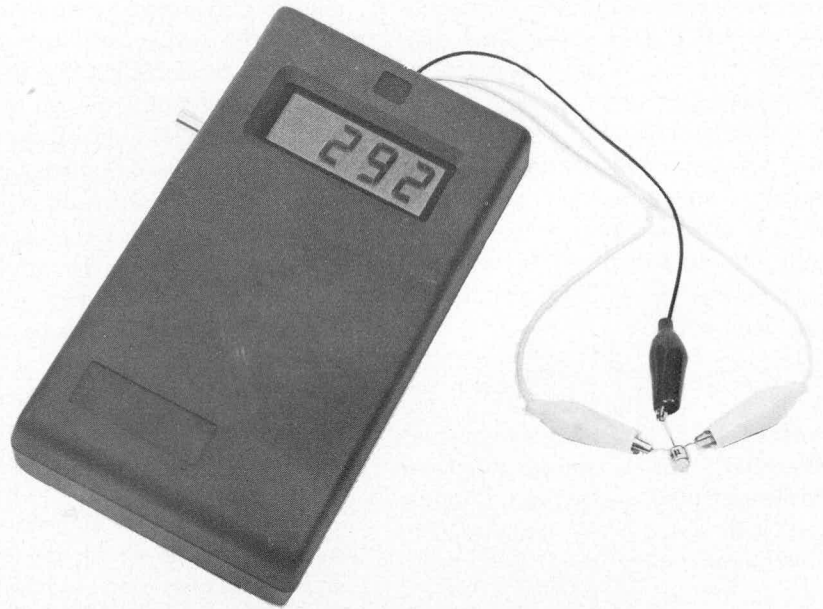


Transistortester mit LCD-Anzeige



Mit der hier vorgestellten Schaltung können sowohl NPN- als auch PNP-Transistoren schnell, einfach und sehr genau untersucht werden. Nach dem Einschalten des Gerätes und Anklemmen des zu prüfenden Transistors wird der Verstärkungsfaktor (Verhältnis des Kollektorstromes zum Basisstrom) sofort auf dem 3 $\frac{1}{2}$ -stelligen Display mit einer Genauigkeit, die meist besser als 1 % ist, angezeigt.

Die fertig aufgebaute Schaltung findet in dem gleichen formschönen und handlichen Gehäuse Platz, wie unser beliebtes und inzwischen 1000fach bewährtes LCD-Thermometer aus ELV-Nr. 7.

Allgemeines

Um die Brauchbarkeit von Transistoren zu überprüfen, reicht es meistens nicht aus zu messen, ob der Transistor überhaupt arbeitet oder nicht. Vielmehr ist der tatsächliche Verstärkungsfaktor von Interesse.

Liegt dieser bei Kleinsignaltransistoren unter 100, so handelt es sich wahrscheinlich um mindere Qualität, und der Transistor ist nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr einsetzbar, obwohl er nicht defekt ist. (Leistungs-transistoren dürfen selbstverständlich kleinere Verstärkungen aufweisen.)

Bei vielen Anwendungen ist es auch vorteilhaft, Transistoren mit möglichst gleichen Verstärkungsfaktoren einzusetzen (z. B. in Gegentaktverstärkerstufen).

Aus diesem Grund werden viele Transistoren mit den Zusatzbuchstaben A, B oder C gekennzeichnet, wobei die A-Typen die kleinste (min. 100fache) und die C-Typen die größte (bis ca. 900fache) Verstärkung aufweisen. Die B-Typen liegen mit Verstärkungsfaktoren von 200 bis 600 dazwischen

(nach Typ und Hersteller verschieden). Durch diese Klassifizierung hat man zumindest eine ungefähre Vorstellung von den Verstärkungsfaktoren der eingesetzten Transistoren, obwohl auch hierbei innerhalb einer Gruppe noch nennenswerte Unterschiede auftreten können. Da die Qualität einer Schaltung in vielen Anwendungsfällen (z. B. in der Verstärkertechnik) wesentlich von der guten Übereinstimmung der eingesetzten Transistoren abhängig ist, entwickelten wir ein Gerät, das nicht nur die Funktionstüchtigkeit der Transistoren als solche testet, sondern darüber hinaus den Verstärkungsfaktor von 0 bis 2000 anzeigt mit einer Genauigkeit, die je nach Abgleich und verwendeten Bauelementen deutlich besser als 1 % sein kann.

Nachfolgend soll auf das Prinzip und die Schaltung näher eingegangen werden.

Funktionsprinzip

Anhand von Bild 1 können wir uns das Prinzip der Messung des Verstärkungsfaktors B leicht verdeutlichen.

Über eine Konstantstromquelle wird in die Basis des zu prüfenden Transistors ein exakt definierter Strom eingespeist. Durch die Eigenschaft dieses Schaltungsteils ist der Strom unabhängig von der Versorgungsspannung und dem Spannungsabfall an der Basis-Emitter-Strecke des zu prüfenden Transistors (ca. 0,3 V bei Germanium-Transistoren und ca. 0,7 V bei Silizium-Transistoren).

Der Kollektorstrom dieses Transistors ergibt sich durch Multiplizieren des Basisstromes mit dem Verstärkungsfaktor, oder, anders ausgedrückt, ergibt sich der Verstärkungsfaktor B aus dem Verhältnis von Kollektorstrom zu Basisstrom.

Da der Basisstrom konstant ist, braucht nur noch der Kollektorstrom gemessen und durch den Basisstrom dividiert zu werden, und man hat den gesuchten Verstärkungsfaktor. Diese „Messungen und Rechnungen“ werden selbstverständlich vom Gerät automatisch durchgeführt, so daß beim Anschluß eines Prüflings sofort die richtige Anzeige erscheint.

In unserem Fall wird der Kollektorstrom über einen Meßwiderstand geführt und die daran abfallende Spannung, welche bekanntlich proportional zum Widerstand ist, dem A/D-Wandler ICL 7106 von Intersil zugeführt.

Für diejenigen unter unseren Lesern, die sich besonders für die Theorie mit der dazugehörigen Mathematik interessieren, wollen wir kurz die Formeln, die zur direkten Anzeige des Verstärkungsfaktors führen, herleiten:

Die Anzeige des ICL 7106 ergibt sich aus der Formel:

$$1. \text{ Anzeige} = \frac{U_{\text{ein}}}{U_{\text{ref}}} \cdot 1000$$

wobei U_{ein} die Eingangsspannung des IC's bzw. der Spannungsabfall am Meßwiderstand $R_{\text{meß}}$ und U_{ref} die mit R 18 auf 100 mV einzustellende Referenzspannung ist.

$$2. U_{\text{ein}} = R_{\text{meß}} \cdot I_C$$

$$3. I_C = B \cdot I_{\text{Basis}}$$

Setzt man Formel 3 in Formel 2 und diese dann anschließend in Formel 1 ein, so ergibt sich:

$$\text{Anzeige} = B \cdot \frac{R_{\text{meß}} \cdot I_{\text{Basis}} \cdot 1000}{U_{\text{ref}}}$$

Für die in unserem Fall eingesetzten Werte ergibt sich daraus:

$$\text{Anzeige} = B \cdot \frac{10 \Omega \cdot 10 \mu\text{A} \cdot 1000}{100 \text{ mV}}$$

$$\text{Anzeige} = B \cdot \frac{10 \Omega \cdot 0,00001 \text{ A} \cdot 1000}{0,1 \text{ V}} = 1$$

$$\text{Anzeige} = B$$

Wir sehen also, daß der Verstärkungsfaktor direkt angezeigt wird.

Die Berechnungen gelten selbstverständlich genauso für PNP- wie für NPN-Transistoren.

Zur Schaltung

Einen wesentlichen Bestandteil der Schaltung des Transistortesters stellt der 3 $\frac{1}{2}$ stellige monolithische A/D-Wandler des Typs ICL 7106 von Intersil dar. Alle notwendigen aktiven Elemente wie BCD-Sieben-Segment-Dekodierer, Treiberstufen für das Display, Referenzspannung und Takterzeugung sind auf dem Chip realisiert. Der ICL 7106 ist wegen des niedrigen Stromverbrauchs für den Betrieb mit einer Flüssigkristallanzeige ausgelegt.

Um die Schaltung für den Transistortester aufbauen zu können, sind lediglich noch einige externe Bauelemente für den A/D-Wandler sowie die Bauteile für die beiden Stromquellen erforderlich. Es werden zwei Stromquellen benötigt, da die Schaltung, wie schon erwähnt, universell sowohl für NPN- als auch für PNP-Transistoren einsetzbar ist und diese Basisströme mit verschiedener Polarität benötigen.

Auf die Funktionsweise des A/D-Wandlers soll hier nicht näher eingegangen werden, da dieser an anderer Stelle bereits ausführlich beschrieben wurde.

Die beiden Konstantstromquellen sollen dagegen nachfolgend ausführlich behandelt werden:

Die aus den Bauteilen R 5 bis R 11, C 1, T 1 sowie $\frac{1}{2}$ MC 1458 aufgebaute Konstantstromquelle ist für die Messung an NPN-Transistoren ausgelegt, da sie einen positiven Strom in die Basis des Prüflings einspeist.

An dem Spannungsteiler, bestehend aus R 5 bis R 7, liegt eine Konstantspannung von ca. 2,8 V an, die von der internen Referenz des ICL 7106 erzeugt wird.

Am nicht invertierenden (+) Eingang des Operationsverstärkers liegen ca. 0,22 V gegenüber der Versorgungsspannung von +9 V.

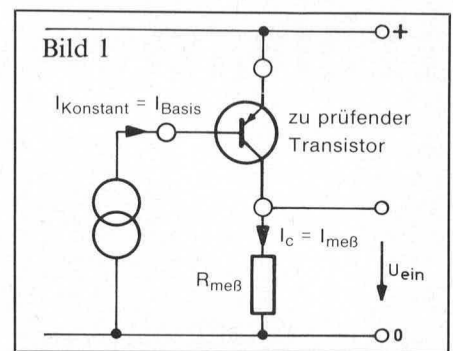
Der invertierende (-) Eingang des Operationsverstärkers vergleicht nun diese Spannung mit dem Spannungsabfall an R 10 und steuert dann T 1 so an, daß beide Spannungen gleich sind.

Da auf diese Weise an R 10 ebenfalls eine konstante Spannung anliegt, fließt auch zwangsläufig ein konstanter Strom hindurch, der in guter Näherung gleich dem Emitter- und somit ebenfalls in guter Näherung gleich dem Kollektorstrom von T 1 ist, der wiederum in die Basis des Prüflings eingespeist wird.

Der sich im Emitterkreis desselben ergebende Strom fließt durch den Meßwiderstand R 15, dessen Spannungsabfall von dem A/D-Wandler IC 2 weiterverarbeitet und angezeigt wird.

Die Funktion der zweiten Stromquelle ist ähnlich, nur daß hier die Spannungen auf den unteren Punkt (Common, Pin 30, 32, 35 von IC 2) bezogen werden und daß ein negativer Strom in den Prüfling eingespeist wird.

Zu beachten ist noch, daß vor Meßbeginn der Schalter S 1 in der richtigen Stellung ist und daß die Anschluß-



klemmen der Polarität des zu prüfenden Transistors entsprechend angeschlossen werden.

Für NPN-Transistoren gilt: A = Kollektor, B = Basis, C = Emitter, während für PNP-Transistoren gilt: A = Emitter, B = Basis, C = Kollektor.

Solange mindestens die Basis korrekt angeklemt wurde, passiert im allgemeinen bei Fehlschließungen nichts. Lediglich der angezeigte Verstärkungsfaktor ist sehr gering.

Wird jedoch zwischen die Klemmen A und C z. B. die Basis-Emitter-Strecke eines Transistors in Flußrichtung gelegt oder werden diese beiden Klemmen versehentlich kurzgeschlossen, so geht die Anzeige augenblicklich auf Überlauf. Dies ist unbedingt zu vermeiden, da hierdurch das IC 2 nach kurzer Zeit überhitzt und zerstört würde.

Aufbau

In den meisten Fällen soll die fertig bestückte Platine in ein Gehäuse eingebaut werden, zumal hierfür schon eine entsprechende Möglichkeit vorgesehen ist.

Zweckmäßigerweise geht man beim Aufbau deshalb wie folgt vor:

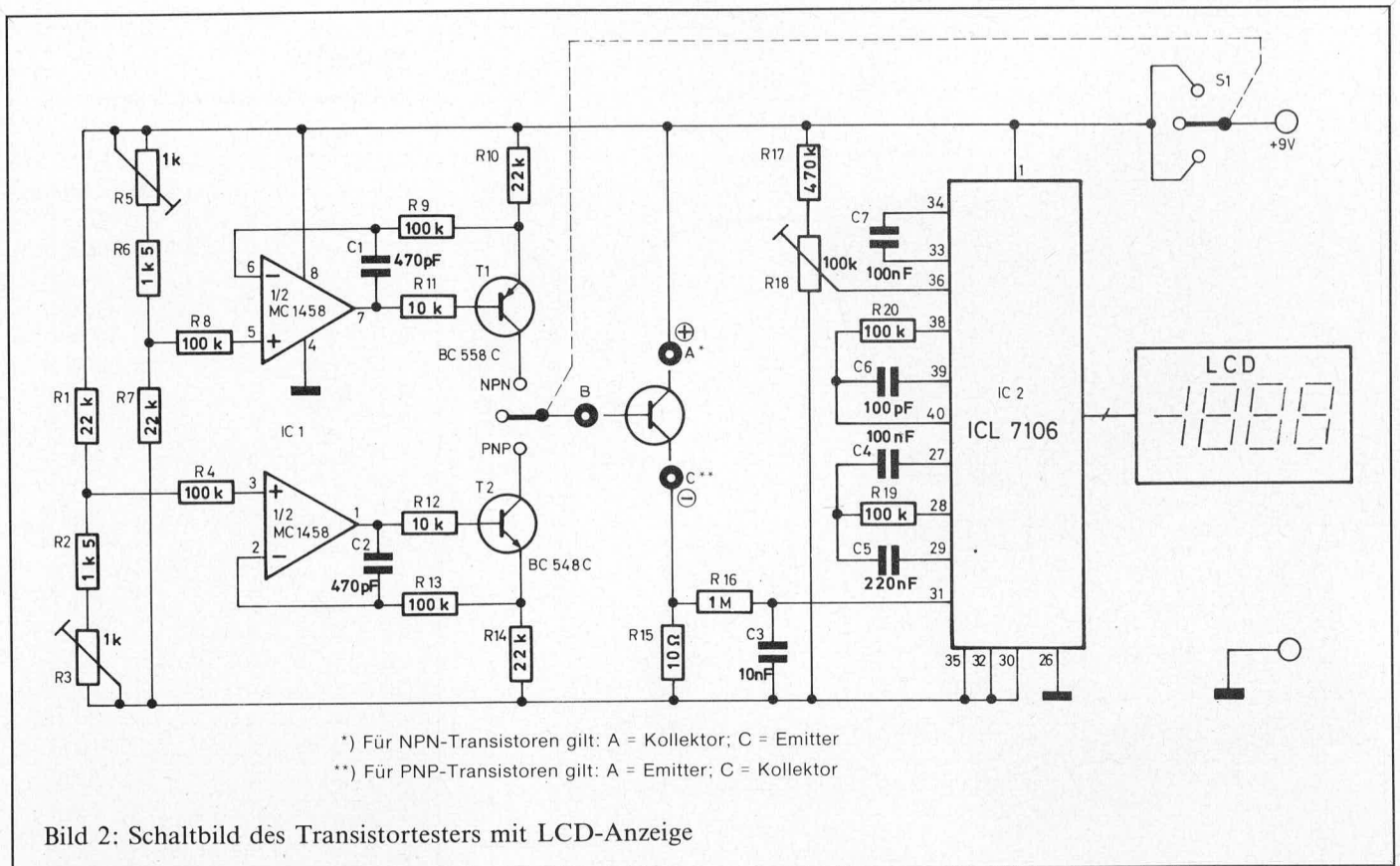
Zuerst wird die noch unbestückte Platine in das Gehäuse eingepaßt. Dies ist ratsam, da man immer mit gewissen Toleranzen seitens des Platinenmaterials oder der Gehäuseabmessungen rechnen muß. Ggf. muß die Platine an den Kanten etwas nachgearbeitet werden.

Sobald dies erledigt ist, kann mit dem eigentlichen Aufbau in gewohnter Weise begonnen werden.

Als erstes werden die Brücken, danach die Widerstände, Trimmer und Kondensatoren eingelötet.

Bevor wir nun zum Einpassen der LCD-Anzeigeeinheit kommen, werden noch das IC 1 sowie anschließend das IC 2 eingelötet.

Damit die LCD-Anzeigeeinheit einwandfrei in das Gehäuse eingepaßt werden kann, wird diese zunächst in



die 40 Bohrungen gesetzt, ohne sie jedoch festzulöten.

Wichtig dabei ist, daß sich die Anzeige auf der Leiterbahnseite und nicht wie sonst üblich auf der Bestückungsseite befindet.

Nun wird die Platine provisorisch in das Gehäuse gesetzt. Man sieht sich die Position der Anzeige an, ob diese einwandfrei in der dafür vorgesehenen Aussparung sitzt. Nach Entfernen des Gehäuses sind ggf. entsprechende Korrekturen in der Höhe der Anzeige vorzunehmen.

Bevor die Anzeige festgelötet wird, ist zu kontrollieren, ob diese auch „richtig herum“ und nicht etwa versehentlich auf dem Kopf stehend eingesetzt wurde. Feststellen läßt sich dies, indem man die Anzeige schräg gegen das Licht hält. Die Segmente der einzelnen Zahlen sind dann etwas sichtbar, auch ohne Anlegen einer Spannung.

Mit einem möglichst feinen LötKolben werden nun die vier Eckpunkte der Anzeige kurz angelötet. Nach erneutem Anpassen im Gehäuse können noch einmal Korrekturen des Sitzes der Anzeige vorgenommen werden. Ist die Position der Anzeige einwandfrei, können alle Anschlußpunkte der Anzeige auf der Leiterbahnseite festgelötet werden.

Nachdem dies geschehen ist, wird die fertig bestückte Platine in das Gehäuse

eingesetzt und mit einem Tupfen Klebstoff in jeder Ecke festgeheftet.

Zum Abgleich

In der Schaltung des Transistortesters sind drei Punkte abzugleichen, und zwar der A/D-Wandler sowie die beiden Konstantstromquellen, wobei die Reihenfolge keine Rolle spielt. Der Abgleich gestaltet sich sehr einfach. Man benötigt dazu nur ein möglichst genaues und empfindliches Strommeßgerät.

Um die obere Konstantstromquelle abzugleichen, verbindet man Punkt B mit dem + Pol des Strommessers und Punkt C mit dem - Pol. Nachdem der Schalter S1 in Stellung NPN gebracht wurde, stellt man mit R5 einen Strom exakt 10 μ A ein.

Für den Abgleich der unteren Konstantstromquelle wird der - Pol des Strommessers an Punkt B und der + Pol an Punkt A angeschlossen. Nachdem S1 nun in Stellung PNP gebracht wurde, wird mit R3 ein Strom von ebenfalls exakt 10 μ A eingestellt.

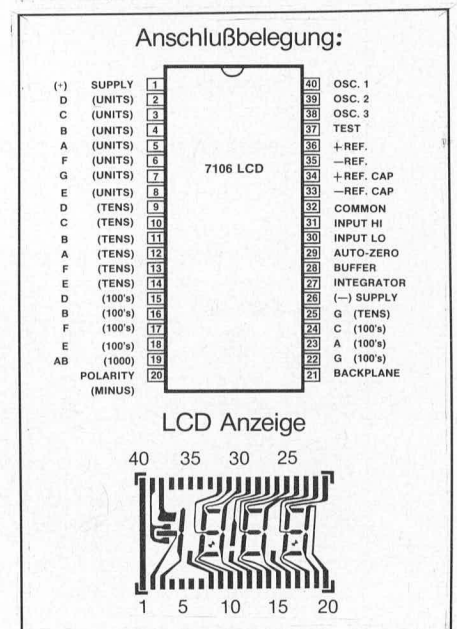
Für den Abgleich des A/D-Wandlers ist der + Pol des Strommessers an Punkt A und der - Pol über einen 200 bis 300 Ohm Widerstand an Punkt C zu legen.

Nachdem S1 eingeschaltet wurde (Stellung NPN oder PNP, für diesen Abgleich egal), kann mit dem Wendel-

trimmer R16 die Anzeige des A/D-Wandlers mit der Anzeige des Strommessers in Übereinstimmung gebracht werden, d.h. zeigt der Strommesser z. B. 12,31 mA an, so ist die Anzeige des A/D-Wandlers auf 1231 einzustellen.

Damit ist der Abgleich beendet, und der Verstärkungsfaktor von zu prüfenden Transistoren wird direkt angezeigt.

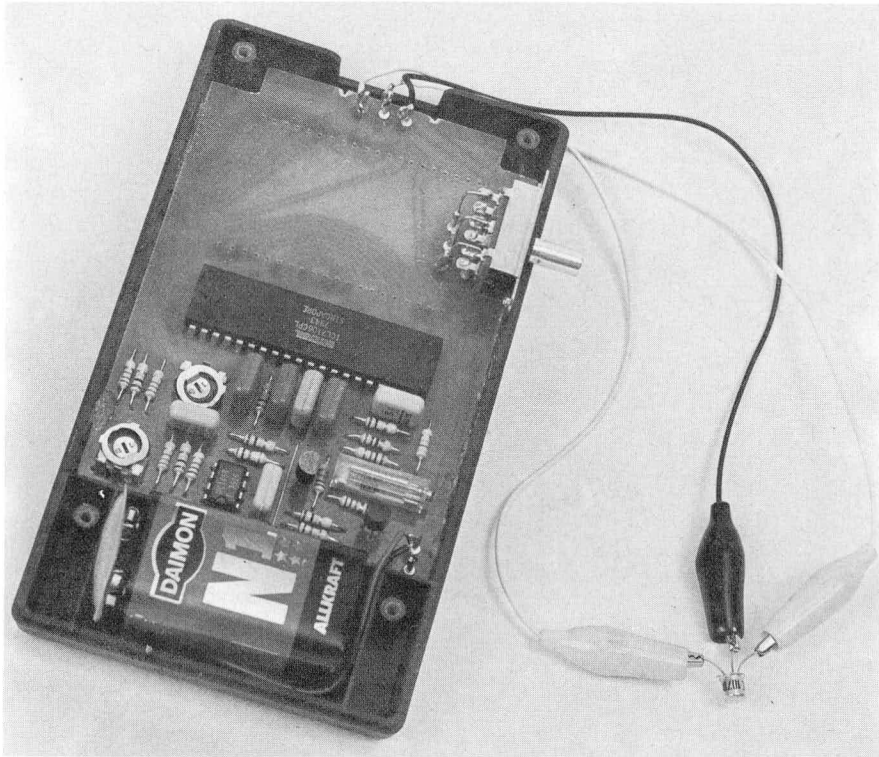
Wir wünschen unseren Lesern viel Freude beim Nachbau und beim späteren Einsatz dieses nützlichen digitalen Transistortesters.



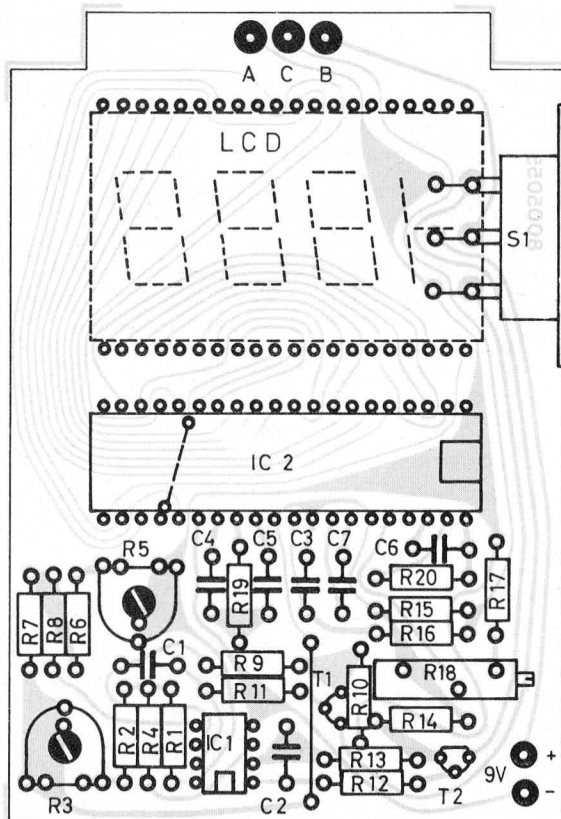
Stückliste:

Transistor-Tester mit LCD-Anzeige

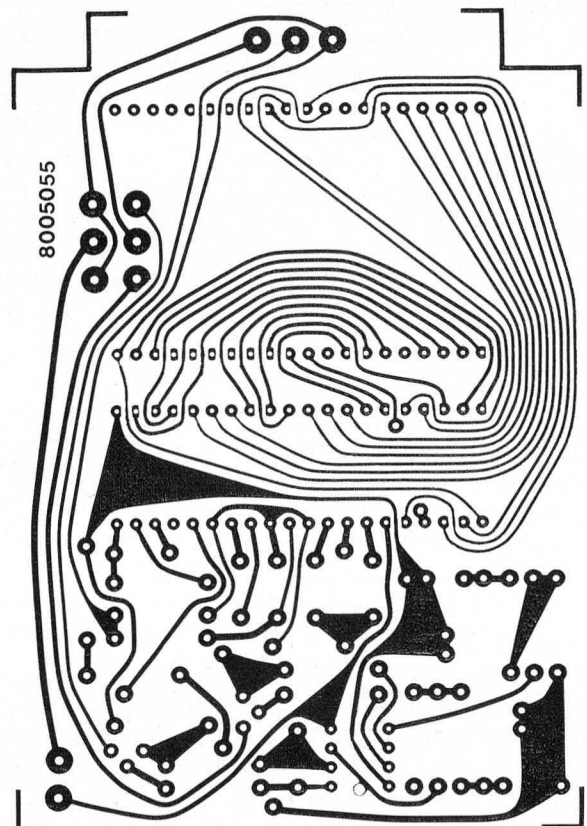
R 1	.....	22 k Ω
R 2	.....	1,5 k Ω
R 3	.....	1 k Ω , Trimmer
R 4	.....	100 k Ω
R 5	.....	1 k Ω , Trimmer
R 6	.....	1,5 k Ω
R 7	.....	22 k Ω
R 8, R 9	.....	100 k Ω
R 10	.....	22 k Ω
R 11, R 12	.....	10 k Ω
R 13	.....	100 k Ω
R 14	.....	22 k Ω
R 15	.....	10 Ω
R 16	.....	1 M Ω
R 17	.....	470 k Ω
R 18	.....	100 k Ω , Wendeltrimmer
R 19, R 20	.....	100 k Ω
C 1, C 2	.....	470 pF
C 3	.....	10 nF
C 4	.....	100 nF
C 5	.....	220 nF
C 6	.....	100 pF
C 7	.....	100 nF
T 1	.....	BC 558 C
T 2	.....	BC 548 C
IC 1	.....	MC 1458
IC 2	.....	ICL 7106
LCD-Display, 3 $\frac{1}{2}$ stellig		
S 1 Schiebeshalter, 2polig, Ein-Aus-Ein		
1 Batterieclip		
11 Lötstifte		



Rückansicht des geöffneten Transistortesters mit LCD-Anzeige



Bestückungsseite der Platine



Leiterbahnseite der Platine