

MONTAGE  
VIDEO

# Mini-Wave-Player 2

## Soundplayer ganz einfach

Infos zum Bausatz

im ELV Shop

#10124

Der im Jahr 2013 vorgestellte Mini-Wave-Player 1 erfreute sich bereits großer Beliebtheit. Denn er stellt einen sehr preiswerten Stand-alone-Soundplayer dar, der ohne vertuernden Encoder-Chip direkt WAV/RIFF-Dateien abspielen kann und so eine sehr schnell einsetzbare Lösung für Spielzeuge, Modellbau, Museen, Durchsagetexte o. Ä. bietet. Die neue Version 2 des beliebten Players verfügt neben einem zusätzlichen Abspielmodus nun über eine leistungsfähige Audio-Endstufe – so wird der Player zum echten Stand-alone-Gerät.

### Erfolgreiches Open-Source-Projekt

Der sehr kreative japanische Elektroniker ELM-ChaN ist in der Welt der Hobby-Elektroniker Legende: Er hat so einige Open-Source-Projekte veröffentlicht, die zu

Zigtausenden nachgebaut wurden. Seine bekanntesten Projekte sind der wohl erste Eigenbau-MP3-Player aus dem Jahre 2000 und vor allem der PCM-Sound-Generator, der wohl weltweit einer kaum zählbaren Anzahl von WAV-Playern als Vorbild dient. Er ist genial einfach aufgebaut, und der Entwickler hat die AVR-Software dazu freigegeben. Ein solches Projekt regt Entwickler – so auch uns – natürlich dazu an, es nicht nur nachzuvollziehen, sondern es auch zu erweitern und anzupassen. So entstand schon der MWP1, der sich großer Beliebtheit erfreut – eine fast fertig bestückte und vor allem programmierte Platine, die man nur noch in ein Gehäuse einbauen und in Betrieb nehmen muss. Das ganze Projekt ist inklusive Gehäuse in der Grundfläche kleiner als eine SD-Speicherkarte und damit quasi überall unterzubringen. Man kann bis zu 15 Soundfiles gezielt über Taster und Tasterkombinationen anwählen und wiedergeben lassen, diese sind lediglich in einer bestimmten Art und Weise auf einer microSD-Speicherkarte abzuspeichern.

Mit dem hier vorgestellten Nachfolger MWP2 gibt es einige wunsch- und zeitgemäße Verbesserungen. Da die Ausgabelautstärke beim Vorgängermodell nicht

Technische Daten

Kurzbezeichnung:	MWP2
Versorgungsspannung:	3,3–6 V <sub>DC</sub> (Jumper 1 geschlossen), 2,7–3,3 V <sub>DC</sub> (Jumper 2 geschlossen)
Stromaufnahme:	20 µA (Stand-by), 250 mA max.
Eingang:	4x Eingänge (low-aktiv)
Ausgang:	Lautsprecher 8–150 Ω
Ausgangsleistung:	0,5 W max. @ 8 Ω
SD-Karte:	microSD/FAT32
Unterstütztes Dateiformat:	WAVE/RIFF in LPCM, 8/16 Bit, 8–48 kHz
Leitungslängen:	max. 40 cm
Umgebungstemperatur:	5–35 °C
Schutzart:	IP20
Abmessungen:	
Platine (B x T):	26 x 19 mm
Gehäuse (B x H x T):	30 x 9 x 22 mm
Gewicht:	5 g



allzu hoch ist, verfügt der MWP2 nun über eine digitale Endstufe (H-Brücke), wodurch die Lautstärke erheblich gesteigert werden konnte. Außerdem ist noch ein Wiedergabemodus hinzugekommen, der es erlaubt, per Tastendruck die gespeicherten Sounds fortlaufend abzuspielen.

Wie gewohnt steht auch hier der Quellcode [1] zum Download zur Verfügung, der, wie gesagt, von dem findigen Programmierer ELM-ChaN stammt und von ELV geringfügig verändert wurde [2].

Die Schaltung arbeitet mit nur einem Mikrocontroller, der im Gegensatz zu einem MP3-Player keinen speziellen MP3-Decoder benötigt, da nur Wave-Dateien ausgegeben werden. Das Audioausgangssignal ist ein digitales PWM-Signal, das ohne spezielle Filter arbeitet.

Mit den vier Tastereingängen können vier verschiedene Files und bis zu 15 Wave-Dateien in Binärcodierung selektiert und über einen Lautsprecher abgespielt werden.

Durch diese einfache Technik ergeben sich natürlich auch Nachteile, die nicht verschwiegen werden sollen. Die Qualität ist nicht so hochwertig wie bei komprimierten MP3-Dateien. Hierfür wäre aber auch mehr technischer Aufwand notwendig. Aber die wesentlichen Vorteile sind: die extrem kleine Bauweise (Bild 1) und die relativ geringen Kosten. Die Qualität ist für viele Anwendungen, wie z. B. Modellbau oder das Nachrüsten von Spielzeug, Jingleboxen usw., vollkommen ausreichend. Zudem sind die Bedienung und das Handling sehr einfach!

Wer also einen qualitativ hochwertigen Decoder sucht, ist mit einem MP3-Decoderbaustein, wie er z. B. in den Geräten der ELV-MSMx-Serie verbaut ist, besser bedient – vorausgesetzt, man hat den notwendigen Platz zum Einbau dafür.



Bild 1: Größenvergleich des Mini-Wave-Players 2 mit einer 2-Euro-Münze und einer microSD-Speicherkarte

Ausgeglichen werden die Nachteile durch die extrem kleine Bauweise der Schaltung und die sehr einfache Technik. In Bild 1 ist das Gerät im Vergleich zu einer 2-Euro-Münze dargestellt.

## Schaltung

In Bild 2 ist das Schaltbild des Mini-Wave-Players zu sehen. Kern der Schaltung ist ein Mikrocontroller des Typs ATtiny861V, der das Auslesen der SD-Karte und die Wiedergabe der Wave-Datei über den angeschlossenen Lautsprecher übernimmt. Über BU3 werden die vier zur Verfügung stehenden Eingänge abgefragt. Diese Eingänge sind binär codiert, es können somit insgesamt 15 verschiedene Logikzustände abgefragt werden.

Im einfachsten Fall werden vier Taster angeschlossen, mit denen dann die Musiktitel ausgewählt und gestartet werden. Das EMV-Filter L3 schützt die Eingänge und somit den Controller IC1 vor Spannungsspitzen (ESD) und verhindert gleichzeitig Störsignale in beide Signalrichtungen. Im Ruhezustand, d. h. kein Taster ist betätigt, befindet sich der Controller im sogenannten Sleep-Modus, wodurch die Stromaufnahme lediglich ca. 20  $\mu\text{A}$  beträgt. Dies ist für Batteriebetrieb sehr vorteilhaft, denn somit kann auf einen zusätzlichen Ein-Aus-Schalter verzichtet werden. Sobald ein Eingang auf Low-Potential wechselt, erwacht der Controller und fragt ab, welche Taste betätigt wurde. Anschließend wird über den Transistor T1 die im Kartenslot CR1 eingesteckte microSD-Karte mit Spannung versorgt.

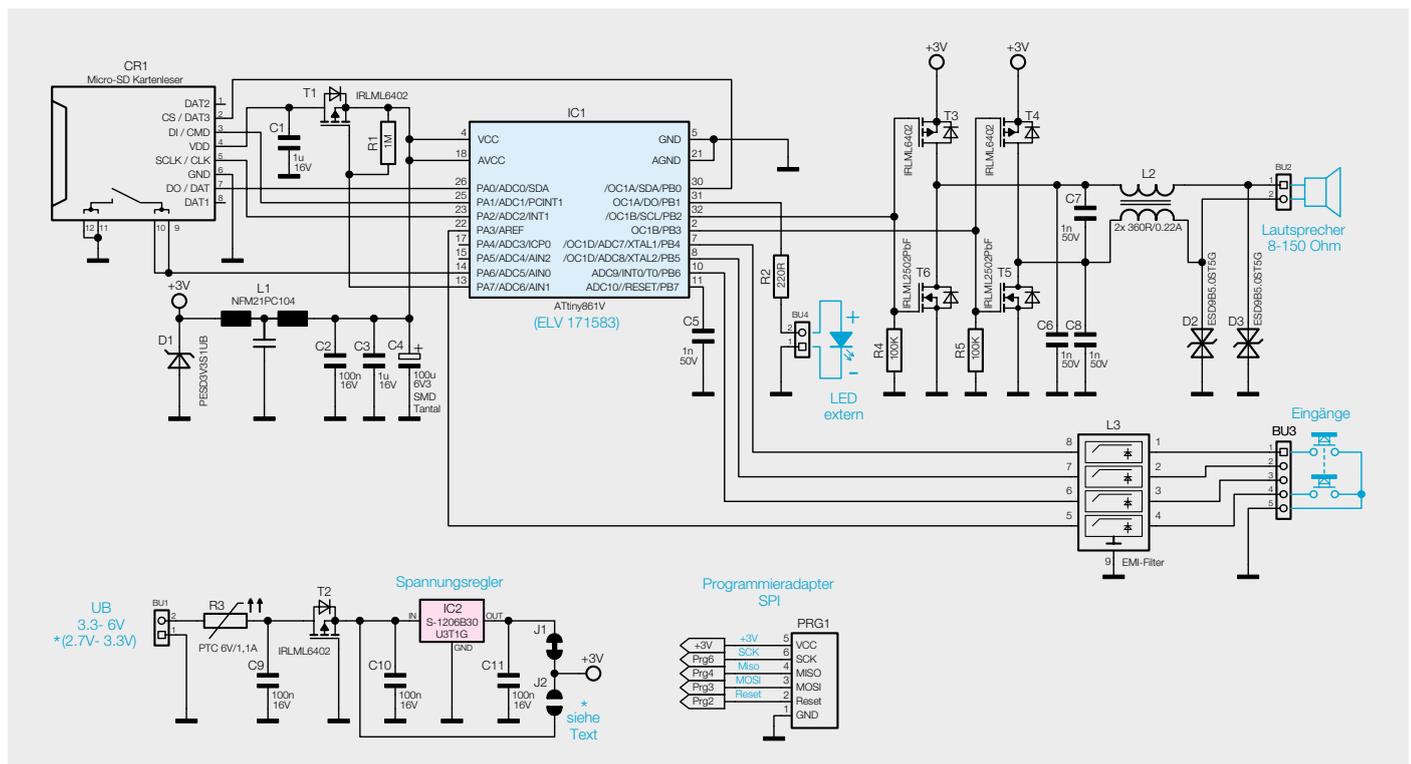


Bild 2: Schaltbild des Mini-Wave-Players

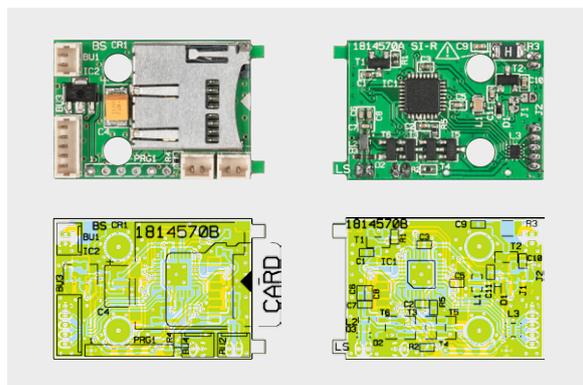


Bild 3: Fertig aufgebaute Platine mit zugehörigem Bestückungsplan, von der Bestückungsseite (links) und der Lötseite (rechts) gesehen

Die interne Firmware des Controllers liest die Daten der SD-Karte bzw. die gewählte WAV-Datei aus und gibt die Audiosignale als pulsweitenmoduliertes Signal aus. Die beiden gegenphasigen Ausgangssignale am Controllerausgang PB2 und PB3 werden mithilfe der nachfolgenden H-Brücke verstärkt. Dabei wird mit den Transistoren T3 bis T6 nicht die Spannung, sondern der Strom verstärkt. Der Controllerausgang

#### Widerstände:

220 $\Omega$ /SMD/0402	R2
100 k $\Omega$ /SMD/0402	R4, R5
1 M $\Omega$ /SMD/0402	R1
Polyswitch/6 V/1,1 A/SMD/1206	R3

#### Kondensatoren:

1 nF/50 V/SMD/0402	C5–C8
100 nF/16 V/SMD/0402	C2, C9, C10, C11
1 $\mu$ F/16 V/SMD/0402	C1, C3
100 $\mu$ F/6,3 V/SMD/Tantal	C4

#### Halbleiter:

ELV171583/SMD	IC1
S-1206B30-U3T1G/SMD	IC2
IRLML6402/SMD	T1–T4
IRLML2502PbF/SMD	T5, T6
PESD3V3S1UB/SMD	D1
ESD9B5.0ST5G/SMD	D2, D3

#### Sonstiges:

LED/3 mm/orange	
EMI-Filter	L1
EMV-Filter 0805, 360 $\Omega$ bei 100 MHz	L2
EMV-Filter, 4-Kanal	L3
Stiftleistenbuchsen, 2-polig, print, stehend, RM = 1,25 mm	BU1, BU2, BU4
Stiftleistenbuchse, 5-polig, print, stehend, RM = 1,25 mm	BU3
microSD-Kartenhalter	CR1
Gehäuse, komplett, bearbeitet und bedruckt	
Leitungen mit Buchsensteckverbinder, 2-polig, komplett, 80 cm	
Leitung mit Buchsensteckverbinder, 5-polig, komplett, 50 cm	

#### Montagevideo



#10128

QR-Code scannen oder Webcode im ELV Shop eingeben

ist nicht in der Lage, einen ausreichenden Strom für einen 8- $\Omega$ -Lautsprecher zu liefern. Die vier Transistoren arbeiten somit als Schalter und nicht als linearer Verstärker. Durch die Stromerhöhung ist es möglich, einen 8- $\Omega$ -Lautsprecher zu treiben, und es kommt zu einer merklichen Lautstärkeerhöhung gegenüber dem Vorgänger MWP1.

Die nachfolgenden Bauteile L2 sowie die Kondensatoren C7 bis C9 am Ausgang sorgen für eine Störunterdrückung, denn das Ausgangssignal besteht aus einem rechteckförmigen Signal mit einer Frequenz von ca. 260 kHz. Der angeschlossene Lautsprecher ist nicht in der Lage, diese Frequenz mit einer hohen Amplitude wiederzugeben, was auch beabsichtigt ist, denn die Audioinformation steckt in der Pulsbreite, die vom Lautsprecher wiedergegeben wird. Im Prinzip wird also mithilfe des Lautsprechers ein digitales Signal in ein analoges Signal umgewandelt. An der Buchse BU2 wird der Lautsprecher angeschlossen.

Die beiden Dioden D2 und D3 sind Transilschutzdioden, die Spannungsspitzen (elektrostatische Entladungen, auch ESD genannt) unterdrücken bzw. auf einen für den Controller „ungefährlichen“ Pegel senken. Über die Buchse BU4 kann eine LED angeschlossen werden. Die Leuchtdiode (LED) dient als optische Kontrolle, ob die Daten der SD-Karte gültig sind bzw. ob die entsprechende Datei gefunden wurde. Die LED ist nur für Testzwecke vorgesehen und erleichtert die Inbetriebnahme und Fehlersuche. Insbesondere im laufenden Betrieb mit Batterien ist sie entbehrlich, sie würde nur den Stromverbrauch erhöhen.

Die Spannungsversorgung erfolgt über den Steckverbinder BU1. Im Normalfall beträgt der Eingangsspannungsbereich 3,3 bis 6 V (Jumper 1 geschlossen), hier bietet sich u. a. auch eine Lithium-Zelle als lange stabile Versorgung an. Die Schaltung kann aber auch mit einer Spannung von 2,7 bis 3,3 V versorgt werden (dies entspräche zwei 1,5-V-Batterien), was aber nicht ganz ohne Risiko ist, denn eine zu hohe Eingangsspannung kann zur Zerstörung der SD-Karte bzw. des Mikrocontrollers führen (siehe auch Abschnitt „Inbetriebnahme“).

Zum Schutz der Spannungsversorgung im Fehlerfall (z. B. Kurzschluss in der Schaltung) ist ein PTC (R3), als reversible Sicherung, in Reihe zur Spannungsversorgung geschaltet. Der Transistor T2 dient dem Verpolungsschutz, da dieser nur leitend wird, wenn die richtige Polarität der Eingangsspannung anliegt. Der nachfolgende Spannungsregler IC2 stellt eine konstante Spannung von 3,0 V zur Verfügung. Über die beiden Jumper J1 und J2 kann die beschriebene Art der Spannungsversorgung gewählt werden.

#### Nachbau

Die Schaltung ist auf einer sehr kleinen doppelseitigen Platine mit den Abmessungen von nur 19 x 26 mm untergebracht (Bild 3). Bedingt durch die extrem kleinen SMD-Bauteile sind diese Bauteile schon maschinell vorbestückt. Zudem ist das Handlöten des Controller-ICs mit seinem kleinen MLF-Gehäuse kaum zu bewerkstelligen. Lediglich die Buchsen müssen bestückt und verlötet werden. Hierbei ist auf die richtige Einbaulage (erkennbar am Platinenaufdruck) zu achten. Die Buchsen werden auf der gegenüberliegenden Platinenseite verlötet. Nachdem die Platine so weit aufgebaut ist, erfolgt der Einbau in das Gehäuse. Die Platine wird hierzu einfach in die Gehäuseunterschale gelegt, anschließend wird das Gehäuseoberenteil aufgesetzt.

#### Die Daten

##### SD-Karte und das File-System

Wie schon erwähnt, können nur Audiodateien im Format WAVE/RIFF abgespielt werden. Die Formatierung sollte im für SD-Karten üblichen FAT32-Format erfolgen. Bei der Auswahl der microSD-Karten gibt es keine Beschränkung auf bestimmte Hersteller. Im ELV Labor wurden zahlreiche Karten unterschiedlicher Hersteller und Speichergrößen getestet.



Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass es Speicherkarten gibt, die nicht einwandfrei funktionieren, da sich nicht alle Hersteller an die SD-Standards halten [3].

Zahlreiche kostenlose Sounds und Geräusche findet man auf der Internetseite [www.myinstants.com](http://www.myinstants.com) [4]. Allerdings sind dies Sounddateien im MP3-Format.

MP3-Soundfiles müssen durch einen Konverter in das Wave-Format gewandelt werden. Hierfür eignet sich das sehr gute kostenlose Tool Audacity. Nähere Informationen zu diesem Programm findet man unter [5]. Eine MP3-Datei wird durch „Datei -> Ton exportieren ... -> Wave (Microsoft) 16-bit PCM“ in eine Wave-Datei umgewandelt.

Um eine optimale Lautstärke zu erreichen, kann mit dem Programm „Audacity“ (Bild 4) eine Pegelanhebung bzw. Absenkung vorgenommen werden. Dies sollte man bei jeder Wave-Datei prüfen und ggf. korrigieren. Audacity hebt den Pegel aber nur dann an, wenn keine Übersteuerung auftritt. Sobald auch nur kurze Spikes auftreten, die nahe am Maximumpegel liegen, verhindert Audacity eine Verstärkung. Möchte man das Signal dennoch verstärken, muss ein Häkchen bei „Übersteuerung erlauben“ gesetzt werden. Auf jeden Fall sollte man versuchen, das Maximum an Lautstärke zu erreichen, natürlich unter Berücksichtigung der Audio-Qualität (Verzerrungen).

Mit Audacity können auch Sounds per Drag and Drop (Copy & Paste) modifiziert werden. Markiert man einen bestimmten Abschnitt, kann dieser an beliebiger Stelle wieder eingefügt werden. Auch können Sequenzen aus anderen Dateien verwendet werden. Hierzu erzeugt man mit Audacity einfach eine neue Datei. So kann man kurze Files verlängern, lange Files kürzen oder eigene Files aus mehreren Versatzstücken zusammenstellen.

Die Dateien auf der SD-Karte müssen bestimmte Bezeichnungen aufweisen. In Bild 5 sieht man, wie der Ordner auf der SD-Karte aussieht. Es werden nur Dateien gefunden, die sich im Hauptordner (Root) befinden. Der Dateiname besteht aus drei Ziffern, also von 001 bis 015. Zum Beispiel wird bei Betätigen von Taste 1 die Datei 001.wav abgespielt.

Da die Eingänge binär ausgewertet werden, muss man hier beachten, dass die Taste 3 (Wertigkeit 4) die Datei 004.wav und die Taste 4 (Wertigkeit 8) die Datei 008.wav aktiviert:

Tastereingang 1 → 001.wav

Tastereingang 2 → 002.wav

Tastereingang 3 → 004.wav

Tastereingang 4 → 008.wav

Würde man z. B. Taste 1 und 4 gleichzeitig betätigen, ergebe dies die Datei 009.wav. Es muss also die Wertigkeit der Tastereingänge addiert werden. Werden alle Tasten gleichzeitig gedrückt, ergebe sich dann die Auswahl der Datei 015.wav.

Verwendet man ausschließlich Taster, sollten nur vier Dateien direkt verwendet werden. Eine binäre Ansteuerung ist nur mit einem Controller oder einer Tastenerweiterung (siehe „Tastenerweiterung“) sinnvoll, da man nur so wirklich zeitgleich die entsprechende Bit-Kombination ausgeben bzw. generieren kann. Außerdem vermeidet man so – man denke nur an öffentliche Bereiche oder „forschende“ Kinder – ungewollte Ausgaben bzw. Fehler.

Durch den Modus 4 ist es auch möglich, bei jeder Tastenbetätigung von Tastereingang 1 einen Titel „weiterzuschalten“. Beispiel: Auf der SD-

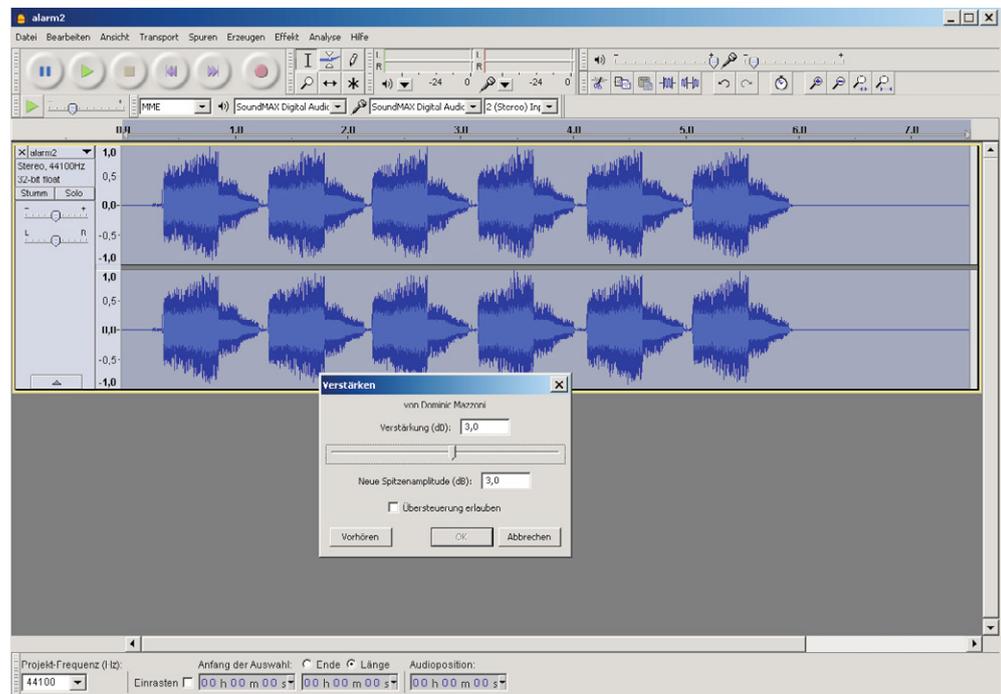


Bild 4: Im Menüpunkt „Effekt -> Verstärken“ kann bei Audacity der Verstärkungsfaktor eingestellt werden.

Karte befinden sich sechs Dateien. Bei jeder Tastenbetätigung prüft die Software, ob noch eine Datei mit einer höheren Nummer vorhanden ist. Ist dies der Fall, wird diese Datei abgespielt. Falls keine Datei mit einer höheren Nummer gefunden wird, beginnt die Sequenz wieder bei der Datei 001.wav. Auf diese Weise können alle auf der SD-Karte befindlichen Dateien mit nur einem Taster angewählt werden.

In der Datei 000.txt wird der Wiedergabemodus konfiguriert. Es stehen fünf verschiedene Modi zur Verfügung. Die Datei kann mit einem Editor erstellt und verändert oder auch im ELV Shop [2] heruntergeladen werden. Der Inhalt dieser Datei (Original von ELM-ChaN) sieht wie folgt aus:

3 # Trigger mode (0...4):

# 0: Level triggered

# 1: Level triggered (sustained)

# 2: Edge triggered

# 3: Edge triggered (retriggerable)

# 4: Edge triggered (retriggerable) back to back

Ausschlaggebend ist die erste Ziffer, in diesem Beispiel die 3. Der Text hinter dem Raute-Zeichen (#) ist lediglich Kommentar und wird nicht ausgewertet.

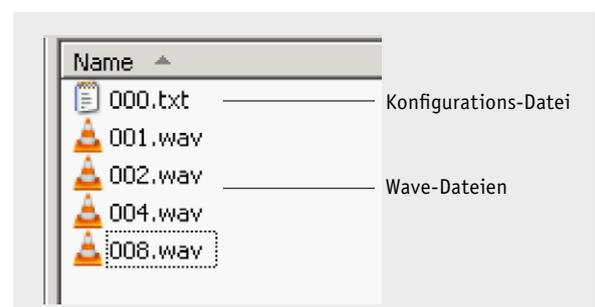


Bild 5: So sehen die Wave-Dateien im Ordner der SD-Karte aus.



Die erste Ziffer hat folgende Bedeutung:

- 0: Pegelsteuerung, Titel wird so lange abgespielt und wiederholt, wie die Taste betätigt wird.
- 1: Pegelsteuerung, wie Modus 0, mit dem Unterschied, dass der Titel nach Loslassen der Taste bis zum Ende abgespielt wird.
- 2: Flankensteuerung, ein kurzer Tastendruck reicht zur Triggerung aus. Einmal gestartet, spielt der Titel bis zum Ende. Eine Auswahl eines anderen Titels ist erst dann möglich, wenn der laufende Titel zu Ende ist.
- 3: Wie Modus 2, jedoch eine „Retriggerung“ durch neuen Start eines Titels möglich.
- 4: Wie Modus 3, mit dem Unterschied, dass der Tastereingang 1 zum Weiterschalten der Titel fungiert. Alle anderen Taster fungieren im Mode 3! Bei jedem Tastendruck wird nach Beendigung des aktuellen Titels der Zeiger für den aktuellen Titel um eins erhöht. Die Nummern der Titel müssen nicht zwingend fortlaufend sein. Sind nur die Titel 001, 002, 004, 008 vorhanden, werden diese der Reihe nach abgespielt.

### Inbetriebnahme

Nachdem die Schaltung zusammengebaut ist, kann die Inbetriebnahme erfolgen. In [Bild 6](#) ist ein typisches Anwendungsbeispiel mit Batteriebetrieb dargestellt. Für alle Anschlüsse stehen fertig konfektionierte Anschlussleitungen zur Verfügung.

Die Spannungsversorgung erfolgt über eine zweiadrige Zuleitung, wobei hier unbedingt auf die richtige Polung zu achten ist ([Bild 7](#)).

Wie im Abschnitt „Schaltung“ beschrieben, ist standardmäßig eine Eingangsspannung von 3,3 bis 6 V erforderlich. Die Spannungsstabilisierung auf 3,0 V findet innerhalb der Schaltung statt. Wie in [Bild 6](#) zu sehen, reichen hierfür drei in Reihe geschaltete 1,5-V-Batterien aus. Ein Ein-Aus-Schalter ist nicht notwendig, da die Schaltung im Ruhezustand nur 20 µA aufnimmt.



Bild 7: Die Polung für die Spannungsversorgung ist farblich gekennzeichnet.



Bild 8: Die Maßnahmen bei Verwendung einer Betriebsspannung von 2,7 bis 3,3 V, dazu unbedingt die Ausführungen im Text beachten!

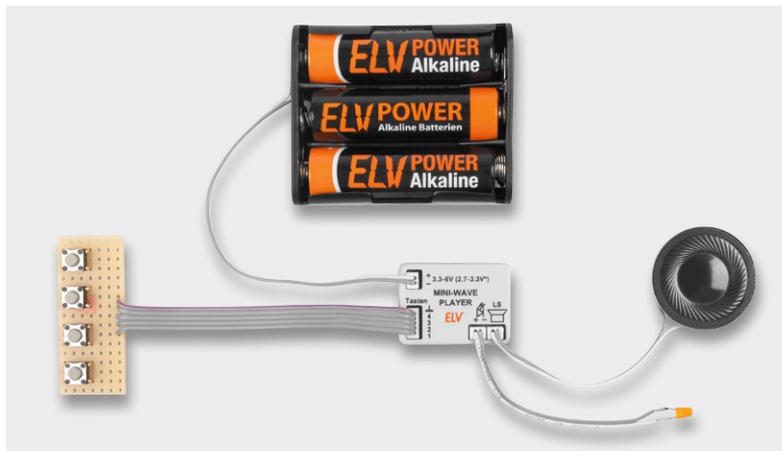


Bild 6: Anwendungsbeispiel mit Batteriebetrieb

Es gibt auch die Möglichkeit, die Schaltung mit 2,7 bis 3,3 V zu versorgen. Diese Betriebsart sollte allerdings nur von Experten und nicht von Anfängern verwendet werden. Bei zu hoher Eingangsspannung kann die Elektronik zerstört werden! Hierzu muss der Jumper J1 mit einem Messer (Cutter) aufgetrennt und stattdessen der Jumper J2 verlötet werden ([Bild 8](#)).

Das Überbrücken geschieht durch Herstellen einer Lötzinnbrücke (Aufbringen von Lötzinn). Beim Durchtrennen der Jumperverbindung J1 ist besondere Vorsicht geboten, da benachbarte Leitungen beschädigt werden können. Arbeitet man mit einem scharfen Cutter, besteht auch Verletzungsgefahr!

In dieser Betriebsart ist der interne Spannungsregler deaktiviert. Unterhalb von 2,7 V funktioniert die Schaltung dann leider nicht mehr, so dass eine völlige Entladung einer 3-V-Batterie nicht möglich ist.

Die Buchse BU3 stellt vier Eingänge zur Verfügung, die low-aktiv sind, d. h. der Taster oder Schalterkontakt muss gegen Masse geschaltet werden. Der Massekontakt ist farblich markiert. In unserem Beispiel sind die Taster auf einer Lochrasterplatte aufgelötet.

### Wichtiger Hinweis!

Alle Zuleitungen dürfen aus EMV-technischen Gründen eine Länge von 40 cm nicht überschreiten.

Der Lautsprecher wird ebenfalls über eine zweiadrige Anschlussleitung mit der Schaltung verbunden. Auf eine Polung braucht hierbei nicht geachtet zu werden. Zum Thema Lautsprecher sind im folgenden Abschnitt „Lautsprecher“ noch einige Anmerkungen zu beachten.

Die externe LED wird an BU4 angeschlossen. Das graue Kabel (-) wird mit der Katode und das weiße Kabel mit der Anode (+, längerer Anschlussdraht) verbunden.

### Tastenerweiterung

Der Tastereingang des MWP2 erlaubt den direkten Anschluss von vier Tasten, mit denen dann vier verschiedene Wave-Dateien selektiert werden können. Möchte man die Anzahl der selektierbaren Dateien erhöhen, kann dies z. B. durch gleichzeitiges Betätigen zweier oder mehrerer Tasten geschehen, was nicht sehr praktisch ist. Bequemer geht es mit der in [Bild 9](#) dargestellten Tastenerweiterung. Die zusätzlichen Taster werden über eine Diodenmatrix mit den Tastereingängen des MWP2 verbunden. Hierbei richtet man sich nach der binären Wertigkeit. Die Dateien 1, 2, 4 und 8 lassen sich ohne Diodenmatrix direkt selektieren. Alle anderen Dateien können nur durch Kombination der Tastereingänge selektiert werden.

Dazu ein Beispiel: Bei Soundfile Nr. 5 (005.wav) müssen Taste 1 (Wertigkeit 1) und Taste 3 (Wertigkeit 4) gleichzeitig aktiviert werden. Wie man in [Bild 9](#) sieht, geschieht dies durch Dioden, d. h. beim Schließen



von Taster 5 werden über zwei Dioden die Eingänge 1 und 3 auf Low-Potential gezogen. Die Kombinationen lassen sich jeweils durch einfache Addition der Wertigkeiten ermitteln. Als Diodentyp kann im Prinzip jede beliebige Diode eingesetzt werden, wie z. B. die Standarddiode 1N4148.

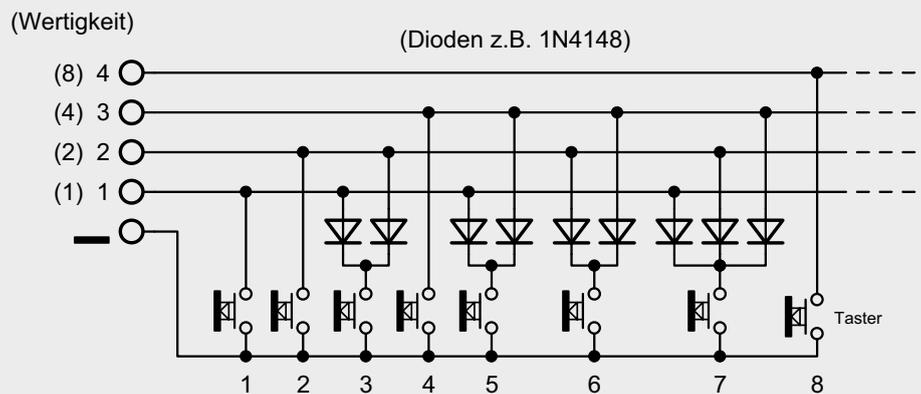


Bild 9: So kann der Eingang auf maximal 15 Tasten erweitert werden.

### Akustischer Kurzschluss

Ein akustischer Kurzschluss kennzeichnet keinen realen Kurzschluss wie z. B. in der Elektroniktechnik, sondern beschreibt das gegenseitige Auslöschung von Schallwellen. Dieses Phänomen tritt in der Akustik bei der Erzeugung von Schallwellen mittels Lautsprecher auf. Physikalisch korrekt müsste man diese Effekte noch in Nah- und Fernfeld differenzieren. Die folgende Erklärung ist daher nicht zu sehr physikalisch, sondern allgemeinverständlich in einfache Worte gefasst.

Wenn sich bei einem offenen Lautsprecher, wie in Bild A zu sehen, die Membrane nach vorne bewegt, wird die Luft komprimiert (verdichtet) und es entsteht ein Überdruck. Hinter der Membran entsteht folglich ein Unterdruck. Wie die Pfeile in Bild A zeigen, strömt ein Teil der Luft seitlich am Lautsprecher vorbei und gleicht den Luftdruckunterschied wieder aus. Dieser Effekt zeigt sich besonders bei tiefen Frequenzen, da hier der Hub (Lautstärke) relativ groß ist. Hieraus kann man die Schlussfolgerung ziehen, dass ein offener Lautsprecher ohne Gehäuse bzw. andere Maßnahmen zur Aufhebung dieses Effektes nicht funktionieren können.

Abhilfe schafft hier ein Gehäuse oder eine Schallwand, mit denen der Luftdruckausgleich unterbunden wird. Idealerweise bräuchte man eine Schallwand, die größer als die Wellenlänge der Schallwelle ist, was sich in der Praxis aber nicht realisieren lässt. Somit werden in der Regel geschlossene Gehäuse für Lautsprecher verwendet. Es gibt allerdings noch einige Tricks, wie z. B. Bassreflexboxen, mit denen man den Schalldruck im Tieftonbereich sogar noch verstärken kann.

Es gibt aber noch ein Beispiel, wo sich trotz Gehäuse Schallwellen gegenseitig auslöschung bzw. abschwächen. Denken wir an unsere heimische Stereoanlage oder die „Soundanlage“ im Auto. Bei Stereobetrieb werden ja bekanntlich zwei Lautsprecher verwendet. Hierbei ist, wie das folgende Beispiel zeigt, unbedingt auf phasenkorrekten Anschluss der Lautsprecher zu achten. Die Polung ist am Lautsprecher immer mit „+“ und „-“ gekennzeichnet. Wichtig ist, dass beide Lautsprecher korrekt an den Verstärker angeschlossen werden. Wird einer der Lautsprecher phasenverkehrt angeschlossen, wie es in Bild B dargestellt ist, kommt es ebenfalls zur Auslöschung von Schallwellen. Während sich die Membrane des einen Lautsprechers nach außen bewegt, ist es bei dem zweiten Lautsprecher genau entgegengesetzt. Hierdurch entsteht vor allem bei tiefen Frequenzen ein unnatürlicher Klangeindruck, da im schlimmsten Fall keine Bässe mehr hörbar

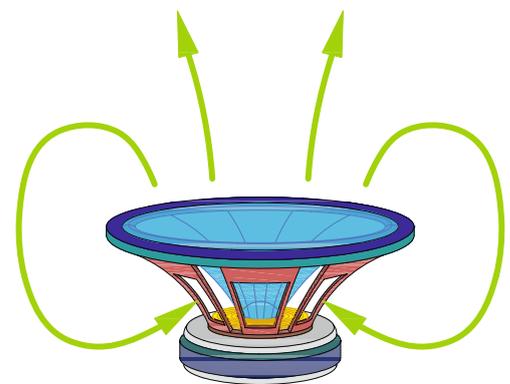


Bild A: Bei einem offenen Lautsprecher werden die Luftdruckunterschiede ausgeglichen.

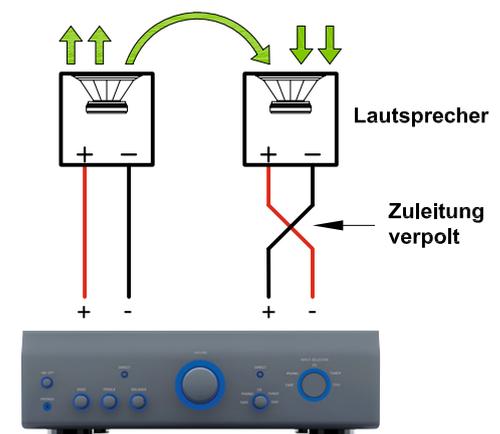


Bild B: Bei „Verpolung“ eines Lautsprechers heben sich die Schallwellen zum Teil gegenseitig auf.

sind. Je näher die Lautsprecher räumlich zueinander stehen, desto stärker wird dieser Effekt. Dies ist vor allem im Auto der Fall, da hier die Lautsprecher in der Regel nur max. 1 m voneinander entfernt montiert sind. Deshalb sollte man beim Anschluss von Stereolautsprechern immer auf den phasenrichtigen Anschluss achten! Die Polung ist direkt an den Lautsprecheranschlüssen markiert.



Bild 10: Verschiedene Lautsprecher mit unterschiedlichen Durchmessern



Bild 11: Lautsprecher, in einem Kunststoffrohr montiert

## Lautsprecher

Die Größe, also die mechanischen Abmessungen, des verwendeten Lautsprechers spielen für die Lautstärke (und auch den Klang) eine entscheidende Rolle. Grundsätzlich kann man sagen: Je größer der Lautsprecher, desto höher ist die erreichbare Lautstärke. Aber auch die Impedanz ist maßgeblich für die Lautstärke. Es können Lautsprecher mit einer Impedanz von 8 bis 150  $\Omega$  verwendet werden. Bei einer Impedanz von 8  $\Omega$  wird bei  $U_B = 3\text{ V}$  und einer Brückenschaltung rechnerisch eine maximale Leistung von 500 mW abgegeben. Bei steigender Impedanz des Lautsprechers sinkt die Ausgangsleistung

Ein anderer entscheidender Gesichtspunkt ist das Gehäuse. Ohne Gehäuse kann ein Lautsprecher nicht funktionieren! Die Ursache hierfür ist der „akustische Kurzschluss“, der bei jedem offenen Lautsprecher auftritt (siehe „Elektronikwissen“). Durch ein Gehäuse wird der akustische Kurzschluss verhindert bzw. durch eine Schallwand oder eine andere Maßnahme vermindert. In [Bild 10](#) sind Lautsprecher in unterschiedlichen Größen dargestellt. Die Auswahl wird nach dem zur Verfügung stehenden Platz getroffen. Möchte man die Schaltung im begrenzten Raum, wie z. B. in einem Spielzeugmodell, unterbringen, wählt man zweckmäßigerweise einen kleinen Miniaturlautsprecher. Hier lässt sich natürlich kein großes Gehäuse unterbringen, in diesem Fall ist Improvisieren und Experimentieren angesagt.

Statt eines geschlossenen Gehäuses kann man auch ein Rohr aus Kunststoff verwenden ([Bild 11](#)). Bleibt das Rohr an einer Seite offen, entstehen Resonanz-erhöhungen durch die Luftsäule innerhalb des Rohres. Je nach Länge des Rohres werden bestimmte Frequenzen angehoben (Prinzip einer Orgelpfeife). Dies kann sehr nützlich sein, wenn sich das Audiosignal nur in einem eingegrenzten Frequenzspektrum befindet. Möchte man z. B. den Pfeifton einer Modellbaulokomotive wiedergeben, kann man mit der Länge des Rohres experimentieren, bis eine optimale Lautstärke gefunden ist.

Natürlich kann auch der Einbauort als Gehäuse verwendet werden. Es sollten dann entsprechende Schallaustrittsöffnungen (z. B. Bohrungen) eingebracht werden. Es ist hierbei darauf zu achten, dass man die Wirkung des akustischen Kurzschlusses möglichst klein hält.

**Vorsicht:** Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass der Einbau in andere Geräte nicht erlaubt ist. Insbesondere dürfen keine mit Netzspannung versorgten Geräte geöffnet und verändert werden.

Ein anderes Beispiel zur Lautstärkenerhöhung zeigt sich am Beispiel einer elektrischen Grußkarte. Hier ist der Lautsprecher auf ein Stück Pappe oder Papier aufgeklebt. Hierdurch wird zum einen das Trägermaterial mit in Schwingung versetzt, wodurch sich praktisch die Membranfläche erhöht, und zum anderen auch der akustische Kurzschluss für bestimmte Frequenzen unterdrückt. Letztendlich ist ein wenig Experimentieren der beste Weg, um die optimale Lautstärke zu erreichen. In der Industrie, z. B. bei Handyherstellern, beschäftigen sich Ingenieure nur mit dem Optimieren des Gehäuses, um bestmögliche Lautstärken auf kleinem Raum (Handygehäuse) zu erzielen. Das zeigt, dass diese Problematik nicht ganz trivial ist und fundierte Kenntnisse erfordert.

## Praktische Anwendungsbeispiele

Im Folgenden sind zwei Anwendungsbeispiele dargestellt. Im ersten Beispiel handelt es sich um eine Jingle-Box ([Bild 12](#)), die in ein Kunststoffgehäuse eingebaut ist. Die Schaltung entspricht dem Anwendungsbeispiel in [Bild 6](#), mit dem Unterschied, dass die LED nicht angeschlossen ist und die Versorgungsspannung 3 V beträgt. Bei nur zwei Zellen, also einer Versorgungsspannung von 3 V, muss der Betriebsspannungsbereich mittels der Jumper J1 und J2 umgestellt werden. Wer sich diese Umbauarbeiten nicht zutraut, sollte besser bei einer Versorgungsspannung von 3,3 bis 6 V bleiben und z. B. drei 1,5-V-Zellen verwenden. Mit den vier Tasten können vier unterschiedliche Sounds aktiviert werden.

Wer gerne etwas größere Taster möchte, kann Großflächentaster einsetzen, die z. B. auch als Notataster oder sogenannte Arcade-Taster für Spielgeräte Verwendung finden. In [Bild 13](#) ist solch ein relativ günstiger, aber qualitativ hochwertiger Taster dargestellt. Solche Taster bieten sich hervorragend für eine interessante Anwendung an: Versieht man eine etwas größere Jingle-Box mit zweimal vier bis acht verschiedenfarbigen Tastern, kann man für kleine Kinder ein eigenes Memory-Spiel bauen: entweder schaltet man gleichfarbige Taster parallel, wodurch das Kind anhand der gleichen Jingles Farben lernt, oder man verteilt zwei gleiche Jingles auf verschiedenfarbige Taster, wodurch ein echtes Memory-Spiel entsteht ([Bild 14](#)). Hierbei ist zu beachten, dass eine Tastenerweiterung notwendig ist (siehe Abschnitt „Tastenerweiterung“).

Seit einiger Zeit gibt es bei großen Internetshops sogenannte Hot-Buttons oder Panik-Buttons ([Bild 15](#)). Diese Taster sind in der Kategorie „Fun-Gadgets“ anzusiedeln und geben, je nach Modell, unterschiedliche Geräusche oder Sprüche wieder. Solche Buttons können unter Umständen auch modifiziert, also auf den MWP2 umgebaut werden. So hat man die Möglichkeit eigene Sounds abzuspielen.



Bild 12: Beispiel für eine kleine Jingle-Box

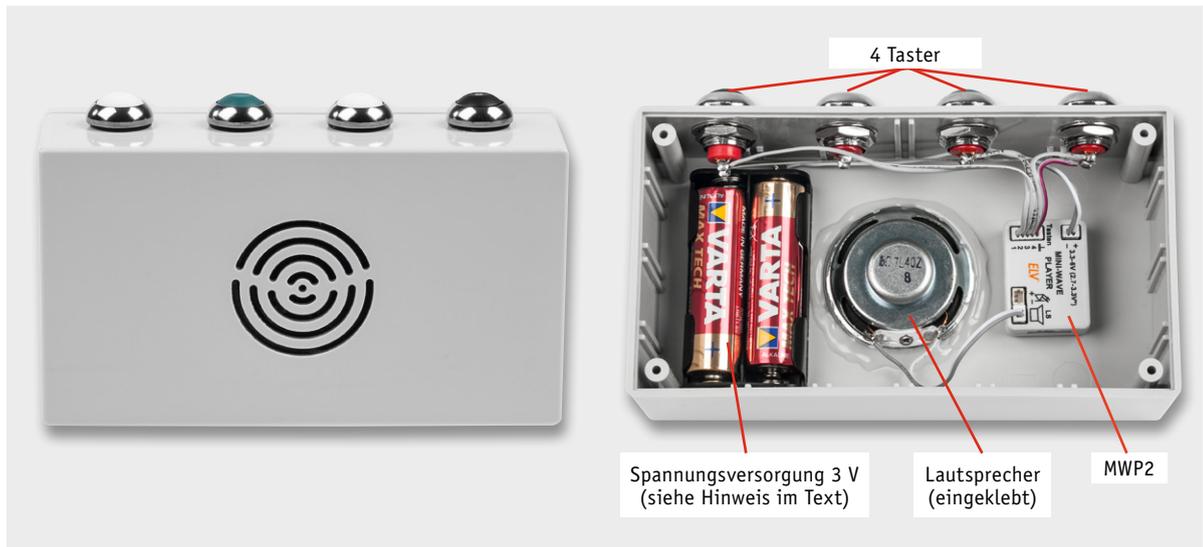


Bild 13: Großflächentaster (ELV Shop, Best.-Nr. CR-14 42 96)



Bild 14: Aus Großflächentastern selbst gebautes Memory-Spiel für Kinder



Bild 15: Ein Sound-Button aus einem Internet-Shop

In Bild 16 sind das originale „Innenleben“ und die umgebaute Variante zu sehen. Die Verdrahtung erfolgt auch hier wie im Anwendungsbeispiel dargestellt. Natürlich sind nicht alle erhältlichen Buttons so aufgebaut wie in Bild 15. Deshalb soll dieses Beispiel nur als Anregung dienen, da es von dieser Art Gadgets enorm viele Variationen gibt.

Gerade die eben diskutierten Bedienvarianten bieten sich auch für die Auslösung von Erklärungen und Geräuschen in Ausstellungen, Museen, öffentlichen Einrichtungen usw. an. Damit ist dem kleinen Soundmodul eine enorme Anwendungsbreite garantiert! **ELV**

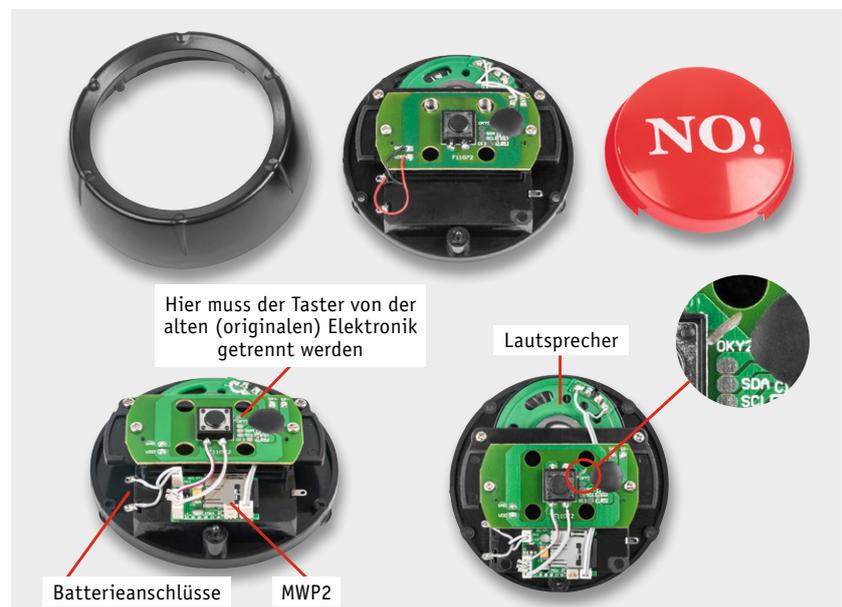


Bild 16: Original und umgebaute Variante eines Sound-Buttons



### Weitere Infos:

- [1] [elm-chan.org/works/sd20p/report.html](http://elm-chan.org/works/sd20p/report.html)
- [2] Produktseite zum MWP2 im ELV Shop: <https://www.elv.de>: Webcode #10124
- [3] [www.sdcard.org](http://www.sdcard.org)
- [4] <https://www.myinstants.com/index/de/>
- [5] [www.audacity.sourceforge.net](http://www.audacity.sourceforge.net)