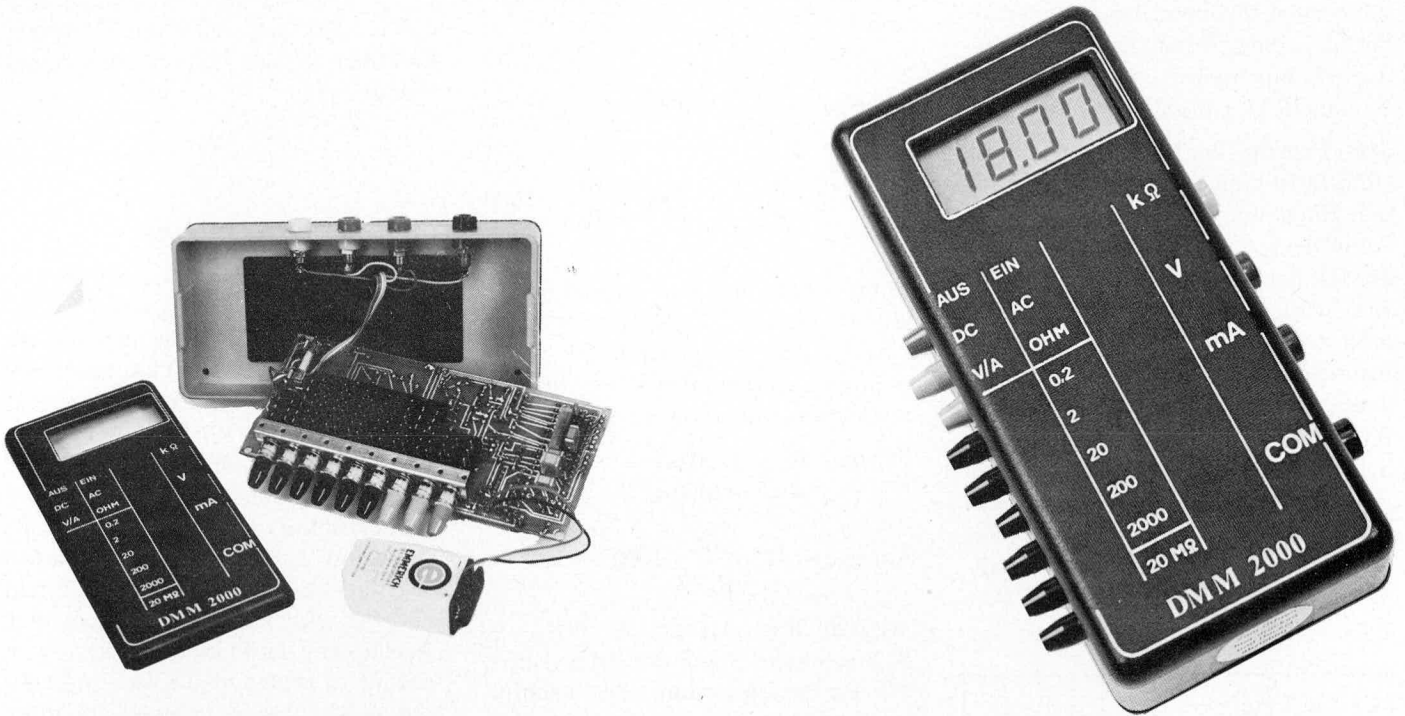


Digital-Multimeter DMM 2000 mit LCD-Anzeige für Batteriebetrieb



Ziel bei der Entwicklung dieser Schaltung war es, ein handliches, batteriebetriebenes Multimeter zu erstellen, das so preisgünstig und nachbausicher wie möglich sein sollte, gleichzeitig aber durchaus Vergleichen mit teureren, professionellen Meßgeräten standhält.

Besondere Merkmale dieses Multimeters:

- 26 Meßbereiche
- Hohe Auflösung bei allen Meßarten
- Hohe Genauigkeit des AC/DC-Wandlers durch frequenzkompensierten Vorteiler
- Neuartiges Prinzip für Widerstandsmessungen
- Nur ein einziger (!) Abgleichpunkt für alle Meßarten und -bereiche
- Batteriebetrieb mit automatischer Entladungskontrolle

Die Schaltung:

Neben der 9-Volt-Versorgungsspannung (U_{bat}) benötigt die Schaltung noch zwei Hilfsspannungen, die intern von IC 1 erzeugt werden. Diese Spannungen sind — anders als üblich — gegenüber dem Pluspol der Batterie stabilisiert, weshalb für die Festlegung der Spannungszustände in der Schaltung folgende Schreibweise vorteilhaft ist:

$+U_{\text{bat}} = 0$ Volt, $-U_{\text{bat}} = -9$ Volt, $U_{\text{com}} = -2,8$ Volt, $U_{\text{test}} = -6$ Volt.

Mittelpunkt der Schaltung ist das bekannte IC ICL 7106, dessen AD-Wandler einen Fehler von weniger als 0,05 % aufweist. Die Beschaltung entspricht den üblichen Ausführungen (s. z. B. ELV: Digitales Multimeter). Ein wesentlicher Unterschied besteht allerdings darin, daß die Verbindung des Minus-Meßeingangs zum internen Nullpunkt des ICs (Pin „Common“) und die Verbindungen der Referenzeingänge des ICs zum Einstellpoti P1 nicht fest verdrahtet sind, sondern je nach Meßart miteinander verschaltet werden. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, Widerstände auf eine neue und sehr genaue Weise zu messen. Darauf wird später noch näher eingegangen.

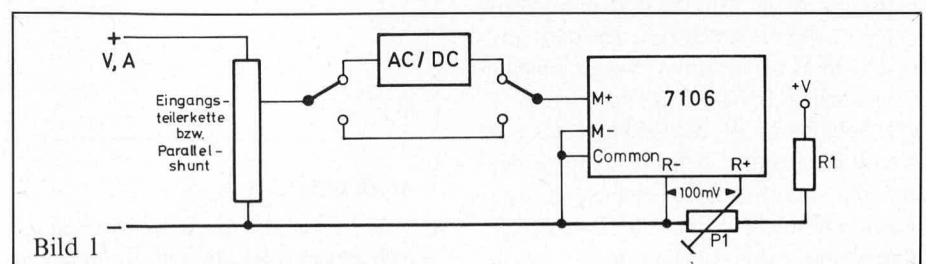


Bild 1

Mit freundlicher Unterstützung der Firma OK-electronic

Strom- und Spannungsmessung:

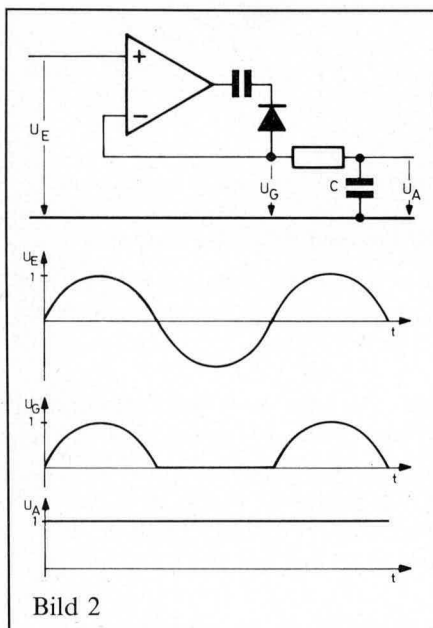
Bei der Strom- und Spannungsmessung arbeitet die Schaltung nach dem üblichen Prinzip (Bild 1).

Mit P1 wird die Referenzspannung (100mV) eingestellt, und die zu messende Größe gelangt über die Eingangsteilerkette direkt bzw. bei AC-Betrieb über den AC/DC-Wandler an die Meßeingänge des ICs. Der Eingangswiderstand beträgt bei Spannungsmessung in allen Bereichen 10 M Ω und bei Strommessung je nach Bereich zwischen 0,1 Ω (2A) und 1 k- Ω (200 μ A).

Der AC/DC-Wandler:

Für den AC/DC-Wandler wurde eine Schaltung verwendet, bei der kein externer Abgleich erforderlich ist und die über einen weiten Frequenzbereich und in allen Meßbereichen linear arbeitet. Zur Linearisierung in den verschiedenen Meßbereichen ist es erforderlich, die Vorteilerkette zu frequenzkompensieren, was durch die Bauteile R24, C6 und C7 geschieht.

Das Prinzip der Wandlerschaltung (Bild 2) ist eine Einweggleichrichtung der Eingangsspannung, bei der die Schwellenspannung der Diode mittels der OP-Schaltung auf einige μV reduziert wird. Eine vereinfachte Darstellung der Schaltung ist Bild 2 zu entnehmen. Die in der Schaltung eingebauten, hier aber nicht eingezeichneten Bauteile dienen zur Linearisierung der Schaltung und zur Verhinderung von Eigenschwingungen. Die teilweise gleichgerichtete Eingangsspannung U_E lädt den Kondensator C auf, dessen Spannung dann dem Meßeingang von IC 1 zugeführt wird.



Widerstandsmessung:

Der besondere Unterschied dieser Schaltung gegenüber anderen liegt darin, daß keine Konstantstrom- oder -spannungsquelle benötigt wird. Dies führt zu einer erheblichen Verbesserung in der Genauigkeit, da hier nur noch die Toleranz der Vergleichswiderstände (0,5 %) eine Rolle spielt. Um die Schaltung zu verstehen, muß ein wenig zur Funktion des IC 7106 gesagt werden. Bei ihm hängt der angezeigte Zahlenwert wie folgt mit Meß- und Referenzspannung zusammen:

$$\text{Anzeige} = \frac{U_{\text{meß}}}{U_{\text{ref}}} \cdot 1000$$

Legt man nun an eine Reihenschaltung von Widerständen R_x und R_{ref} (Bild 3) eine Spannung an, so gilt:

$$U_x = R_x \cdot I \quad R_{\text{ref}} \cdot I$$

Nimmt man nun U_x als $U_{\text{meß}}$, so ergibt sich:

$$\text{Anzeige} = \frac{U_x}{U_{\text{ref}}} \cdot 1000 =$$

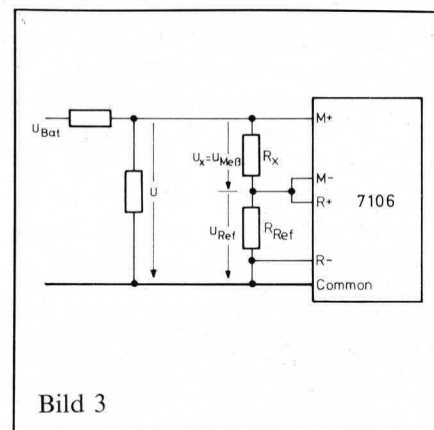
$$\frac{R_x \cdot I}{R_{\text{ref}} \cdot I} \cdot 1000 = \frac{R_x}{R_{\text{ref}}} \cdot 1000$$

Wählt man R_{ref} in 10er-Potenzen (100 Ω , 1 k Ω , ..., 10 M Ω), so zeigt die Anzeige bei entsprechendem R_{ref} und richtiger Dezimalpunktbeschriftung direkt die Größe von R_x an.

Beispiel: $R_x = 1200\text{k}\Omega$
 $R_{\text{ref}} = 1000\text{k}\Omega$

$$\text{Anzeige} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^6} \cdot 1000 = 1200$$

Wesentlich ist, daß der durch R_x und R_{ref} gebildete Spannungsteiler durch die Eingangsimpedanz der nachfolgenden Schaltung nicht belastet wird, was aber bei einer Impedanz von 10¹⁵ Ω des IC 7106 gewährleistet ist. Aus Bild 3 ist auch erkenntlich, weshalb bei diesem Gerät die Eingänge M- und R+ des IC 7106 umschaltbar ausgeführt sein müssen. Um die Schaltung im Ohmbereich gegen externe Spannungen bis mindestens 50 V zu schützen, dienen die Widerstände R13, R14, R4, R5 und R6. Auch höhere Spannungen schaden dem IC kurzfristig nicht, jedoch können je nach Meßbereich die Schutzwiderstände oder Widerstände der Teilerkette beschädigt werden.



Batterietest:

Ein weiteres Plus der Schaltung ist die Batteriekontrolle, die unabhängig von

der Meßart bei nachlassender Batteriespannung in der Anzeige einen Pfeil einblendet. Nach dem ersten Aufleuchten des Pfeils reicht die Batteriespannung noch für einen Betrieb von 4—6 Stunden. Angezeigt wird, wenn die negative Batteriespannung weniger als 0,7 V negativer als die Testspannung des IC 7106 ist, weil dann T1 sperrt und über N2 das LCD-Display angesteuert wird.

Aufbau der Schaltung

Die Schaltung wird auf einer doppel-seitigen durchkontaktierten Platine aufgebaut, so daß die Bauteile jeweils nur auf einer Seite der Platine verlötet werden müssen. Beim Aufbau bestückt man zunächst die Rückseite der Platine vollständig bis auf den Schaltersatz. Die überstehenden Drähte sollten möglichst kurz abgekniffen werden, da IC 1 und 2 flach eingelötet werden müssen, weil auch die Anzeige direkt verlötet wird. Bei der anschließenden Bestückung der Platinenvorderseite ist darauf zu achten, daß Elkos und Dioden sowie ICs in richtiger Richtung eingelötet werden. Beim Einlöten der ICs ist besondere Sorgfalt geboten (statische Aufladung). Eine Verwendung von IC-Kontakten oder Fassungen ist beim Einbau in das vorgesehene Gehäuse nicht möglich. Bei der LCD-Anzeige erkennt man Pin 1 an einer Punktmarkierung oder, falls nicht vorhanden, dadurch, daß man schräg auf die Anzeige blickt und so die Segmente erkennt. Die Anzeige sollte zusätzlich auch auf der Bestückungsseite verlötet werden.

Beim Einlöten der Kondensatoren ist darauf zu achten, daß sie keinen Kontakt zu darunterliegenden Leiterbahnen haben. Die Lage der einzelnen Bauteile ist aus den beiden Bestückungsplänen ersichtlich.

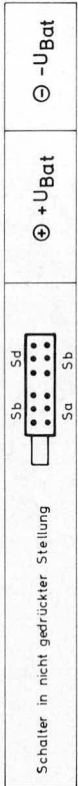
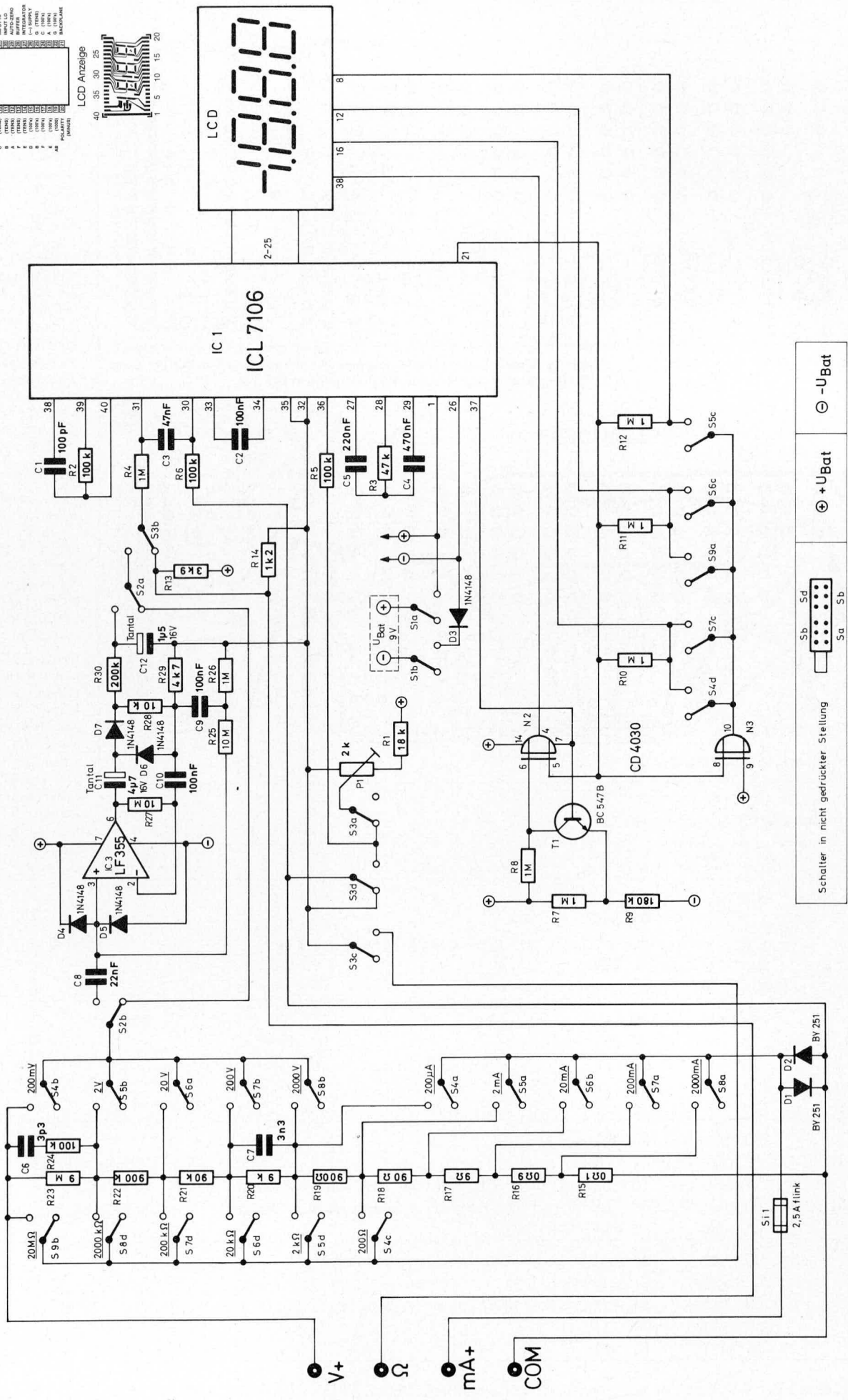
Zum Schluß werden die Verbindungen zur Batterie und den Buchsen hergestellt sowie der Schaltersatz verlötet. Nach Einsetzen des Schaltersatzes muß vor dem Lötten kontrolliert werden, ob alle Tasten rasten und sich auch wieder auslösen lassen. Ist dies nicht der Fall, steckt der Schalter zu tief in der Platine.

Vor dem Einbau in das Gehäuse müssen die rückwärtigen Kontakte der Schalter S8 und S9 und — für den Platz für die Batterie — die von S3 gekürzt werden.

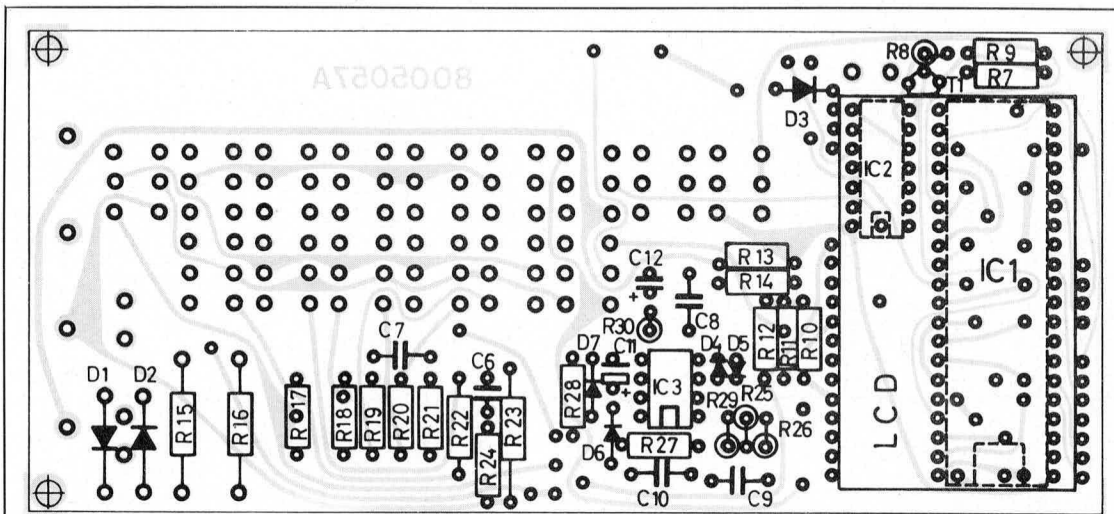
Anschlussbelegung:

1	SUPPLY	V+
2	COMMON	COM
3	COMMON	COM
4	COMMON	COM
5	COMMON	COM
6	COMMON	COM
7	COMMON	COM
8	COMMON	COM
9	COMMON	COM
10	COMMON	COM
11	COMMON	COM
12	COMMON	COM
13	COMMON	COM
14	COMMON	COM
15	COMMON	COM
16	COMMON	COM
17	COMMON	COM
18	COMMON	COM
19	COMMON	COM
20	COMMON	COM
21	COMMON	COM
22	COMMON	COM
23	COMMON	COM
24	COMMON	COM
25	COMMON	COM
26	COMMON	COM
27	COMMON	COM
28	COMMON	COM
29	COMMON	COM
30	COMMON	COM
31	COMMON	COM
32	COMMON	COM
33	COMMON	COM
34	COMMON	COM
35	COMMON	COM
36	COMMON	COM
37	COMMON	COM
38	COMMON	COM
39	COMMON	COM
40	COMMON	COM

LCD Anzeigebaugruppe

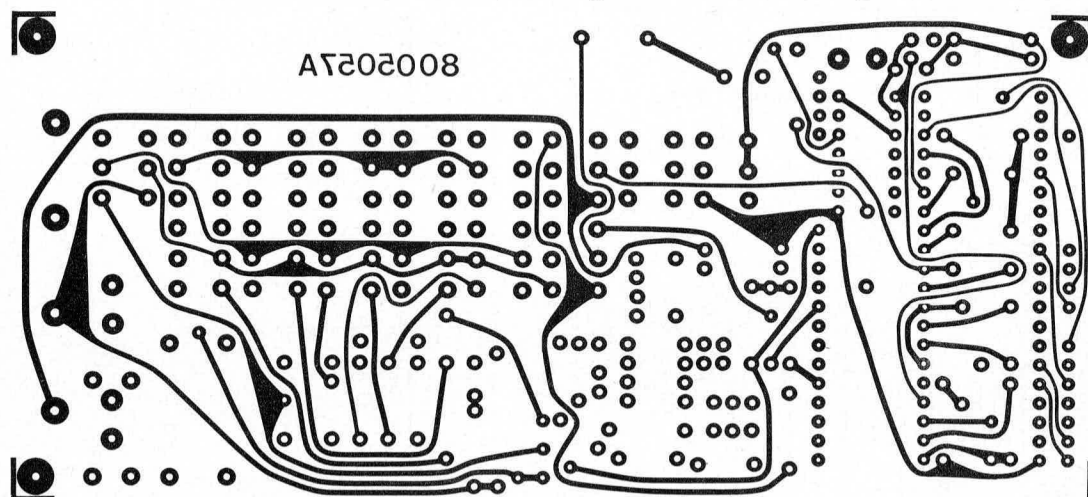


Schaltbild: Digitales Multimeter mit LCD-Anzeige



Bestückungsseite der Platine

Die abgebildete Leiterbahnführung befindet sich auf derselben Platinenseite wie die darüber abgedruckte Bauteilebestückung.



Leiterbahnseite der Platine

Die beiden Leiterbahn- und Bestückungsseiten auf dieser und der nebenstehenden Seite gehören zu ein und derselben Platine.

Diese unterscheidet sich wesentlich von einseitig kupferbeschichteten Platinen, bei denen die Leiterbahnen auf der einen und die Bauteile auf der anderen Seite angeordnet sind.

Bei der nebenstehenden Platine befinden sich auf **beiden (!)** Seiten Leiterbahnen und Bauteile auf einer doppelseitig kupferbeschichteten durchkontaktierten Platine. „Durchkontaktiert“ besagt, daß an jeder Bohrung die beiden Leiterbahnseiten durch ein Spezialverfahren leitend miteinander verbunden sind. Dies hat den entscheidenden Vorteil, daß sämtliche Brücken entfallen.

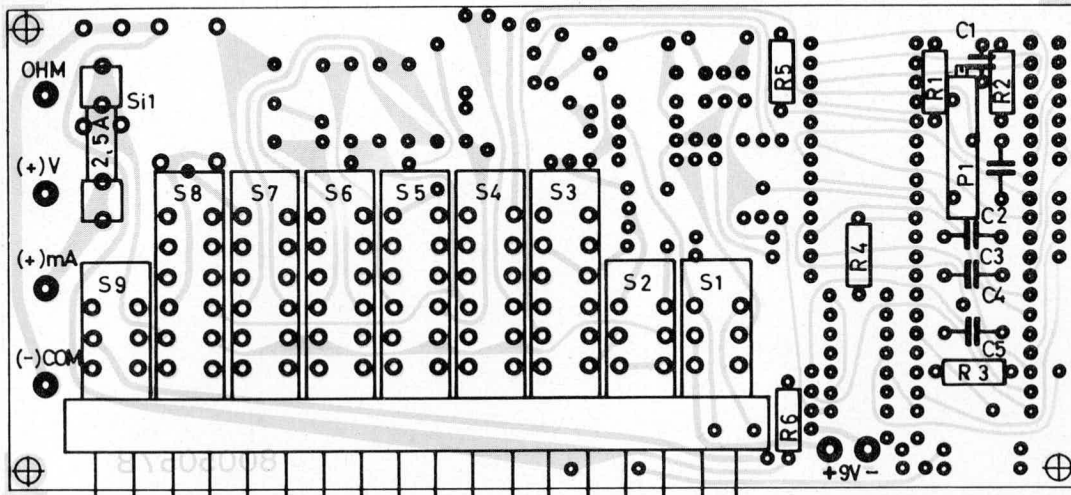
Stellt man die Platine selbst her, müssen entweder die Bauteile auf **beiden** Seiten verlötet werden, oder, wo dies nicht möglich ist, müssen vorher kleine Drähte eingelötet werden (bei durchkontaktierter Platine nicht nötig).

Es ist auch bei der Herstellung der Platine darauf zu achten, daß die auf der Platinenfolie aufgedruckte Nummer auf der Leiterplatte spiegelverkehrt erscheint, da die Bauteile auf der jeweils zugehörigen Leiterbahnseite aufgelötet werden.

Technische Daten:

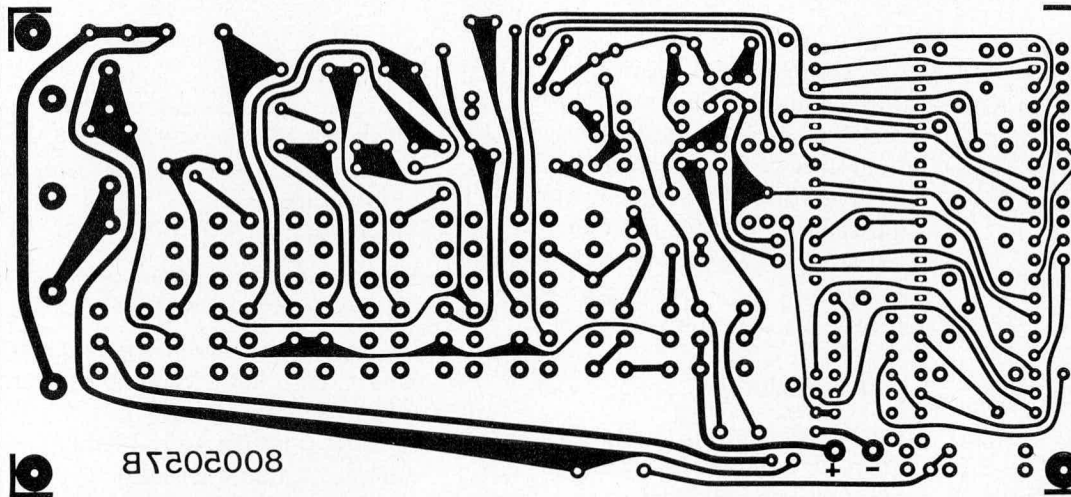
Funktion	Bereiche	Auflösung	Fehlergrenzen	Überlastschutz	R _i /Meßp.
Gleichspannung	200 mV	100 µV	± (0,5% vom Meßwert + 1 Digit)	1000 V	10 MΩ
	2 V	1 mV			
	20 V	10 mV			
	200 V	100 mV			
Wechselspannung	1000 V	1 V	± (1% vom Meßwert + 8 Digit)	1000 V	10 MΩ
	200 mV	100 µV			
	2 V	1 mV			
	20 V	10 mV			
Gleichstrom und Wechselstrom	200 µA	100 µA	= ± (0,75% vom Meßwert + 1 Digit) ~ ± (1,5% vom Meßwert + 8 Digit)	Schutzdioden und 2,5 A-Schmelzsicherung	1 kΩ 100 Ω 10 Ω 1 Ω 0,1 Ω
	2 mA	1 µA			
	20 mA	10 µA			
	200 mA	100 µA			
Widerstand	2000 mA	1 mA	± (0,5% vom Meßwert + 2 Digit)	50 V	< 1 V
	200 Ω	100 mΩ			
	2 kΩ	1 Ω			
	20 kΩ	10 Ω			
	200 kΩ	100 Ω			
	20 MΩ	10 kΩ			

● Batteriebetrieb: 9 V, 4 mA, je nach Batterietyp ausreichend für ca. 200 Betriebsstunden ● Automatische Polaritätsanzeige ● Automatischer Nullpunktgleich ● Anzeige 3 1/2-stellig. Abmessungen: H x T x B = 43 x 72 x 155 mm.



Bestückungsseite der Platine

Die abgebildete Leiterbahnführung befindet sich auf derselben Platine-seite wie die darüber abgedruckte Bauteilebestückung.



Leiterbahnseite der Platine

Ableich und Bedienung

Mit Schalter S 1 wird das Gerät eingeschaltet. Mit Taste 2 kann zwischen DC und AC-Betrieb gewählt werden. S 3 legt die Meßart (V/A bzw. Ω) fest. Bei nicht gedrückter Taste (V/A-Betrieb) sind die Meßeingänge COM und V+ bzw. COM und A+ zu benutzen. Beide Eingänge sind in allen Bereichen bis 1000V geschützt. Bei gedrückter Taste ist S 2 außer Betrieb, und es können Widerstände gemessen werden (COM und Ω). Dieser Bereich ist bis 50V geschützt. Mit den gegenseitig auslösenden Tasten S 4—S 9 werden die Meßbereiche festgelegt, wobei S 9 nur im Ohmbereich wirksam ist.

Zum Ableich der Schaltung muß lediglich P 1 justiert werden. Dazu legt man eine bekannte Spannung an den Meßeingang und gleicht im entsprechenden Meßbereich die Anzeige mittels P 1 auf den entsprechenden Wert ab. Es empfiehlt sich, den Trimmer durch etwas Lack oder ähnlichem zu fixieren und etwa jedes Jahr einmal die Justierung zu kontrollieren.

Wir wünschen unseren Lesern beim Nachbau und späteren Einsatz dieses hochwertigen und trotzdem problemlos aufzubauenden Meßgerätes viel Erfolg.

Stückliste: Digitales Multimeter mit LCD-Anzeige

Halbleiter

IC1	.....	ICL 7106
IC2	.....	CD 4030/CD 4070
IC3	.....	LF 355
T1	.....	BC 547 B
D1	.....	BY 251
D2	.....	BY 251
D3 - D7	.....	1N 4148

Kondensatoren

C1	.....	100 pF
C2	.....	100 nF
C3	.....	47 nF
C4	.....	470 nF
C5	.....	220 nF
C6	.....	3,3 pF
C7	.....	3,3 nF
C8	.....	22 nF
C9	.....	100 nF
C10	.....	100 nF
C11	.....	4,7 uF/16V, Tantal
C12	.....	1,5 uF/16V, Tantal

Trimmer

P1	2 k Ω , Wendeltrimmer
----	-------	------------------------------

Metallfilmwiderstände, 1 %

R1	.....	18 k Ω
R2	.....	100 k Ω
R3	.....	47 k Ω
R4	.....	1 M Ω
R5, R6	.....	100 k Ω
R7, R8	.....	1 M Ω
R9	.....	180 k Ω
R10, R11, R12	.....	1 M Ω
R13	.....	3,9 k Ω
R14	.....	1,2 k Ω
R24	.....	100 k Ω
R25	.....	10 M Ω
R26	.....	1 M Ω
R27	.....	10 M Ω
R28	.....	10 k Ω
R29	.....	4,7 k Ω
R30	.....	200 k Ω

Metallfilm-

Meßwiderstände, 0,5 %

R15	.....	0,1 Ω
R16	.....	0,9 Ω
R17	.....	9 Ω
R18	.....	90 Ω
R19	.....	900 Ω

R20	.....	9 k Ω
R21	.....	90 k Ω
R22	.....	900 k Ω
R23	.....	9 M Ω

Sonstiges

3¹/₂-stellige LCD-Anzeige

1 Schaltersatz

7x Wechselrastung

davon 6x 4x um
und 1x 2x um

3x Einzelrastung

davon 2x 2x um
und 1x 4x um

Tastenabstand 10 mm

1 Sicherungshalter

1 Sicherung 2, 5A, flink

3 Schrauben M3 x 20

3 Distanzrollen 10 mm

6 Muttern M3

4 Buchsen 4 mm \varnothing

1 Gehäuse (gestanzt u. bedruckt)

1 Platine, doppelseitig, durchkontaktiert

1 Batterieclip

10 cm Kabel, vieradrig