



# EPROM-Sound-Modul

***Mit diesem universell einsetzbaren EPROM-Sound-Modul steht eine Schaltung zur Wiedergabe von digitalisierten Audio-Signalen zur Verfügung mit nahezu unbegrenzten Einsatzmöglichkeiten.***

## Allgemeines

Sei es im Haus, im Auto oder im Hobby-Bereich wie z. B. Modellbau, kurz gesagt überall dort, wo durch ein Steuersignal oder auf Knopfdruck ein akustisches Signal ausgegeben werden soll, ist das EPROM-Sound-Modul einsetzbar.

Beim Sound-Modul werden beliebige digitalisierte Klänge in einem EPROM abgespeichert und können jederzeit naturgetreu wiedergegeben werden. Simple akustische Signalgeber wie Haustürglocke, Summer, Pieper oder „Einheitsgong“ können somit durch eine beliebige naturgetreue Klangreproduktion ersetzt werden.

Spezielle Geräuschnachbildungen im Modellbau, die sonst viel Schaltungsaufwand und Zeit bedeuten, sind mit dem ELV-Sound-Modul ein „Kinderspiel“.

Über einen PC mit Soundblaster-kompatibler Soundkarte werden die gewünschten Klangdaten aufgezeichnet bzw. aus einer vorhandenen Datei genommen und in ein Standard-EPROM gebrannt. Das EPROM wird einfach in die Schaltung des Sound-Moduls gesteckt, und fertig ist die eigene individuelle Klangreproduktion.

Selbstverständlich bleiben die Daten auch bei Netzausfall erhalten. Da die Schaltung im Ruhezustand keinen Strom benötigt, ist auch die Speisung durch Batterien oder Akkus möglich.

Wird ein neuer Klang gewünscht, so ist nur ein neues EPROM zu brennen und gegen das alte auszutauschen.

Die Einsatzmöglichkeiten des Moduls sind nahezu unbegrenzt.

Während der Abwesenheit im Urlaub werden ungebetene Gäste durch ein verzerrtes lautes Hundegebell abgeschreckt,

und die Türglocke erhält einen faszinierenden individuellen Klang, der sonst nirgends erworben werden kann. Oder wie wär's, wenn sich Ihre Gäste durch ein lautes Trommelsolo melden?

Das Telefon klingelt nicht mehr, sondern meldet jeden Anrufer mit dem Ruf „Telefoon....Telefoon“, oder in Verbindung mit einem Türkontakt bzw. einer Lichtschranke wird jeder Kunde im Geschäft mit einem freundlichen „Guten Tag“ begrüßt.

Im PKW können aus den Steuersignalen von Gurt, Handbremse, Türkontakt, Licht oder Alarmanlage entsprechende Meldungen im Klartext, natürlich in jeder gewünschten Sprache und mit jedem Dialekt, ausgegeben werden.

So wird vielleicht der Bayer seine Textmeldungen mit entsprechendem Dialekt und der Norddeutsche seine Türklingel durch ein „Moin, Moin“ ersetzen. Der Phantasie sind keine Grenzen gesetzt.

## Grundsätzliche Funktionsweise

Die wiederzugebenden Audio-Signale des EPROM-Sound-Moduls werden, wie bereits erwähnt, digital in Form binärer 8-Bit-Daten in einem Standard-EPROM abgespeichert. Dabei hängt nun die maximale Aufzeichnungs- bzw. Wiedergabedauer des Signals zum einen von der Speichergröße des verwendeten EPROMs und zum anderen von der Sample-Rate (Abtastgeschwindigkeit) des Audio-Signals ab.

Beim Sound-Modul sind die EPROM-Typen 27C256 (8 kByte), 27C512 (16 kByte) und 27C010 bzw. 27C1000 (32 kByte) einsetzbar, wobei die Auswahl über Codierbrücken erfolgt.

Des weiteren stehen, ebenfalls über Codierbrücken einstellbar, 3 verschiedene Abtastraten (4 kHz, 8 kHz, 16 kHz) zur Verfügung. Je höher die Abtastrate ist, desto besser ist auch die Wiedergabequalität des Audio-Signals. Allerdings wird bei einer Verdopplung der Sample-Rate (z. B. von 8 kHz auf 16 kHz) die maximale Aufzeichnungsdauer bei gleichem EPROM halbiert, bzw. für die gleiche Aufnahme- und Wiedergabedauer ist ein EPROM mit doppelter Speicherkapazität erforderlich.

Bei einer Abtastrate von 16 kHz (höchste Qualität) kann mit einem EPROM des Typs 27C010 ein 8 Sekunden langes Signal aufgezeichnet und wiedergegeben werden, während das gleiche EPROM bei einer Sample-Rate von 4 kHz immerhin 32 Sekunden liefert.

Die im EPROM abgelegten, digitalen Klangdaten werden mit Hilfe eines 8-Bit-DA-Wandlers wieder in ein analoges Signal umgesetzt.

Zur exakten Rekonstruktion des analo-



gen Audio-Signals ist das dem DA-Wandler nachgeschaltete Glättungsfilter (Anti-Alias-Filter) von entscheidender Bedeutung. Hier gilt es unbedingt das Abtasttheorem einzuhalten, welches besagt, daß die Ausgangsfrequenz maximal halb so groß sein darf wie die Abtastrate.

Beim ELV-Sound-Modul wurde in diesem Bereich mit einem aktiven Filter 5. Ordnung erheblich Aufwand getrieben, so daß selbst die geringste Abtastrate (4 kHz) ein verblüffend gutes Ergebnis liefert und mit einfachen Voice-Recordern nicht zu vergleichen ist.

Die Dimensionierung des Filters muß der jeweils gewählten Abtastrate gemäß Tabelle 1 angepaßt werden.

Letztendlich wird das analoge Audio-Signal einem in der Lautstärke einstellbaren NF-Verstärker zugeführt, an dessen Ausgang direkt ein Lautsprecher mit 4 bis 8  $\Omega$  Impedanz anschließbar ist.

Zum Aufbau der Hardware steht eine kleine Leiterplatte mit den Abmessungen

100 mm x 74,5 mm zur Verfügung. Die Installation des Moduls ist denkbar einfach. Neben der Versorgungsspannung sind extern nur ein Lautsprecher und der gewünschte Auslöseknopf bzw. das Auslösesignal anzuschließen.

Die Spannungsversorgung der Schaltung kann entweder aus einer 9-V-Blockbatterie, dem Kfz-Bordnetz oder einem beliebigen unstabilierten Gleichspannungsnetzteil (7 V bis 17 V) erfolgen.

## Sound-EPROM erstellen

Wie gelangen nun die Bits in das EPROM? Neben der eigenen Erstellung, auf die wir nachfolgend detailliert eingehen, besteht der einfachste Weg darin, eines der von ELV angebotenen, bereits fertig programmierten EPROMs einzusetzen.

Um beliebige individuelle Klangdaten in einem EPROM zu speichern, werden ein PC, ein EPROM-Programmiergerät und eine Sound-Karte benötigt. Zur Aufzeichnung können sämtliche Sound-Blasterkompatiblen Karten genutzt werden, wobei die meisten anderen Karten auch in der Lage sind, die benötigten 8 Bit organisierten Daten zu generieren.

Die Audio-Signalquelle (CD-Player, Mikro usw.) wird mit dem Eingang der Sound-Karte verbunden und das Signal mit der gewünschten Abtastrate (4 kHz, 8 kHz oder 16 kHz) digitalisiert.

Natürlich können auch fertige Sound-Dateien, die auf Diskette oder CD-ROM von verschiedenen Anbietern erhältlich sind, verwendet werden. Liegen die Daten

nicht in der gewünschten Sample-Rate vor, so bieten die meisten Audio-Verarbeitungsprogramme eine Konvertierungsmöglichkeit.

Erlaubt die Karte bzw. die Verarbeitungssoftware nur Abtastraten über 10 kHz, so kann mit einem kleinen Kunstgriff aus einem mit 16 kHz gesampelten Signal ein EPROM mit 8-kHz- oder 4-kHz-Abtastrate generiert werden.

Hierbei nutzt man aus, daß die meisten EPROM-Programmiergeräte auch die Möglichkeit bieten, 16-Bit-Bus-EPROMs zu brennen. Unser 8-Bit-EPROM wird nun einfach im 16-Bit-Modus gebrannt, wobei es egal ist, ob wir die geraden oder ungeraden Adressen auswählen. Jeder zweite Abtastwert fällt nun weg, so daß wir bei einem mit 16 kHz gesampelten Signal ein EPROM mit der halben Abtastfrequenz (8 kHz) erhalten. Soll die Abtastrate 4 kHz betra-

---

*Und plötzlich sagt Ihre Auto „Finger weg!  
Ich bin alarmgesichert“.*

---

gen, so wird das EPROM nochmals ausgelesen und der zuvor beschriebene Vorgang wiederholt.

Sound-Dateien mit der Endung „RAW“ enthalten reine 8-Bit-organisierte Daten, die direkt ins EPROM übertragen werden können. Am weitesten verbreitet sind jedoch bei Sound-Karten Dateien mit der Endung „VOC“ und der Endung „WAV“. Die VOC- und WAV-Dateien können auch direkt verarbeitet werden, besitzen jedoch zu Beginn jeder Datei einen 19 Byte langen Header und springen am Ende der Datei auf die Datenwerte „FF“. Dadurch entsteht am Anfang und am Ende der Wiedergabe ein leichtes Knacken.

Mit dem zum Lieferumfang gehörenden Konvertierungsprogrammen werden VOC- und WAV-Dateien in reine Sound-Dateien umgewandelt und somit das Knacken eliminiert.

WAV-Dateien können auch direkt unter Windows bearbeitet und mit den meisten Audio-Verarbeitungsprogrammen und einer ganzen Reihe von Shareware-Programmen in VOC-Dateien umgewandelt werden.

## Schaltung

Die Gesamtschaltung des ELV-EPROM-Sound-Moduls ist in Abbildung 1 zu sehen.

Wir beginnen die Schaltungsbeschreibung mit dem unten links eingezeichneten Netzteil. Die unstabilierte Versorgungsspannung, die zwischen 8 V und 17 V liegen darf, wird der Schaltung an ST 3

zugeführt und gelangt über die Verpolungsschutzdiode D 1 auf den Emitter des Schalttransistors T 2, der sich im Ruhezustand über den Basiswiderstand R 12 im Sperrzustand befindet.

Beim Betätigen des an ST 5 und ST 6 anzuschließenden „Klingelasterters“ wird T 3 durchgesteuert, dessen Kollektor nimmt daraufhin Low-Pegel an, und über R 21 wird der Längstransistor T 2 ebenfalls in den leitenden Zustand versetzt. Nach dem Loslassen des Tasters bleibt dieser Zustand („Ein“) durch ein High-Signal an IC 9, Pin 2 erhalten.

Die am Kollektor des Transistors T 2 anstehende unstabilierte Betriebsspannung dient zum einen direkt zur Versorgung des NF-Endverstärkers und wird zum anderen dem Eingang (Pin 1) des Spannungsreglers IC 7 zugeführt. An dessen Ausgang steht dann die auf 5 V stabilisier-

te Spannung zur Versorgung des digitalen Schaltungsteils zur Verfügung.

Der quarzgenaue Takt wird mit IC 8 und externer Beschaltung generiert, wobei die Abtastraten von 16 kHz, 8 kHz und 4 kHz an Q 7 bis Q 9 des Binärzählers anstehen.

Über eine Codierbrücke (JP 4 bis JP 6) wird die gewünschte Abtastrate den beiden kaskadierten Adreßzählern IC 1 und IC 2 zugeführt. C 1 und R 1 sorgen beim Anlegen der Betriebsspannung dafür, daß die Audio-Ausgabe grundsätzlich bei Adresse 0 gestartet wird.

Je nach verwendetem EPROM-Typ sind 14, 15 oder 16 Bit zu adressieren. Die Größe des verwendeten EPROMs wird mit Hilfe der Codierbrücke JP 1 bis JP 3 ausgewählt.

Beim Einsatz eines 512 k x 8 Bit organisierten EPROMs (15 Adreßbits) ist JP 2 zu setzen. Sobald Q 5 des Zählers IC 2 von „low“ nach „high“ wechselt, wird die Datenausgabe des EPROMs am  $\overline{OE}$ - und  $\overline{CS}$ -Eingang gesperrt, der Zähler IC 8 am Reset-Eingang (Pin 12) gestoppt und über das Gatter IC 9 A das Netzteil abgeschaltet.

Bevor nun die Versorgungsspannung der Schaltung zusammenbricht (C 11 entlädt sich langsam), wird über die mit T 1 aufgebaute Schaltstufe der Lautsprecher vom Ausgang getrennt, zur Verhinderung eventuell auftretender Störgeräusche.

Je nach Stellung der Codierbrücken JP 1 bis JP 3 besteht auch die Möglichkeit, den Inhalt eines „kleinen“ EPROMs (256 kBit) zweimal oder viermal hintereinander abzuspielen, bevor das Modul abschaltet.

Die 8-Bit-Ausgangsdaten des EPROMs werden dem DA-Wandler des Typs AD7524 (IC 4) zugeführt. Der 8-Bit-Wand-

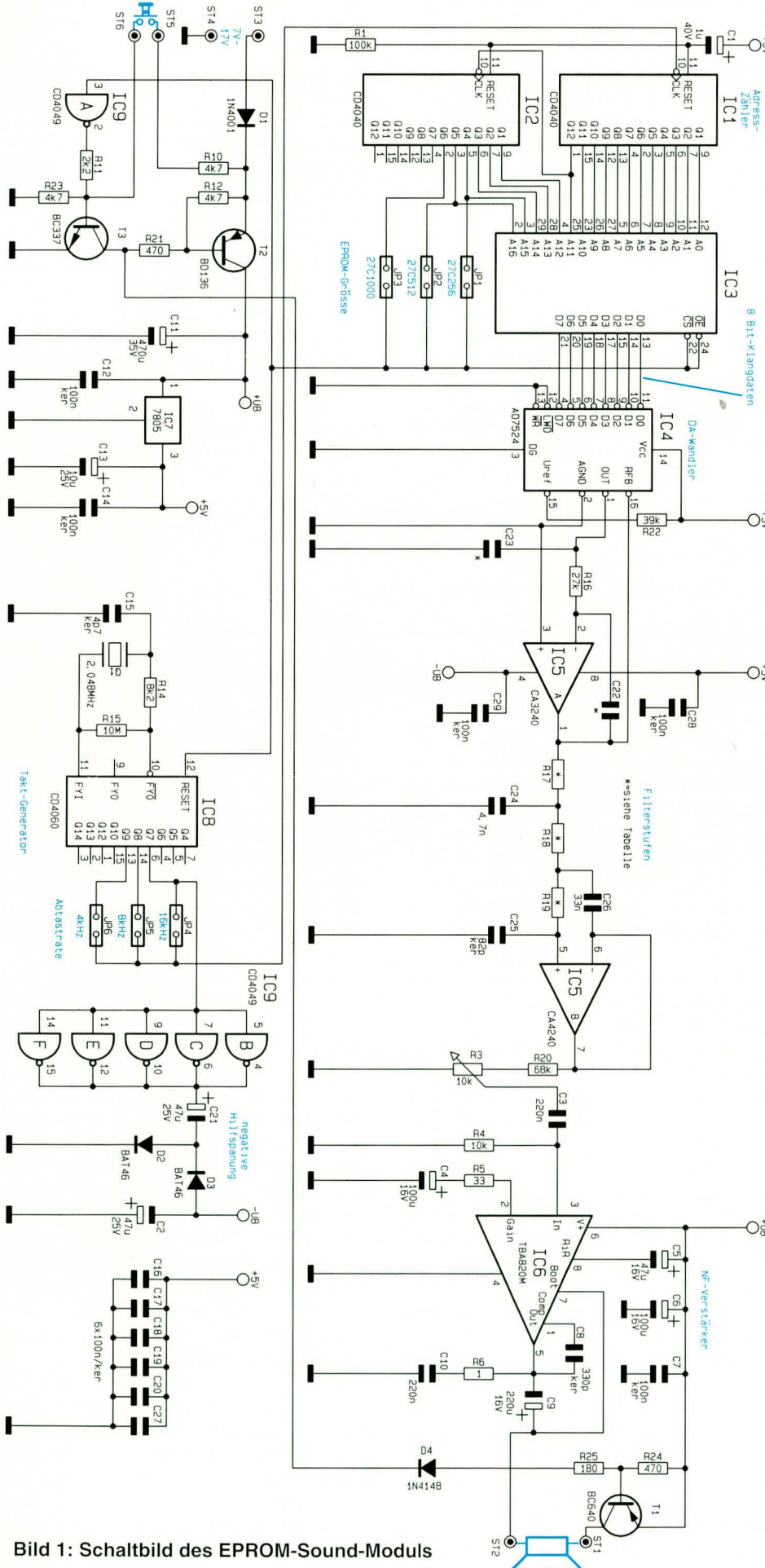


Bild 1: Schaltbild des EPROM-Sound-Moduls

ler arbeitet intern mit einem R2R-Netzwerk und nimmt zusammen mit IC 5 A eine kontinuierliche Umsetzung der digitalisierten Klangdaten in ein Analog-Signal vor.

Ein nachgeschaltetes Tiefpaßfilter 5. Ordnung sorgt für ein einwandfreies Ausgangssignal. Die Dimensionierung des Filters ist von der jeweils genutzten Abtastrate abhängig, so daß C 22, C 23 und R 17 bis R 19 gemäß Tabelle 1 einzusetzen sind. Bei der Filterdimensionierung wurden auch die Widerstände des in IC 4 integrierten R2R-Netzwerkes mit genutzt.

Das von den Oberwellenanteilen weitestgehend befreite Audio-Signal wird über R 20 und den zur Lautstärkeeinstellung dienenden Poti R 3 sowie über den Koppelkondensator C 3 dem Eingang (Pin 3) des NF-Verstärkers IC 6 zugeführt.

Der in einem Spoligen Dual-Inline-Gehäuse untergebrachte NF-Verstärker sorgt für die erforderliche Verstärkung und liefert bei 9-V-Betriebsspannung 1,2 W an einen 8-Ω-Lautsprecher.

Während das NF-Signal über C 9 gleichspannungsmäßig entkoppelt dem an ST 1 und ST 2 angeschlossenen Lautsprecher zugeführt wird, dienen die Bauelemente R 6 und C 10 zur Schwingneigungsunterdrückung.

Eine zum Betrieb der beiden in IC 5 integrierten Operationsverstärker erforderliche negative Hilfsspannung wird mit IC 9 B bis IC 9 F und externer Beschaltung generiert. Das am Ausgang der parallelgeschalteten Gatter anstehende 16-kHz-Rechtecksignal wird über C 21 auf die beiden Schotky-Dioden D 2 und D 3 gekoppelt. D 2 „klemmt“ den positiven Signalpegel auf Massepotential, und D 3 bildet zusammen mit dem Pufferelko C 2 eine negative Spitzenwertgleichrichtung.

### Nachbau

Zum Nachbau des ELV-EPROM-Sound-Moduls steht eine doppelseitige durchkontaktierte Leiterplatte mit den Abmessungen 100 x 74,5 mm zur Verfügung.

In bewährter Weise werden anhand des Bestückungsplanes und der Stückliste zuerst die niedrigsten Komponenten bestückt. In unserem Fall sind das die beiden Drahtbrücken zur Einstellung der Abtastrate und der EPROM-Größe. Alternativ können hier anstatt Drahtbrücken auch Stiftleisten mit Jumpfern eingesetzt werden.

Bei der weiteren Bestückung ist zu beachten, daß die Dimensionierung der Bauelemente C 22, C 23 und R 17 bis R 19 von der Abtastrate abhängt. Die Bauteilwahl muß daher entsprechend Tabelle 1 erfolgen.

Nach den beiden Codierbrücken werden die Widerstände und Dioden eingelötet, wobei die Dioden zum polaritätsrichtigen



## Stückliste: EPROM-Sound-Modul

### Widerstände

1Ω .....	R6
33Ω .....	R5
180Ω .....	R25
470Ω .....	R21, R24
2,2kΩ .....	R11
4,7kΩ .....	R10, R12, R23
8,2kΩ .....	R14
10kΩ ...	R4, R16, R17*, R18*, R19*
22kΩ .....	R17*, R18*, R19*
39kΩ .....	R22
47kΩ .....	R17*, R18*, R19*
68kΩ .....	R20
100kΩ .....	R1
10MΩ .....	R15
PT15, stehend, 10kΩ .....	R3

### Kondensatoren

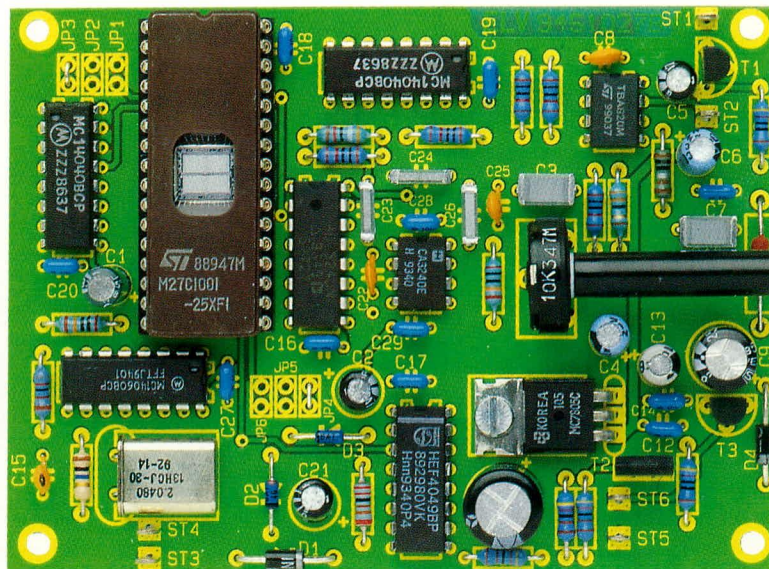
4,7pF/ker .....	C15
82pF/ker .....	C25
330pF/ker .....	C8
680pF/ker .....	C22*
1,5nF .....	C22*
2,7nF .....	C22*
4,7nF .....	C24
6,8nF .....	C23*
12nF .....	C23*
27nF .....	C23*
33nF .....	C26
100nF/ker .....	C7, C12, C14, C16 - C20, C27 - C29
220nF .....	C3, C10
1µF/100V .....	C1
10µF/25V .....	C13
47µF/25V .....	C2, C21, C5
100µF/16V .....	C4, C6
220µF/16V .....	C9
470µF35V .....	C11

### Halbleiter

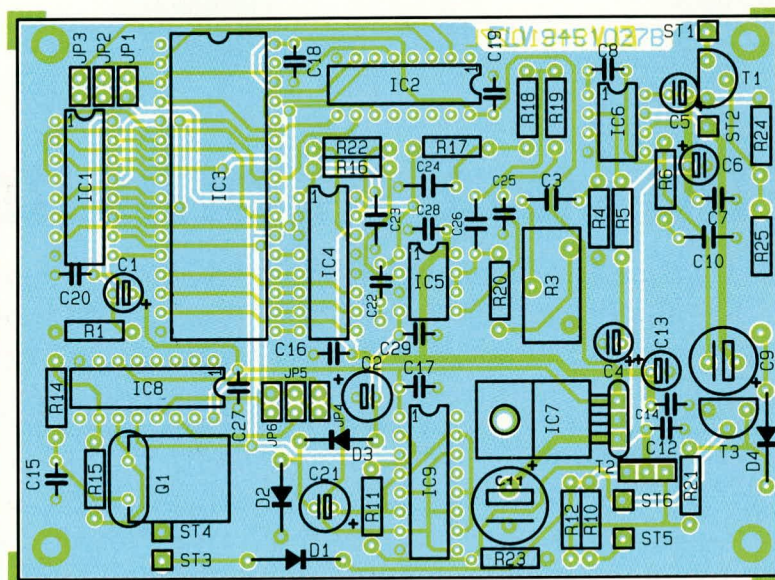
CD4040 .....	IC1, IC2
AD7524 .....	IC4
CA3240 .....	IC5
TBA820M .....	IC6
7805 .....	IC7
CD4060 .....	IC8
CD4049 .....	IC9
BC640 .....	T1
BC337 .....	T3
BD136 .....	T2
1N4001 .....	D1, D4
BAT46 .....	D2, D3

### Sonstiges

Quarz, 2,048MHz .....	Q1
6 Lötstifte mit Lötöse	
Präzisions-IC-Sockel, 32pol	
1 Kunststoffachse, 6x44 mm	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 6 mm	
1 Mutter M3	
3 cm Schaltdraht, blank, versilbert	
1 Diskette 3,5"	



Ansicht der fertig aufgebauten Platine



Bestückungsplan des EPROM-Sound-Moduls

Tabelle 1: Filter-Dimensionierung

Sampling Rate	C 22	C 23	R 17, R18, R 19
4 kHz	2,7 nF	27 nF	47 kΩ
8 kHz	1,5 nF	12 nF	22 kΩ
16 kHz	680 pF	6,8 nF	10 kΩ

Einbau jeweils an der Katodenseite (Pfeilspitze) durch einen Ring gekennzeichnet sind.

Als dann werden die überstehenden Drahtenden der eingelöteten Bauteile so kurz wie möglich abgeschnitten und die Folien- und Keramik Kondensatoren bestückt.

Das Lautstärkepoti R 3 wird mit einer Kunststoffachse versehen und stehend an die dafür vorgesehene Position in die Leiterplatte gelötet.

Danach erfolgt das Einlöten des Quarzes in liegender Position, wie auch auf dem Foto zu sehen ist.

Bei den passiven Bauelementen bleiben

nur noch die Elektrolytkondensatoren, deren Polarität unbedingt zu beachten ist, übrig.

Der 5-V-Spannungsregler wird vor dem Anlöten der Anschlußbeinchen mit einer Schraube M 3 x 6 mm und zugehöriger Mutter auf die Leiterplatte geschraubt.

Zur Aufnahme des EPROMs wird ein 32poliger Präzissionssockel eingelötet, wobei beim Einsatz eines 28poligen EPROMs (27C256, 27C512) die Pins 1, 2, 31 und 32 frei bleiben.

Die Lötstifte mit Öse (ST 1 bis ST 6) werden vor dem Anlöten stramm in die zugehörigen Bohrungen der Leiterplatte gepreßt.

Vor der ersten Inbetriebnahme empfiehlt es sich, die soweit fertiggestellte Leiterplatte hinsichtlich kalter Lötstellen, Lötzinnbrücken und Bestückungsfehlern gründlich zu überprüfen.

Und nun wünschen wir viel Spaß beim kreativen Einsatz des ELV-EPROM-Sound-Moduls.

ELV