

Zur Schaltung

In Abbildung 1 ist das Blockschaltbild des Prozessor-Digital-Multimeters DMM 7002 dargestellt. Hier finden wir auch die wesentlichen Systemkomponenten übersichtlich in Blockform.

Vom Eingangsspannungsteiler gelangt die Meßspannung entweder direkt oder über einen AC/DC-Wandler auf einen Meßverstärker zur Anpassung an den nachgeschalteten A/D-Wandler. Dieser stellt eine zentrale Baugruppe im DMM 7002 dar, die wesentlichen Einfluß auf die hohe Genauigkeit und Auflösung ausübt. Der über dem A/D-Wandler eingezeichnete Über-/Unterspannungsdetektor dient zur Erfassung von Schwellwerten sowohl zur Abschaltung bei Überlastungen als auch zur schnelleren automatischen Meßbereichsumschaltung.

Die entsprechend digitalisierten Informationen werden dem zentralen Mikroprozessorsystem mit der Ablauf-Steuerung zugeführt. Weitere Informationen erhält der Prozessor über das Bedienteil (Eingabetasten).

Daraufhin steuert der Prozessor sowohl das 8stellige Digital-Display (6 Zifferstellen sowie 2 alphanumerische Digits) als auch die verschiedenen Umschaltfunktionen. Darüber hinaus gibt der Prozessor die Informationen für die Parallel- und die Seriell-Schnittstelle aus.

Zum Abschluß der Blockschaltbildbetrachtung wenden wir uns nochmals kurz dem Eingang des DMM 7002 zu. Zwischen dem Eingangsteilerblock und dem AC/DC-Wandler ist eine Stromquelle eingezeichnet. Diese ist für die Widerstandsmessungen erforderlich und speist je nach gewähltem Meßbereich verschiedene Konstantströme in die Eingangsbuchsen ein. Je nach anliegendem Widerstand fällt nun eine proportionale Spannung daran ab, die zur Messung und Auswertung des Widerstandes dient.

Abbildung 2 zeigt das Teilschaltbild des komplexen Analogteiles des DMM 7002. In einzelnen finden wir hier den Eingangsspannungsteiler mit der Relaisumschaltung, die Stromquelle für die Widerstandsmeßbereiche, den AC/DC-Wandler sowie den zentralen Baustein des A/D-Wandlers. Nachfolgend wollen wir auf die einzelnen Schaltungssegmente eingehen.

Der Meßbereichswahlschalter

Alle zu messenden Spannungen und Ströme werden mit Hilfe einer Präzisions-Spannungsteilerkette heruntergeteilt, so daß sie sich in einem Bereich von  $\pm 300$  mV bewegen.

Eine zu messende Eingangsspannung wird an die Buchsen „V/Ohm“ (ST 206) und „Masse“ (ST 209) gelegt. Im Spannungsbereich



# Prozessor-Digital-Multimeter DMM 7002

4 3/4stelliges mikroprozessorgesteuertes Digital-Multimeter mit V 24-Schnittstelle und Druckeranschluß.

Im zweiten Teil dieser Artikelserie stellen wir die ausführliche Beschreibung des komplexen Analogteils mit dem A/D-Wandler vor.

meßbereich ist RE 205 geschlossen und die komplette Widerstandskette, bestehend aus R 220 bis R 227 ist eingeschaltet. Je nach Höhe der Meßspannung wird nun einer der Relaiskontakte RE 206 bis RE 210 geschlossen, um im DC-Bereich über RE 203 und die Vorwiderstände R 201 bis R 203

auf den Meßverstärker IC 221 zu gelangen. Im AC-Bereich ist RE 203 eingeschaltet, d. h. der AC/DC-Wandler ist zwischen geschaltet. Hierauf gehen wir im weiteren Verlauf der Schaltungsbeschreibung noch näher ein.

Ein zu messender Strom bis 3 A wird

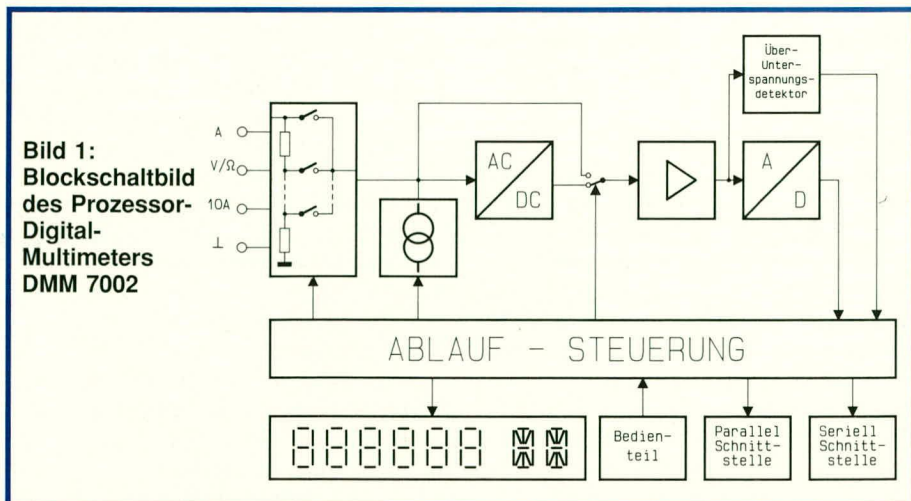


Bild 1: Blockschaltbild des Prozessor-Digital-Multimeters DMM 7002



über ST 207 der Sicherung SI 201 und dem Relais RE 223 der Spannungsteilerkette zugeführt. Je nach zu messendem Eingangsstrom ist eines der Relais RE 212 bis RE 216 eingeschaltet. Der Strom fließt nun über die entsprechenden Shunt-Widerstände nach Masse ab (ST 209). Gleichzeitig ist RE 209 geschlossen, um den zum Stromfluß proportionalen Spannungsabfall zum Meßverstärker weiterzuleiten. Bei AC-Messungen ist RE 203 ein- und bei DC-Messungen abgeschaltet.

Ströme oberhalb von 3 A werden an der 20 A-Buchse (ST 208) eingespeist und über

R 228 und RE 211 weitergeschaltet. Der entsprechend belastbare Stromshunt von  $0,012 \Omega$  ist hierbei direkt an die Eingangsbuchsen gelötet, um unnötige zusätzliche Spannungsabfälle zu vermeiden. Der von vornherein etwas zu hoch gewählte Widerstand (ca.  $12 m\Omega$  anstatt  $10 m\Omega$ ) wird dadurch ausgeglichen, daß der proportionale Spannungsabfall mit R 228 zu korrigieren ist.

Wegen der hohen Überspannungs-Absicherung in Verbindung mit den großen Genauigkeitsanforderungen sind für alle Schaltkontakte Leistungsrelais mit entsprechen-

der Spannungsfestigkeit und niedrigem Innenwiderstand eingesetzt.

## Die Spannungsmessung

Wesentlicher Teil der Spannungsmessung ist der vorstehend bereits beschriebene Eingangsspannungsteiler. Hiermit werden unterschiedliche Eingangsspannungen in einen Bereich von  $\pm 300 mV$  gebracht. Diese Spannung gelangt dann über R 201 bis R 203 zur Weiterverarbeitung auf den Eingang des Präzisions-Operationsverstärkers IC 221. R 201 bis R 203 stellen in Verbindung mit den schnellen Schutzdioden

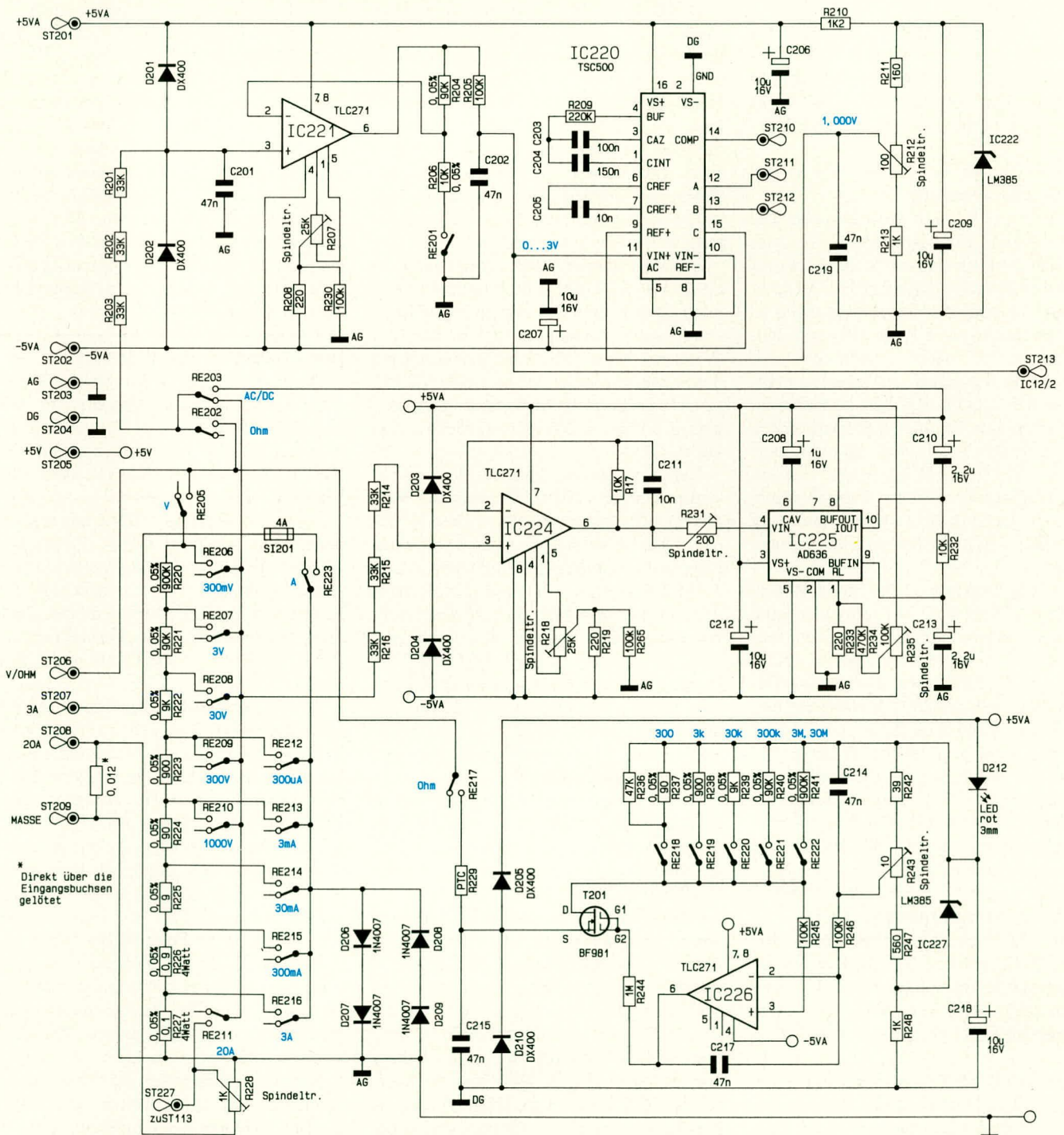


Bild 2: Teilschaltbild des Analogteils des Prozessor-Digital Multimeters DMM 7002



den D 201, 202 den Eingangs-Überlastschutz dar. Um eine ausreichende Spannungsfestigkeit sicherzustellen, wurden hier 3 einzelne Metallschichtwiderstände in Reihe geschaltet. C 201 dient in diesem Zusammenhang zur Filterung.

IC 221 ist in Verbindung mit R 204 und R 206 als Meßverstärker geschaltet mit einer Verstärkung von exakt „1“ bei geöffnetem Relaiskontakt RE 201 und „10“ bei geschlossenem Kontakt. Mit R 207 wird die Offset-Spannung kompensiert. Um einen ausreichend großen Einstellbereich zu erlangen, liegt der Schleifermittelpunkt über R 208 ca. 11 mV über der negativen Versorgungsspannung.

Der Ausgang des Meßverstärkers (Pin 6 des IC 221) wird über R 205 auf den Meßeingang (Pin 11) des A/D-Wandlers IC 220 des Typs TSC 500 gegeben. C 202 dient auch hier zur Filterung und Störunterdrückung.

## Die Strommessung

Meßströme bis 3 A gelangen über die entsprechende Eingangsbuchse (ST 207) und die Überlastsicherung SI 201 (4 A) auf den Arbeitskontakt des Relais RE 223. Dieser ist nur während der Strommessungen in den Bereichen bis 3 A geschlossen. Zusätzlich ist je nach Strommeßbereich (300 µA bis 3 A) einer der Arbeitskontakte von RE 212 bis RE 216 geschlossen. Durch den zum Stromfluß proportionalen Spannungsabfall an den Shunt-Widerständen (R 223 bis R 227) stellt sich ein Spannungsabfall zwischen 0 bis 300 mV ein, der in gleicher Weise weiterverarbeitet wird, wie dies bei Spannungsmessungen erfolgt.

Um eine Überlastung der Shunt-Widerstände R 223 bis R 227 zu vermeiden, sind zur Spannungs- und damit Leistungsbegrenzung die Schutzdioden D 206 bis D 209 des Typs 1N4007 vorgesehen. Eine Besonderheit stellt der 20 A-Meßbereich dar. Der Shunt-Widerstand für diesen Bereich besteht aus einem speziellen Widerstandsdraht, der unmittelbar an die beiden Anschlußbuchsen (20 A- und Massebuchse) gelötet wird. Der mit R 228 abzugleichende Spannungsabfall wird über RE 211 der Weiterverarbeitung zugeführt.

## Die Widerstandsmessung

Für die 6 Widerstandsmeßbereiche von 0 bis 300 Ω bis hin zu 30 MΩ sind 5 hochpräzise Konstantströme von 0,1 µA bis 1 mA erforderlich. Diese werden mit den Relaiskontakten RE 218 bis RE 222 umgeschaltet.

Mit dem IC 226 ist in Verbindung mit dem FET T 201 und Zusatzbeschaltung eine Präzisions-Konstantstromquelle aufgebaut.

Ausgehend von einer mit IC 227 des Typs LM385 erzeugten Referenzspannung wird

diese auf 90 mV heruntergeteilt (R 242, 243, 247) und über R 246 auf den invertierenden (-) Eingang (Pin 2) des IC 226 gegeben. Dieses IC des Typs TLC 271 vergleicht die Referenzspannung mit dem Spannungsabfall an einem der Referenzwiderstände R 237 bis R 241 und regelt den Ausgang (Pin 6) so ein, daß an dem jeweils eingeschalteten Referenzwiderstand ebenfalls ein Spannungsabfall von 90 mV ansteht. Bedingt durch diesen Spannungsabfall wird ein entsprechender Konstantstrom eingepreßt, der über T 201, R 229 sowie RE 217 an den Eingangsbuchsen (ST 206, 209) zur Verfügung steht.

D 205 und D 210 dienen in Verbindung mit dem PTC-Widerstand R 229 dem Schutz der Schaltung vor Überspannungen. Auch ein versehentliches Anlegen der 230 V-Netzwechselspannung im Ohm-Bereich kann dem DMM 7002 keinen Schaden zufügen. Im Normalfall weist R 229 einen Innenwiderstand von ca. 2 kΩ auf, der sich ab einer bestimmten Strombelastung schlagartig soweit erhöht, daß dadurch die Schaltung weitgehend geschützt ist.

Die am auszumessenden Widerstand (an den Buchsen ST 206, 209) abfallende Spannung ist aufgrund des eingepreßten Konstantstromes direkt proportional zum Widerstandswert. Zur Weiterverarbeitung dieser Meßspannung ist zusätzlich RE 202 geschlossen, und die Meßspannung gelangt über R 201 bis R 203 auf den Meßverstärker IC 221.

Eine Besonderheit stellt in diesem Zusammenhang der 30 MΩ-Bereich dar. Während in allen anderen Meßbereichen IC 221 eine 10fache Verstärkung vornimmt, wird diese auf den Faktor „1“ reduziert, da im 30 MΩ-Bereich durch einen entsprechenden Konstantstrom die Meßspannung nicht wie sonst üblich zwischen 0 und 300 mV liegt, sondern hier zwischen 0 und 3 V. Durch Öffnen des Relaiskontaktes RE 201 wird die Verstärkung des IC 221 auf „1“ heruntergeschaltet.

## Der Meßgleichrichter

Bei Messungen von Wechsel- und Mischspannungen (Gleichspannungen mit Wechselspannungsanteil) kommt ein hochwertiger Meßgleichrichter zum Einsatz. Mit den ICs 224 und 225 mit Zusatzbeschaltung ist ein echter Effektivwert-Gleichrichter aufgebaut, dessen Eingang (Pin 3 des IC 224) über die Vorwiderstände R 214 bis R 216 direkt am Eingangsspannungsteiler angeschlossen ist (genau wie der Meßverstärker IC 221). D 203, 204 dienen in Verbindung mit den Vorwiderständen zum Schutz vor Überspannungen. Der Operationsverstärker IC 224 des Typs TLC 271 ist als Impedanzwandler geschaltet und speist über R 231 den integrierten AC/DC-Wandler des Typs AD 636 (IC 225). Dieser für die

echte Effektivwert-Gleichrichtung wesentliche Baustein ist nur mit wenigen zusätzlichen externen Bauelementen beschaltet. Eine am Eingang (Pin 4) anliegende Spannung mit nahezu beliebiger Kurvenform wird in eine äquivalente Ausgangsgleichspannung (Pin 8) umgesetzt, die dem echten Effektivwert der Eingangsspannung entspricht.

Die Spindeltrimmer R 218 und R 235 dienen zur Offset-Spannungskompensation (Nullpunkteinstellung), während R 231 zur Feineinstellung des Skalenfaktors dient. Der recht einfach durchzuführende genaue Abgleich wird im weiteren Verlauf des Artikels noch ausführlich beschrieben.

An dieser Stelle weisen wir darauf hin, daß der Meßgleichrichter sowohl für Wechselspannungs-, Mischspannungs- als auch Gleichspannungsmessungen geeignet ist. Um eine ruhige Anzeige zu gewährleisten und den Meßfehler klein zu halten, sollte die Frequenz der Wechselspannung bzw. eines eventuellen Wechselspannungsanteils mindestens 20 Hz betragen. Die volle Genauigkeit wird im Bereich von 40 Hz bis 10 kHz erreicht. Bei geringen Genauigkeitsabstrichen sind auch Messungen bis über 15 kHz möglich.

## Der Analog/Digital-Wandler

Die in der bereits beschriebenen Weise aufbereitete Eingangs-Meßspannung steht mit einem Hub von ± 3 V am Ausgang (Pin 6) des IC 221 zur Verfügung und wird über R 205 auf den Eingang des A/D-Wandlers (Pin 11) gegeben.

Dieser hochpräzise A/D-Umsetzer arbeitet nach dem Dual-Slope- (2 Rampen) Integrationsverfahren. Eine genaue Referenzspannung von 1,000 V wird dem IC 220 an Pin 9 zugeführt. Diese Referenzspannung stellt das IC 222 in Verbindung mit R 211 bis R 213 sowie C 209 und C 219 bereit.

Im Wandlerbaustein des Typs TSC 500 sind alle wesentlichen aktiven Komponenten zur Analog/Digital-Wandlung enthalten, wobei die Ablaufsteuerung jedoch extern vorzunehmen ist. Hierzu werden dem IC 220 über die Eingänge A und B (Pin 12, 13) vom Prozessorsystem die entsprechenden Informationen zugeführt. Rückinformationen erhält der Prozessor über den COMP-Ausgang (Pin 14). Durch diesen Ausgang wird die Polarität des Eingangssignals sowie das Beenden der Deintegrationsphase signalisiert. Daraus gewinnt der Prozessor seine Digital-Information, die wiederum auf der anliegenden Meßspannung basiert.

Nach der ausführlichen Beschreibung des Analogteils folgt im 3. Teil dieses Artikels die Beschreibung des kompletten Digitalteils mit Prozessorsteuerung und Digital-Display. 