

Digital-Multimeter MM 31



Mit der Entwicklung dieses in jeder Beziehung professionellen Meßgerätes, das in Zusammenarbeit mit der Fa. O.K.-Electronic in Osnabrück entstand, dürfte es gelungen sein, eine Leistungsklasse zu erreichen, die der Hobby-Elektronik bislang wohl verschlossen war. Hier die herausragenden Eigenschaften des MM 31:

- **31 Meßbereiche, u. a. sieben Ohmbereiche von 0,01 Ω bis 20M Ω und sechs Strombereiche von 10 nA bis 20 A.**
- **Toleranz des Vorteilers 0,1 %.**
- **Automatische Anzeige von Meßart und Meßbereich im LCD-Display.**
- **Alle Bereiche überlastungsgeschützt.**
- **Batteriebetrieb mit über 1000 Betriebsstunden, „Low-Bat“-Kontrolle und 30 Stunden Gangreserve.**
- **Kompakte Abmessungen: B 155 x H 65 x T 163 mm.**

Allgemeines

Weitere Merkmale — die das MM31 besonders bedienungsfreundlich machen — sind automatische Nullpunkt-korrektur, automatische Polaritäts-, Dezimalpunkt- und Überlaufanzeige, sowie die logische Gliederung der Frontplatte, u. a. mit farblich gekennzeichneten Druckschaltern.

Besonders hervorzuheben ist auch der klare, übersichtliche Aufbau der Schaltung, nicht zuletzt in mechanischer Hinsicht. Die beidseitige, durchkontaktierte Leiterplatte — unumgänglich wegen der vielfältigen Schalterstellungen — beschränkt den Verdrahtungsaufwand in der Tat auf das Minimum, nämlich den Anschluß des Batterieclips und der Meßbuchsen.

Auch der noch nicht so versierte Hobby-Elektroniker darf sich deshalb zutrauen, das MM 31 auf Anrieb fehlerfrei nachzubauen zu können. Dazu trägt auch der einfache Abgleich bei. Im Grunde wird das gesamte Gerät mit nur einem Trimmer abgeglichen. Lediglich für die Einstellung des 20 A-Bereichs ist noch ein zweiter Trimmer vorgesehen.

Die Schaltung

Als Analog/Digitalwandler findet der bekannte ICL 7106 Verwendung, diesmal jedoch in seiner „R“-Version. R bedeutet „Reverse“, d. h. die Anschlüsse sind bei diesem Typ genau spiegelbildlich gegenüber dem „normalen“ 7106 angeordnet. In der vorliegenden Schaltung ist die Pinbelegung des R-Typs vorteilhafter für die Leiterbahnführung auf der Platine.

Der Linearitätsfehler des 7106 ist mit 0,05 % außerordentlich gering, das bedeutet, daß über den gesamten Anzeigebereich von -2000 bis +2000 die Abweichung maximal ± 1 Digit betragen kann. Diese Genauigkeit trifft auf den Meßbereich 200 Millivolt Gleichspannung zu. In allen anderen Meßarten und -bereichen muß noch die Toleranz der Vorteilerwiderstände und in den AC-Bereichen der Fehler des AC/DC-Konverters berücksichtigt werden. Für die Teilerkette werden im MM 31 hochbelastbare Präzisionswiderstände mit 0,1 % (!) Toleranz verwendet.

Die Abweichung des AC/DC-Konverters liegt bei 0,5 % bis zu einer Frequenz von ca. 1 kHz. Auch bei 5 kHz kann noch mit ausreichender Genauigkeit gemessen werden.

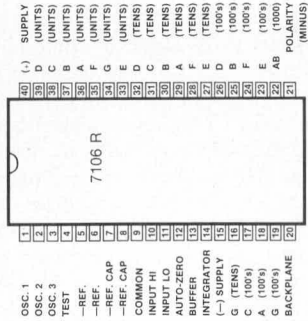
In der Schaltung sind zur Frequenzkompensation C6 und C7 vorgesehen. Wem es besonders auf höherfrequente Wechselspannungsmessungen ankommt, kann natürlich mit weiteren Kondensatoren den Vorteiler noch besser kompensieren. Eine Gesamtübersicht der Meßbereiche und Fehlergrenzen zeigt die Tabelle der technischen Daten.

Die Stromversorgung

Die benötigte Speisespannung beträgt neun Volt. Bereits eine neun Volt Transistorbatterie würde völlig ausreichen, im Hinblick auf eine lange Betriebsdauer wurden jedoch sechs 1,5 Volt-Mignon-Zellen vorgesehen, die für über tausend Betriebsstunden ausreichen.

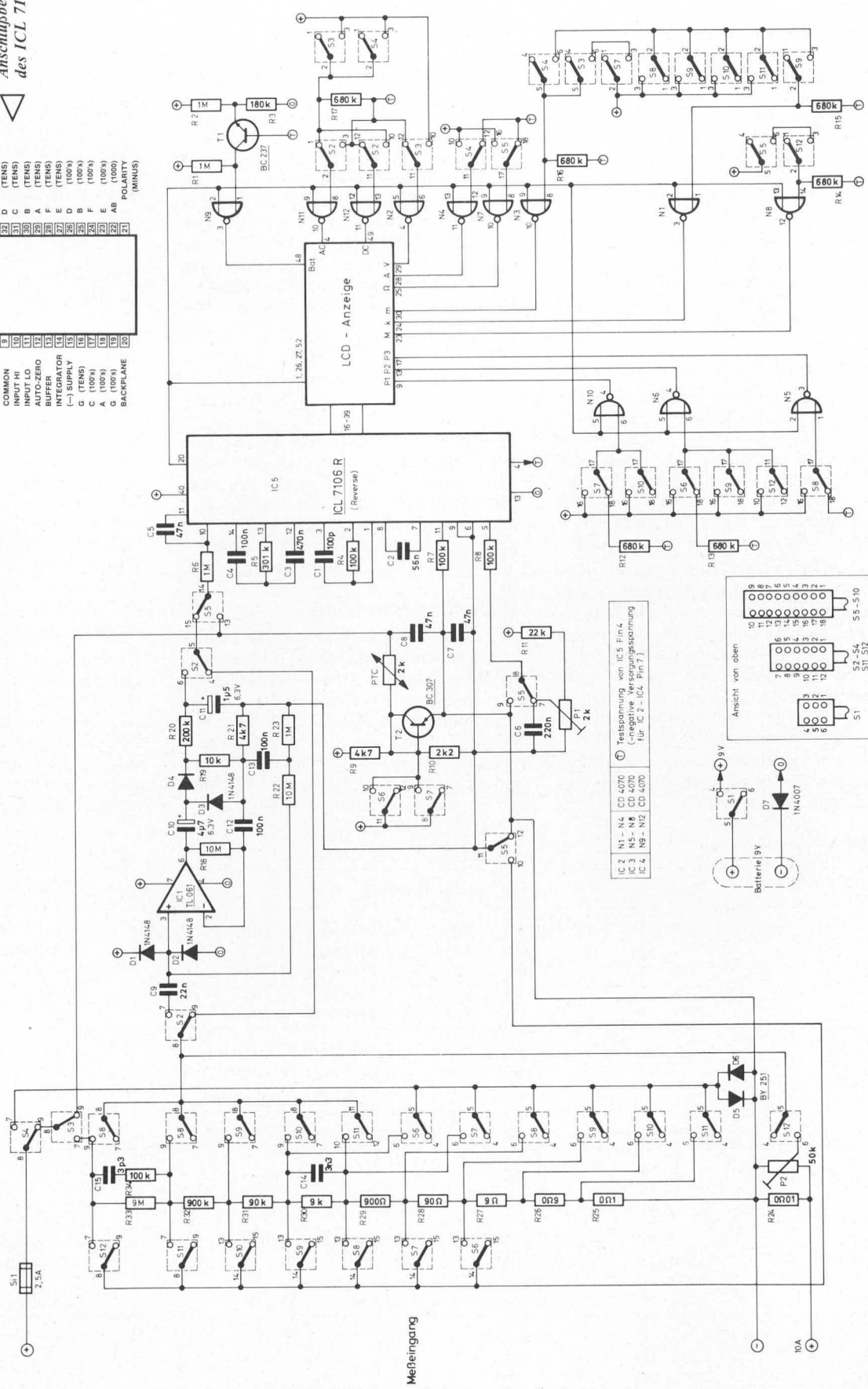
Aus der Batteriespannung erzeugt das Haupt-IC intern zwei Hilfsspannungen: Eine sogenannte „Common“-Spannung (2,8 V) an Pin 9, die gleichzeitig das Massepotential des Meßteils darstellt und eine Spannung „Test“ von ca. 6 Volt an Pin 4. Diese Spannungen sind — anders als üblich — gegenüber dem Pluspol stabilisiert. Beim Überprüfen dieser Spannungen muß also zum Pluspol hin gemessen werden. Aus der Common-Spannung wird mit Hilfe von P1 ein Teilbetrag abgegriffen und

Anschlußbelegung:

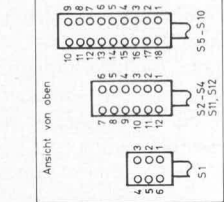


Anschlußbelegung
des ICL 7106 R

40	(-)	SUPPLY
39	D	(UNITS)
38	C	(UNITS)
37	B	(UNITS)
36	A	(UNITS)
35	F	(UNITS)
34	G	(UNITS)
33	E	(UNITS)
32	D	(TENS)
31	C	(TENS)
30	B	(TENS)
29	A	(TENS)
28	F	(TENS)
27	G	(TENS)
26	D	(1000s)
25	B	(1000s)
24	F	(1000s)
23	A	(1000s)
22	E	(1000s)
21	AB	POLARITY BACKPLANE (MINUS)



- IC 2 N1 - N4 CD 4070
- IC 3 N5 - N8 CD 4070
- IC 4 N9 - N12 CD 4070
- ⊕ Testspannung von IC 5 Pin 4
- (-) negative Versorgungsspannung für IC 2 = IC 4 Pin 7



Schaltbild des Digital-Multimeters MM 31

Pin 5 des 7106 zugeführt. Dies ist die Referenzspannung des Wandlers, die nach erfolgtem Abgleich exakt 100,0 Millivolt betragen muß (zwischen Pin 5 und 6 des 7106).

Mit der Spannung „Test“ wird fortlaufend der Batteriezustand überprüft. Diese stabilisierte Spannung wird der Basis von Transistor T1 zugeführt, dessen Emitter über den Spannungsteiler R2/R3 mit der Versorgungsspannung verbunden ist. Sinkt jetzt mit der Zeit die Batteriespannung ab, sinkt auch das Emitterpotential und wird irgendwann (bei ca. 7 Volt) negativer als die Basisspannung „Test“. T1 beginnt zu leiten und steuert über Gatter N9 das Batteriesymbol in der LCD-Anzeige an. Wegen des geringen Stromverbrauchs der Schaltung hat man ab diesem Zeitpunkt aber immer noch etwa 30 Betriebsstunden zur Verfügung.

Strom- und Spannungsmessung

Die Arbeitsweise in diesen Meßarten zeigt das Prinzipschaltbild Abb. 1. Die Meßspannung gelangt von der Eingangsteilerkette entweder direkt oder über den AC/DC-Wandler auf die Meßeingänge des 7106 (Pin 10 und 11) und wird dort nach dem „Dual-Slope“-Verfahren mit der schon erwähnten Referenzspannung verglichen.

Die Anzeige erfolgt dreieinhalbstellig, d. h. ± 2000 Meßpunkte. Über zusätzliche Schalterkontakte und Gatter werden darüber hinaus auch die entsprechenden Symbole für Meßart und -bereich eingeblendet. Die Spezial-LCD-Anzeige verfügt über folgende Sonderzeichen: AC, DC, V, A, Ω , m, k, M. (Lediglich im Sondermeßbereich 200 μ A wird kein μ -Zeichen eingeblendet.)

Wer auch nur kurze Zeit mit dem MM 31 gearbeitet hat, wird diese Sonderzeichen nicht mehr missen mögen; sie erleichtern

das richtige Ablesen des Meßergebnisses ganz wesentlich und schließen Fehlbedienungen fast gänzlich aus.

Überlastungen können keinen Schaden anrichten, da die Meßeingänge des 7106 hochohmig durch R6 und R7 geschützt sind. In den Strombereichen müssen zusätzlich die Vorteilerwiderstände R25 bis R28 vor Überlastung geschützt werden. Sobald die Spannung innerhalb des Vorteilers über 0,7 Volt ansteigt, wird — je nach Polarität — entweder D5 oder D6 leitend und schließt die Meßbuchsen kurz. Die Dioden verkraften Dauerströme von drei Ampere und Stoßströme von mehreren zehn Ampere. Damit sie selbst nicht zerstört werden können, ist zusätzlich noch die 2,5 A-Schmelzsicherung vorhanden. Der 20 A-Shunt (R24) benötigt keinen weiteren Schutz.

Der AC/DC-Wandler

Im Prinzip handelt es sich bei diesem Schaltungsteil um einen Einweg-Gleichrichter, bei dem die Schwellenspannung der Diode D4 durch den OP auf einige μ V reduziert wird. Durch das Integrationsglied R20/C11 wird die zu messende Spannung geglättet. Der AC/DC-Wandler ist so ausgelegt, daß er in weiten Bereichen linear arbeitet und keinen Abgleich benötigt. Die Dioden D1 und D2 dienen als Überspannungsschutz für IC1.

Widerstandsmessung

Für Widerstandsmessungen wird im MM 31 ein besonders exaktes Meßprinzip verwendet. Dabei wird die Referenzspannung des IC's abgeschaltet und statt dessen eine Serienschaltung aus dem zu messenden Widerstand und einem Referenzwiderstand (aus der Teilerkette) an die Meß- und Referenzeingänge des 7106 gelegt (Bild 2). Maß für R_x ist das Verhältnis der Spannungen,

die über diese beiden Widerstände abfallen. Das Verfahren ist deshalb so genau, weil nur die Genauigkeit des Referenzwiderstandes eine Rolle spielt. Änderungen der Versorgungsspannung gehen nicht in das Meßergebnis ein, da sie keinen Einfluß auf das Verhältnis der beiden Teilspannungen zueinander haben.

Im Gesamtschaltbild fällt in diesem Schaltungsteil der 2k-PTC-Widerstand auf. Er verhindert eine Zerstörung von IC5 sowie R9 und R10, falls bei Ohmmessungen versehentlich Spannung an die Meßbuchsen gelegt wird. Dieses Bauteil wird bei einem Strom von 7 mA schlagartig hochohmig, aber nicht zerstört, sondern ist nach Fortfall der Überlastung wieder betriebsbereit. Der Strom wird dabei über T2 abgeleitet, um R10 und die Vorteilerkette zu schützen. Dieser Überlastungsschutz ist außerordentlich wirksam, selbst direktes Anlegen der Netzspannung verursacht keinen Schaden.

Im Wechselspannungsbereich 2 V können übrigens einige Millivolt angezeigt werden, obwohl der Meßeingang kurzgeschlossen ist. Es handelt sich hierbei um Brummeinstreuungen, die tatsächlich „da“ sind. Abhilfe würde nur eine sehr aufwendige Abschirmung des gesamten Gerätes und natürlich auch der Meßkabel schaffen, auf die jedoch verzichtet werden kann, da die Abweichung nur eine Größenordnung von ca. 0,3% erreicht.

Aufbau der Schaltung

Zunächst werden beide Platinen bestückt. Dabei wird der Tastensatz von unten in die Hauptplatine eingesetzt. Auf der Anzeigenplatine sind keine Bohrungen für die LCD-Anzeige vorhanden. Sie wird stumpf auf die Bestückungsrückseite aufgelötet und hat dadurch gleich den richtigen Abstand zur Frontplatte.

Technische Daten

Funktion	Bereiche	Auflösung	Fehlergrenzen	Überlastschutz	R_x /Meßsp.
Gleichspannung	200 mV	100 μ V	$\pm(0,05\%$ v. Meßwert +1 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
	2 V	1 mV	$\pm(0,15\%$ v. Meßwert +1 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
	20 V	10 mV	$\pm(0,15\%$ v. Meßwert +1 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
	200 V	100 mV	$\pm(0,15\%$ v. Meßwert +1 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
	1000 V	1 V	$\pm(0,15\%$ v. Meßwert +1 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
Wechselspannung	200 mV	100 μ V	$\pm(0,6\%$ v. Meßwert +1 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
	2 V	1 mV	$\pm(0,6\%$ v. Meßwert +6 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
	20 V	10 mV	$\pm(0,6\%$ v. Meßwert +1 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
	200 V	100 mV	$\pm(0,6\%$ v. Meßwert +1 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
	600 V	1 V	$\pm(0,6\%$ v. Meßwert +1 Digit)	1200 V= \sim 750 V \sim SS	10 M Ω
Gleichstrom und Wechselstrom	20 μ A	10 nA			10 k Ω
	200 μ A	100 nA			1 k Ω
	2 mA	1 μ A		Dioden +	100 Ω
	20 mA	10 μ A	wie Spannungsbereiche	2,5 A Schmelzsicherung	10 Ω
	200 mA	100 μ A			1 Ω
Widerstand	2000 mA	1 mA			0,1 Ω
	20 A	10 mA	$\pm(1\%$ v. Meßwert +1 Digit)	entfällt	0,01 Ω
	20 Ω	10 m Ω			
	200 Ω	100 m Ω			
	2 k Ω	1 Ω	$\pm(0,15\%$ v. Meßwert +1 Digit)	400 V \sim SS	< 1 V
	20 k Ω	10 Ω			
	200 k Ω	100 Ω			
	2000 k Ω	1 k Ω			
	20 M Ω	10 k Ω			

Stückliste MM31:

Halbleiter

D1-D4	1 N 4148
D5, D6	BY 251
D7	1 N 4007
T1	BC 237, 547 o.ä.
T2	BC 307
IC1	TL 061
IC2, IC3, IC4	CD 4070 o. 4030
IC5	ICL 7106 R

Kondensatoren

C1	100 pF ker.
C2	56 nF MKH
C3	470 nF MKH
C4	100 nF MKH
C5	47 nF MKH
C6	220 nF MKH
C7, C8	47 nF MKH
C9	22 nF MKH
C10	4,7 µF 6 V, Tantal
C11	1,5 µF 6 V, Tantal
C12, C13	100 nF MKH
C14	3,3 nF MKH
C15	3,3 pF ker.

Kohleschichtwiderstände 5 %

R6	1 MΩ
R7, R8	100 kΩ
R12-R17	680 kΩ
R18, R22	10 MΩ

Metallschichtwiderstände 1 %

R1, R2	1 MΩ
R3	180 kΩ
R4	100 kΩ
R5	301 kΩ
R9	4,7 kΩ
R10	2,2 kΩ
R11	22 kΩ
R19	10 kΩ
R20	200 kΩ
R21	4,7 kΩ
R23	100 MΩ
R34	100 kΩ

Meßwiderstände 0,1 %

R25	0,1 Ω
R26	0,9 Ω
R27	9 Ω

R28	90 Ω
R29	900 Ω
R30	9 kΩ
R31	90 kΩ
R32	900 kΩ
R33	9 MΩ

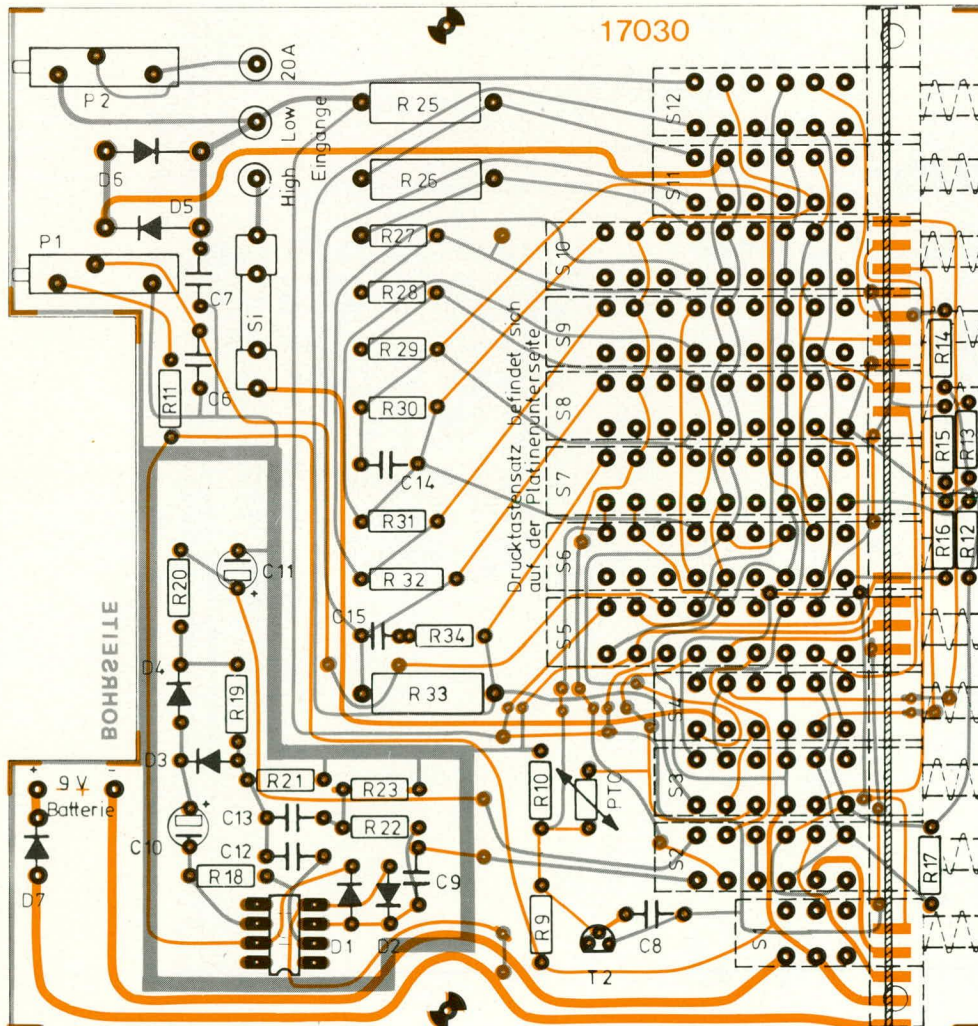
R24 ... 0,01 Ω (Widerstandsdraht)

Cermettrimmer

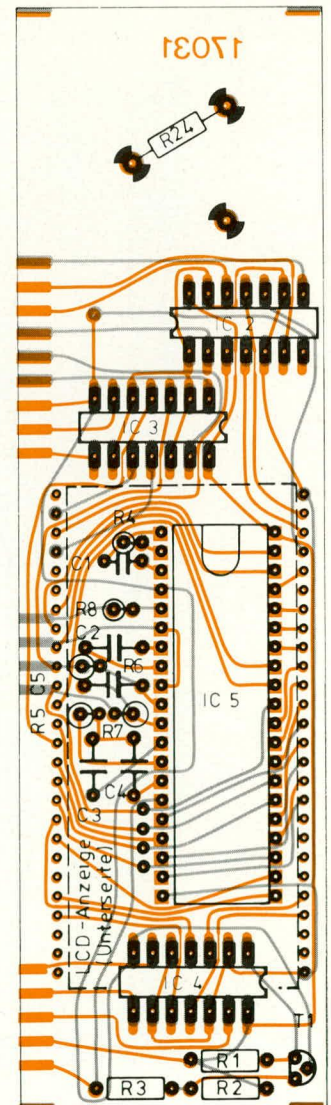
P1	2 kΩ
P2	50 kΩ

Sonstiges

- 1 LCD-Display
- 1 Tastensatz
- 1 Anzeigenplatine
- 1 Hauptplatine
- 1 2 k-PTC
- 1 Si-Halter
- 1 Sicherung 2,5 A
- 1 9-V-Batterieclip
- 1 Batteriehalter 6 x 1,5 V Mignon
- 1 MM31-Gehäuse mit Frontplatte
- 3 4 mm-Meßbuchsen



Bestückungsseite der Basisplatine (Achtung: Schaltersatz unter die Platine löten)



Bestückungsseite der Frontplatine

Anzeigen- und Hauptplatine müssen nun im rechten Winkel miteinander verlötet werden. Am besten setzt man dazu die Schaltung provisorisch ins Gehäuse und benutzt die Gehäusenuten als Führung für die Anzeigenplatine. Es sind auf beiden Seiten der Anzeigenplatine Verbindungsstellen zur Grundplatine anzulegen.

Nach dem Verschrauben der Meßbuchsen mit der Frontplatte wird die fertige Schaltung gleichzeitig mit der Frontplatte in das Gehäuseunterteil eingesetzt. Die Schaltung muß nicht festgeschraubt werden, sie hält sich durch die Gehäusekonstruktion selbst. Die Meßbuchsenanschlüsse ragen dabei durch die Bohrungen der Anzeigenplatine hindurch.

Jetzt kann der 20 A-Shuntwiderstand R24 montiert werden. Dieser Widerstand besteht aus einem drei Zentimeter langem Stück Widerstandsdraht mit 1,2 mm Querschnitt und einem Innenwiderstand von $0,4 \Omega$ pro Meter (= $0,012 \Omega$ auf drei Zentimeter).

Zum Schluß müssen noch die drei Meßbuchsen mit den entsprechenden Anschlüssen hinten rechts auf der Grundplatine verbunden werden.

Abgleich

Für den Abgleich muß entweder ein genaues Vergleichsmultimeter zur Verfügung stehen oder eines der im Handel befindlichen Eichmodule, die eine hochkonstante Ausgangsspannung abgeben. Die bekannte Vergleichsspannung wird an das MM 31 gelegt und mit Trimmer P1 auf gleiche Anzeige eingestellt. Am günstigsten ist es, im 200 Millivoltbereich abzugleichen, denn hier spielt die Toleranz des Vorteilers noch keine Rolle, und man kann so in diesem Bereich die maximale Genauigkeit bis auf den Wandlerfehler (max. 0,05 %) erreichen.

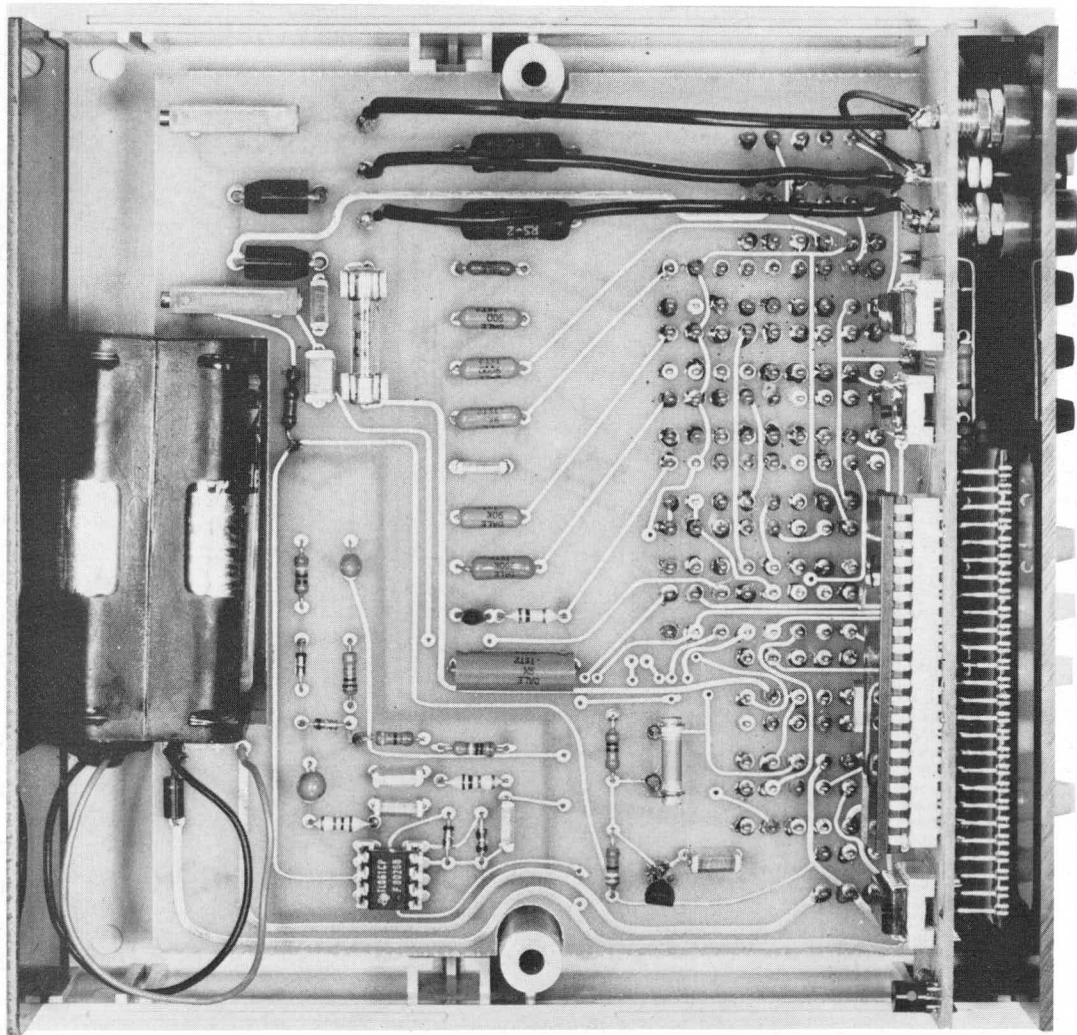
Ein weiterer Abgleich betrifft den 20 A-Shunt R24, dessen Wert exakt $0,01 \Omega$ betragen sollte. Solch niederohmige und gleichzeitig hochbelastbare Widerstandswerte sind in der Praxis ohne Abgleich kaum reproduzierbar. Deshalb wurde für R24 der Widerstandsdraht vorgesehen, der so bemessen ist, daß sein Widerstand etwas größer als $0,01 \Omega$ ist. Das ist wichtig, um mit P2 abgleichen zu können. Sollte der Abgleichsbereich zu klein sein, ist mit Sicherheit der Widerstandsdraht zu kurz bemessen worden, d. h. kleiner als $0,01 \Omega$. Sofern kein genaues Vergleichsgerät verfügbar ist, kann man beim Abgleich wie folgt vorgehen: Man mißt zunächst einen Strom im 2 A-Bereich,

z. B. 1,850 A. Dann führt man dieselbe Messung im 20 A-Bereich durch (nicht vergessen das Meßkabel in die 20 A-Buchse umzustecken) und gleicht mit P2 ab. Dabei gibt man 1 Digit (10 mA) in der letzten Stelle zu, in unserem Beispiel also nicht auf 1,85 sondern auf 1,86 abgleichen. Denn bei sonst gleicher Meßanordnung fließt jetzt tatsächlich etwas mehr Strom, weil der Innenwiderstand des MM 31 im 20 A-Bereich nur $0,01 \Omega$ (R24) beträgt, gegenüber $0,1 \Omega$ (R25) im 2 A-Bereich. Der Unterschied beträgt bei 1,8 A Strom ca. 10 mA.

Nach dem Abgleich können alle Meßbereiche und Sonderzeichen auf einwandfreie Funktion kontrolliert werden. Auch die Batteriekontrolle läßt sich einfach überprüfen, indem man anstelle der Batterien die Schaltung aus einem auf 9 Volt aufgeladenen Elko (z. B. $1000 \mu\text{F}$) speist. Nach wenigen Augenblicken muß dann das Batteriesymbol in der Anzeige erscheinen.

Zur Aufnahme des Batterienhalters befindet sich im hinteren Teil der Platine ein passender Ausschnitt. Damit nichts klappern kann, wird darüber ins Gehäuseoberteil ein Stück Schaumstoff eingeklebt.

Dem Einsatz dieses hochwertigen Vielfachmeßgerätes steht nun nichts mehr im Wege.



Ansicht des geöffneten Digital-Multimeters MM 31