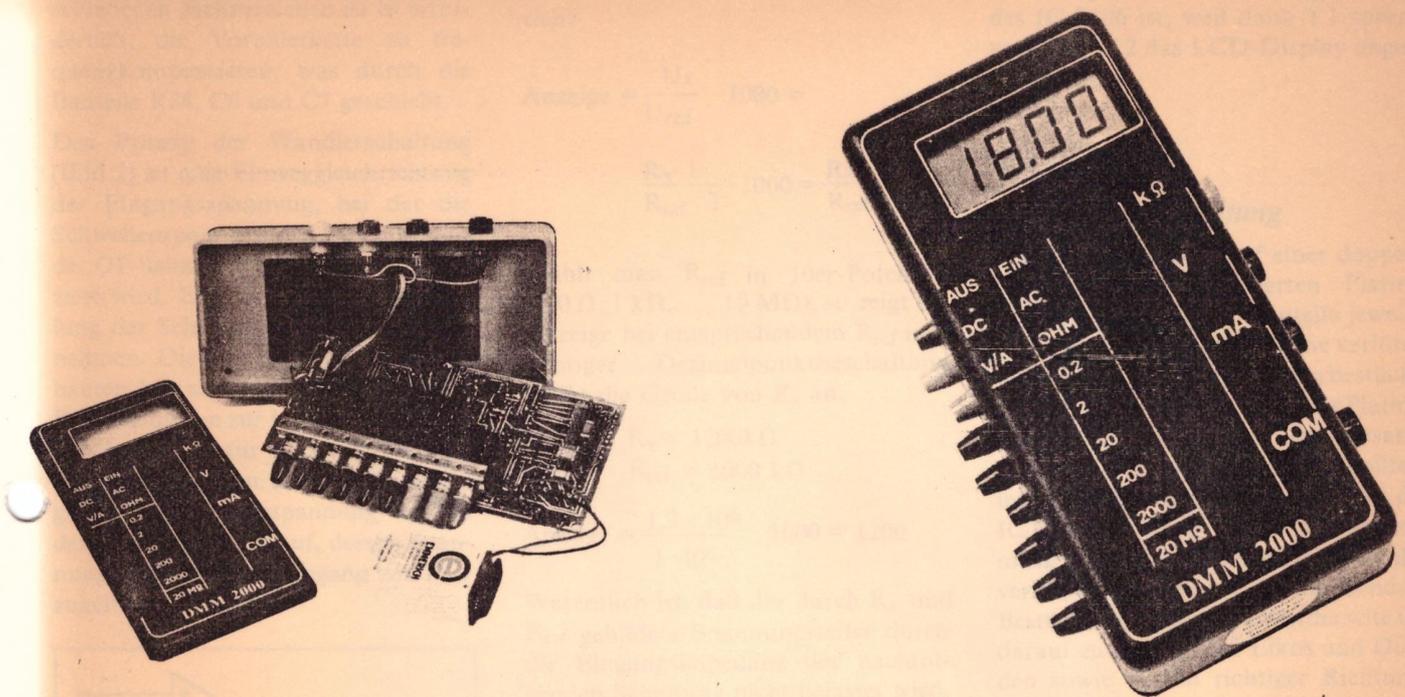


Digital-Multimeter DMM 2000 mit LCD-Anzeige für Batteriebetrieb



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 vorteilhafter ist:

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

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.

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).

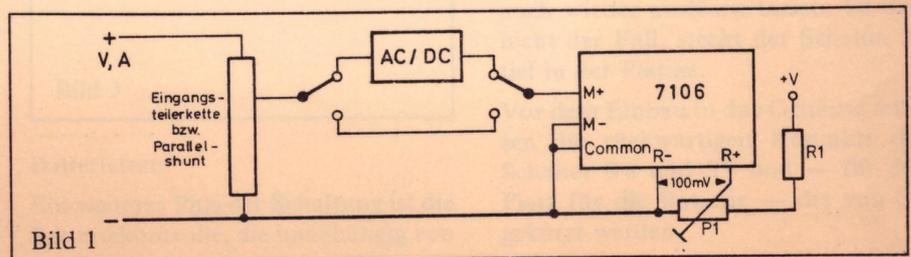
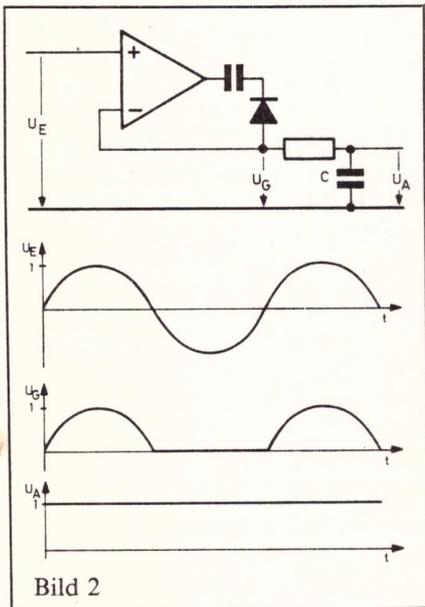


Bild 1

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:

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

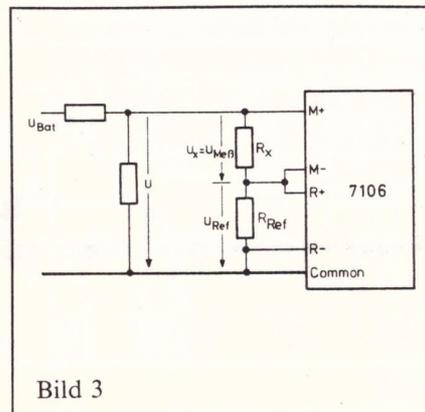
$$\frac{R_x \cdot I}{R_{\text{ref}} \cdot I} \cdot 1000 = \frac{R_x}{R_{\text{ref}}} \cdot 1000$$

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 R 13, R 14, R 4, R 5 und R 6. 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 T 1 sperrt und über N 2 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.

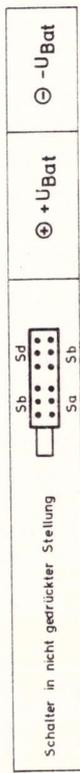
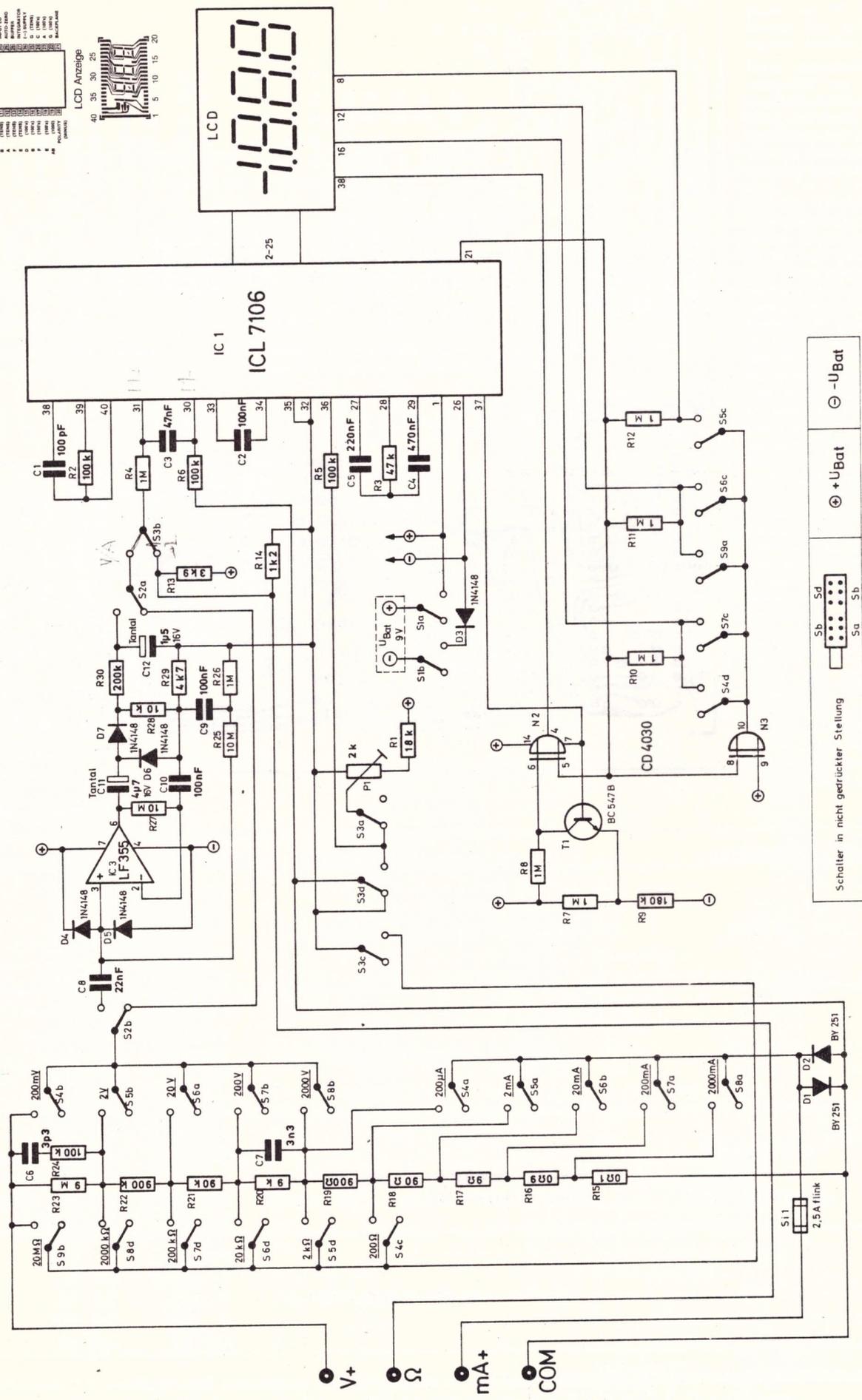
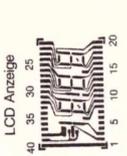
Beim Einlöten der Kondensatoren ist darauf zu achten, daß sie keinen Kontakt zu darunterliegenden Leiterbahnen haben. Die Lage der einzelnen Bauteile ist aus den beiden Bestückungsplänen ersichtlich.

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 S 8 und S 9 und — für den Platz für die Batterie — die von S 3 gekürzt werden.

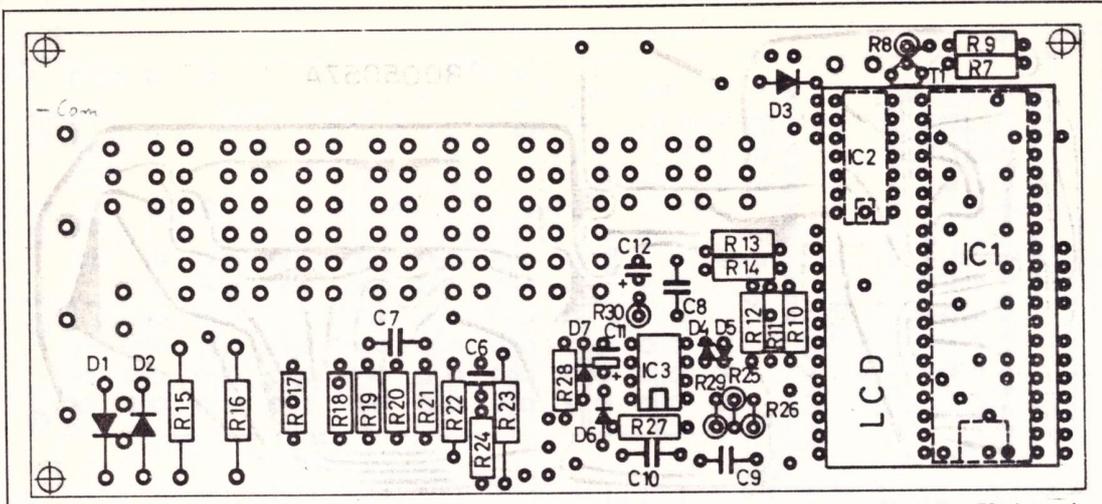
Anschlussbelegung:

1	DATA1	IC1
2	DATA2	IC1
3	DATA3	IC1
4	DATA4	IC1
5	DATA5	IC1
6	DATA6	IC1
7	DATA7	IC1
8	DATA8	IC1
9	DATA9	IC1
10	DATA10	IC1
11	DATA11	IC1
12	DATA12	IC1
13	DATA13	IC1
14	DATA14	IC1
15	DATA15	IC1
16	DATA16	IC1
17	DATA17	IC1
18	DATA18	IC1
19	DATA19	IC1
20	DATA20	IC1
21	DATA21	IC1
22	DATA22	IC1
23	DATA23	IC1
24	DATA24	IC1
25	DATA25	IC1
26	DATA26	IC1
27	DATA27	IC1
28	DATA28	IC1
29	DATA29	IC1
30	DATA30	IC1
31	DATA31	IC1
32	DATA32	IC1
33	DATA33	IC1
34	DATA34	IC1
35	DATA35	IC1
36	DATA36	IC1
37	DATA37	IC1
38	DATA38	IC1
39	DATA39	IC1
40	DATA40	IC1
41	DATA41	IC1
42	DATA42	IC1
43	DATA43	IC1
44	DATA44	IC1
45	DATA45	IC1
46	DATA46	IC1
47	DATA47	IC1
48	DATA48	IC1
49	DATA49	IC1
50	DATA50	IC1
51	DATA51	IC1
52	DATA52	IC1
53	DATA53	IC1
54	DATA54	IC1
55	DATA55	IC1
56	DATA56	IC1
57	DATA57	IC1
58	DATA58	IC1
59	DATA59	IC1
60	DATA60	IC1
61	DATA61	IC1
62	DATA62	IC1
63	DATA63	IC1
64	DATA64	IC1
65	DATA65	IC1
66	DATA66	IC1
67	DATA67	IC1
68	DATA68	IC1
69	DATA69	IC1
70	DATA70	IC1
71	DATA71	IC1
72	DATA72	IC1
73	DATA73	IC1
74	DATA74	IC1
75	DATA75	IC1
76	DATA76	IC1
77	DATA77	IC1
78	DATA78	IC1
79	DATA79	IC1
80	DATA80	IC1
81	DATA81	IC1
82	DATA82	IC1
83	DATA83	IC1
84	DATA84	IC1
85	DATA85	IC1
86	DATA86	IC1
87	DATA87	IC1
88	DATA88	IC1
89	DATA89	IC1
90	DATA90	IC1
91	DATA91	IC1
92	DATA92	IC1
93	DATA93	IC1
94	DATA94	IC1
95	DATA95	IC1
96	DATA96	IC1
97	DATA97	IC1
98	DATA98	IC1
99	DATA99	IC1
100	DATA100	IC1



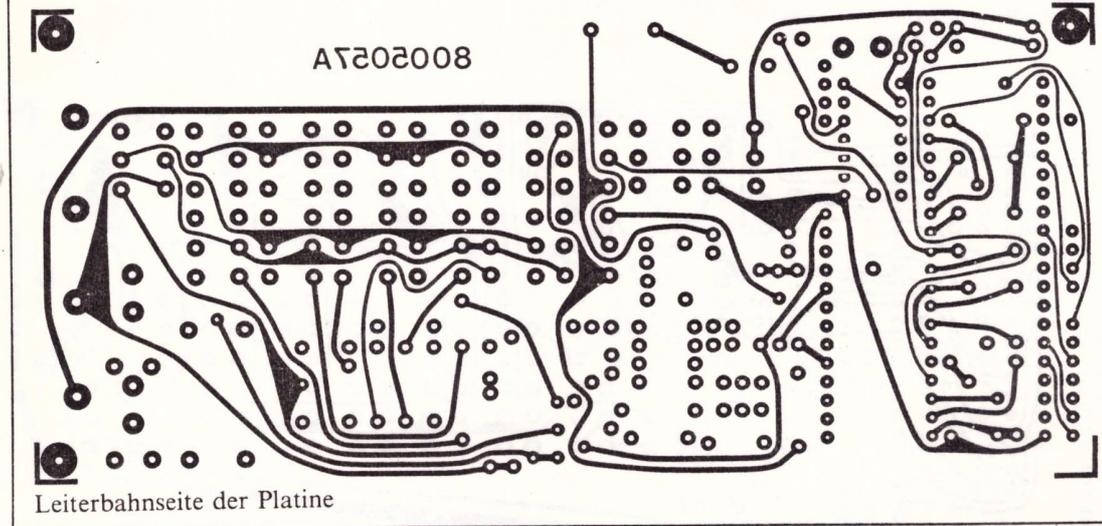
Schaltbild: Digitales Multimeter mit LCD-Anzeige

D4 D5 umgepolen



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.

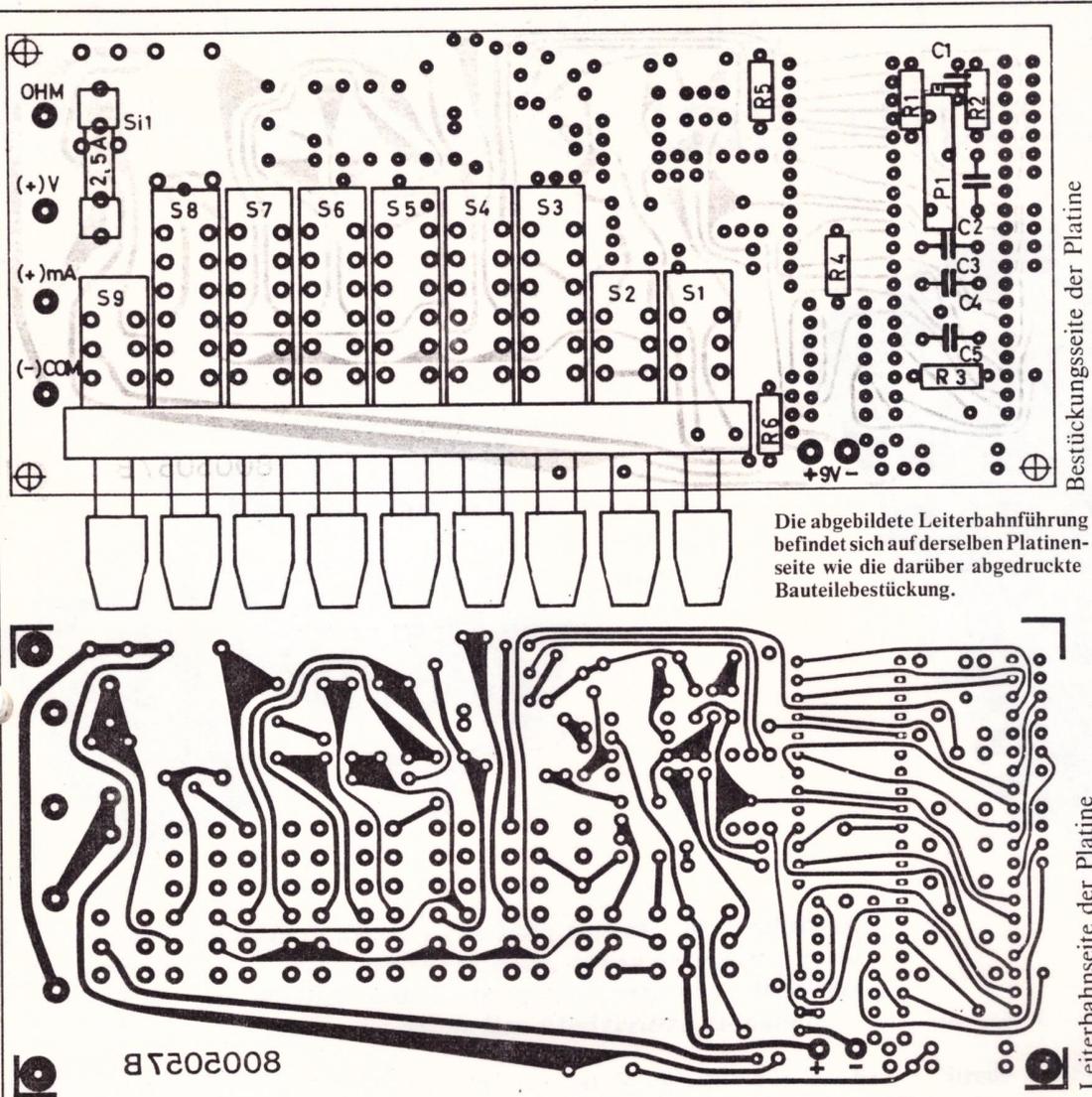
Stellt man die Platine selbst her, müssen entweder die Bauteile auf **beiden** Seiten verlötet werden, oder, wo dies nicht möglich ist, müssen vorher kleine Drähte eingelötet werden (bei durchkontaktierter Platine nicht nötig).

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	200 mV	100 µV	± (1% vom Meßwert + 8 Digit)	1000 V	10 MΩ
	2 V	1 mV			
	20 V	10 mV			
	200 V	100 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
	2 mA	1 µA			100 Ω
	20 mA	10 µA			10 Ω
	200 mA	100 µA			1 Ω
Widerstand	2000 mA	1 mA	± (0,5% vom Meßwert + 2 Digit)	50 V	0,1 Ω
	200 Ω	100 mΩ			< 1 V
	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.



Abgleich 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 Abgleich 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 kΩ, Wendeltrimmer

Metallfilmwiderstände, 1 %

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

Metallfilm-Meßwiderstände, 0,5 %

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

- R20 9 kΩ
- R21 90 kΩ
- R22 900 kΩ
- R23 9 MΩ

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 Ø
- 1 Gehäuse (gestanzt u. bedruckt)
- 1 Platine, doppelseitig, durchkontaktiert
- 1 Batterieclip
- 10 cm Kabel, vieradrig