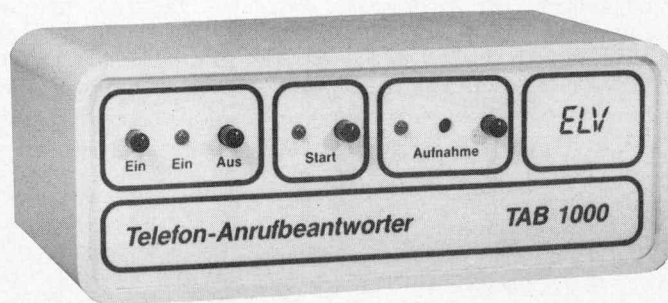


# Telefon-Anrufbeantworter TAB 1000

Vollelektronischer  
Anrufbeantworter mit  
256 k-Digitalspeicher



*Im formschönen Gehäuse der ELV-Serie micro-line stellen wir Ihnen einen in neuester Speichertechnik aufgebauten Telefon-Anrufbeantworter vor. Durch die Verwendung eines neuartigen Sprach-Verarbeitungs-IC ist es möglich, einen ca. 15 Sekunden langen Ansagetext vollkommen digital abzuspeichern und wieder auszulesen. Der Anschluß und die Bedienung dieses außerordentlich preiswert aufzubauenden Telefon-Anrufbeantworters sind denkbar einfach.*

## Allgemeines

Vorgesehen für den Anschluß an „normale“ Haustelefonanlagen, die der Postnorm entsprechen, wurde im ELV Labor eine vollkommen neue Schaltung eines Telefon-Anrufbeantworters entwickelt.

Das Gerät besitzt eine rein digitale Sprachaufzeichnung, d. h. es wird keine Tonbandkassette benötigt, und es sind außer den 4 Bedientasten auch keinerlei sonstige mechanische Verschleißteile eingesetzt.

Auch für die Ankopplung an die Telefonanlage wurde eine neue Schaltung entwickelt, die ohne einen Ausgangsübertrager arbeitet. Hierdurch ergibt sich eine besonders gute Signalausgabe bei voller Bandbreite.

Aus vorstehenden Gründen ist es derzeit jedoch nicht möglich, eine Postzulassung und damit eine FTZ-Nummer für das Gerät zu bekommen. Zwar ist der Anschluß des ELV-Telefon-Anrufbeantworters TAB 1000 ans Postnetz direkt parallel zu einem Posttelefon an die Anschlußklemmen „a“ und „b“ von der funktions-technischen Seite her gesehen ohne weiteres möglich. Die Post hat jedoch etwas dagegen. Wir weisen daher an dieser Stelle nochmals ausdrücklich auf die Einhaltung der postalischen und sonstigen Bestimmungen hin. So bleibt denn der Anschluß an private Telefonanlagen.

## Bedienung und Funktion

Der Anschluß des TAB 1000 erfolgt auf einfache Weise direkt parallel zu einem bestehenden Telefonapparat an die Klemmen „a“ und „b“ (manchmal auch mit La und Lb bezeichnet). Die Anschlußpunkte auf der Platine des TAB 1000 sind entsprechend bezeichnet, wobei die Polarität keine Rolle spielt, d. h. „a“ und „b“ können auch miteinander vertauscht werden. Dies ist aufgrund des eingebauten Brückengleichrichters möglich.

Die Versorgung erfolgt über ein kleines 12 V Gleichspannungs-Steckernetzteil, des-

sen Belastbarkeit bei mindestens 100 mA liegen sollte.

Links auf der Frontplatte des ELV-Telefon-Anrufbeantworters TAB 1000 sind die Tasten zum Ein- und Ausschalten mit der zugehörigen Kontroll-LED zu finden. Durch kurze Betätigung wird das Gerät in den gewünschten Zustand gebracht.

Arbeitet die Stromversorgung über das Steckernetzteil einwandfrei, so leuchtet unmittelbar nach dem Einschalten die LED „Ein“ mit normaler Helligkeit auf. Damit der Digitalspeicher seine Informationen nicht vergißt, und das Gerät auch bei Netzausfall arbeiten kann, wurde ein 9 V-Blockakku vorgesehen, der beim Netzausfall die Versorgung übernimmt. Als Kennzeichnung dafür leuchtet die Kontroll-LED „Ein“, jedoch mit stark verminderter Helligkeit. Sinkt die Akku-Spannung unter ca. 7,5 V ab, schaltet das Gerät automatisch aus. Bei wiederkehrender Netzspannung wird zwar der Akku automatisch geladen, jedoch bleibt der TAB 1000 deaktiviert. Dies ist sinnvoll, da der digital gespeicherte Ansagetext durch Ausfall der Versorgungsspannung gelöscht wurde. Durch Betätigen des „Ein“-Tasters erfolgt die Aktivierung genau wie beim ersten Einschalten.

Zur Aufnahme des Ansagetextes ist die Taste „Aufnahme“ kurz zu drücken. Unmittelbar darauf leuchtet die zugehörige Kontroll-LED zur Kennzeichnung des Aufnahmebeginns. Nach einer Pause von 1 bis 2 Sekunden wird der Ansagetext aufgesprochen. Hierzu besitzt der TAB 1000 ein eingebautes Elektret-Kondensator-Mikrofon, das sich zwischen der Aufnahmetaste und der Kontroll-LED befindet. Der Abstand zwischen Sprecher und Mikrofon sollte ca. 0,2 bis 0,5 Meter betragen. Eine Aussteuerautomatik sorgt hierbei in einem gewissen Rahmen für die optimale Pegel-einstellung.

Die kurze Pause am Textanfang ist zwar technisch nicht erforderlich, jedoch für den

Anrufenden angenehm, da auch im Normalfall, wenn der angerufene Teilnehmer den Hörer abnimmt, eine kurze Zeitspanne bis zum Gesprächsbeginn verstreicht.

Die gesamte Aufzeichnungskapazität des TAB 1000 liegt bei ca. 15 Sekunden. Man glaubt zunächst gar nicht, wieviel Text in 15 Sekunden zu sprechen ist (ohne, daß man sich dabei zum Schnellsprecher entwickeln müßte).

Um sich von der guten Sprachverständlichkeit der digitalen Aufzeichnung und Wiedergabe zu überzeugen, kann der interessierte Leser außerhalb der Geschäftszeiten bei ELV anrufen und folgenden Text in Originalqualität hören (vom 1. Dezember 1987 bis zum 31. Januar 1988):

„Hier ELV – guten Tag.“

Unser Telefon ist zur Zeit nicht besetzt. Sie erreichen uns montags bis freitags von 8 Uhr bis 16 Uhr 30 – ich wiederhole: von 8 Uhr bis 16 Uhr 30.

Wir bedanken uns für Ihren Anruf.

Ende der Mitteilung.“

Vorstehender Text mit einer Länge von knapp 15 Sekunden wurde über den TAB 1000 aufgezeichnet und anschließend im Wiedergabemodus auf einen besonders hochwertigen, postalisch zugelassenen Anrufbeantworter überspielt, so daß auf diese Weise jeder persönlich die Qualität beurteilen kann.

Durch Abheben des parallel angeschlossenen Telefonapparates kann jederzeit der aufgesprochene Text zu Kontrollzwecken mitgehört werden. Während einer Aufnahme sollte der Telefonhörer jedoch auf-liegen.

In der Frontplattenmitte ist eine weitere Kontroll-LED angeordnet, die aufleuchtet, wenn der gespeicherte Text abgerufen wird. Entweder kann hierzu die daneben angeordnete Taste („Aktiv“) betätigt werden oder aber die Auslösung erfolgt automatisch durch einen ankommenden Anruf.

Während der TAB 1000 aktiviert ist, kann zwar durch Abnehmen des parallel ange-

schlossenen Telefons der ausgegebene Text mitgehört werden, jedoch ist keine Signalübertragung vom oder zum anrufenden Teilnehmer möglich. Durch die dominierende, hochwertige Signaleinprägung der Endstufe des TAB 1000 auf die Telefonleitung ergibt sich eine ausgezeichnete Stör- und Unterdrückung, wobei jedes Fremdsignal weitgehend ausgeglichen wird (also auch die Signale vom eigenen oder fremden Telefon).

Durch Betätigen des „Aus“-Tasters kann der TAB 1000 zu jedem Zeitpunkt, also auch während einer Signalausgabe, deaktiviert werden. Dabei wird allerdings auch der digital abgespeicherte Text gelöscht.

Ein neuer Text kann beliebig oft durch Betätigen der Aufnahme-Taste aufgesprochen werden. Der ursprünglich abgespeicherte Text wird automatisch gelöscht. Insgesamt eine sehr einfache Handhabung.

## Zur Schaltung

Beginnen wir gleich mit der Erläuterung der digitalen Sprachsignalaufzeichnung.

Das vom Elektret-Kondensator-Mikrofon kommende NF-Sprachsignal gelangt über C 7 auf den invertierenden (–) Eingang (Pin 6) des Vorverstärkers OP 1, in dessen Rückkopplungsweig zur Verstärkungseinstellung der Widerstand R 11 liegt. Der Ausgang (Pin 7) ist auf den Komparator-Eingang (Pin 29) des IC 1 geschaltet. Der hier anliegende, im IC 1 integrierte Komparator stellt die erste Stufe der verhältnismäßig komplexen Signalverarbeitung im IC 1 dar.

Die gesamte Signal-Umsetz- und Speicherschaltung arbeitet nach dem Prinzip der „Adaptiven Delta Modulation“ (ADM). Die grundsätzliche Funktionsweise ist verhältnismäßig einfach.

Ein Vergleich (Komparator) prüft, ob der Momentanwert des analogen Eingangssignals größer oder kleiner ist als der bis zu diesem Zeitpunkt intern aufsummierte Bezugswert. Entsprechend wird eine „0“ oder „1“ im Speicher abgelegt. Im nächsten Schritt erfolgt erneut ein Vergleich von jetzt aktuellem Analog-Eingangssignal und neuem Bezugswert. Als Ergebnis wird wieder eine „0“ oder „1“ abgespeichert.

Die Digital/Analog-Wandlung erfolgt in umgekehrter Weise durch stromgesteuerte Integration der Digitalinformation. Hierzu werden die abgespeicherten Werte seriell ausgelesen. Steht im Speicher eine „1“, so erhöht sich die Ausgangsamplitude während der Integration, steht im Speicher hingegen eine „0“, wird die Ausgangsamplitude reduziert.

Die komplette A/D- sowie D/A-Wandlung einschließlich der Speicheradressierung erfolgt über das IC 1 des Typs HKA 5003 M in Verbindung mit einem Vierfach-OP und wenigen externen passiven Komponenten. Auf die Beschreibung der im IC 1 ablaufenden, recht komplexen Vorgänge wollen wir an dieser Stelle nicht näher eingehen, da dies den Rahmen unseres Artikels verläßt.

Im Speicher-IC 2 des Typs 41256 können 262 144 Bit (0 oder 1) abgespeichert wer-

den. Für eine 15sekündige Sprach-Speicherzeit bedeutet dies 17 476 Werte pro Sekunde. Bei einer Eingangs-NF-Frequenz von 3000 Hz stehen somit knapp 6 Bits zur Verfügung. Dies ist für eine qualitativ zufriedenstellende Aufzeichnung und Wiedergabe zuwenig. Deshalb besitzt das IC 1 zur Dynamikerhöhung eine steuerbare Stromquelle zur Anpassung der Quantisierungsstufen mittels eines 4-Bit-Schieberegisters. Die Quantisierungsstufen der Stromquelle werden erhöht, sofern sich im Schieberegister nur „Einsen“ oder nur „Nullen“ befinden. Bei kleinen Eingangssignalen bzw. bei niedrigen Frequenzen wird die Quantisierung der Stromquelle auf den niedrigsten Wert gesenkt. Hierdurch wird auch das Grundrauschen reduziert. Dieses „Kompander-Verhalten“ ist auch als „Koinzidenzverfahren“ bekannt. Die Qualität der abgespeicherten und wiedergegebenen Signale läßt im Sprachübertragungsbereich bis 3000 Hz somit eine zufriedenstellende Qualität erreichen.

Damit auch preisgünstige dynamische RAMs, sog. DRAMs eingesetzt werden können, besitzt das IC 1 einen integrierten Refresh-Zähler, wodurch sich der Schaltungsaufbau im Bereich des Speicherbausteins sehr vereinfacht.

Die Signalausgabe erfolgt, wie bereits angesprochen, in serieller Form, wobei innerhalb der Ausgabezeit von ca. 15 Sekunden die gesamten 262 144 Bits ausgelesen werden. Das entsprechende Signal steht an Pin 37 des IC 1 zur Verfügung und gelangt über R 42 auf den Kondensator C 19 (Integrierstufe). Über C 20 erfolgt die Ankopplung an die Ausgangsverstärkerstufe bestehend aus OP 8, T 6 mit Zusatzbeschaltung.

Der Ausgang (Pin 14) des OP 8 steuert über R 49, R 50 die Basis des Endstufentransistors T 6 an. Die Kollektorspannung von T 6 wird sich so einstellen, daß die Spannung am nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 12) des OP 8 den gleichen Wert annimmt, wie die Spannung am invertierenden (–) Eingang (Pin 13). Letztere ist durch den Spannungsteiler R 43, R 44 auf ca. 0,6 V vorgegeben. In Verbindung mit dem Übersetzungsfaktor (R 47/R 48) wird sich am Kollektor von T 6 eine Spannung von ca. 5 V einstellen. Dies natürlich nur dann, wenn das Gerät an der speisenden Telefonanlage betrieben wird.

Die Referenzspannung von 0,6 V (Verbindungspunkt von C 20, R 43 bis R 45) wird jetzt mit dem NF-Signal moduliert, das in verstärkter Form der Gleichspannung am Kollektor von T 6 überlagert wird, wodurch sich die Einspeisung in die Telefonanlage ergibt.

Vorstehend beschriebener Betriebsfall besteht allerdings nur während der Sprachsignalausgabe. In der übrigen Zeit ist T 5 durchgesteuert, wodurch der nicht invertierende (+) Eingang (Pin 12) des OP 8 niedrigeres Spannungspotential führt als der invertierende (–) Eingang. Der Ausgang (Pin 14) liegt auf ca. 0 V und T 6 ist gesperrt. Dieser Zustand entspricht einem aufgelegten Telefonhörer, und an den Klemmen „a“ und „b“ ist die Leerlaufspannung der Telefonanlage entsprechend ca. 50 V bis 60 V zu finden.

Erscheint ein Klingelsignal, so wird dies über C 21, R 46 auf den mit OP 7 mit Zusatzbeschaltung aufgebauten Bandfilter geleitet. Liegen Signalthöhe und Frequenz im üblichen Rahmen, erscheint am Ausgang (Pin 8) des OP 7 ein entsprechendes Wechselspannungssignal. Dieses gelangt über R 39 und D 7 in gleichgerichteter Form auf C 16/R 34. Nach kurzer Zeit überschreitet die Spannung an C 16 und damit am invertierenden (–) Eingang (Pin 2) des OP 6 die Vergleichsspannung, die am nicht invertierenden (+) Eingang (Pin 3) ansteht. Der Ausgang (Pin 1) wechselt von „high“ auf „low“ (ca. 0 V), und T 5 wird über R 35 gesperrt. Hierdurch erfolgt die Freigabe der Endstufe an Pin 12 des OP 8. T 6 steuert so weit durch, daß sich am Kollektor eine Spannung von ca. 5 V einstellt, wodurch der angeschlossenen Telefonanlage die Einschaltung signalisiert wird (entsprechend dem Abheben des Telefonhörers).

Zusätzlich erfolgt über C 14 die dynamische Ansteuerung des OP 5, dessen Ausgang (Pin 7) von „low“ (ca. 0 V) auf „high“ wechselt. Über C 15/R 30 wird ein Impuls auf die Basis des Schalttransistors T 4 gegeben, dessen Kollektor-Emitter-Strecke daraufhin durchsteuert. An Pin 6 („Start“) des IC 1 erscheint ein negativer Impuls, der den Auslesevorgang startet. Da der Gleichspannungspegel am Ausgang (Pin 37) des IC 1 während der Signalausgabe von ca. 0,5 V auf ca. 2 V angehoben wird, ergibt sich über R 28 eine Selbsthaltung des als Komparator geschalteten OP 5. Über D 6 wird C 16 weiter aufgeladen, so daß auch ohne Anliegen eines Klingelsignals der Ausgang des OP 6 (Pin 1) auf „low“-Potential bleibt (T 5 sperrt weiterhin).

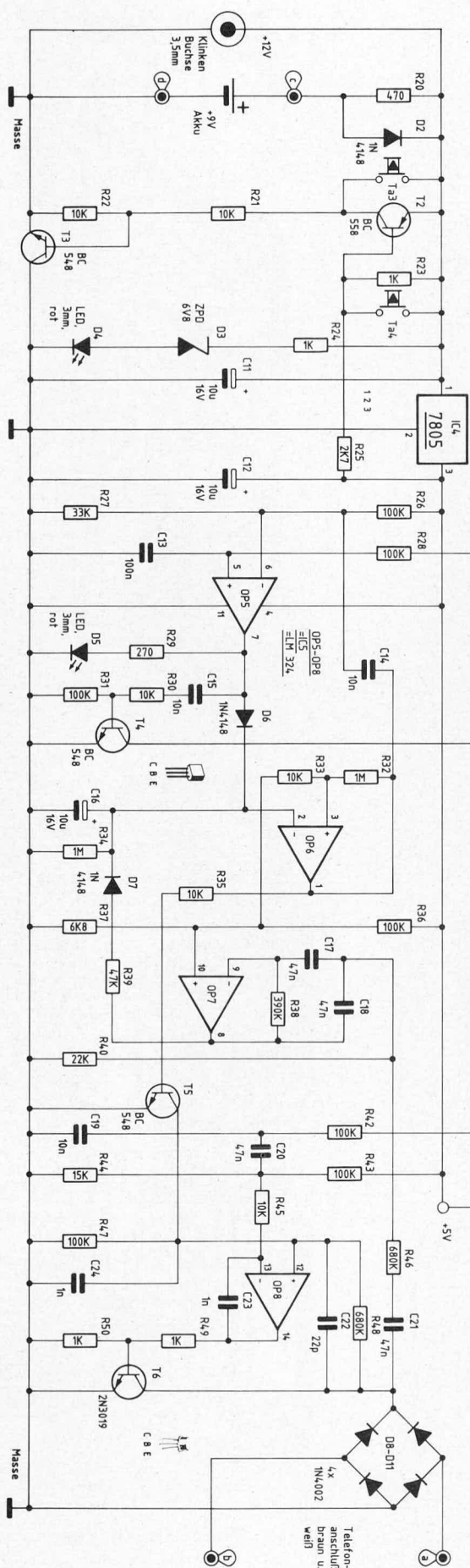
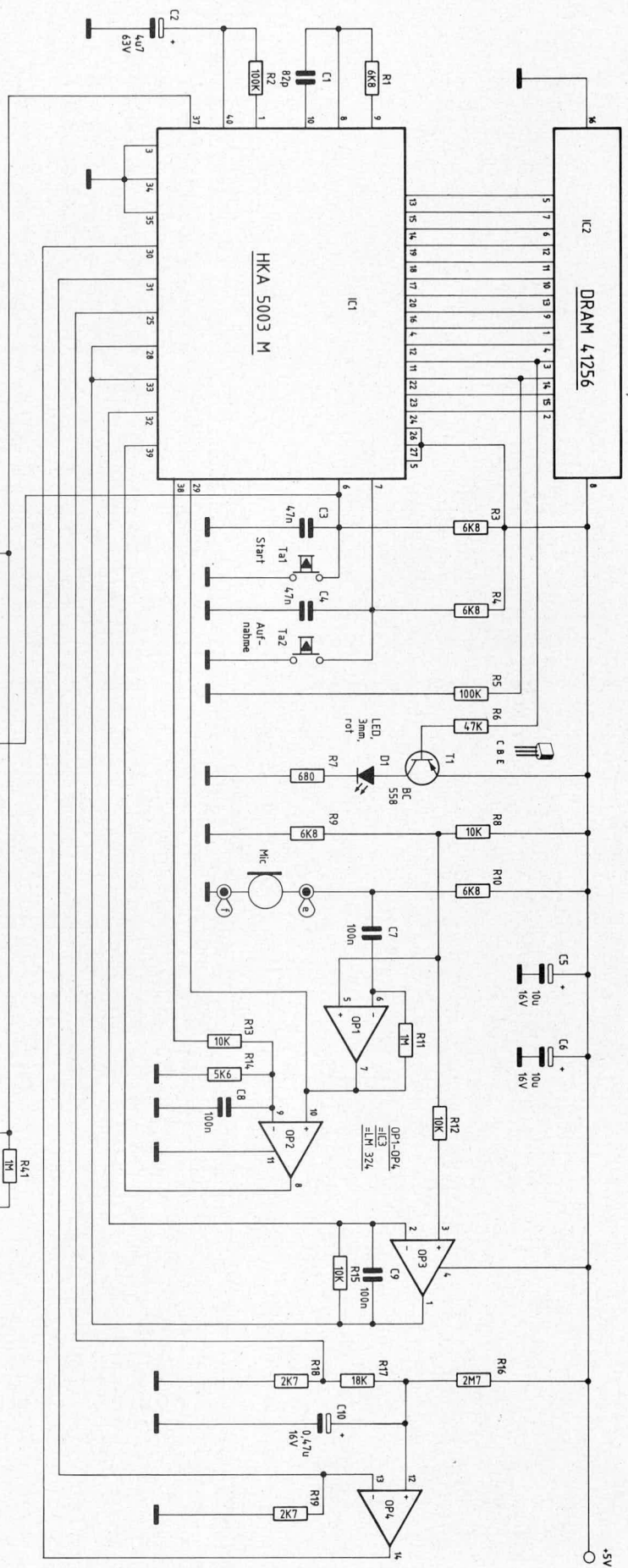
Nachdem die Sprachausgabe abgeschlossen ist, sinkt das Potential an Pin 37 auf ca. 0,5 V ab, und der Ausgang des OP 5 (Pin 7) wechselt auf „low“. C 16 entlädt sich langsam. Nach einigen Sekunden unterschreitet das Potential an Pin 2 des OP 6 die an Pin 3 anliegende Referenzspannung, und der Ausgang (Pin 1) nimmt „high“-Potential an. Über R 35 wird T 5 durchgesteuert, so daß über OP 8 der Ausgangstransistor T 6 sperrt. Der Telefon-Anrufbeantworter ist von der Telefonanlage abgekoppelt. Dieser Zustand entspricht einem aufgelegten Telefonhörer.

Nachdem wir die wesentlichen Merkmale der Schaltung besprochen haben, wollen wir auf die Stromversorgung der Schaltung, die einige Besonderheiten aufweist, eingehen.

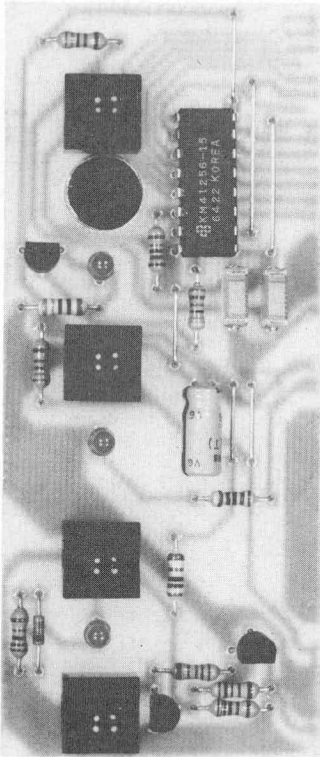
Von einem Steckernetzteil kommende Versorgungsspannung von 12 V wird aufgrund der geringen Strombelastung bei ca. 14 V liegen (13 V bis 15 V). Über R 20 erfolgt eine stetige geringe Ladung des 9 V-Block-Akkus.

Die Kontroll-LED D 4 erhält ihren Betriebsstrom durch den Vorwiderstand R 24 und die Z-Diode D 3. Sie leuchtet mit ihrer normalen Helligkeit.

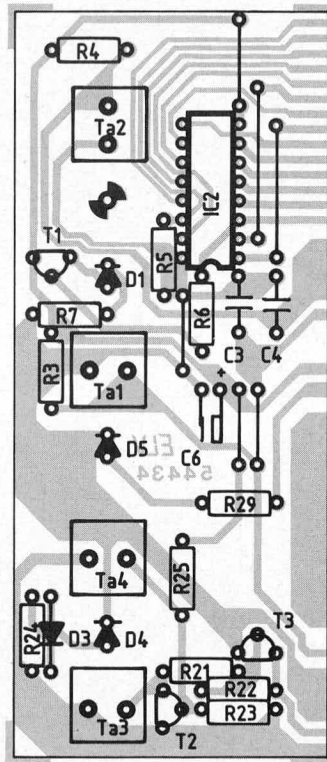
Durch Betätigen des Tasters Ta 3 („Ein“) wird T 3 über R 21 durchgesteuert und die gesamte Schaltung mit Strom versorgt. Bei einer Eingangsspannung von ca. 14 V besteht zwischen dem Eingang und dem Ausgang des Festspannungsreglers IC 4 (Pin 1/



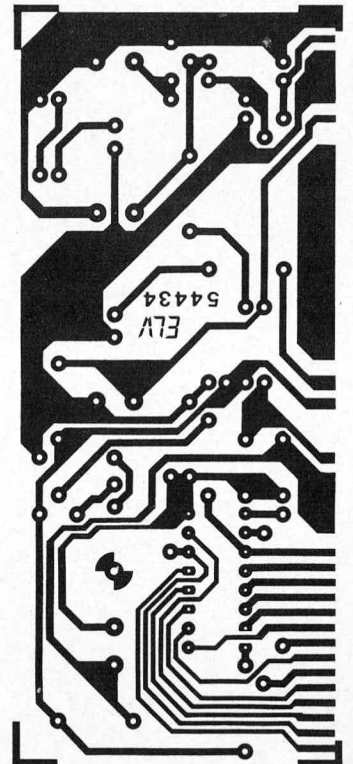
Schaltbild des Telefon-Anrufbeantworters TAB 1000



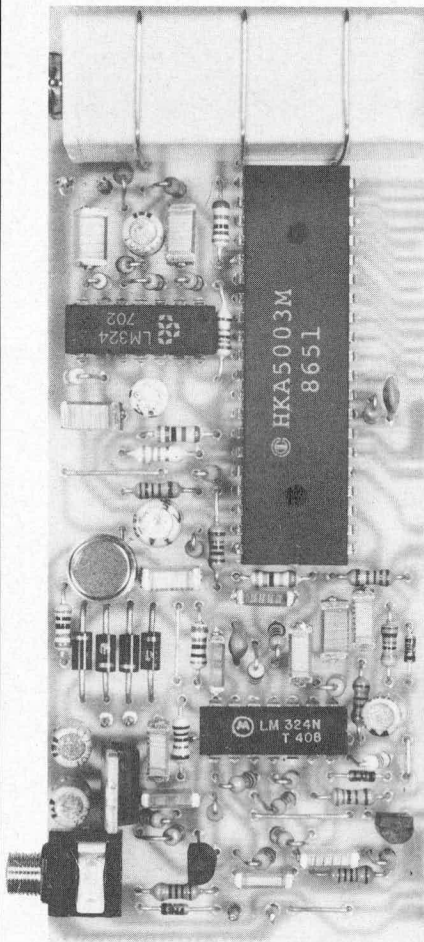
Ansicht der fertig bestückten Tastenplatte



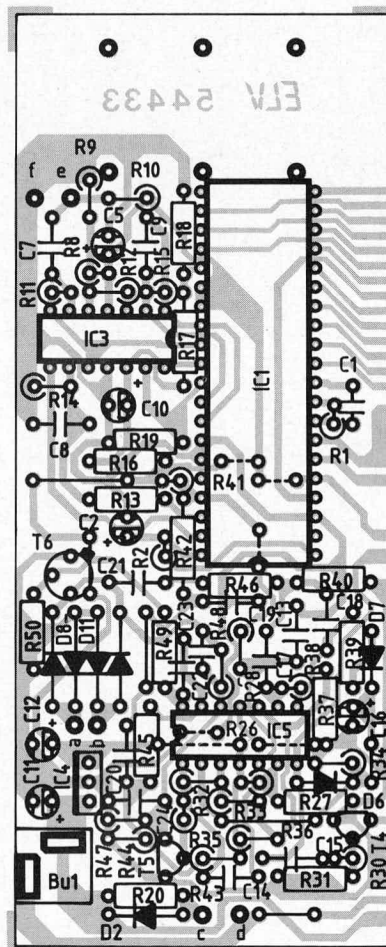
Bestückungsseite der Tastenplatte



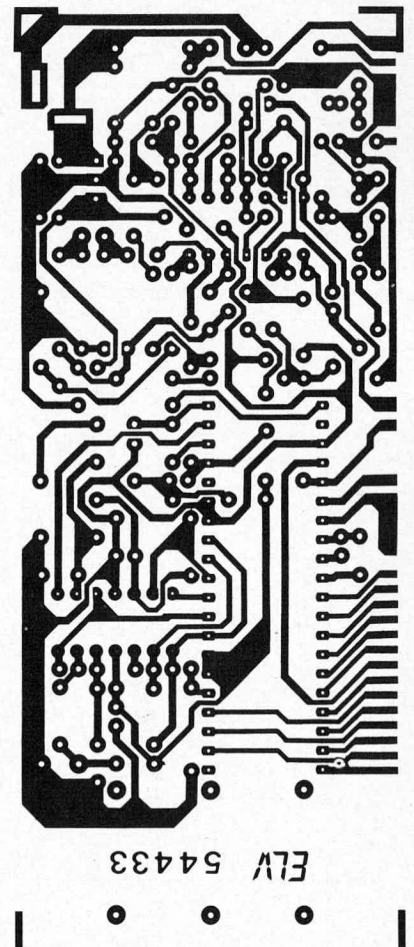
Leiterbahnseite der Tastenplatte



Ansicht der fertig bestückten Basisplatte



Bestückungsseite der Basisplatte



Leiterbahnseite der Basisplatte

Pin 3) eine Spannungsdifferenz von ca. 9 V ( $14\text{ V} - 5\text{ V} = 9$ ). Hierdurch wird T 2 über den Spannungsteiler R 23/R 25 durchgesteuert, so daß auch nach Loslassen der Taste Ta 3 ein Strom über R 21 und die Basis von T 3 fließen kann, d. h. die Schaltung bleibt aktiviert.

Der Festspannungsregler IC 4 des Typs 7805 stabilisiert die Betriebsspannung der gesamten Schaltung auf 5 V.

Fällt die Versorgungsspannung durch das Steckernetzteil aus, schaltet D 2 durch, und der 9 V-Blockakku übernimmt die Speisung. Hierdurch sinkt die Eingangsspannung am Spannungsregler auf ca. 8 V ab. T 2 bleibt jedoch weiterhin durchgesteuert und das Gerät eingeschaltet.

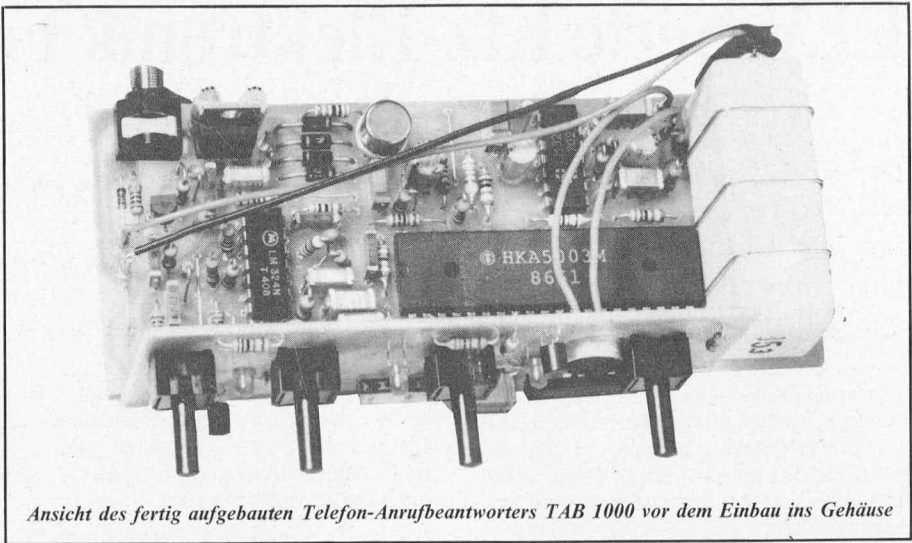
Gleichzeitig wird der Netzspannungsausfall bedingt durch das Absinken der Versorgungsspannung durch ein stark vermindertes Leuchten der Kontroll-LED D 4 signalisiert.

Ist der Pufferakku weitgehend entladen, sinkt dessen Spannung auf 8 V und weniger ab. Hierdurch sinkt die Differenzspannung zwischen Eingang und Ausgang des IC 4 auf Werte ab, die T 2 sperren lassen (unterhalb einer Differenzspannung von ca. 2,5 V). Dadurch sperrt auch T 3, und die gesamte Schaltung wird stromlos. Die Kontroll-LED D 4 erlischt.

Auch wenn die Netzspannung wiederkehrt, wird zwar der Akku wieder automatisch geladen, jedoch bleibt die Schaltung deaktiviert. Erst nachdem die Taste Ta 3 („Ein“) erneut betätigt wird, nimmt das Gerät seinen Betrieb auf. Zunächst ist jetzt der gewünschte Ansagetext aufzusprechen, da dieser während des Stromausfalls gelöscht wurde. Im allgemeinen reicht jedoch die Kapazität des 9 V-Blockakkus aus, um evtl. Netzspannungsausfälle zu überbrücken, und das Gerät behält nicht nur den gespeicherten Text, sondern arbeitet auch in allen übrigen Funktionen während des Netzspannungsausfalls einwandfrei, d. h. bei eingehenden Anrufen wird der Ansagetext wunschgemäß ausgegeben. Dies ist ein weiterer Vorteil der hier vorgestellten Schaltung.

Anschließend wollen wir noch kurz auf die Möglichkeit eingehen, die Länge des Ansagetextes zu verändern.

Aufgrund des beschriebenen Speicherverfahrens ist leicht ersichtlich, daß eine Erhöhung der Abtasterate eine Verkürzung des Ansagetextes und umgekehrt bewirkt. Durch Verändern der Oszillatorfrequenz des im IC 1 integrierten Taktoszillators kann somit sowohl die Qualität als auch die Aufzeichnungsdauer variiert werden. Zuständig sind hierfür die externen Bauelemente R 1 und C 1. In der angegebenen Dimensionierung ergibt sich die eingangs bereits erwähnte Aufzeichnungsdauer von ca. 16 s. Grundsätzlich kann R 1 im Bereich zwischen 3,3 k $\Omega$  und 15 k $\Omega$  verändert werden. Bei kleineren Werten für R 1 erhöht sich die Qualität des Ausgangssignals bei einer Verkürzung der Aufzeichnungsdauer, während die Erhöhung des Widerstandswertes von R 1 eine Verlängerung bewirkt. Veränderungen im Bereich zwischen 10 s und 20 s sind ohne weiteres möglich.



Ansicht des fertig aufgebauten Telefon-Anrufbeantworters TAB 1000 vor dem Einbau ins Gehäuse

**Zum Nachbau**

Anhand der beiden Bestückungspläne ist der Aufbau in gewohnter Weise leicht durchführbar. Zuerst werden die 17 Brücken, anschließend die passiven, dann die aktiven Bauelemente auf die Platinen gesetzt und verlötet.

Das Layout ist so ausgelegt, daß die Schaltung in ein Gehäuse der ELV Serie micro-line eingebaut werden kann.

Nachdem die Bestückung fertiggestellt und noch einmal sorgfältig überprüft wurde, können die beiden Platinen miteinander verlötet werden. Hierbei ist die Basisplatine im rechten Winkel an die Frontplatine zu löten, und zwar so, daß die Frontplatine ca. 1,5 mm unterhalb der Basisplatine hervorsteht. Besonders darauf zu achten ist in diesem Zusammenhang, daß sich keine Lötzinnbrücken zwischen den einzelnen Leiterbahnen an den Verbindungsstellen bilden.

Bei selbst erstellten Leiterplatten passiert es leicht, daß sich sehr feine Verbindungen an den Platinenrändern bilden, die mit dem Auge kaum sichtbar sind, jedoch die Funktion beeinträchtigen können. Dies ist vor dem Zusammenlöten der Platinen noch einmal sorgfältig zu prüfen.

In die Gehäuserückwand ist eine 3,5 mm-Klinkenbuchse zur 12 V-Stromversorgung über ein Steckernetzteil einzubauen und mit flexiblen Leitungen mit den entsprechenden Punkten mit der Basisplatine zu verbinden. Der Anschluß an die Telefonanlage kann entweder direkt über eine 2adrig, flexible isolierte Zuleitung erfolgen oder ebenfalls über eine vorher in die Gehäuserückwand einzubauende 3,5 mm-Klinkenbuchse.

Sollten versehentlich einmal beide Klinkenstecker vertauscht werden, so wird hierdurch im allgemeinen kein Schaden entstehen, sofern unmittelbar darauf der Fehler erkannt und behoben wurde.

Aufgrund der ausgereiften Schaltungstechnik konnte auf einen Abgleich vollkommen verzichtet werden, d. h. gleich, nachdem die Endmontage erfolgt ist und die Platinen ins Gehäuse gesetzt wurden, kann der ELV-Telefon-Anrufbeantworter TAB 1000 seinen Dienst aufnehmen.

**Stückliste:  
Telefon-Anrufbeantworter  
TAB 1000**

**Widerstände**

|                      |                                                              |
|----------------------|--------------------------------------------------------------|
| 270 $\Omega$ .....   | R 29                                                         |
| 470 $\Omega$ .....   | R 20                                                         |
| 680 $\Omega$ .....   | R 7                                                          |
| 1 k $\Omega$ .....   | R 23, R 24, R 49, R 50                                       |
| 2,7 k $\Omega$ ..... | R 18, R 19, R 25                                             |
| 5,6 k $\Omega$ ..... | R 14                                                         |
| 6,8 k $\Omega$ ..... | R 1, R 3, R 4, R 9,<br>R 10, R 37                            |
| 10 k $\Omega$ .....  | R 8, R 12, R 13, R 15,<br>R 21, R 22, R 30, R 33, R 35, R 45 |
| 15 k $\Omega$ .....  | R 44                                                         |
| 18 k $\Omega$ .....  | R 17                                                         |
| 22 k $\Omega$ .....  | R 40                                                         |
| 33 k $\Omega$ .....  | R 27                                                         |
| 47 k $\Omega$ .....  | R 6, R 39                                                    |
| 100 k $\Omega$ ..... | R 2, R 5, R 26, R 28,<br>R 31, R 36, R 42, R 43, R 47        |
| 390 k $\Omega$ ..... | R 38                                                         |
| 680 k $\Omega$ ..... | R 46, R 48                                                   |
| 1 M $\Omega$ .....   | R 11, R 32, R 34, R 41                                       |
| 2,7 M $\Omega$ ..... | R 16                                                         |

**Kondensatoren**

|                         |                                     |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 22 pF .....             | C 22                                |
| 82 pF .....             | C 1                                 |
| 1 nF .....              | C 23, C 24                          |
| 10 nF .....             | C 14, C 15, C 19                    |
| 47 nF .....             | C 3, C 4, C 17, C 18,<br>C 20, C 21 |
| 100 nF .....            | C 7, C 8, C 9, C 13                 |
| 0,47 $\mu$ F/16 V ..... | C 10                                |
| 4,7 $\mu$ F/63 V .....  | C 2                                 |
| 10 $\mu$ F/16 V .....   | C 5, C 6, C 11,<br>C 12, C 16       |

**Halbleiter**

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| LM 324 .....         | IC 3, IC 5    |
| HKA 5003 M .....     | IC 1          |
| 7805 .....           | IC 4          |
| DRAM 41256 .....     | IC 2          |
| BC 548 .....         | T 3, T 4, T 5 |
| BC 558 .....         | T 1, T 2      |
| 2N3019 .....         | T 6           |
| IN4002 .....         | D 8-D 11      |
| IN4148 .....         | D 2, D 6, D 7 |
| ZPD 6,8 V .....      | D 3           |
| LED, 3 mm, rot ..... | D 1, D 4, D 5 |

**Sonstiges**

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 4 Printraster .....     | Ta 1-Ta 4 |
| 1 Elektretmikrofon      |           |
| 1 9 V-Batterieclip      |           |
| 1 Klinkenbuchse, 3,5 mm |           |
| 6 Lötstifte             |           |
| 10 cm Schalt draht      |           |
| 20 cm flexible Leitung  |           |