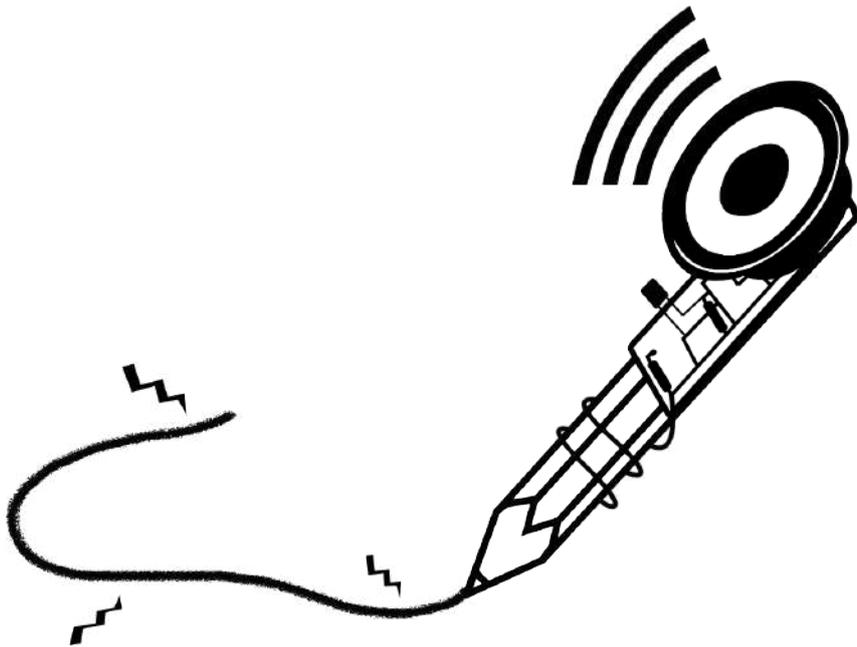


Lötkurskript

Der Piepsstift



Angebot der Fachschaft Elektrotechnik
Skript von Alexandru Trifan und Viktor Weinelt

Inhaltsverzeichnis

1	Was wird gebaut?.....	1
2	Die Bauteile.....	1
3	Die Schaltung.....	2
4	Vor dem Löten.....	2
5	Das Löten.....	3
6	Fertigstellung.....	5
7	Anhang.....	8
8	Quellen.....	10

1 Was wird gebaut?

In diesem Lötkurs wird schrittweise erklärt, wie ihr eine Schaltung auf eine Platine bekommt, ohne dass flüssiges Lot in euren Augen landet! (Alle Angaben ohne Gewähr!) Dabei wird ein Bleistift mit einer elektrischen Schaltung so erweitert, dass er zum Tongenerator wird. Ein ursprüngliches Design von Jay Silver, der Rauschstift erzeugt einen Ton abhängig von dem Widerstand zwischen zwei Kontakten. Dabei ist der Draht um den Griff herum der eine Kontakt und der Bleistiftkern der andere. Wenn ihr den Stift in der Hand haltet und mit der anderen Hand die Bleistiftspur berührt, dann schließt ihr den Schaltkreis zusammen. Dadurch könnt ihr eure Zeichnungen hörbar machen!

Wie das geschieht, erfahrt ihr im Laufe des Kurses, wenn ihr weiter das Skript lest. Viel Spaß!

2 Die Bauteile

Bevor es los geht, solltet ihr euch mit den verwendeten Bauteilen vertraut machen. Im Folgenden sind diese aufgelistet. Besondere Bauteile sind außerdem noch mit einer kurzen Beschreibung versehen.

- Keramikkondensator mit $0.1\mu\text{F}$ sowie mit 560pF
- Transistor (PNP) 2N-3906 (Abbildung 1)
- Elektrolytkondensator („Elko“) mit $100\mu\text{F}$ (Abbildung 2)
- 8Ω Mini-Lautsprecher
- 3V Knopfzellenbatterie und -halter
- Integrierte Schaltung (kurz IC) TLC 555 CP Timer (Abbildung 3) inkl. passender Sockel
- Widerstände mit den Werten: 10Ω (Braun-Schwarz-Schwarz), $10\text{k}\Omega$ (Braun-Schwarz-Orange), $270\text{k}\Omega$ (Rot-Lila-Gelb), $10\text{M}\Omega$ (Braun-Schwarz-Blau)
- Reißnagel, Kabelbinder

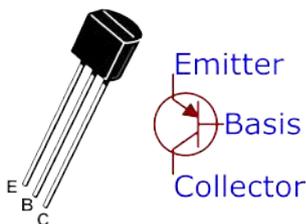


Abbildung 1: PNP Transistor

Bei dem Transistor befindet sich, wenn die flache Seite nach oben schaut, links der Emitter, in der Mitte die Basis und rechts der Collector (Abbildung 1). Bei den „Elkos“ ist der Minuspol durch einen weißen Strich gekennzeichnet (Abbildung 2).



Abbildung 2: Elko

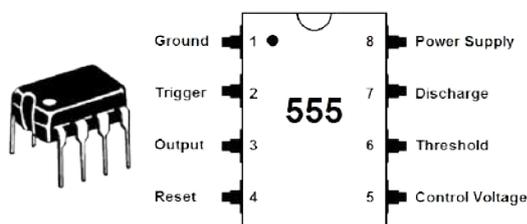


Abbildung 3: TLC555

Ein weiteres Bauteil in diesem Projekt ist der TLC555CP Timer (eine Variante des bekannten NE555 Timers), das bereits mit 3V betrieben werden kann und dadurch die Spannungsversorgung durch eine Knopfzellenbatterie ermöglicht. Bei diesem Bauteil ist es wichtig, die richtige Einbauweise zu beachten, weil sie sonst schnell zerstört werden können. Um die Position eindeutig zu kennzeichnen werden zwei Arten von Markierungen eingesetzt. Betrachtet man das IC so, dass eine Kerbe oben ist, so ist Pin 1 links oben. Ein Punkt auf dem IC Gehäuse markiert ebenfalls Pin 1.

Typische Anwendungen stellen die bistabilen, monostabilen und astabilen Modi dar, die durch ein bestimmtes Schalten von externen Bauteilen an dem IC erreicht werden. In unserem Projekt wird der astabile Modus verwendet und weitere Kenntnisse über die integrierte Schaltung sind nicht gefordert. Weiterführende Informationen können aus dem Anhang entnommen werden.

3 Die Schaltung

Die Schaltung besteht zum einen aus dem zentralen Element TLC555 und einer Verstärkungsstufe links von dessen Ausgang (Output, Pin3). Diese wird mit Hilfe eines Transistors realisiert, das Signal verstärkt und somit hörbar macht. Menschen können Frequenzen zwischen ca. 20 Hz und 20000 Hz hören. Unser Stift erzeugt Frequenzen von ca. 800 Hz bis 5000 Hz.

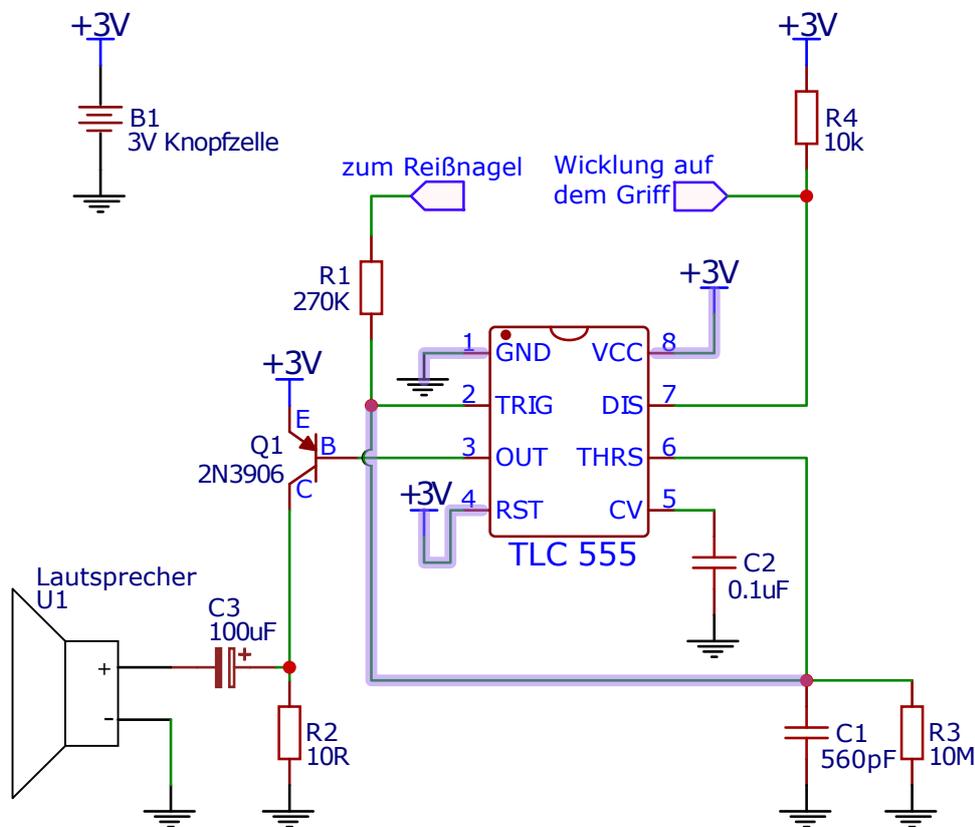


Abbildung 4: Der Schaltplan. Lila Linien stellen schon verbundene Leitungen auf der Platine dar.

4 Vor dem Löten

Schaltungsbedingt existieren ein paar knifflige Stellen in diesem Projekt, weswegen die Entscheidung getroffen wurde bestimmte Bauteile und Verbindungen im Voraus festzulegen.

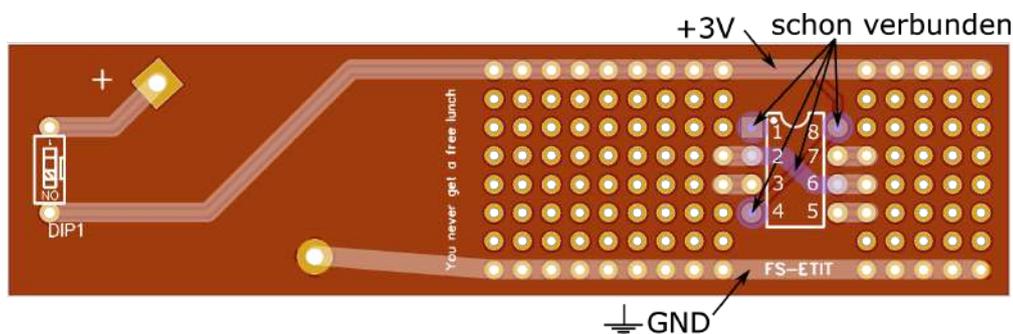


Abbildung 5: Die Platine

Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, hat die Platine oben die +3V Leitung. Die untere Reihe ist mit dem GND Potential verbunden. Die Bauteile, deren Position schon festgelegt wurde (Abbildung 6), sind der Knopfzellenhalter, der Schalter und der Sockel für das TLC555. Wie in Abbildung 4 markiert ist, sind bestimmte Verbindungen auch schon gemacht. Dabei handelt es sich um Pin 1, 4 und 8 des TLC555. Diese sind mit lila auf Abbildung 5 gekennzeichnet. Die direkte Verbindung zwischen Pin 2 und 6 wurde auf der Hinterseite realisiert. Sonstige Pins (2, 3, 5, 6, 7), die später eine Verbindung

brauchen, wurden für Zugänglichkeit auf der Platine jeweils zu dem benachbarten Loch elektrisch erweitert.

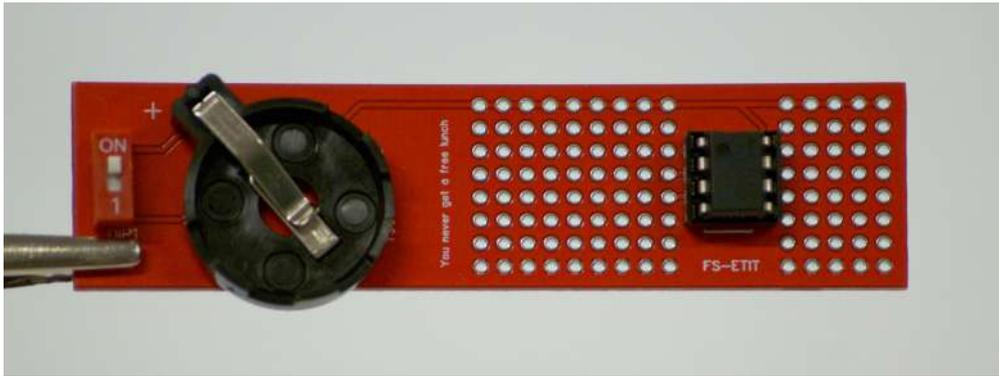


Abbildung 6: Bauteile mit festgelegter Position

Ansonsten ist die Lochrasterplatine eine „grüne rote Wiese“ und es ist euch überlassen anhand der Abbildung 4 und evtl. weiteren Bildern die restlichen Bauteile zu verteilen. Die Füßchen der Bauteile, die miteinander verbunden werden sollen, sollten so nah wie möglich beieinander platziert werden. Bei umfangreichen Schaltungen sollte man sich vor dem Lötén gründlich die Position jedes einzelnen Bauteils und der Leiterbahnen überlegen, damit es zu keinen Kollisionen kommt. Auch in unserem Projekt wäre dieses Vorgehen nicht verkehrt, es kann aber auch jedes Bauteil nacheinander platziert und verlötet werden. Ganz wichtig ist es, jegliche Verpolung zu vermeiden. Die Bauteile, bei denen dies möglich ist sind im Abschnitt 2 aufgelistet. Wenn die Platine nach eurer Überlegung fertig bestückt ist, solltet ihr euch die Meinung eines Tutors einholen.

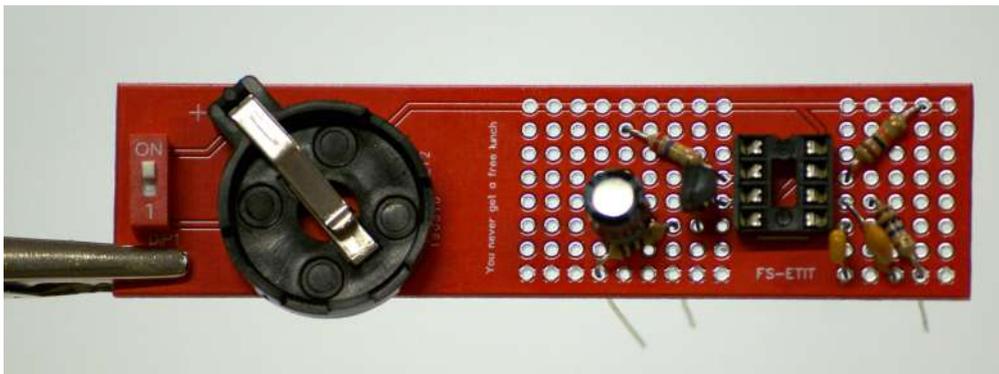


Abbildung 7: Mögliche Variante die Platine zu bestücken

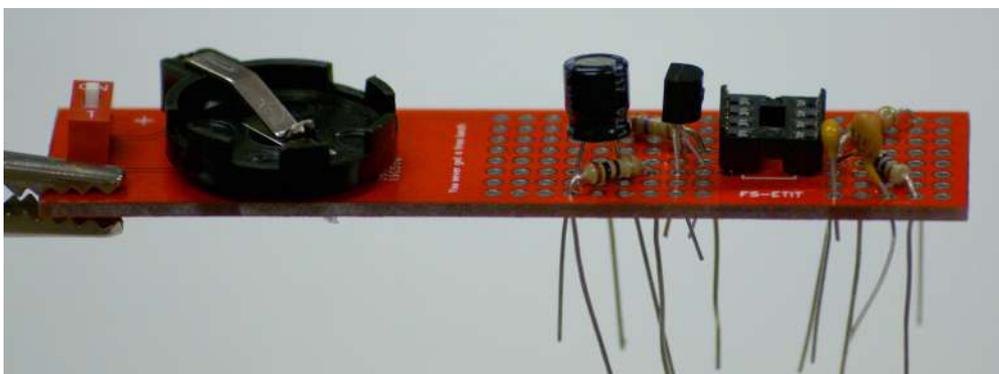


Abbildung 8: Seitliche Sicht

5 Das Lötén

Während des Löténs sollte der LötKolben stets sauber sein. Dazu muss dieser vor sowie während des Löténs im erhitzten Zustand mit einem feuchten Schwamm/Tuch abgewischt werden.

Hat man einen Fehler gemacht erhitzt man den Draht wieder und stülpt beim Erhitzen eine Entlötpumpe über die Lötstelle. Auslösen sollte man sobald das Lötzinn wirklich flüssig ist. Erst dann kann man den LötKolben entfernen.

Beim Anlöten eines Bauteils steckt man dieses zunächst an der richtigen Stelle in die Platine, biegt dann die Füßchen leicht nach außen, sodass das Bauteil nicht mehr herausrutschen kann, dreht die Platine um und lötet es fest. Dazu hält man mit der einen Hand den LötKolben an die zu lötfende Stelle, während man mit der anderen Hand Lötzinn hinzufügt. Ist das Zinn flüssig und hat sich ein Tröpfchen auf der Platine bzw. dem LötKolben gebildet kann man dieses vorsichtig um den anzulötenden Pin verstreichen. Ist das Bauteil fertig angelötet, sollte man überstehenden Draht an den Pins abzwicken (Abbildung 9) oder ihn so umbiegen, dass man ein anderes Bauteil damit verbinden kann.

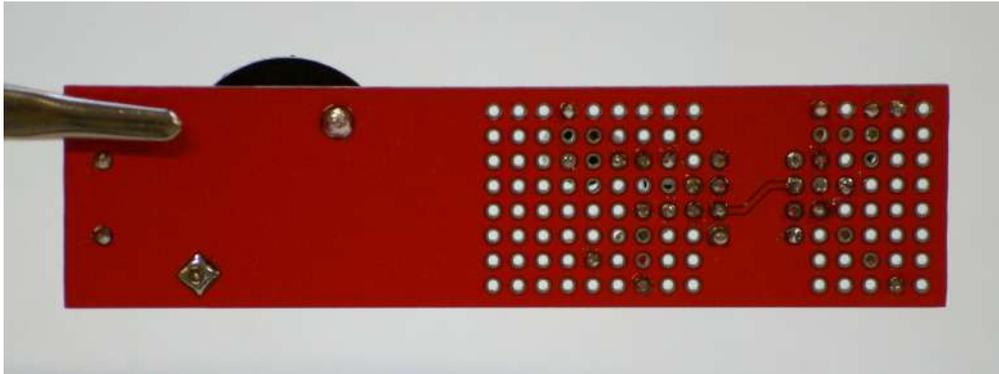


Abbildung 9: Sicht der Lötstellen von unten

Eine Möglichkeit Bauteile miteinander zu verbinden ist, eine Drahtbrücke zu nutzen. Beispielsweise wurde in Abbildung 10 der Emitter Pin des Transistors zu +3V mit einer roten Drahtbrücke verbunden.

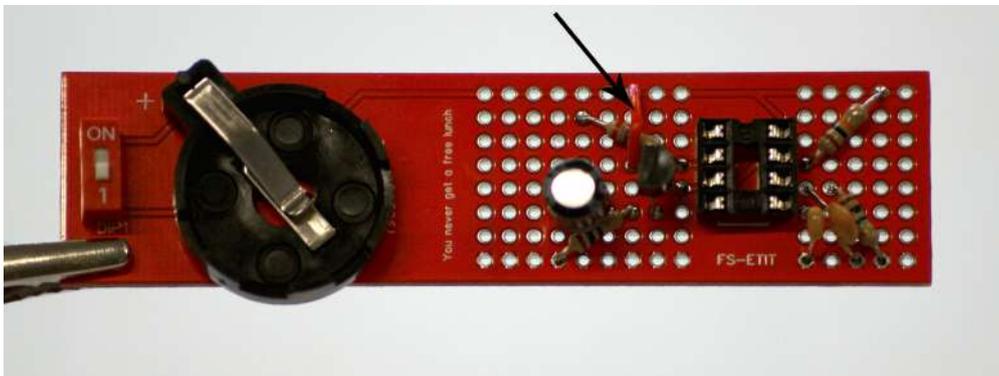


Abbildung 10: Angelötete Bauteile

Alternativ können auch die Füßchen der Bauteile als Drahtbrücken genutzt werden, falls diese nicht vorher abgezwickt wurden. Für die restlichen Knoten, die im Schaltplan verbunden sind, wurde hier der Raum zwischen zwei Lötstellen mit Lötzinn geflutet (Abbildung 11). Dieses Verfahren ist etwas kompliziert. Man muss den LötKolben zwischen den zwei Lötstellen hin und her bewegen und dabei mehr und mehr Lötzinn dazugeben. Es kann dabei viel mehr Lötzinn benötigt werden, als zuvor erwartet. (deswegen nicht in Panik geraten!) Außerdem kann es vorkommen, dass unerwünschte Verbindungen gemacht werden. Das ist wiederum, dank der Entlötpumpe, auch kein Problem.



Abbildung 11: Verbindungen die durch Fluten mit Lötzinn entstehen

6 Fertigstellung

Sind alle Bauteile fertig angelötet, so können die äußeren Elementen verkabelt werden. Zuerst muss ein Ende des Drahtes, der zum Reißnagel führt, an der Platine gelötet werden. Dafür muss man ein längeres Stück Draht abschneiden und beide Enden abisolieren. Diese sehen dann nämlich wie ein Strauch aus (Abbildung 12). Es empfiehlt sich das Ende zu verdrillen und mit Lötzinn zu bestreichen (auch Verzinnen genannt).

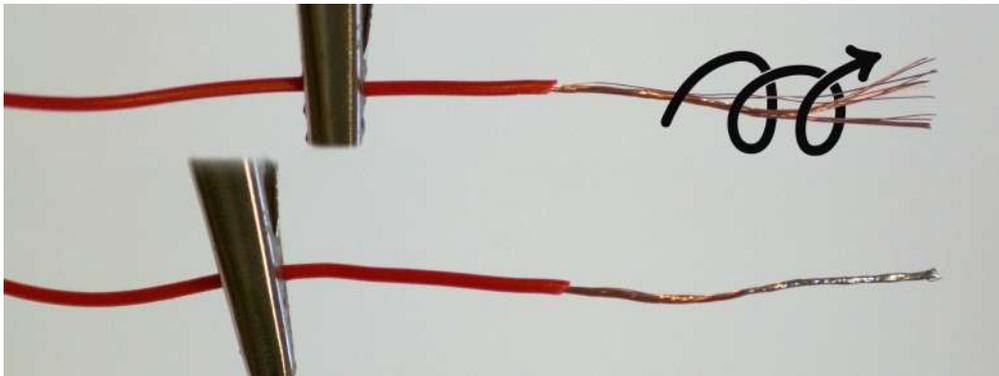


Abbildung 12: Verdrillen und Verzinnen

Das andere Ende muss nicht zwingend verzinnt werden. Dieses wird um den Reißnagel gewickelt (Abbildung 13) und mit ein bisschen Kraft in den Bleistift gesteckt, sodass dieser nicht wackelt.

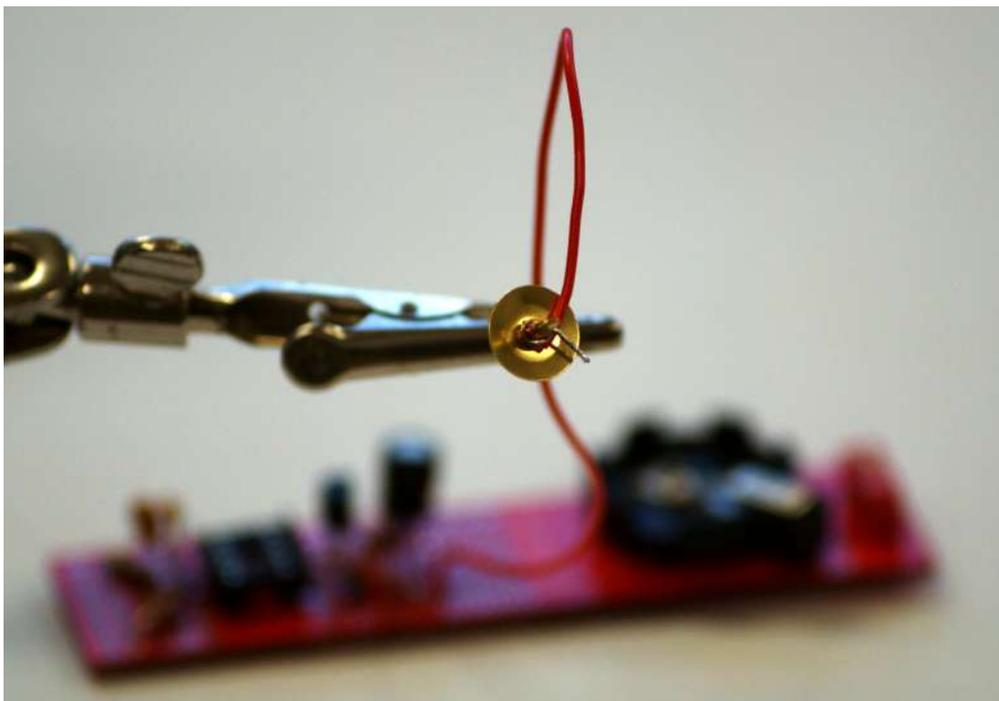


Abbildung 13: Draht gewickelt um den Reißnagel

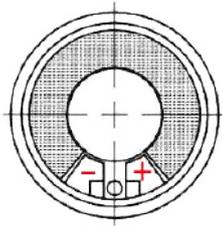


Abbildung 14

Für den Lautsprecher werden zwei weitere Drahtstücke benötigt. Es ist hier ebenfalls sinnvoll die Enden zu verdrillen und zu verzinnen. Ein Kabel muss GND der Platine mit GND des Lautsprechers verbinden. Das andere – den Pluspol des Lautsprechers mit der entsprechenden Stelle auf der Platine. Die Anschlüsse des Lautsprechers können aus Abbildung 14 entnommen werden. Eine Verpolung des Lautsprechers würde allerdings keine Schaden verursachen.

Anschließend wird ein Stück Silberdraht für die Griffsektion verwendet. Ein Ende wird entsprechend an der Platine gelötet und das andere um den Griff gewickelt und mit Klebeband gesichert (Abbildung 15).

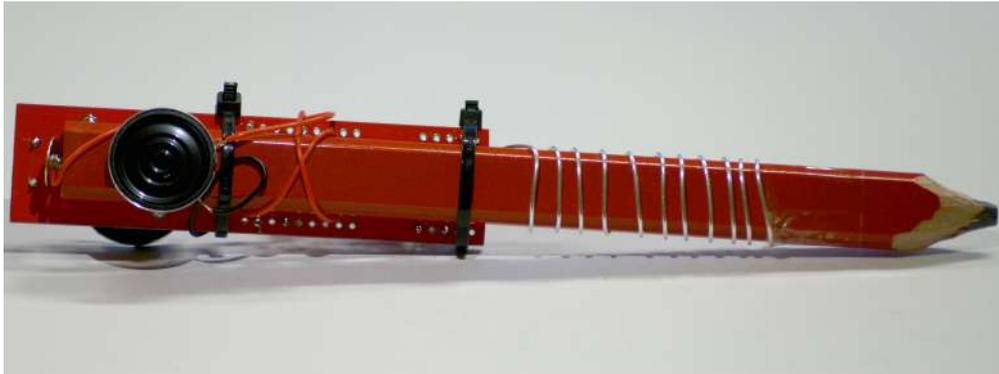


Abbildung 15: Der Lautsprecher wird auf der anderen Seite des Bleistifts montiert

Die Platine und der Lautsprecher wird auf dem Stift mit Kabelbinder oder doppelseitigem Klebeband fixiert. Es bleibt nur noch die Batterie einzusetzen und den Schalter zu betätigen.

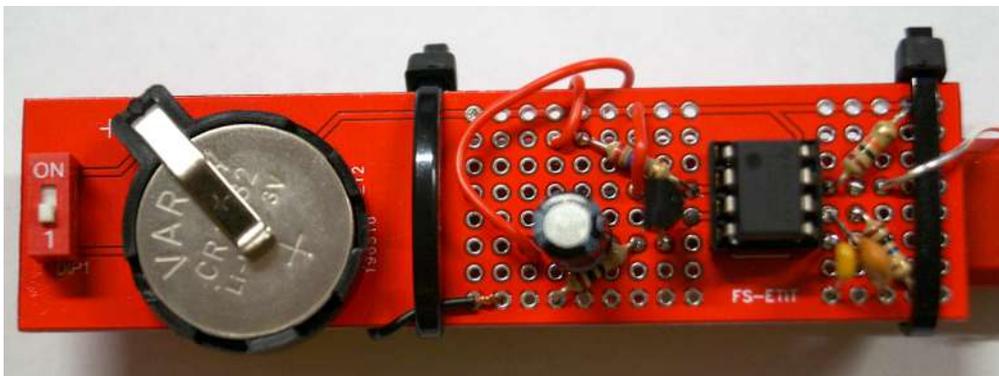


Abbildung 16: Fertige Platine

Der fertige Rauschstift liegt jetzt vor euch und damit auch unbegrenzte Möglichkeiten diesen einzusetzen. Einfach mit einer Hand den Bleistift an der Wicklung halten und mit dem Finger der anderen Hand die Bleistiftspur berühren. Für bessere Ergebnisse beim Zeichnen sollte die Bleistiftspur dick sein. Eventuell muss man auch seine Finger anfeuchten, um den Hautwiderstand zu verringern und eine gute Verbindung mit der Zeichnung herzustellen.

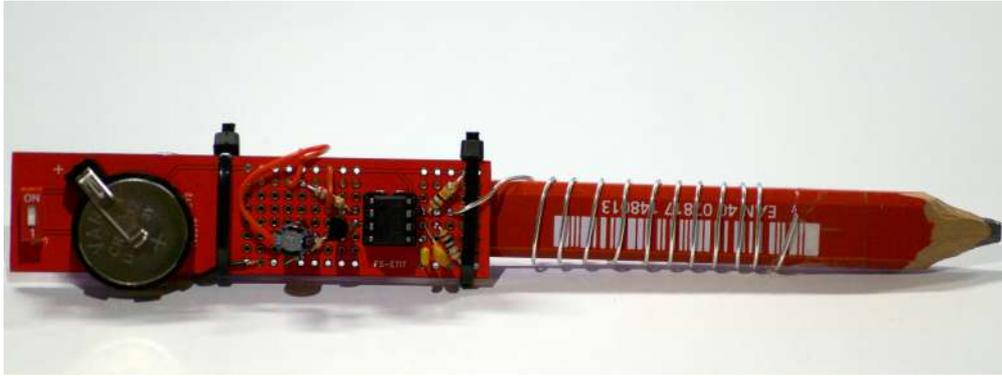


Abbildung 17: Das fertige Projekt

Man kann die Idee dieses Projekts auf verschiedensten Weisen umsetzen. Die Schaltung würde auch mit einer Pinsel und Wasser funktionieren. An sich kann jedes leitfähiges Material mit diesem Prinzip Töne erzeugen. Daher empfehlen wir sehr zu experimentieren und eigene Versionen zu bauen.

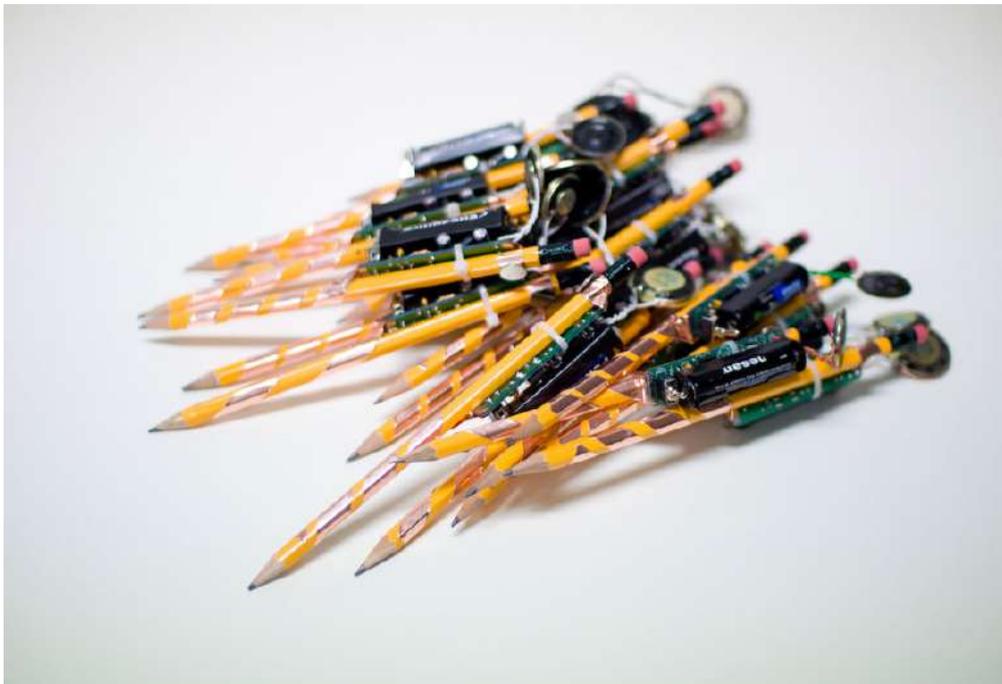


Abbildung 18: Beispiel für alternative Umsetzung

7 Anhang

Der 555 Timer wurde im Jahr 1971 von Hans Camenzind für die amerikanische Firma Signetics entwickelt. Viele denken, dass der Name „555“ daher kommt, da zwischen der Versorgungsspannung und Ground ein Spannungsteiler aus drei Widerstände von jeweils $5\text{ k}\Omega$ zu finden ist (Abbildung 19). Allerdings, laut dem Entwickler selbst, ist das nur ein schöner Zufall. Heutzutage findet dieses IC fast überall Anwendung: von lustigen Spielzeugen bis zum Raumschiff.

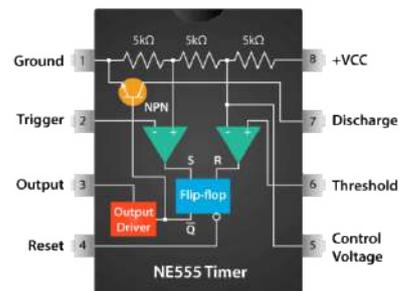


Abbildung 19: NE555 [1]

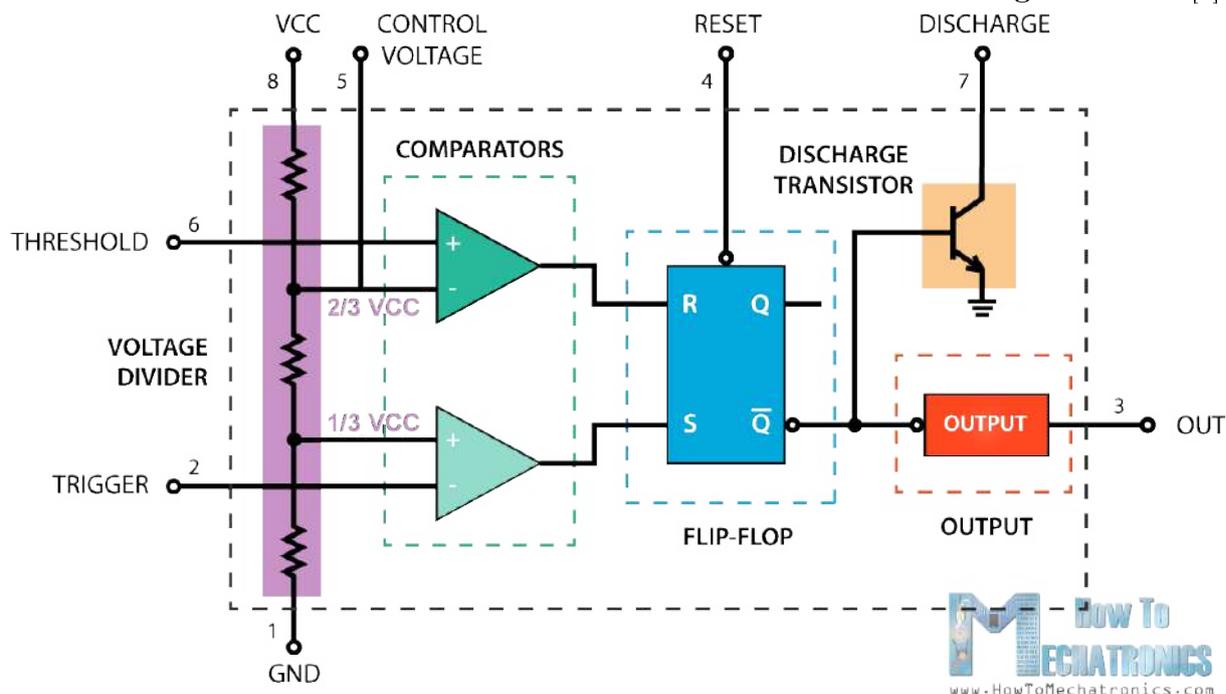


Abbildung 20: Vereinfachtes Blockschaltbild des 555 Timers [1]

In Abbildung 20 sehen Sie das vereinfachte Blockschaltbild nochmal vergrößert dargestellt. Der 555 Timer besitzt 8 Pins, wobei zwei davon selbsterklärend sind. Diese sind die Versorgungsspannung (8) und Ground Potential (1). Die Pins Trigger (2) und Threshold (6) sind jeweils zu den Eingängen von zwei Komparatoren verschaltet. Die Komparatoren haben ebenfalls eine Verbindung zu $2/3$ bzw. $1/3$ der Versorgungsspannung, dank des Spannungsteilers (dargestellt in lila). Wie die Begriffe vielleicht schon verraten, kann man mit diesen Pins Signale gegen Schwellwerte (Stichwort Threshold) vergleichen (Stichwort Komparatoren). Die Ausgänge der zwei Komparatoren gehen in ein Flipflop rein. Das Flipflop ist ein sehr wichtiger Logikbaustein, das seine Ausgänge setzen und zurücksetzen kann. Dabei arbeitet es mit Logikzuständen wie ja/nein, was in der Schaltung einer bestimmten Spannung entspricht. Pin (4) kann zusätzlich das Flipflop extern zurücksetzen. Der negierte Ausgang \bar{Q} des Flipflops ist sowohl mit der Ausgangsstufe (3), als auch mit dem Entladetransistor verbunden. Der letztere kann verwendet werden, um angeschlossene Kondensatoren durch Pin Discharge (7) zu entladen. Zu guter Letzt bleibt noch der Control Voltage (5) Pin. Dieser kann benutzt werden, um die $2/3$ der Versorgungsspannung abzugreifen oder eine andere Spannung vorgeben, um das Ausgangssignal (3) per Frequenzmodulation zu variieren.

Für unsere Anwendung als astabile Multivibrator wird die folgende theoretische Schaltung betrachtet (Abbildung 21). Ein Kondensator C_1 sorgt für den Lade- und Entladevorgang. Dieser wird sowohl mit dem Threshold (6) als auch mit dem Trigger (2) Pin verbunden. Damit kann ein Vergleich durchgeführt werden und dies lässt die Spannung am Kondensator oszillieren (Abbildung 22).

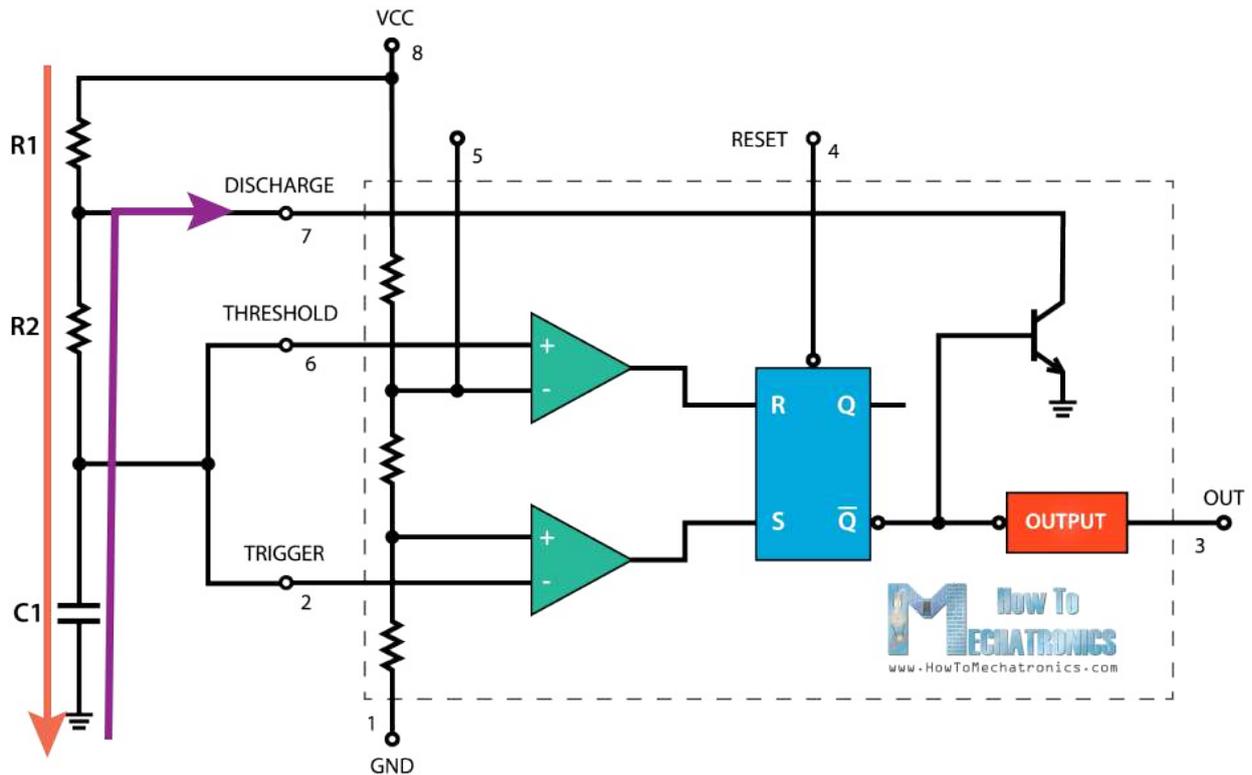


Abbildung 21: Betrieb im astabilen Modus [1]

Für die Anordnung in Abbildung 21 gilt, dass die Zeit der orangen Abschnitte

$$T_{\text{orange}} = 0,693 \cdot (R_1 + R_2)C_1 \quad (1)$$

beträgt, während die von lila

$$T_{\text{lila}} = 0,693 \cdot R_2C_1. \quad (2)$$

Insgesamt kommt man auf eine hörbare Frequenz in Hz von

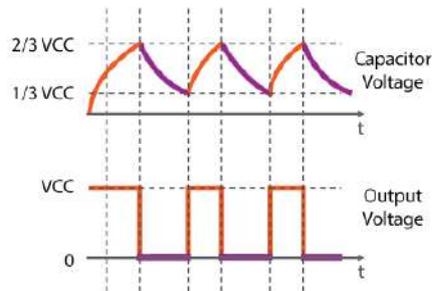


Abbildung 22: Verläufe der Spannungen am Kondensator und am Ausgang [1]

$$f = \frac{1}{T_{\text{orange}} + T_{\text{lila}}} = \frac{1}{0,693 \cdot (R_1 + 2R_2)C_1} \quad (3)$$

Die Formel für die Frequenz in unserem Projekt sieht laut des Schaltplans in Abbildung 4 leicht anders aus. Zuerst definieren wir uns aber

$$R = R_{\text{Haut}} + R_{\text{Bleistift kern}} + R_{\text{Bleistiftspur}} + R_{\text{Sonstiges}}$$

Typische Werte sind hierbei

$$R_{\text{Haut}} \approx 1 \text{ M}\Omega,$$

$$R_{\text{Bleistift kern}} \approx 10 \Omega \quad \text{und}$$

$$R_{\text{Bleistiftspur}} \approx 100 \text{ k}\Omega \quad \text{für eine dicke Bleistiftspur von ungefähr 5 cm.}$$

Mit den Namen der Bauteile aus Abbildung 4 lautet die Formel für die Frequenz in Hz:

$$f \approx \frac{1}{0,693 \cdot \left(\frac{R_3 \cdot (R_4 + R)}{R_3 + R_4 + R} + \frac{R_3 \cdot R}{R_3 + R} \right) \cdot C_1} \quad (4)$$

In der Wirklichkeit sieht die Schaltung viel komplexer aus. Wer einen Blick hinter die Kulissen werfen will, kann sich die Abbildung 23 anschauen. Die Farbcodierung der einzelnen Bereiche wurde dabei beibehalten.

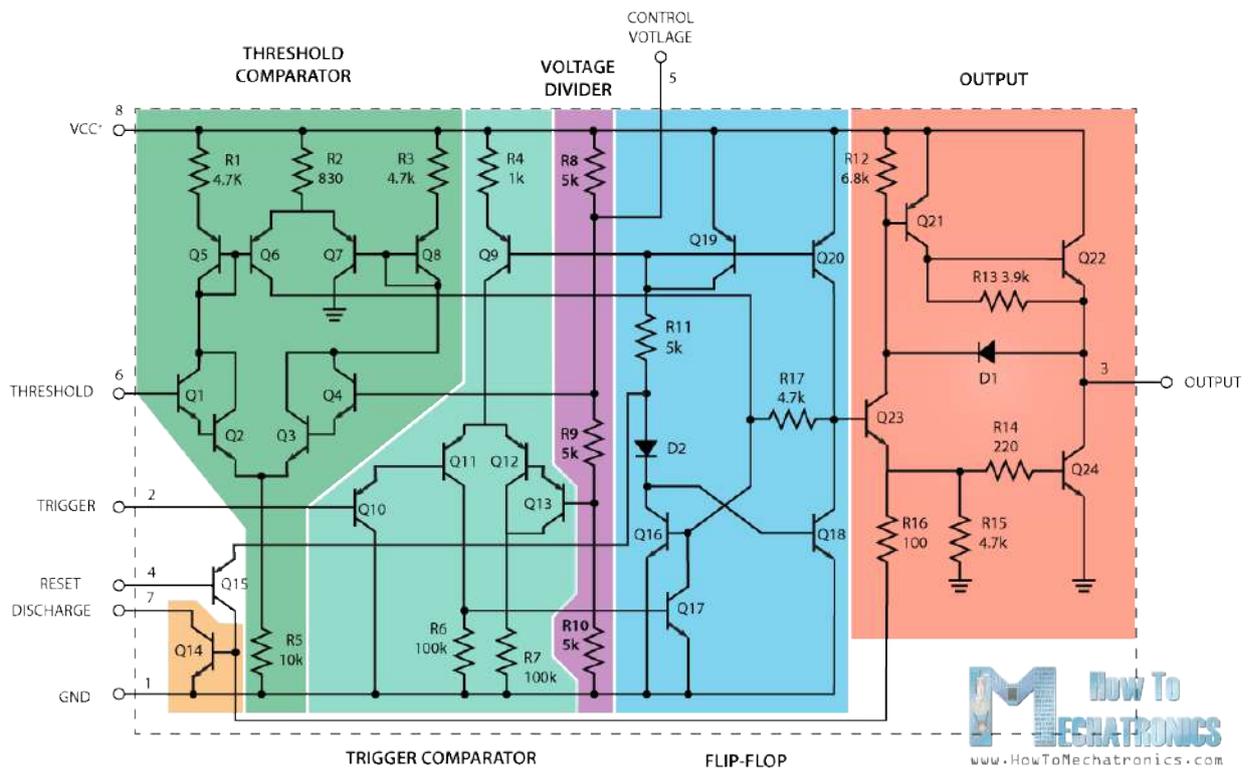


Abbildung 23: Tatsächliches Schaltbild des (bipolaren) 555 Timers [1]

8 Quellen

- [1] Dejan, <https://howtomechatronics.com/how-it-works/electronics/555-timer-ic-working-principle-block-diagram-circuit-schematics/>, aufgerufen am 30.06.2019
- [2] Sean Michael Ragan and Michael Colombo, <https://makezine.com/projects/drawd-io-musical-pencil/>, aufgerufen am 22.05.2019