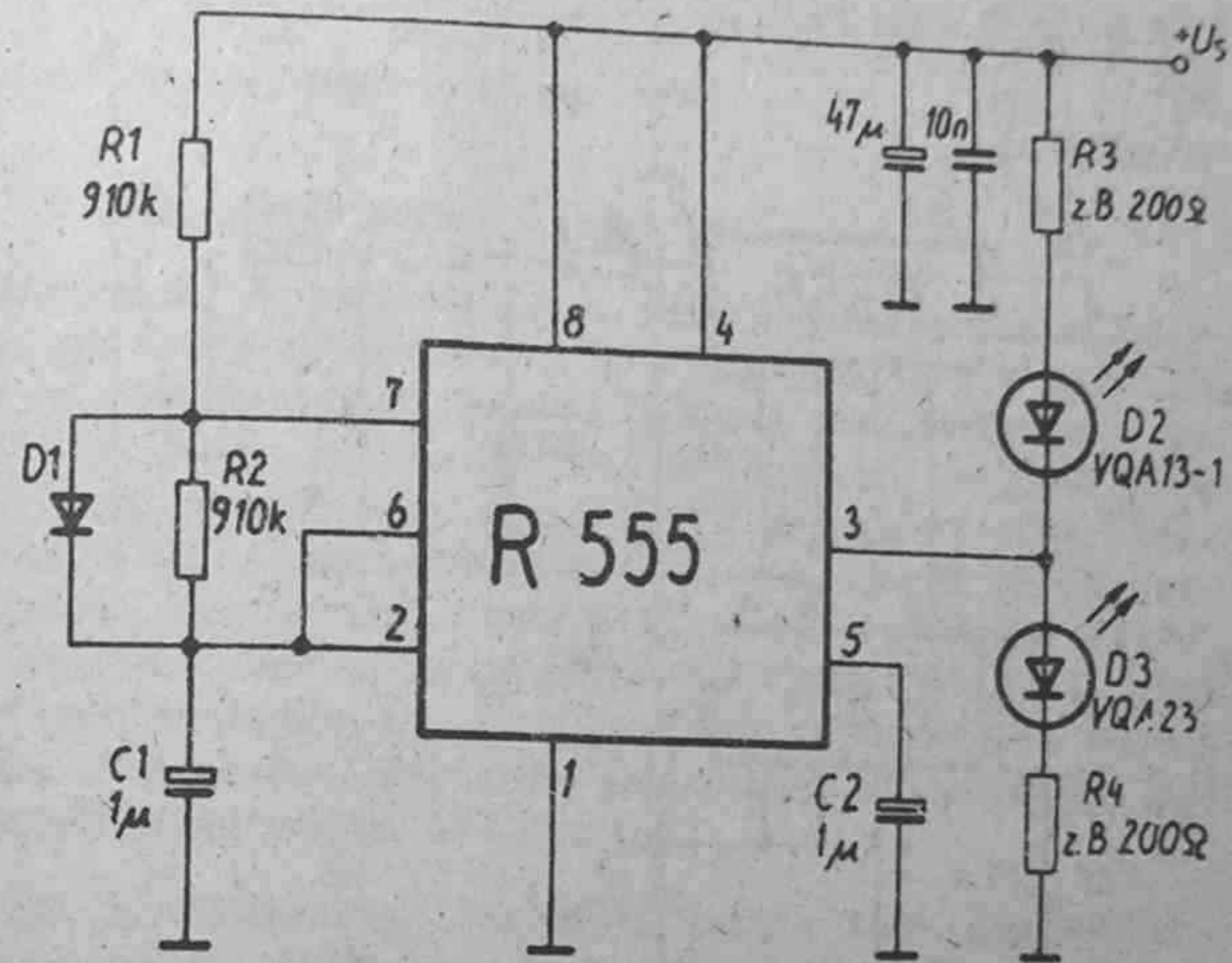


Bild 7

3.5. Kapazitätsmeßgerät

Da die Genauigkeit der Haltezeit des Zeitgebers R 555 im wesentlichen von der externen RC-Kombination abhängt, läßt sich mit Hilfe der Dimensionierungsgleichung und der Schaltung nach Bild 8 ein einfaches Kapazitätsmeßgerät realisieren.

$$C_x = \frac{t_H}{1,1 \cdot R}$$

Durch einen R 555 im astabilen Betrieb (IS 1) wird ein konstantes Zeitintervall T gewählt, zu dessen Be-

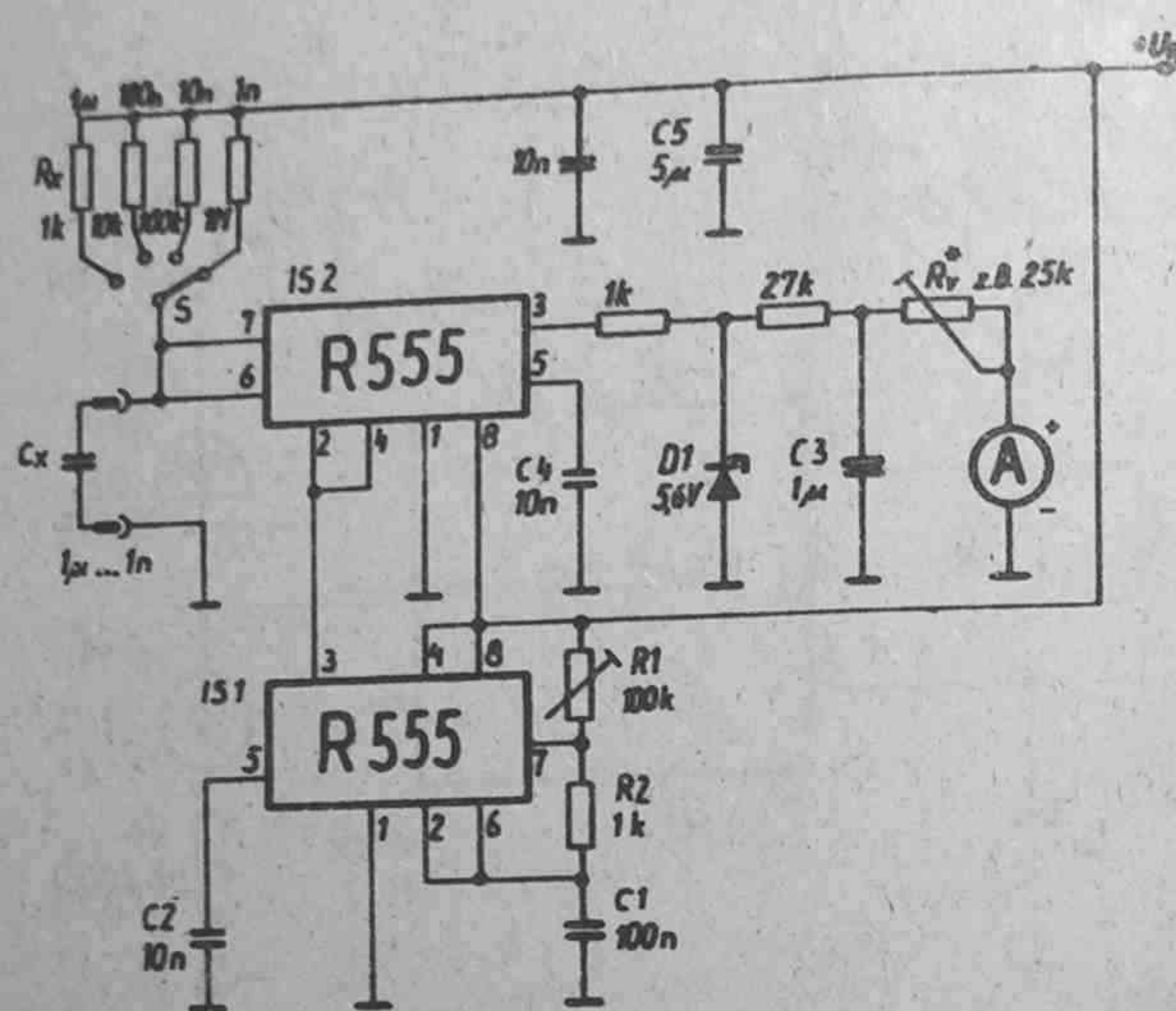


Bild 8

ginn (negative Flanke) die monostabile Schaltung (IS 2) ausgelöst wird. In Abhängigkeit von C_x wird die Haltezeit und damit das Tastverhältnis am Ausgang von IS 2 verändert, wodurch der Gleichspannungsmittelwert an C₃ beeinflusst wird. Mit Hilfe von R_v läßt sich das Anzeigeinstrument anpassen. Der Kapazitätsmeßbereich von C_x kann über 4 Dekaden mittels S₁ gewählt werden. Bei geringeren Anforderungen an die Genauigkeit kann der Meßbereich von C_x durch Einfügung von weiteren Dekadenwiderständen R_x nach oben und unten um jeweils eine Dekade erweitert werden.

Die Taktfrequenz kann mit R₁ eingestellt werden. Der Widerstand R_v ist entsprechend der Stromdämmung

des gewählten Instrumentes zu bemessen. Die Diode D₁ dient zur Spannungsbegrenzung (Überlastschutz) des Anzeigeinstrumentes.

3.6. Elektronischer Türgong

Mit einer Schaltung nach Bild 9 läßt sich ein Dreiklang-Türgong aufbauen. Die IS 1 bis IS 3 werden in der monostabilen Grundschaltung zur Steuerung des Zeitablaufes eingesetzt. Durch Drücken der Starttaste (Klingelknopf) wird der 1. MMV getriggert. Kippt dieser in die Ausgangslage zurück, wird der 2. MMV ausgelöst, bei dessen Abschalten dann der dritte MMV. Während der Haltezeit jedes MMV (IS 1 bis IS 3) wird durch verschiedene Zeitkonstantenwiderstände R₁ bis R₃ eine andere Frequenz durch den im astabilen Betrieb arbeitenden IS 4 erzeugt.

Die gewünschten Tonhöhen lassen sich durch Verändern der Widerstände R₁ bis R₃ einstellen.

Der Vorwiderstand R_v für den Lautsprecher L_p ist nach der Impedanz des gewählten Lautsprechers und der gewünschten Lautstärke zu bemessen. Eine Überlastung des Ausgangs (I₃ größer 200 mA) führt zur Zerstörung des R 555 bzw. des Lautsprechers.

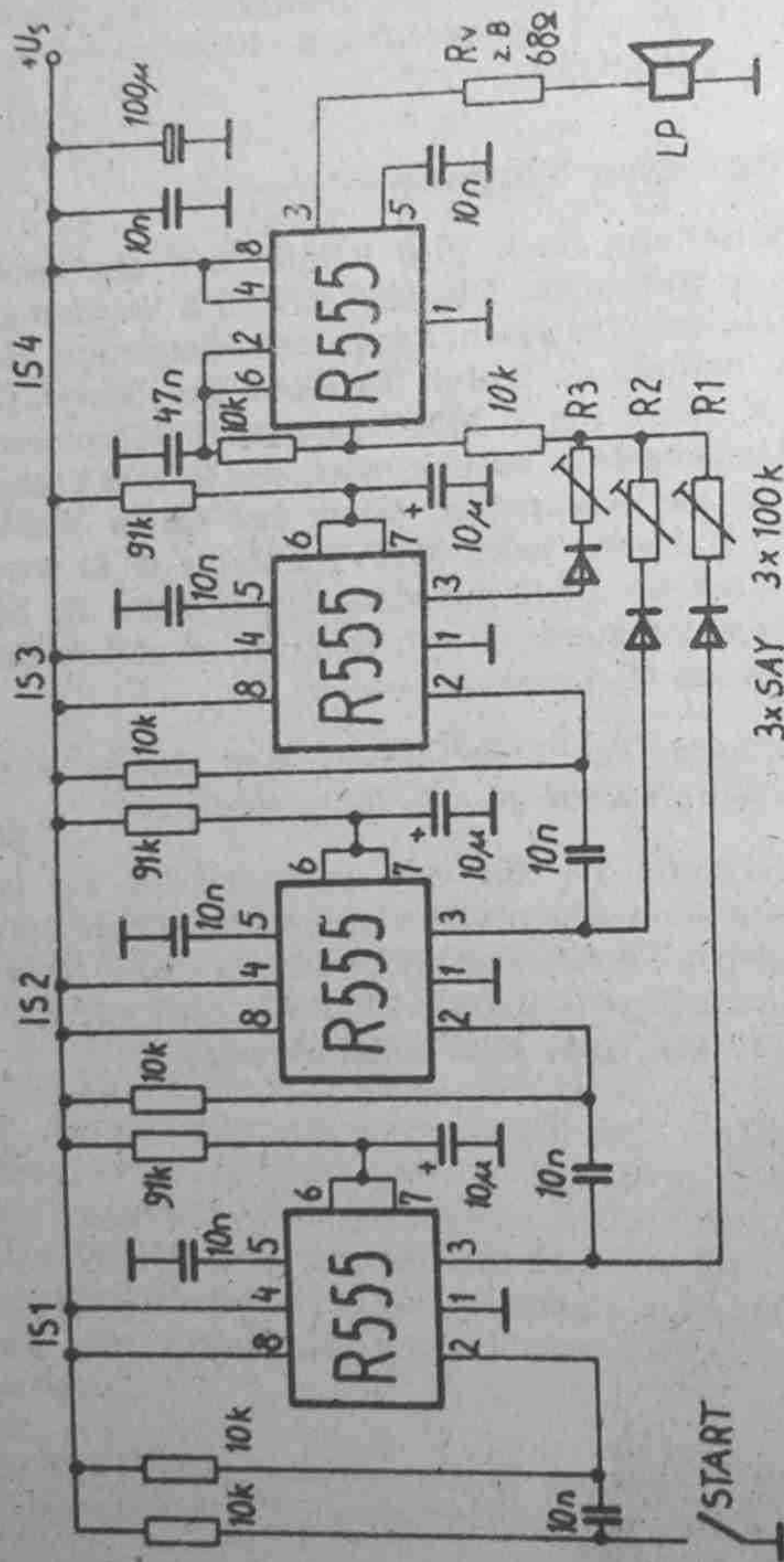


Bild 9

3.7. Pulsmodulation für Funkfernsteuerung

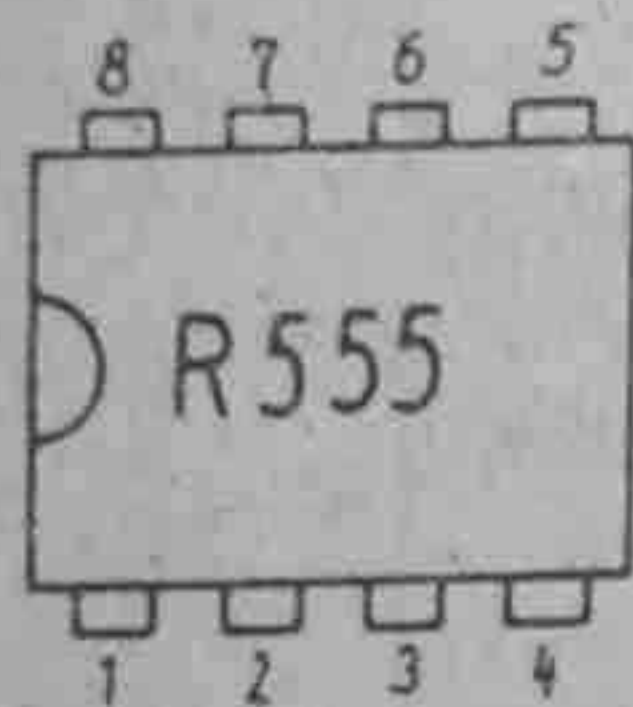
Die Impulsaufbereitung für eine digitale Funkfernsteuerung zeigt die Schaltung im Bild 10. In diesem Beispiel wird eine 4-Kanal-Steuerung dargestellt, die sich durch Einfügen weiterer R 555 im MMV-Betrieb bis zu 9 Kanälen erweitern läßt. IS 5 arbeitet im astabilen Betrieb als Taktgeber mit einem Taktintervall von $T = 20 \text{ ms}$.

Die IS 1 bis IS 4 werden spannungsgesteuert monostabil betrieben. Die Haltezeiten $t_{H1} \dots t_{H4}$ dieser MMV Kette werden durch die Steuerspannungen $U_{ST1} \dots U_{ST4}$ so beeinflußt, daß eine Pulsbreitenmodulation im Zeitbereich $t_H = 1,6 \text{ ms} \pm 0,5 \text{ ms}$ erfolgt. Für die zeitbestimmenden Kapazitäten C_1 bis C_6 sollten Styroflexkondensatoren eingesetzt werden.

Die negativen Triggerflanken jeder monostabilen Schaltung IS 1 bis IS 4 werden über eine ODER-Verknüpfung D_1 bis D_4 zusammengefaßt und lösen im Abstand der pulsmodulierten Ausgangssignale von IS 1 bis IS 4 die monostabile Schaltung IS 6 für $t_H \approx 250 \mu\text{s}$ aus. Die Pulsbreitenmodulation wird dabei in eine Pulsabstandsmodulation umgewandelt, mit der der HF-Träger des Fernsenders getastet wird.

Achtung: Beim Aufbau von Funksteueranlagen sind die Bestimmungen der Deutschen Post zu beachten!

Anschlußbelegung:



- 1 – Masse
- 2 – Triggereingang
- 3 – Ausgang
- 4 – Rücksetzeingang
- 5 – Referenzspannung
- 6 – Schwellwert
- 7 – Entladung
- 8 – Versorgungsspannung

5. Einsatzhinweise

- Der Wertebereich für die externe RC-Beschaltung sollte im Interesse einer optimalen Funktion mit $R = 1 \text{ MOhm bis } 1 \text{ KOhm}$ und $C = 10 \mu\text{F bis } 1 \text{ nF}$ gewählt werden. Bei geringeren Anforderungen an die Genauigkeit läßt sich der C-Bereich nach oben und unten um etwa eine Dekade erweitern. Die minimale Haltezeit bzw. Taktperiode liegt bei etwa $1,5\text{--}2 \mu\text{s}$.
- Beim astabilen Betrieb läßt sich zum Erreichen von Tastverhältnissen $d = 0,5$ die Zeitkonstante durch eine Diode parallel zu R_2 entkoppeln und/oder über U_2 einstellen.
- Wird Anschluß 4 zur Rücksetzung nicht benötigt, sollte er mit $+ U_s$ verbunden werden. Wird Anschluß 4 an Masse gelegt, liegt der Ausgang auf L-Potential. Die Anstiegszeiten des Rücksetzsignals sollten unter $1 \mu\text{s}$ bleiben.
- Ein Blockieren der Schaltung ist über Anschluß 5 an die positive Versorgungsspannung oder Masse möglich.

- Um ein sicheres Triggern auf der negativen Flanke zu sichern, sollte am Anschluß 2 ein Differenzierglied gegen die positive Versorgungsspannung mit $R = 10 \text{ bis } 50 \text{ KOhm}$ und $C = 100 \text{ pF bis } 10 \text{ nF}$ verwendet werden.
- Bei induktiver Belastung gegen die positive Versorgungsspannung oder gegen Masse sind die notwendigen Abfangsdioden einzufügen.
- Die Stromaufnahme steigt mit wachsender Schwingfrequenz bzw. Triggerwiederholrate. Dies führt zu erhöhter Verlustleistung, die auch im dynamischen Betrieb 600 mW nicht überschreiten darf.
- Um ein Blockieren der Schaltung zu vermeiden, sollte bei Spannungssteuerung am Anschluß 5 die Steuerspannung im Bereich zwischen $1,5 \text{ V}$ und $0,95 \cdot U_s$ liegen.
- Wird Anschluß 5 nicht zur Ansteuerung benutzt oder ist die Steuerspannung eine Gleichspannung, ist am Anschluß 5 ein Siebkondensator C_5 zu verwenden.

$$C_5 = \frac{\tau}{R_T}; \quad \tau = R \cdot C$$

- Die Versorgungsspannung sollte über einen Elektrolytkondensator $C = 1 \text{ bis } 10 \mu\text{F}$ und einen Keramik-kondensator $C = 10 \text{ nF}$ abgeblockt werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Aufbau und Funktionsprinzip der Zeitgeberschaltung R 555
2. Grundsaltungen mit dem R 555
 - 2.1. R 55 im monostabilen Betrieb (MMW)
 - 2.2. R 55 im astabilen Betrieb (AMV)
3. Schaltungsbeispiele mit dem R 555
 - 3.1. Kurzzeitschaltuhr
 - 3.2. Lichtschranke
 - 3.3. Temperaturschalter
 - 3.4. Blinkschaltung
 - 3.5. Kapazitätsmeßgerät
 - 3.6. Elektronischer Türgong
 - 3.7. Pulsmodulation für eine Funkfernsteuerung
4. Grenz- und Kennwerte des R 555
5. Einsatzhinweise