

ELV-Serie 7000

Präzisions-Digital-LCD-Multimeter

Teil 1



Wahlweise

oder DMM 7045 mit 4,5stelliger LCD-Anzeige
oder DMM 7035 mit 3,5stelliger LCD-Anzeige

Nach langer Entwicklungs- und ausgedehnter Erprobungszeit stellen wir Ihnen in einem zweiteiligen Artikel ein Digital-Multimeter-System vor, mit dem jeder Hobby-Elektroniker ein Multimeter aufbauen kann, das seinen individuellen Anforderungen und Vorstellungen entspricht.

Von einer preiswerten und doch hochwertigen 3,5stelligen Version bis hin zum 4,5stelligen Digital-Multimeter mit echtem Effektivwert-Gleichrichter, können insgesamt 12 verschiedene Varianten aufgebaut bzw. auch zu einem späteren Zeitpunkt umgerüstet werden.

Nachfolgend die herausragenden Daten der höchsten Ausbaustufe in Kurzform:

- wahlweise 3,5- oder 4,5stellige Ausführung
- 30 Meßbereiche, u. a. 6 Strombereiche von 1 nA bis 20 A
- Toleranz des Vorteilers wahlweise 0,5 % - 0,1 % - 0,05 %
- hochwertiger AC/DC-Meßgleichrichter, wahlweise als arithmetischer Mittelwert- oder echter Effektivwert-Gleichrichter
- alle Bereiche (bis auf 20 A) überlastgeschützt
- Betrieb wahlweise über 9 V-Blockbatterien oder Steckernetzteil
- jede Version kann auch zu einem späteren Zeitpunkt problemlos auf- bzw. umgerüstet werden.

Allgemeines

Zu den wichtigsten Meßgeräten im Elektronik-Labor sowohl im professionellen als auch im Hobby-Bereich, zählt ein Digital-Multimeter. Am weitesten verbreitet dürften hierbei wohl die 3,5stelligen Multimeter sein, die mit den IC's der Typen ICL 7106/07 einfach und preiswert aufbaubar sind. Je nach Präzision des verwendeten Eingangsspannungsteilers und Meßgleichrichters, lassen sich hiermit Digital-Multimeter aufbauen, die auch höheren Ansprüchen genügen, zumal die Grundgenauigkeit des ICL 7106/07 bei typ. 0,05 % liegt.

Bei wachsenden Ansprüchen oder für professionellen Einsatz, werden jedoch immer häufiger 4,5stellige Präzisions-Digital-Multimeter eingesetzt. Aufgrund der hohen Auflösung können damit besonders genaue Messungen durchgeführt werden. Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß auch die übrige Beschaltung (Referenzspannung, Eingangsvorteiler, AC/DC-

Wandler usw.) und nicht zuletzt das Leiterplattenlayout entsprechend hohen Anforderungen genügen.

Bei der Konzeption der hier vorliegenden Schaltung wurde neben dem Erreichen einer hohen Präzision besonderer Wert darauf gelegt, daß jeder Hobby-Elektroniker, der etwas Erfahrung im Aufbau elektronischer Schaltungen besitzt, sich ein Digital-Multimeter aufbauen kann, das seinen individuellen Wünschen und Anforderungen entspricht.

So steht wahlweise eine 3,5stellige bzw. 4,5stellige LCD-Anzeige mit entsprechendem A/D-Wandler zur Verfügung.

Bei den Meßgleichrichtern (AC/DC-Wandlern) kann zwischen einer preiswerten, jedoch hochwertigen Version, die den arithmetischen Mittelwert bildet, gewählt werden und einem echten Effektivwert-Gleichrichter, der selbst professionellen Ansprüchen genügt.

Darüber hinaus stehen für den Meßwiderstands-Vorteiler drei verschiedene Genauigkeitsklassen zur Verfügung (0,5 % - 0,1 % - 0,05 %).

Allen Ausführungen gemeinsam ist die aufwendige Schaltungstechnik, die mit jedem dieser Digital-Multimeter ein komfortables und genaues Arbeiten ermöglicht. Hierzu trägt u. a. das komfortable Tastenaggregat mit farbig gestalteten Druckknöpfen sowie die Präzisions-Spannungsreferenz bzw. die auch in der Grundversion Bestandteil dieser Digital-Multimeter sind.

Zur Schaltung

Die Gesamtschaltung besteht aus dem Hauptschaltbild, in dem sämtliche wesentliche Komponenten eingezeichnet sind sowie den beiden zusätzlichen Schaltbildern für die 3,5stellige und 4,5stellige LCD-Anzeige mit zugehörigem A/D-Wandlerbaustein, die wahlweise eingesetzt werden können.

Das Gerät besitzt drei Eingangsbuchsen. Bis auf den 20 A-Meßbereich, für den die Eingangsbuchsen „b“ und „c“ zuständig sind, werden für alle übrigen Messungen die Eingangsbuchsen „a“ und „b“ benutzt.

Über das 12stufige Spezial-Tastenaggregat (S 1 bis S 12) werden je nach Meßart und Meßbereich entsprechende Funktionen sowie die benötigten Meßwiderstände (R 1 bis R 9) eingeschaltet. Die Referenzspannung wird mit einem externen, auf der Basisplatte angeordneten Präzisions-Spannungsreferenzelement des Typs LM 385 erzeugt, das einen besonders niedrigen Temperatur-Koeffizienten von typ. 20 ppm aufweist und entscheidend mit zur hohen Genauigkeit eines jeden nach dieser Schaltungsvorlage aufgebauten Digital-Multimeters beiträgt.

Für die 4,5stellige Version wird eine Referenzspannung von 1,000 V benötigt, während für die 3,5stellige Version eine Referenzspannung von 100,0 mV erforderlich ist. Im letzteren Fall sind für R 40 und R 42 die in Klammern angegebenen Widerstandswerte einzusetzen. Der exakte Wert wird später mit dem Spindeltrimmer R 41 eingestellt.

Die Dioden D 3, D 6 bis D 9, der PTC-Widerstand R 38 sowie Si 2 dienen in den Ohm-Bereichen dem Schutz der Schaltung vor Fremdspannungen.

Bei Messungen von Wechsel- und Mischspannungen (Gleichspannungen mit Wechselspannungsanteil) kommen die beiden hochwertigen Meßgleichrichter zum Einsatz, von denen je nach Anforderung selbstverständlich nur einer eingebaut wird. Das Leiterplattenlayout ist von vornherein für beide Versionen ausgelegt.

OP 1 stellt mit seiner Zusatzbeschaltung eine Vorstufe zur Pufferung und Meßwertanpassung dar, die für beide Gleichrichter-Versionen erforderlich ist.

Meßgleichrichter I ist ein echter Effektivwert-Gleichrichter, der im wesentlichen aus dem integrierten AC/DC-Wandler des Typs AD 636 (IC 2) besteht, mit nur wenigen zusätzlichen externen Bauelementen. Dieses IC setzt eine am Eingang (Pin 4) anliegende Spannung mit nahezu beliebiger Kurvenform in eine äquivalente Ausgangsgleichspannung (Pin 8) um, die dem echten Effektivwert der Eingangsspannung entspricht.

Da die Schaltung neben dem Betrieb über ein Steckernetzteil auch mit zwei 9 V-Blockbatterien versorgt werden kann und das IC 2 eine Stromaufnahme von 5 bis 10 mA aufweist, wird der Meßgleichrichter I über S2b nur dann eingeschaltet, wenn er auch tatsächlich für Wechselspannungsmessungen benötigt wird. Hierzu werden zusätzlich die Bauelemente R 19, R 20, D 15, C 3 und T 1 benötigt.

Beim Einsatz des Meßgleichrichters I dient OP 1 lediglich zur Pufferung der Eingangsspannung, bei einer Verstärkung von 0 dB (1fach). Aus diesem Grunde entfallen die Bauelemente R 12, R 13, R 17 sowie C 1 ersatzlos.

Wird der Meßgleichrichter II eingebaut, so ist die gesamte Zusatzbeschaltung des OP 1 erforderlich. Bei Gleichspannungen, die auch verarbeitet werden können, wird die Verstärkung des OP 1 mit den Widerständen R 16/R 17 (2fach) festgelegt, da der Parallelzweig mit den Widerständen R 12/R 13 durch den Kondensator C 1 unterbrochen ist.

Sobald die über den OP 1 verstärkte Frequenz 10 Hz und mehr beträgt, stellt C 1 praktisch einen Kurzschluß für diese Frequenzen bei der vorliegenden Dimensionierung dar, wodurch sich der Verstärkungsfaktor dieser Stufe soweit erhöht, daß die Differenz zwischen arithmetischem Mittelwert und echtem Effektivwert exakt ausgeglichen wird. Am Ausgang des OP 1 (Pin 6) steht nun ein Signal zur Verfügung, das direkt von Meßgleichrichter II verarbeitet werden kann, und zwar so, daß an dessen Ausgang (Pin 6 des OP 3) eine dem Effektivwert entsprechende Gleichspannung abgenommen werden kann.

Die Trimmer R 14, R 23, R 26 sowie R 35 dienen der Offset-Korrektur (Nullpunkteinstellung), während der Spindeltrimmer R 18 im Meßgleichrichter I bzw. R 32 im Meßgleichrichter II zur Feineinstellung des Skalenfaktors dient.

Die genaue Beschreibung des Abgleiches, der verhältnismäßig einfach durchzuführen ist, wird im weiteren Verlauf dieses Artikels noch eingehend beschrieben.

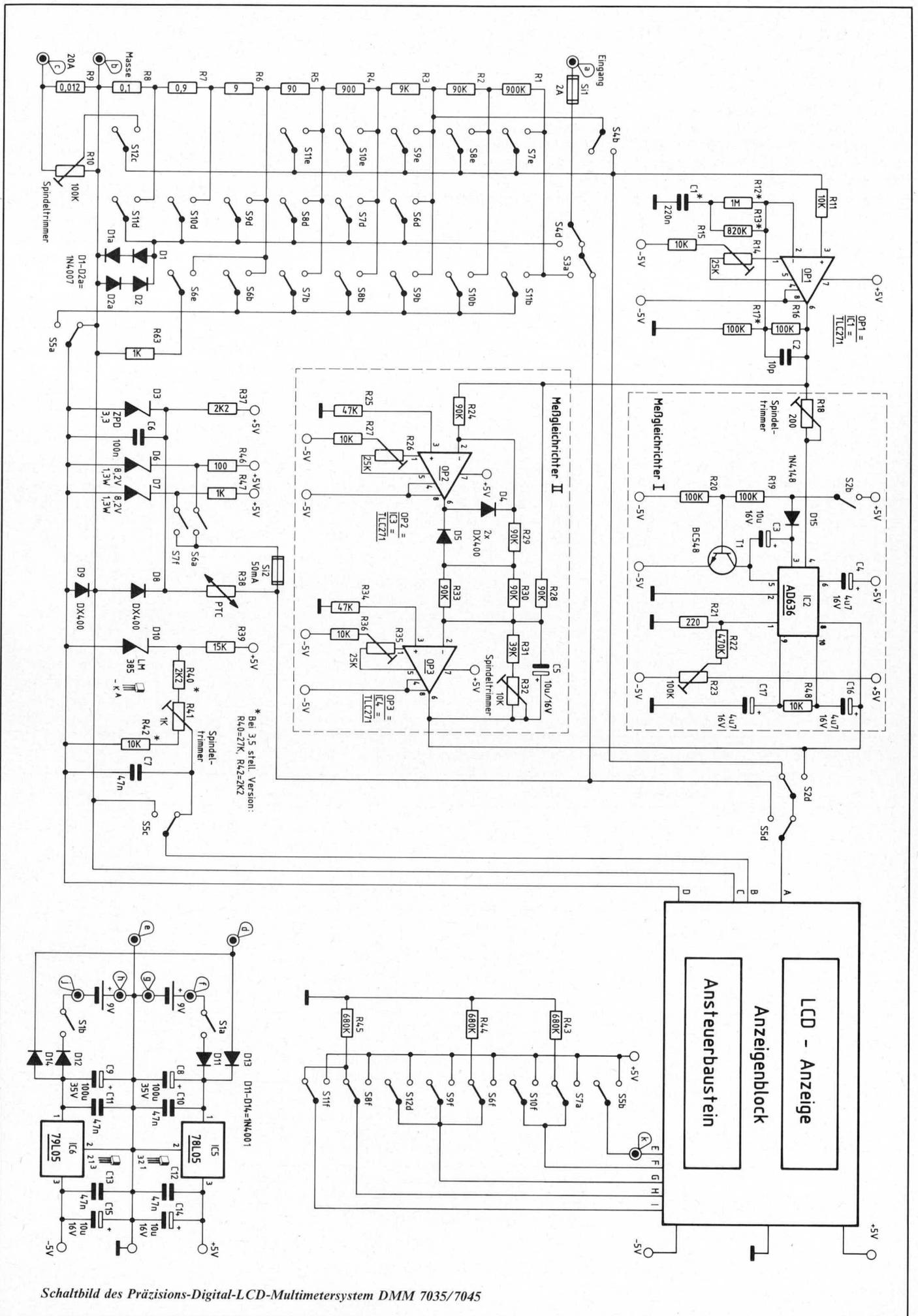
Gleichwohl für welchen der beiden Meßgleichrichter man sich entscheidet, in jedem Fall wird nur einer der beiden in der gestrichelten Umrandung befindlichen Schaltungsteile eingebaut. Die jeweils in der anderen Umrandung eingezeichneten Bauelemente müssen unbedingt ersatzlos entfallen.

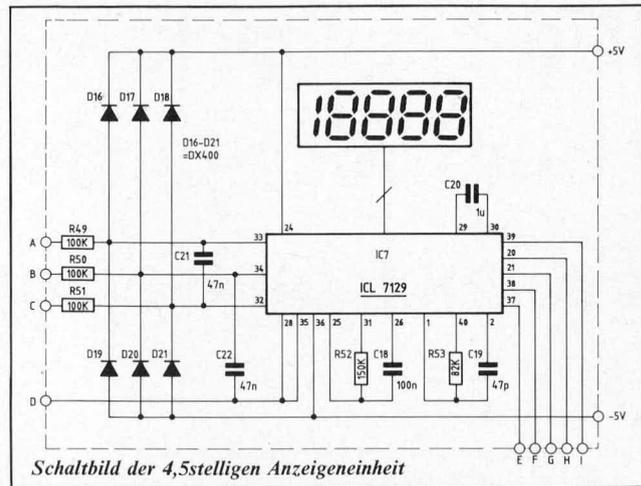
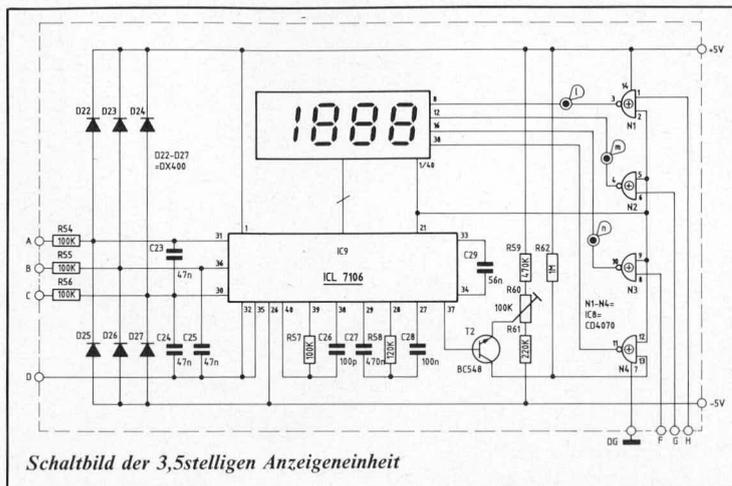
Abschließend soll nicht unerwähnt bleiben, daß beide Meßgleichrichter sowohl für Wechselspannungs-, Mischspannungs- als auch für Gleichspannungsmessungen geeignet sind. Um eine ruhige Anzeige zu gewährleisten und den Meßfehler klein zu halten, sollte die Frequenz der Wechsel-

Technische Daten des 4,5stelligen Präzisions-Digital-LCD-Multimeters DMM 7035/7045

Funktion	Bereiche	Auflösung	Meßfehler (typ.)*	Überlastschutz
Gleichspannung	200 mV	10 μ V	$\pm (0,01 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	300 V \approx / 750 V _{SS} ~
	2 V	100 μ V	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V \approx / 1200 V _{SS} ~
	20 V	1 mV	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V \approx / 1200 V _{SS} ~
	200 V	10 mV	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V \approx / 1200 V _{SS} ~
	1000 V	100 mV	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$	1200 V \approx / 1200 V _{SS} ~
Wechselspannung Frequenzbereich: DC + 10 Hz bis 10 kHz	200 mV	10 μ V	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 0,3 \text{ mV})$	300 V \approx / 750 V _{SS} ~
	2 V	100 μ V	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 3 \text{ mV})$	1200 V \approx / 1200 V _{SS} ~
	20 V	1 mV	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 30 \text{ mV})$	1200 V \approx / 1200 V _{SS} ~
	200 V	10 mV	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 0,3 \text{ V})$	1200 V \approx / 1200 V _{SS} ~
	400 V	100 mV	$\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 3 \text{ V})$	1200 V \approx / 1200 V _{SS} ~
Gleichstrom und Wechselstrom	20 μ A	1 nA	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$ für DC $\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 0,15 \% \text{ v. Endwert})$ für AC	Dioden und 2,5 A Schmelzsicherung
	200 μ A	10 nA		
	2 mA	100 nA		
	20 mA	1 μ A		
	200 mA	10 μ A		
2000 mA	100 μ A			
Frequenzbereich: DC + 10 Hz bis 10 kHz	20 A	1 mA	$\pm (0,1 \% \text{ v. Meßwert} + 2 \text{ Digit})$ für DC $\pm (0,3 \% \text{ v. Meßwert} + 0,03 \text{ A})$ für AC	entfällt
Widerstand	20 Ω	1 m Ω	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 0,05 \Omega)$	300 V \approx / 750 V _{SS} ~
	200 Ω	10 m Ω	$\pm (0,05 \% \text{ v. Meßwert} + 0,02 \% \text{ v. Endwert})$	
	2 k Ω	100 m Ω		
	20 k Ω	1 Ω		
	200 k Ω	10 m Ω		
2000 k Ω	100 Ω			

* bei Einsatz der Präzisions-Meßwiderstands-Teilerkette mit einer Toleranz von 0,05% und echtem Effektivwert-Meßgleichrichter
bei Einsatz des arithmetischen Mittelwert-Meßgleichrichters erhöht sich die Grundtoleranz in den AC-Bereichen von 0,3% auf 0,5%





spannungen bzw. eines evtl. Wechselspannungsanteiles mindestens 20 Hz betragen. Die volle Genauigkeit wird im Bereich von 40 Hz bis 10 kHz erreicht (bei geringen Genauigkeitsabstrichen bis 15 kHz).

Die Spannungsversorgung erfolgt entweder über zwei 9 V-Blockbatterien, die über die Schalter S1a und S1b eingeschaltet werden, oder über ein 9 V-Wechselspannungsnetzteil (8 V bis 12 V), das die Schaltung kontinuierlich unabhängig von der Stellung des Schalters S1 versorgt. Hier genügt eine Strombelastbarkeit von 100 mA.

Die Spannungsstabilisierung erfolgt über die beiden Festspannungsregler IC 5 und IC 6 mit Zusatzbeschaltung, die eine stabile ± 5 V Versorgungsspannung sicherstellen.

Die Stromaufnahme der Gesamtschaltung liegt in den Gleichspannungs- und Gleichstrombereichen bei einigen wenigen mA.

Bei Einsatz des Meßgleichrichters I kommen bei Wechselspannungsmessungen noch einige mA für das IC 2 hinzu.

Lediglich während der Widerstandsmessungen in den beiden niedrigen Ohm-Bereichen fließen etwas höhere Versorgungsströme. In Schalterstellung „200 Ω “ fließen zusätzlich ca. 4 mA und in Schalterstellung „20 Ω “ zusätzlich ca. 40 mA. Dies jedoch auch nur dann, wenn ein entsprechender Meßwiderstand an den Eingängen anliegt.

Im allgemeinen reicht ein Batteriesatz jedoch für ca. 100 Stunden Dauerbetrieb, so daß diese Multimeter durchaus auch für Batteriebetrieb im Service-Bereich einsetzbar sind. Für stationären Betrieb empfiehlt sich jedoch der Einsatz eines Steckernetzteiles.

Anzumerken ist noch, daß das verwendete Steckernetzteil unbedingt eine Wechselspannung abgeben muß, da im Gerät hieraus sowohl die positive als auch die negative Versorgungsspannung generiert wird. Es ist also die positive und negative Halbwelle erforderlich.

Die rechts im Schaltbild unterhalb des Anzeigenblockes angeordneten Schalter dienen in Verbindung mit den Widerständen R 43 bis R 45 der Punkte-Umschaltung, so daß automatisch zu jedem gewählten Meßbereich der entsprechend zugehörige Dezimalpunkt im LC-Display erscheint, wodurch eine hohe Zuverlässigkeit der Ableitung erreicht wird.

Die Sicherung Si 1 dient in den Strombereichen dem Schutz der Schaltung und insbesondere der Meßwiderstände im Fall einer Fehlbedienung. Im Überlastfall fließt der Haupt-Strom über die vier Schutzdioden D 1 bis D 2a ab und der Meßkreis wird durch Si 1 aufgetrennt.

3,5stelliger Anzeigeneinheit

Die Verbindung des 3,5stelligen Anzeigenblockes mit der übrigen Schaltung erfolgt über 9 Leiterbahnen. Im einzelnen haben diese folgende Funktion:

- A: positive Meßspannungszuführung
- B: positive Referenzspannungszuführung
- C: negative Meßspannungszuführung
- D: negative Referenzspannungszuführung und gleichzeitig Analog Ground (AG)
- E, F, G: Punktsteuerung

Zusätzlich werden noch die ± 5 V Versorgungsspannungen und Digital Ground (DG) zugeführt.

Auf die detaillierte Beschreibung des IC 9 des Typs ICL 7106 soll an dieser Stelle verzichtet werden, da diese Bausteine schon mehrfach im „ELV journal“ ausführlich behandelt wurden. Neu ist lediglich die Versorgungsspannungsüberwachung über die Widerstände R 59 bis R 61 sowie T 2. R 60 wird später so eingestellt, daß die Unterspannungsanzeige im LC-Display aufleuchtet, sobald die zwischen der +5 V- und -5 V-Versorgungsspannung gemessene Gleichspannung auf Werte unterhalb 9 V absinkt. Zwar arbeitet das IC 9 auch noch bei 8 V, jedoch empfiehlt es sich, bereits bei insgesamt 9 V die Batterien auszutauschen, da die Stabilisierung über die beiden 5 V-Festspannungsregler dann nicht mehr gewährleistet ist.

Die Gatter N 1 bis N 3 dienen der Ansteuerung der entsprechenden Dezimalpunkte, während das Gatter N 4 die Unterspannungsanzeige treibt.

4,5stellige Anzeigeneinheit

Wie bereits erwähnt, kann mit dem hier beschriebenen Multimetersystem auch ein besonders genaues, hochauflösendes Multimeter mit 4,5stelliger Digital-Anzeige aufgebaut werden. Hierzu wird lediglich anstelle der 3,5stelligen Anzeigeneinheit die nachfolgend beschriebene 4,5stellige An-

zeigeneinheit eingesetzt. Die übrigen Schaltungskomponenten bleiben bis auf die beiden Widerstände R 40 und R 42 zur Referenzspannungserzeugung unverändert bestehen.

Das IC 7 des Typs ICL 7129 zur A/D-Wandlung und direkten Ansteuerung eines 4,5stelligen LC-Displays, macht den Aufbau dieses hochwertigen Digital-Multimeters bei besonders günstigem Preis-/Leistungsverhältnis möglich.

Mit nur wenigen externen Bauelementen wird hier, ähnlich dem ICL 7106, eine Analog-Digital-Wandlung vorgenommen. Eine Eingangsgleichspannung, die an den Anschlußbeinchen 33 und 34 anliegt, wird in Verbindung mit einer entsprechenden Referenzspannung in ein digitales Signal umgewandelt, das direkt zur Ansteuerung eines LD-Displays geeignet ist. Der angezeigte Wert ist bei einem Meßumfang von ± 20.000 Digit der Eingangsgleichspannung mit hoher Linearität direkt proportional.

Die Funktion der Verbindungspunkte A, B, C und D ist mit der 3,5stelligen Version identisch.

Die Punktsteuerung erfolgt über die Verbindungsleitungen F, G, H, I, während über Punkt E eine interne Bereichsumschaltung vorgenommen wird, die lediglich in der vorliegenden Konzeption in den Ohm-Bereichen erfolgt.

Die Versorgung erfolgt über die beiden ± 5 V-Zuleitungen. Eine separate Leitung für Digital Ground (DG) ist nicht erforderlich, da der entsprechende Bezugspunkt von der 4,5stelligen Anzeigenplatine nicht fortgeführt wird.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß die 4,5stellige LCD-Anzeige über 3 Backplane-Anschlüsse verfügt, wodurch die Anzahl der Steuerleitungen zwischen IC- und Anzeige reduziert werden konnte. Die Verwendung der allgemein gebräuchlichen LCD-Anzeigen mit nur einem einzigen Backplane-Anschluß ist im Zusammenhang mit dem ICL 7129 nicht möglich.

In der kommenden Ausgabe des „ELV journal“ (Nr. 39) stellen wir Ihnen den zweiten, abschließenden Teil dieses Artikels vor, mit der Veröffentlichung der Platinenlayouts und der Beschreibung von Nachbau und Abgleich.