

Digitales Gitarren- und Klavierstimmgerät



Zur genauen Einstellung von Gitarren und Klavieren dient dieses quartzgesteuerte Stimmgerät mit 4stelliger LCD-Anzeige.

Allgemeines

Die Einstellung von Gitarren, Klavieren und Flügeln stellt an den Musiker hohe Anforderungen. Genau wie bei einem elektronischem Meßgerät, kann ein Musikinstrument nur so gut arbeiten (klingen), wie auch der Abgleich vorgenommen wurde.

Mit dem hier vorgestellten digitalen elektronischen Stimmgerät wird über eine komplexe Ablaufsteuerung die Tonhöhe einer angeschlagenen Saite umgesetzt und auf einem vierstelligen LC-Display quartzgenau angezeigt. Die Meßunsicherheit liegt lediglich bei ± 1 Digit.

Von den technischen Gegenbenheiten her arbeitet das Gerät zuverlässig in einem Frequenzbereich, der unterhalb 50 Hz beginnt und sich bis über 5000 Hz erstreckt.

In der Praxis ist dieser große Frequenzbereich mit diesem Gerät jedoch nicht voll ausschöpfbar, da Töne oberhalb ca. 1000 Hz im allgemeinen eine zu kurze „Standzeit“ aufweisen und Töne unterhalb 100 Hz (bei Klavieren und Flügeln unterhalb ca. 250 Hz) in Verbindung mit einem ausgeprägten Resonanzboden Partialschwingungen aufweisen, die eine einwandfreie digitale Verarbeitung erschweren bzw. unmöglich machen.

Darüber hinaus darf man das Problem eines ausgeprägten Resonanzbodens nicht unterschätzen. Auch im mittleren gut zu verarbeitenden Frequenzbereich können bei vereinzelt Frequenzen, die in einem bestimmten Verhältnis zur Resonanzbo-

denfrequenz stehen, Messungen unmöglich sein.

Vorstehend beschriebene Einschränkungen bzw. Fehlermöglichkeiten sind der Vollständigkeit halber aufgeführt, die jedoch keineswegs in jedem Fall auftreten müssen.

Bei den von ELV vorgenommenen Praxistests haben sich gute Arbeitsmöglichkeiten mit diesem Gerät gezeigt. Bei Gitarren empfiehlt es sich, das Mikrofon direkt in den Resonanzkörper hineinzuhalten, während sich bei Klavieren und Flügeln das Mikrofon in möglichst kleinem Abstand zur „Anschlagstelle“ befindet.

Die Stelle des Anschlages sowie die Einstellung der Ansprechempfindlichkeit sind den individuellen Erfordernissen anzupassen.

Mit der Empfindlichkeitseinstellung wird die Ansprechschwelle eingestellt, bei der der Meßvorgang automatisch ausgelöst wird. Eine Beeinflussung der Verstärkung des Systems erfolgt nicht.

In der Mitte der Anzeige befindet sich ein Doppelpunkt, der erscheint, sobald der Meßvorgang ausgelöst wird. Eine halbe Sekunde nach Erscheinen dieses Doppelpunktes beginnt die Frequenzmessung, die wiederum ebenfalls für 0,5 Sekunden andauert. Aufgrund einer elektronisch vorgenommenen Frequenzverdoppelung erscheint dann das Meßergebnis eine Sekunde nach Meßbeginn auf dem vierstelligen LC-Display.

Nach insgesamt 5 Sekunden erlischt der Doppelpunkt. Dies ist ein Zeichen für die Bereitschaft des Gerätes zu einer neuen Messung.

Wird keine ausreichend hohe Lautstärke auf das Mikrofon gegeben, bleibt das ursprüngliche Meßergebnis bis zum Ausschalten des Gerätes erhalten.

Tabelle I

Grundfrequenzen von Gitarrensaiten

Ton	Frequenz
E	82 Hz
A	110 Hz
d	147 Hz
g	196 Hz
h	247 Hz
e ¹	330 Hz
Weitere markante Frequenzen:	
A	110 Hz
a	220 Hz
a ¹	440 Hz
a ²	880 Hz

Der international festgelegte Kammer-ton a¹ liegt bei exakt 440 Hz. Die jeweils hierzu korrespondierenden „a“-Töne liegen um den Faktor 2 (eine Oktave) darüber oder darunter, entsprechend vorstehender Tabelle.

Wird erneut eine Saite angeschlagen, mit einer Lautstärke, die über dem eingestellten Trigger-Pegel liegt, startet das Gerät automatisch einen neuen Meßvorgang und bringt das Ergebnis zur Anzeige.

Wie bereits erwähnt, kann eine Messung nur dann gestartet werden, wenn der Doppelpunkt auf dem LC-Display erloschen ist. Dies erfolgt jeweils exakt 5 Sekunden nach Beginn einer Messung.

Zur Schaltung

Das IC 2 des Typs 4060 beinhaltet einen Oszillator mit nachgeschaltetem mehrstufigen Binärteiler. Der Oszillator schwingt in Verbindung mit seiner Zusatzschaltung und dem Quarz auf einer Frequenz von exakt 32,768 kHz. Der nachgeschaltete Teiler setzt diese Frequenz auf exakt 2 Hz herab, die an Pin 3 des IC 2 zur Verfügung steht und auf den Steuer-Eingang (Pin 14) des nachgeschalteten IC 3 gelangt.

Im IC 3 des Typs CD 4017 werden die 2 Hz-Eingangsimpulse innerhalb eines insgesamt 5 Sekunden andauernden Meßablaufes in 10 Teilimpulse á 0,5 Sekunden aufgeteilt.

Sobald ein Freigabeimpuls, auf dessen Erzeugung wir im weiteren Verlauf dieser Beschreibung noch näher eingehen wollen, an Pin 13 des IC 3 ansteht, startet der nächstfolgende, von IC 2 kommende 2 Hz-Impuls den 5 Sekunden andauernden Meßzyklus.

Gekennzeichnet wird der Beginn des Meßzyklus durch Erscheinen des Doppelpunktes auf dem LC-Display.

0,5 Sekunden später wird über Pin 4 des IC 3 der vierstellige Dekadenzähler, bestehend aus IC 4 und IC 5, über Pin 10 (IC 4) freigegeben (das Tor wird geöffnet).

Jetzt können die an Pin 9 des IC 4 anstehenden, der Eingangsfrequenz proportionale Impulse gezählt werden. Sowohl im IC 4 als auch im IC 5 sind jeweils 2 Dekadenzähler integriert, deren Ausgänge die Speicher/Treiber-IC's 6 bis 9 (CD 4056) ansteuern, die ihrerseits wieder die LCD-Anzeige betreiben.

0,5 Sekunden nach Torfreigabe (an Pin 10 des IC 4) wird das Tor wieder gesperrt. Der anschließende Speicherimpuls übernimmt den gültigen Zählerstand in die Speicher der IC's 6 bis 9, die ihrerseits den entsprechenden Frequenzwert auf der Anzeige erscheinen lassen.

Kurze Zeit später erfolgt über Pin 3 des IC 3 eine automatische Rücksetzung des IC's 4 und 5, ohne daß dabei die Anzeige beeinträchtigt wird. Das Ergebnis bleibt weiterhin sichtbar. Lediglich ist jetzt das Gerät für einen neuen Meßzyklus bereit. Angezeigt wird dies durch Verlöschen des Doppelpunktes auf dem LC-Display.

Alles in allem hat der eben beschriebene Meßzyklus 5 Sekunden andauert, wobei das Ergebnis bereits nach ca. 1 Sekunde nach Meßbeginn angezeigt wird.

Die Meßfrequenz wird über ein Mikrofon dem Eingang des Meßverstärkers über C 1 zugeführt. Hier erfolgt eine ca. 470fache Verstärkung, die mit den Widerständen

R 3, R 4 festgelegt wurde. C 4 dient zur gleichspannungsmäßigen Entkopplung, die bei einer so hohen Verstärkung sinnvoll ist. Gleichzeitig wird hierdurch eine Begrenzung der unteren Frequenz vorgenommen, so daß die Empfindlichkeit bei Frequenzen unterhalb 50 Hz kontinuierlich abnimmt, um sehr niederfrequente Störeinflüsse auszuschließen.

Die obere Grenzfrequenz wird durch C 3 und in gewissem Maße auch durch C 9 (Rückkopplungsweig des OP 2) festgelegt.

Das am Ausgang des OP 1 (Pin 8) anstehende hochverstärkte Eingangssignal gelangt zur Weiterverarbeitung auf den nachgeschalteten, als Komparator mit Schmitt-Trigger-Charakteristik arbeitenden OP 2, an dessen Ausgang (Pin 1) „saubere“ Rechtecksignale mit voller Amplitude (ca. ± 4 V) zur Verfügung stehen.

In Verbindung mit R 14, R 15, C 10, C 11 sowie N 1, N 2, werden diese Rechteckimpulse in ihrer Frequenz verdoppelt. Dies geschieht, indem die positive Flanke des Rechteckimpulses über C 11/R 14 und die negative Flanke über N 1 sowie C 10/R 15 differenziert und dadurch an jeder Flanke über N 2 ein kurzer Impuls generiert wird.

Mit Hilfe dieser einfachen Frequenzverdoppelung konnte die Meßzeit ohne größeren Aufwand auf 0,5 Sekunden reduziert werden.

Um Störeinflüsse während des Anschlages einer Saite auszuschließen, beginnt die eigentliche Frequenzmessung 0,5 Sekunden, nachdem die Schaltung getriggert wurde.

Zum Auslösen des Meßvorganges (Triggern) wird vom Ausgang des OP 1 (Pin 8) das verstärkte Signal nicht nur dem Komparator OP 2 zugeführt, sondern zusätzlich über R 21 auf den positiven Eingang (Pin 5) des OP 4 gegeben. Dieser arbeitet in Verbindung mit R 22 ebenfalls als Komparator mit geringer Hysterese.

Sobald das an Pin 8 des OP 1 anstehende Meßsignal den mit R 19 eingestellten Trigger-Pegel überschreitet, wechselt der Ausgang des OP 4 (Pin 4) von ca. -4 V auf $+4$ V, wodurch der Speicher N 3/N 4 über Pin 1 gesetzt wird.

Dies bedeutet, daß der Ausgang (Pin 3 von N 3) auf „low“ geht und über Pin 13 des IC 3 die Ablaufsteuerung in Betrieb setzt.

Gleichzeitig wird über Pin 4 des Gatters N 4 der Transistor T 1 durch ein „high“-Signal angesteuert, und der Doppelpunkt erscheint auf dem LC-Display.

Dies ist das optische Zeichen für den Meßbeginn. Wie bereits erwähnt, erfolgt die eigentliche Messung exakt 0,5 Sekunden später, d. h., von 0,5 Sekunden bis 1,0 Sekunden nach Erscheinen des Doppelpunktes.

Nach insgesamt 5 Sekunden wird über Pin 3 des IC 3 ein Rücksetzen der Zähler-IC's 4 und 5 vorgenommen. Gleichzeitig erfolgt über Pin 6 des Gatters N 4 ein Rücksetzen dieses Speichers, so daß auch der auf dem LC-Display befindliche Doppelpunkt erlischt. Die Schaltung ist für einen neuen Meßzyklus bereit.

Die Spannungsversorgung erfolgt über eine 9 V-Blockbatterie, die je nach Kapazi-

tät für eine Betriebszeit von 10 bis 50 Stunden ausreicht.

Mit dem OP 3 wird in Verbindung mit R 16 und R 17 ein künstlicher Spannungsmittelpunkt (Schaltungsmasse) erzeugt.

Der Analog-Teil arbeitet mit der Gesamtversorgungsspannung von 9 V und bezieht sich jeweils auf die Schaltungsmasse, während der Digital-Teil lediglich mit der oberen Hälfte der Versorgungsspannung betrieben wird. Die Spannungangaben beziehen sich immer auf die Schaltungsmasse (Pin 14 des OP 3).

Zum Nachbau

Damit die Schaltung in ein handliches kleines Gehäuse eingebaut werden kann, steht für die praktische Realisierung eine Leiterplatte mit den Abmessungen 72 mm x 108 mm zur Verfügung. Angesichts der umfangreichen Schaltung mit insgesamt 10 IC's sowie zahlreicher Zusatzbeschaltung, ist dies eine kleine Fläche, zumal wir bemüht sind, wenn irgend möglich, nur einseitig beschichtete Leiterplatten zu verwenden und auf den Einsatz von doppelseitig-durchkontaktierten Platinen zu verzichten. Wir wissen, daß ein großer Teil unserer Leser die Platinen gerne selbst herstellt.

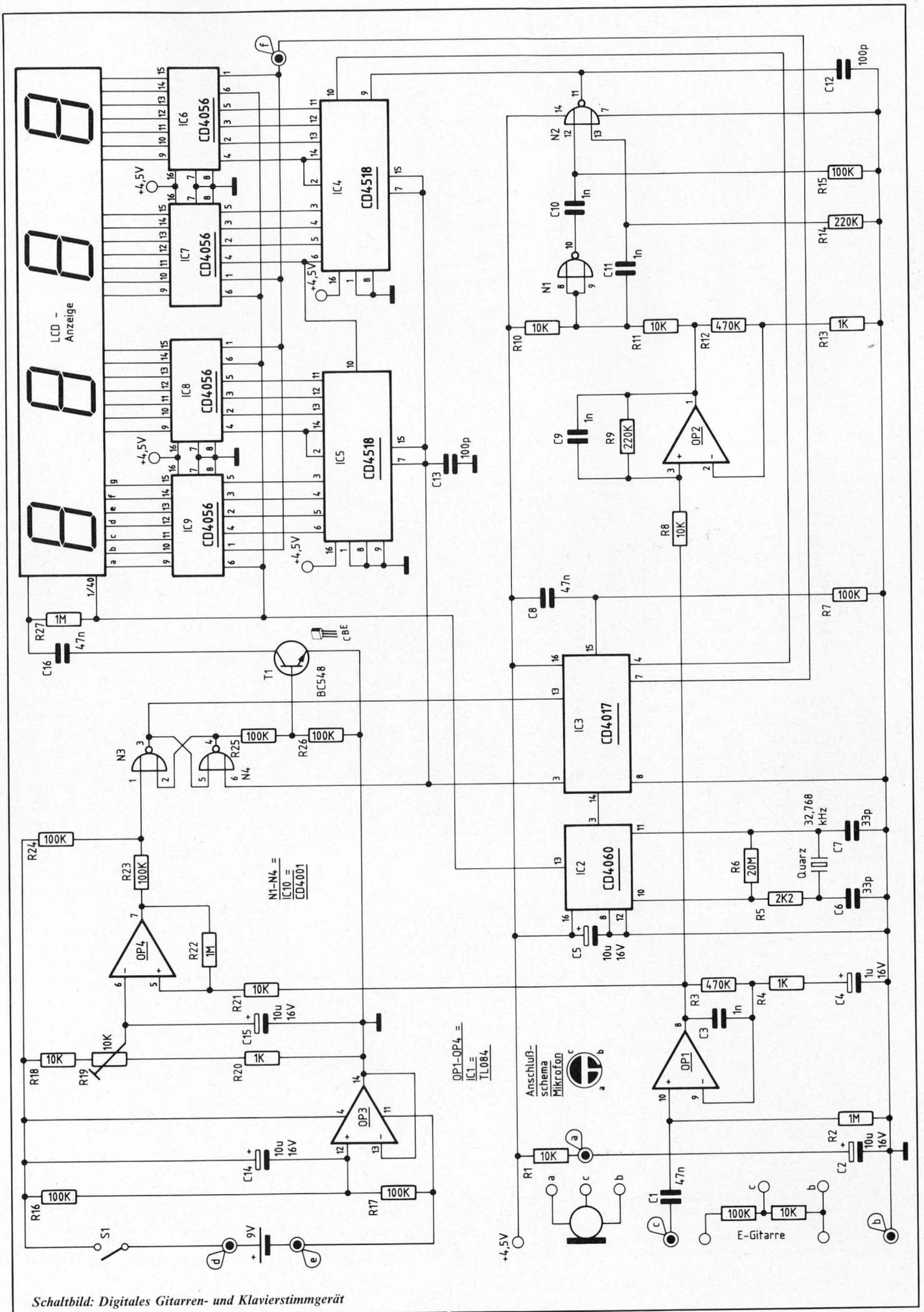
Im vorliegenden Fall konnte, wenn auch mit einiger Mühe, die gesamte Schaltung auf einer Platine mit einseitiger Leiterbahnführung untergebracht werden. Dies hat allerdings eine sehr enge und feine Leiterbahnführung zur Folge. Zur einwandfreien Funktion der Schaltung ist daher ein besonders sauberes und feines Löten erforderlich, damit keine Lötzinnbrücken entstehen. Auch auf Haarrisse oder feine Leiterbahnkurzschlüsse ist zu achten.

Die Bestückung wird in gewohnter Weise anhand des Bestückungsplanes vorgenommen, wobei zunächst die passiven und anschließend die aktiven Bauelemente auf die Platine zu setzen und zu verlöten sind. Die beiden Sockelhälften für die spätere Befestigung der LCD-Anzeige werden zuletzt auf die Leiterplatte gesetzt, wobei an einigen Stellen die Kontakte zu entfernen sind. Für nicht benötigte Anschlüsse der LCD-Anzeige wurden auch keine Bohrungen auf der Platine vorgesehen. Dies hat den Vorteil, daß an den entsprechenden Stellen mehr Platz für Leiterbahndurchführungen ist, ohne daß diese unnötig schmal gemacht werden müssen.

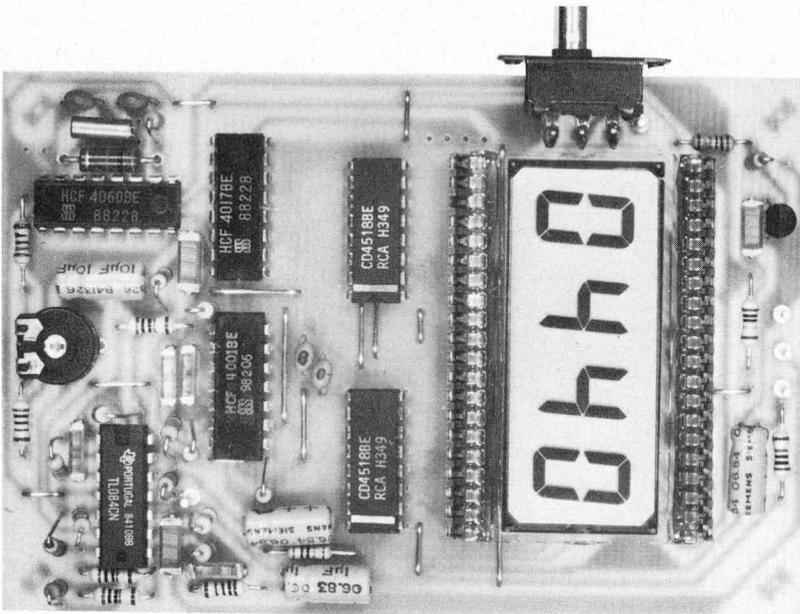
Auf der Leiterbahnseite der Platine sind jeweils die Anschlußbeinchen 1 der IC's 6 bis 9 mit dem Platinenanschlußpunkt „f“ mit isolierten Drähten zu verbinden.

Außerdem wird der Kondensator C 5 auf der Leiterbahnseite angebracht.

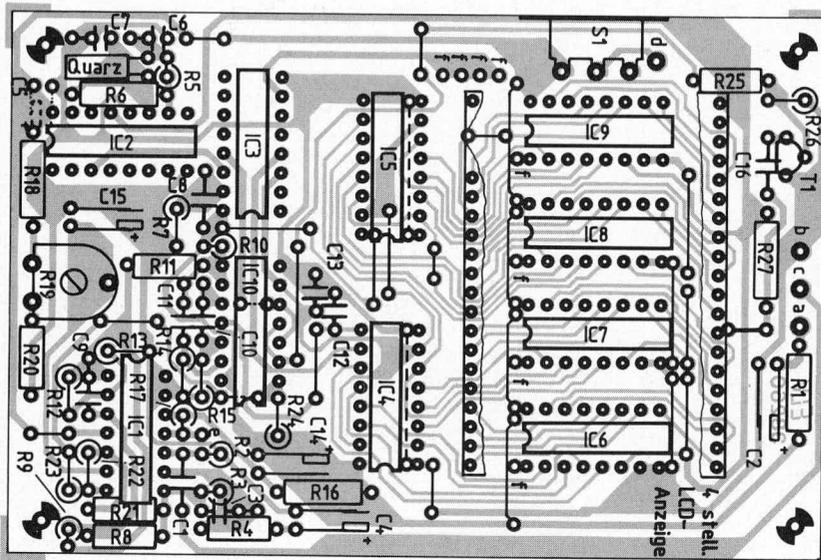
Als letztes wird eine 2adrige abgeschirmte isolierte Zuleitung an die Platinenanschlußpunkte „a“, „b“ sowie „c“ angelötet und an der Stirnseite des Gehäuses herausgeführt („b“ = Abschirmung = Masse). An das Ende der ca. 1 m langen Zuleitung kann das Mikrofon entsprechend der Anschlußbelegungsskizze angelötet und ggf. mit einem ca. 3 cm langen Schrumpfschlauchabschnitt fixiert und geschützt werden.



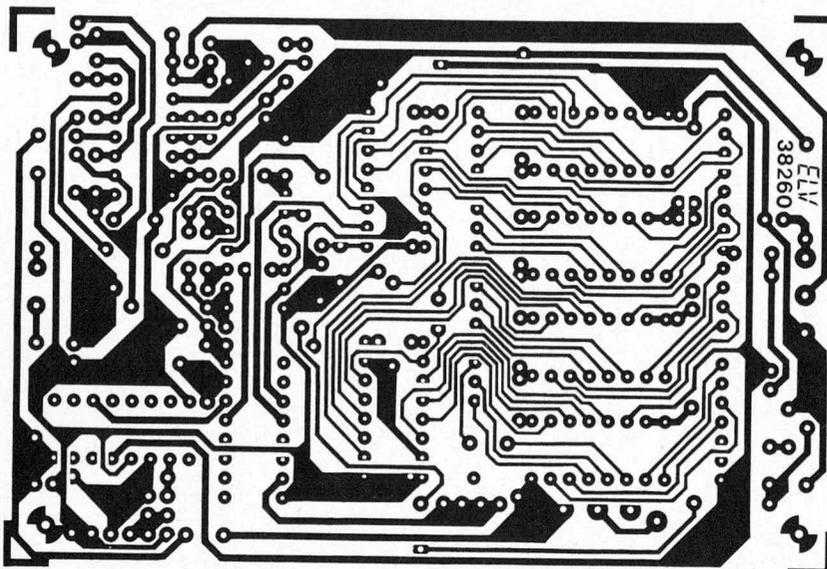
Schaltbild: Digitales Gitarren- und Klavierstimmgerät



Ansicht der fertig bestückten Platine des Digitalen Gitarren- und Klavierstimmgerätes



Bestückungsseite der Platine des Digitalen Gitarren- und Klavierstimmgerätes



Leiterbahnseite der Platine des Digitalen Gitarren- und Klavierstimmgerätes

Wahlweise besteht auch die Möglichkeit, den Eingang („c“ und „b“) direkt an den Ausgang einer E-Gitarre oder eines äquivalenten Vorverstärkeranschlusses anzuschließen. Hierbei empfiehlt es sich, eine Pegelanpassung mit Hilfe des eingezeichneten Spannungsteilers vorzunehmen, der zwischen Vorverstärkeranschlüssen und Stimmgerät-Eingang geschaltet wird.

Eine Kalibrierung der Schaltung ist nicht erforderlich.

Die Einstellung des Trigger-Pegel-Potis R 19 erfolgt experimentell, indem der günstigste Wert für das jeweilige Musikinstrument gewählt wird, wobei die Lage des Mikrofons von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Wir wünschen Ihnen beim Aufbau und späteren Einsatz dieses interessanten Gerätes viel Erfolg.

Stückliste Digitales Gitarren- und Klavierstimmgerät

Halbleiter

IC 1	TL 084
IC 2	CD 4060
IC 3	CD 4017
IC 4, IC 5	CD 4518
IC 6-IC 9	CD 4056
IC 10	CD 4001
T 1	BC 548

Kondensatoren

C 1, C 8	47 nF
C 2, C 5	10 μ F/16 V
C 3	1 nF
C 4	1 μ F/16 V
C 6, C 7	33 pF
C 9-C 11	1 nF
C 12, C 13	100 pF
C 14, C 15	10 μ F/16 V
C 16	47 nF

Widerstände

R 1, R 8	10 k Ω
R 2, R 22, R 27	1 M Ω
R 3, R 12	470 k Ω
R 4, R 13, R 20	1 k Ω
R 5	2,2 k Ω
R 6	20 M Ω
R 7, R 15-R 17	100 k Ω
R 9, R 14	220 k Ω
R 10, R 11, R 18	10 k Ω
R 19	10 k Ω , Trimmer liegend
R 21	10 k Ω
R 23-R 26	100 k Ω

Sonstiges

- 1 LCD-Anzeige 4stellig
- 1 40pol. IC-Sockel
- 1 Elektretmikrofon
- 1 Quarz 32,768 kHz
- 1 Schiebeschalter 1 x um
- 1 Batterieclip 9 V
- 100 cm 2adriges abgeschirmtes Kabel
- 20 cm isolierter Schaltaht
- 20 cm Silberdraht
- 5 Lötstifte