



# Prozessor-Multi-Lader PML 9000 Teil 2

*Im zweiten Teil dieses Artikels befassen wir uns ausführlich mit der innovativen und ausgereiften Schaltungstechnik dieses mikroprozessorgesteuerten Multi-Lade-Meßgerätes.*

Durch die hohe Integrationsdichte der im PML 9000 verwendeten Komponenten in Verbindung mit modernster Mikroprozessortechnologie steht eine optimierte Gesamtkonstruktion dieses recht aufwendigen Lade-Meßgerätes zur Verfügung, die dennoch im Hinblick auf den schaltungs-technischen Aufwand überschaubar geblieben ist.

Zur besseren Übersicht haben wir die Gesamtschaltung in 6 Teilschaltbilder unterteilt, mit folgenden wesentlichen Funktionsmerkmalen:

1. Analogstufe (Bild 2)
2. Prozessorschaltung (Bild 3)
3. DA-Wandler (Bild 4)
4. LED-Display (Bild 5)
5. Stromversorgung (Bild 6)
6. Relais-Ansteuerschaltung (Bild 7)

Wir beginnen die detaillierte Schaltungsbeschreibung mit den Analogstufen.

## Analogstufe (Bild 2)

Die in Abbildung 2 dargestellte Schaltung ist insgesamt 6mal im PML 9000 vorhanden. Für jeden der 6 Bearbeitungskanäle ist eine separate Analogstufe erforderlich. Alle Bauelemente in Abbildung 2 sind mit einer 3stelligen Bauteilnummer versehen. Die erste Ziffer dieser Bauteilnummer (in unserem Falle eine „1“) steht

für den jeweiligen Bearbeitungskanal, dem die Schaltung zugeordnet ist.

Stellvertretend für die 6 Analogstufen wollen wir nun mit der Beschreibung der in Abbildung 2 dargestellten Analogstufe für den Bearbeitungskanal Nr. 1 beginnen.

Aufgrund der Forderung, daß jede Analogstufe in der Lage sein muß, sowohl Ströme für die Ladung bereitzustellen, als auch Entladungen vornehmen zu können, in Verbindung mit der Möglichkeit der Parallelschaltung der einzelnen Stufen, sind 2 getrennte Leistungsstufen für Ladung und Entladung erforderlich. Mit dem Leistungstransistor T 100 sowie dem Treibertransistor T 101 in Verbindung mit dem Operationsverstärker IC 100 A ist die Ladestromquelle realisiert.

IC 100 A übernimmt in diesem Zusammenhang die Funktion des Reglers. Der Sollwert, d. h. die Information über den zu liefernden Ladestrom gelangt über den Widerstand R 120 vom Steuerpunkt LS-1 auf den nicht-invertierenden Eingang des Reglers IC 100 A. Die Steuerinformation der insgesamt 6 Leistungsstufen wird vom Mikroprozessor geliefert und im Multiplexverfahren jeweils zu den Analogstufen durchgeschaltet. Der Kondensator C 105 übernimmt hierbei die Speicherfunktion.

Die gesamte Anordnung, d. h. der Kondensator C 105, die hochohmigen FET-

Eingänge des IC 100 sowie der Steuermultiplexer aus Abbildung 4 kann als sogenanntes Abtast-Halte-Glied (Sample and Hold) bezeichnet werden.

Die zweite für den Regler erforderliche Eingangsinformation, der sogenannte Ist-Wert, gelangt vom Analogschalter IC 102 A kommend über den Widerstand R 104 auf den invertierenden Eingang des IC 100 A. Je nach Eingangsinformation steuert der Ausgang (Pin 1 des IC 100 A) über R 102 den Treibertransistor T 101, der wiederum über R 101 den eigentlichen Leistungstransistor T 100 steuert.

Durch den Kondensator C 104 im Gegenkoppelzweig des IC 100 A in Verbindung mit R 104 wird der Regler stabilisiert.

Wie bereits erwähnt, wird die Ist-Größe für den beschriebenen Regler über IC 102 A bereitgestellt. Bevor wir uns jedoch der Gewinnung dieser Meßgröße zuwenden, wollen wir zunächst die zweite Leistungsstufe um T 102 beschreiben.

Der Transistor T 102 in Verbindung mit dem Regler IC 100 B stellt eine sogenannte Stromsenke dar, die im Entlademodus des PML 9000 aktiv ist. Da der Emitter des Leistungstransistors T 102 direkt mit der Analogmasse (AG) verbunden ist und es sich beim T 102 um einen Darlington-Transistor handelt, kann der Reglerausgang (Pin 7 des IC 100 B) direkt die Steuerung der Leistungsstufe ohne zusätzlichen Treiber übernehmen.

Analog zu dem bereits beschriebenen Lade-Regler gelangt die Soll-Größe auch hier über R 120 auf den nicht-invertierenden Eingang des IC 100 B. Der Ist-Wert kommt wiederum über IC 102 A und wird über R 105 dem invertierenden Eingang des IC 100 B zugeführt.

Durch den CMOS-Schalter IC 102 A erfolgt die Umschaltung zwischen Lade- und Entladebetrieb. In der eingezeichneten Stellung befindet sich die Analogstufe im Entladebetrieb.

Durch den Widerstand R 103 wird der nicht benötigte Regler der Ladestufe (IC 100 A) in die Begrenzung gesteuert, wodurch letztendlich der Leistungstransistor T 100 sicher sperrt.

Wird die Analogstufe über den Steuerungseingang E/L-LS1 in den Lademodus umgeschaltet (IC 102 A, Pin 1 ist mit Pin 15 verbunden), so wird nun die nicht benötigte Entladestufe um IC 100 B und T 102 durch den Widerstand R 106 gesperrt. Diese einfache Sperrung der jeweils nicht benötigten Leistungsstufen durch die im Ist-Wert-Zweig liegenden Widerstände R 103 und R 106 beruht auf der niederohmigen Vorgabe des Ist-Wertes. Im aktiven Zustand des jeweiligen Reglers tritt hierdurch keine Pegelverfälschung auf.

Kommen wir nun zur Schaltung um IC 101. Durch den Präzisions-Operations-

verstärker IC 101 mit Zusatzbeschaltung wird die Ist-Größe für die besprochenen Regler erzeugt.

Der dem Lade- bzw. Entladestrom proportionale Spannungsabfall über dem Shunt-Widerstand R 114 wird durch das als Differenzverstärker beschaltete IC 101 verstärkt und steht mit Bezug auf die Analogmasse (AG) am Ausgang (Pin 6) des IC 101 zur Verfügung.

Die Verstärkung im positiven und im negativen Zweig des Differenzverstärkers ist gleich groß und wird durch das Verhältnis R 108 zur Parallelschaltung von R 113/ R 112 bzw. R 111 zu R 115/R 116 bestimmt.

Die Widerstände R 112 bis R 116 übernehmen eine Doppelfunktion. Neben der Aufgabe der Verstärkungsfestlegung wird die im positiven Zweig anfallende Meßspannung, deren Grundpotential je nach angeschlossenem Akku zwischen 1 V und 15 V liegen kann, auf die am OP-Eingang zulässigen Werte heruntergeteilt. Durch die am OP-Eingang liegenden CMOS-Schalter IC 102 B, C wird die Polarität der Meßspannung umgeschaltet, damit sowohl im Lademodus als auch im Entlademodus eine positive Meßspannung am Ausgang Pin 6 des IC 101 ansteht.

Die so entstandene Meßspannung wird neben der Verwendung als Ist-Wert für Lade- bzw. Entladeregler gleichzeitig dem Prozessor über die Verbindung ILS-1 zugeführt.

Der Kondensator C 107 dient zur Schwingneigungsunterdrückung, und über den Widerstand R 109 wird ein definierter Offset für IC 101 vorgegeben.

Da es sich beim IC 101 um einen Präzisions-Operationsverstärker des Typs OP 07 mit besonders geringer Offset-Spannung handelt, und die Widerstände R 112 bis R 116 sowie R 108 und R 111 eine Toleranz von nur 0,05 % (!) haben, ist für die gesamte Analogstufe kein Abgleich erforderlich.

Die Ausgangsspannung der Analogstufe, d. h. die Akku-Klemmenspannung wird durch den Widerstandsteiler, bestehend aus R 117 bis R 119, heruntergeteilt und über die Verbindung ULS-1 dem Prozessor zugeführt.

Durch das im Ausgangskreis liegende Relais RE 100 erfolgt, vom Prozessor gesteuert, die Umschaltung von Einzel- auf Parallelbetrieb. In der eingezeichneten Relaisstellung befindet sich die Analogstufe im Einzelbetrieb, d. h. die Endstufe ist direkt mit den an ST 100 und ST 101 angeschlossenen Ausgangsklemmen verbunden.

Die Operationsverstärker IC 100 und IC 101 werden mit der symmetrischen Versorgungsspannung von  $\pm 6$  V betrieben. Die Kondensatoren C 100 bis C 103 dienen hierbei der Störunterdrückung.

Damit ist die Schaltungsbeschreibung der analogen Leistungsstufe bereits abgeschlossen, und wir wenden uns der Prozessorschaltung zu.

### Prozessorschaltung (Bild 3)

Wesentlicher Bestandteil der in Abbildung 3 gezeigten Schaltung ist der Mikroprozessor IC 17 des Typs SAB80C535.

Implementiert in einem 68poligen PLCC-Gehäuse, beinhaltet er als wesentliches Leistungsmerkmal einen 10Bit-Analog-Digital-Wandler (1024 Stufen).

Es sei bereits an dieser Stelle angemerkt, daß die Handhabung des Prozessors aufgrund des verwendeten Sockels keinerlei Probleme bereitet.

Die Spannungsversorgung des Prozessors erfolgt aus der vom Netzteil (Abbildung 6) gelieferten und stabilisierten 5,7V-Spannung.

**Bild 2: Analogstufe des PML 9000. Für die 6 Bearbeitungskanäle ist jeweils eine Analogstufe vorhanden.**

Über die Diode D 45 gelangt diese Spannung, um ca. 0,7 V reduziert, auf Pin 68 des IC 17. Der Prozessor erhält somit seine typische Betriebsspannung in Höhe von 5 V. Weiterhin wird mit dieser Versorgungsspannung der RAM-Speicher IC 20 betrieben. Sowohl das interne RAM des Mikroprozessors IC 17, als auch das externe RAM müssen, um einen Datenverlust zu verhindern, ständig mit einer Spannung versorgt werden, d. h. auch bei Ausfall der regulären Spannungsversorgung.

Ist das PML 9000 ausgeschaltet oder vom Netz getrennt, so übernimmt diese Aufgabe der Akku 1. Die Diode D 45 verhindert in diesem Betriebsmodus, daß ein Strom zurück in das Netzteil des PML 9000 den Akku belastet.

Während des Betriebes wird der Akku über den Widerstand R 48 stets nachgeladen.

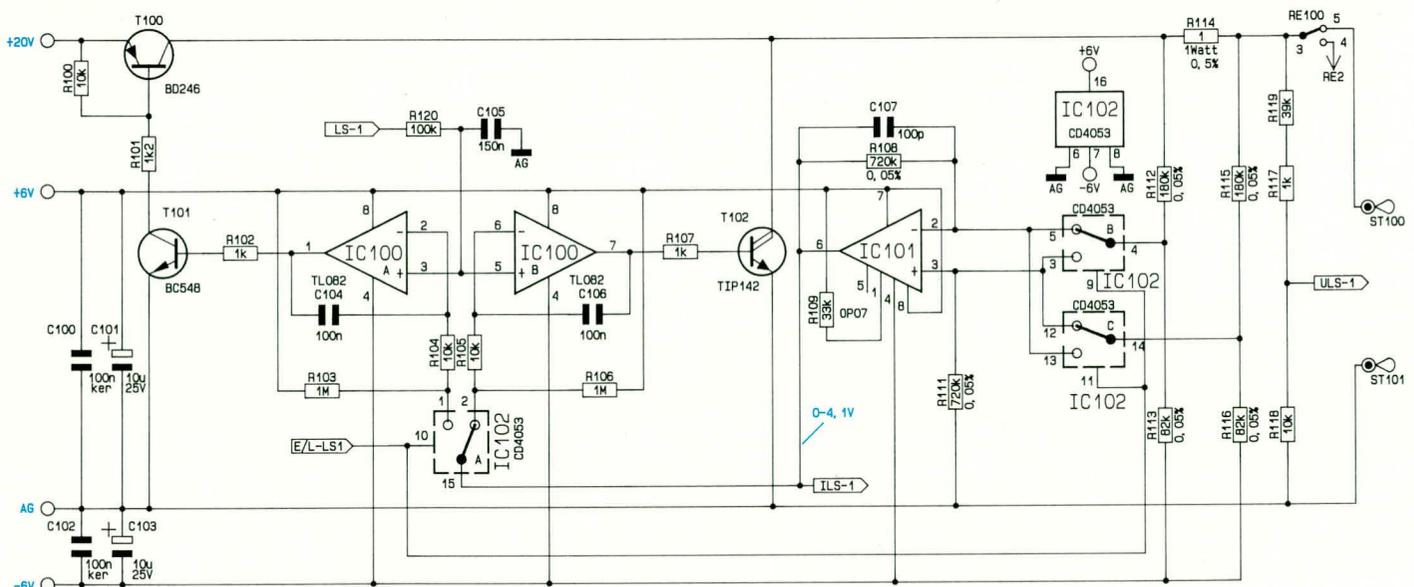
Die komplexe Programmstruktur des PML 9000 ist im EPROM IC 19 mit der Bezeichnung ELV9244 untergebracht. Hierauf greift der Prozessor, gesteuert über seinen Port 0 (Pin 52 bis Pin 59) in Verbindung mit dem Zwischenspeicher IC 18 des Typs 74HC373 und den Port 2 (Pin 41 bis Pin 46), fortlaufend zu.

Die Datenausgabe des IC 19 erfolgt an den Datenausgängen D 0 bis D 7, die dann vom Prozessor über den Port 0 eingelesen werden.

Der ebenfalls am Adreßbus (A 0 - A 12) und am Datenbus (D 0 bis D 7) liegende RAM-Speicher IC 20 dient zur Speicherung der vom Anwender eingegebenen Ladedaten sowie der vom PML 9000 ermittelten Akkudaten.

Die Taktfrequenz des Prozessors wird über die interne Oszillatorschaltung in Verbindung mit dem externen Quarz Q 1 sowie den beiden Kondensatoren C 53, C 54 vorgegeben und beträgt 12 MHz.

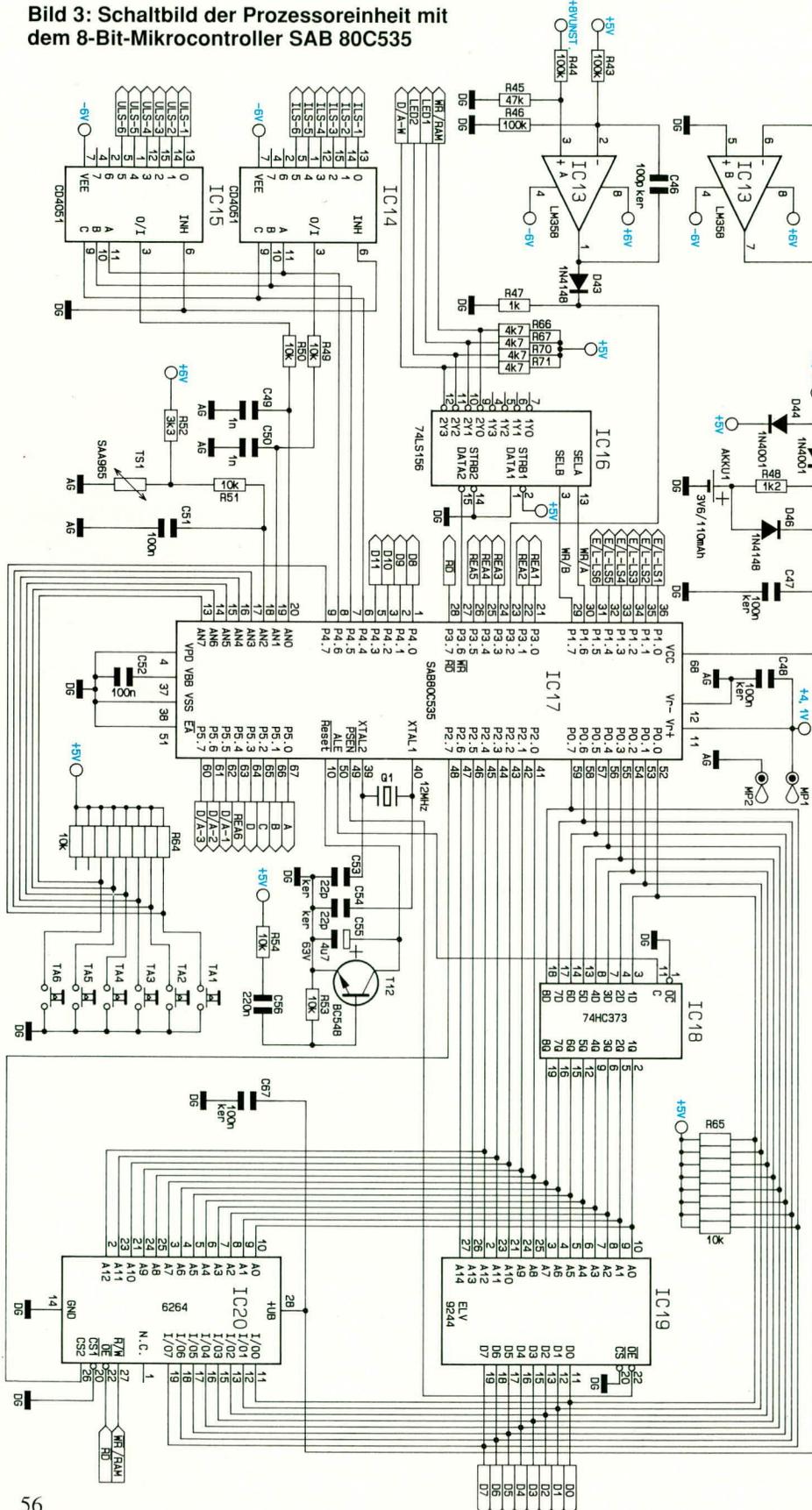
Damit der Prozessor zuverlässig in den Power-Down-Modus gelangt, wenn das



Gerät abgeschaltet wird, und diesen Modus nach dem Wiedereinschalten auch wieder verläßt, ist ein genau vorgegebener Ablauf einzuhalten.

Nach dem Wiedereinschalten wird durch den Transistor T 12 mit Zusatzbeschaltung ein Reset-Impuls an Pin 10 des Prozessors erzeugt, wodurch dieser seine Arbeit genau an der Stelle wieder aufnehmen kann,

**Bild 3: Schaltbild der Prozessoreinheit mit dem 8-Bit-Mikrocontroller SAB 80C535**



wor er zuvor unterbrochen wurde.

Die Aktivierung des Power-Down-Modus erfolgt durch das als Komparator geschaltete IC 13 A. Unmittelbar nach dem Ausschalten des PML 9000 oder nach einem Netzspannungsausfall wechselt der Komparator aufgrund der Widerstandsdimensionierung von R 43 bis R 46 am Ausgang Pin 1 von Low- auf High-Pegel.

Dieses Signal wird dem Prozessor am Port 3.2 (Pin 23) zugeführt, woraufhin dieser den Programmablauf unterbricht und sämtliche wichtigen Daten in den akkugepufferten RAM-Speicherbereich schreibt, noch bevor die Versorgungsspannung gänzlich zusammenbricht.

Der Port 5 dient zur Steuerung weiterer externer Bauelemente. Über die Portausgänge 5.0 bis 5.3 (Verbindungsbezeichnung A bis D) erfolgt die Steuerung der Multiplex-Anzeige (Abbildung 5).

Der Port-Ausgang 5.4 (Verbindungsbezeichnung REA6) schaltet das Relais RE 6 (Abbildung 7).

Die unteren 3 Bit des Prozessorports P5 mit der Verbindungsbezeichnung D/A1 bis D/A3 steuern den Steurmultiplexer, der in Abbildung 4 gezeigt ist. Damit ist der Port P5 komplett belegt und wir kommen als nächstes zu den Analogeingängen AN0 bis AN7 des Prozessors.

Über den Analogeingang AN0 wird die Klemmenspannung der einzelnen Ausgangskanäle eingelesen und prozessorintern verarbeitet.

Da beim PML 9000 insgesamt 6 Klemmenspannungen einzulesen sind, erfolgt über den 8-Kanal-Analog-Multiplexer IC 15 die zyklische Kanaldurchschaltung. Über den Analogeingang AN1 (Pin 19) des Prozessors in Verbindung mit dem Multiplexer IC 14 werden die Informationen über den jeweiligen Lade- bzw. Entladestrom der 6 angeschlossenen Endstufen eingelesen.

Die vom Temperatursensor TS 1 aufgenommene Kühlkörpertemperatur und die daraus resultierende Spannung gelangt über den Tiefpaß, bestehend aus R 51 und C 51, auf den Analogeingang AN 2.

Mit den restlichen Analogeingängen AN 3 bis AN 7 wird der Zustand der Bedientasten abgefragt. Lediglich die Taste TA 1 wird separat vom Prozessorport P4.7 überwacht.

Ebenfalls vom Port 4 erfolgt die Steuerung der oben beschriebenen Multiplexer IC 14 und IC 15. Die Steuereingänge (jeweils Pin 9 bis Pin 11) der genannten Multiplexer sind hierzu direkt mit den Ports 4.4 bis 4.6 verbunden. Die Prozessorpins 1 bis 3 und 5 (entsprechend Port 4.0 bis 4.3) führen zum Digital-Analog-Wandler (Abbildung 4). Sie stellen die oberen 4 Bit für den 12-Bit-DA-Wandler bereit.

Kommen wir nun zum Port 3. Dieser wird überwiegend zur Ansteuerung der Relais (siehe Abbildung 7) genutzt. Der Port 3.2 ist als Eingang geschaltet und wird zur Detektion einer Netzunterbrechung für den Power-Down-Modus benötigt.

Trotz der zahlreichen Ports des Mikroprozessors IC 17 sind für die Steuerung der umfangreichen externen Schaltungsteile nicht genügend direkte Port-Ein- und

-Ausgänge am Prozessor selbst vorhanden. Daher wird mit IC 16 ein zusätzlicher Datenverteiler eingesetzt.

Über dieses IC erfolgt die Steuerung weiterer externer Bausteine, die am Datenbus liegen. Hierzu gehören neben dem bereits beschriebenen RAM-Speicherbaustein IC 20 die Registerbausteine IC 9 und IC 11 (Abbildung 5) sowie der DA-Wandler (Abbildung 4).

Die Prozessor-Pins 29 bis 36 bilden den Port 1. Über P1.0 bis P1.5 werden die angeschlossenen Leistungsstufen (Verbindungsbezeichnung E/L-LS (1-6)) gesteuert. Hier wird festgelegt, ob sich die jeweilige Endstufe im Lade- oder im Entlademodus befinden soll (siehe auch Abbildung 2). Pin 30 und Pin 29 dienen der Steuerung des bereits besprochenen Datenverteilers IC 16.

Damit ist auch die recht umfangreiche Prozessorschaltung beschrieben, und wir können uns dem 12-Bit-DA-Wandler mit externer Beschaltung zuwenden.

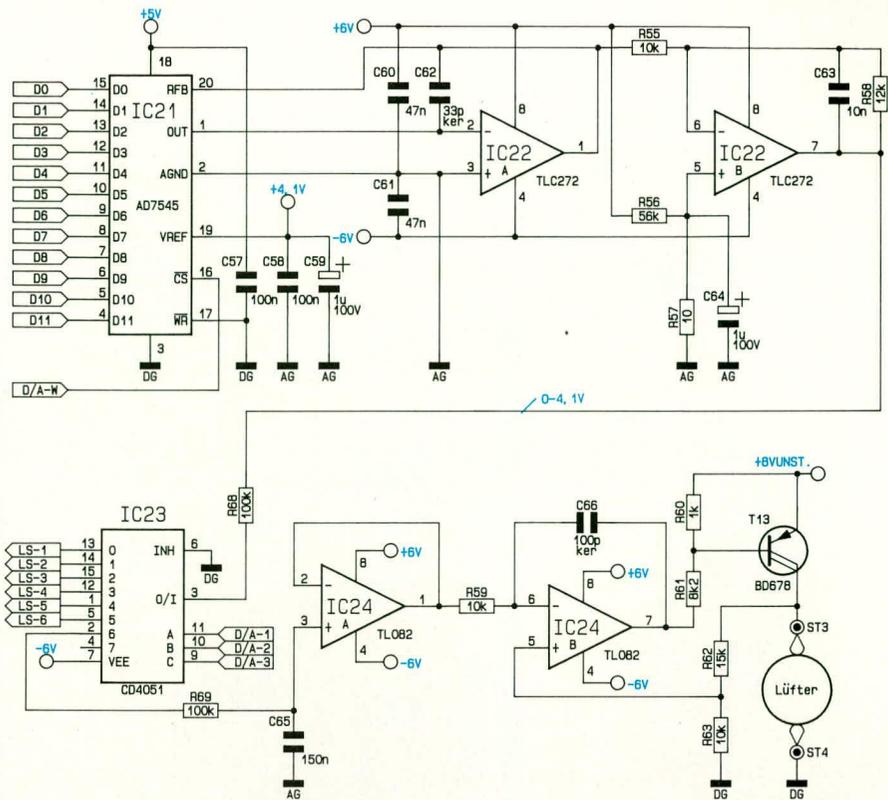
#### DA-Wandler (Bild 4)

In Abbildung 4 finden wir als weiteren wichtigen Bestandteil der Schaltung des PML 9000 den sehr genauen 12-Bit-DA-Wandler des Typs AD7545.

Der verwendete Mikroprozessor des Typs SAB80C535 verfügt lediglich über einen 8-Bit-Datenbus. Wie bereits beschrieben, müssen die Datenbits, die nicht direkt vom Datenbus bereitgestellt werden (hierzu gehören D 8 bis D 11), durch einen zusätzlichen Zwischenspeicher zur Verfügung gestellt werden. Diese Aufgabe übernimmt der Prozessorport P4.0 bis 4.3 (Abbildung 3). Die 12-Bit-Information wird also in 2 Teile zerlegt und nacheinander übertragen. Dabei ist es wichtig, daß zuerst die höherwertigen 4 Bit am Prozessorport angelegt werden. Beim folgenden Schreiben der 8 niederwertigen Datenbits in den DA-Wandler werden dann auch die zuvor am Port angelegten 4 oberen Datenbits gemeinsam vom DA-Wandler übernommen.

Die für die DA-Wandlung erforderliche Referenzspannung wird dem IC 21 an Pin 19 (VREF) zugeführt. Sie ist identisch mit der Referenzspannung des Prozessors (siehe Abbildung 3, IC 17, Pin 11) und wird vom Netzteil (Abbildung 6) generiert. Die Kondensatoren C 58, 59 dienen der Störunterdrückung, wodurch eine „saubere“ Referenzspannung bereitgestellt wird.

Am Ausgang des ersten als Pufferstufe geschalteten Operationsverstärkers IC 22 A stellt sich jetzt je nach digitalem Eingangswert eine Spannung von 0 V (bei digital 0) bis -VREF (bei digital 4095) ein. Sämtliche analogen Steuereingänge im PML 9000 sind für Eingangsspannungen von 0 bis +4,1 V ausgelegt. Über den zweiten nachgeschalteten Operationsverstärker IC 22 B



**Bild 4 zeigt den 12-Bit-DA-Wandler mit Ausgangsmultiplexer sowie die Lüfterregelung des PML 9000**

wird daher eine Invertierung und Verstärkung vorgenommen, wodurch am Ausgang Pin 7 der erforderliche Spannungsbereich zur Verfügung steht.

Die Steuerung der einzelnen Leistungsstufen erfolgt, wie eingangs bereits dargelegt, im Multiplex-Verfahren. Die Sollwert-Vorgabe für die Lüfterregelung erfolgt in gleicher Weise. Auch hier gilt der Eingangsspannungsbereich von 0-4,1 V. Die Aufgabe des Steuermultiplexers (vergleiche auch Blockschaltbild) übernimmt der 8-Kanal-CMOS-Multiplexer IC 23.

Die analoge Steuerinformation des DA-Wandlers gelangt über den zur Entkopplung dienenden Widerstand R 68 auf den Eingang (Pin 3) des Multiplexers. Je nach digitaler Steuerinformation an den Steuereingängen A, B, C (Pin 9 bis 11) wird nun der Analogwert zu der entsprechenden Leistungsstufe oder zur Lüftersteuerung durchgeschaltet.

Über den Multiplexer-Ausgang 6 (Pin 2) erfolgt die Steuerung der Lüfterregelung. Der Kondensator C 65 übernimmt hierbei die Speicherung der nur kurzzeitig anliegenden Steuerspannung. Der nachgeschaltete Operationsverstärker IC 24 A dient als Puffer/Impedanzwandler. Aufgrund der sehr hochohmigen FET-Eingänge dieses OPs wird eine Beeinflussung der im Kondensator gespeicherten Ladung und damit der Steuerinformation während der Hold-Phase vermieden.

Die Steuervorgabe-Spannung gelangt

nun vom Ausgang Pin 1 der Pufferstufe IC 24 B über den Widerstand R 59 auf den invertierenden Eingang des als Regler dienenden IC 24 B.

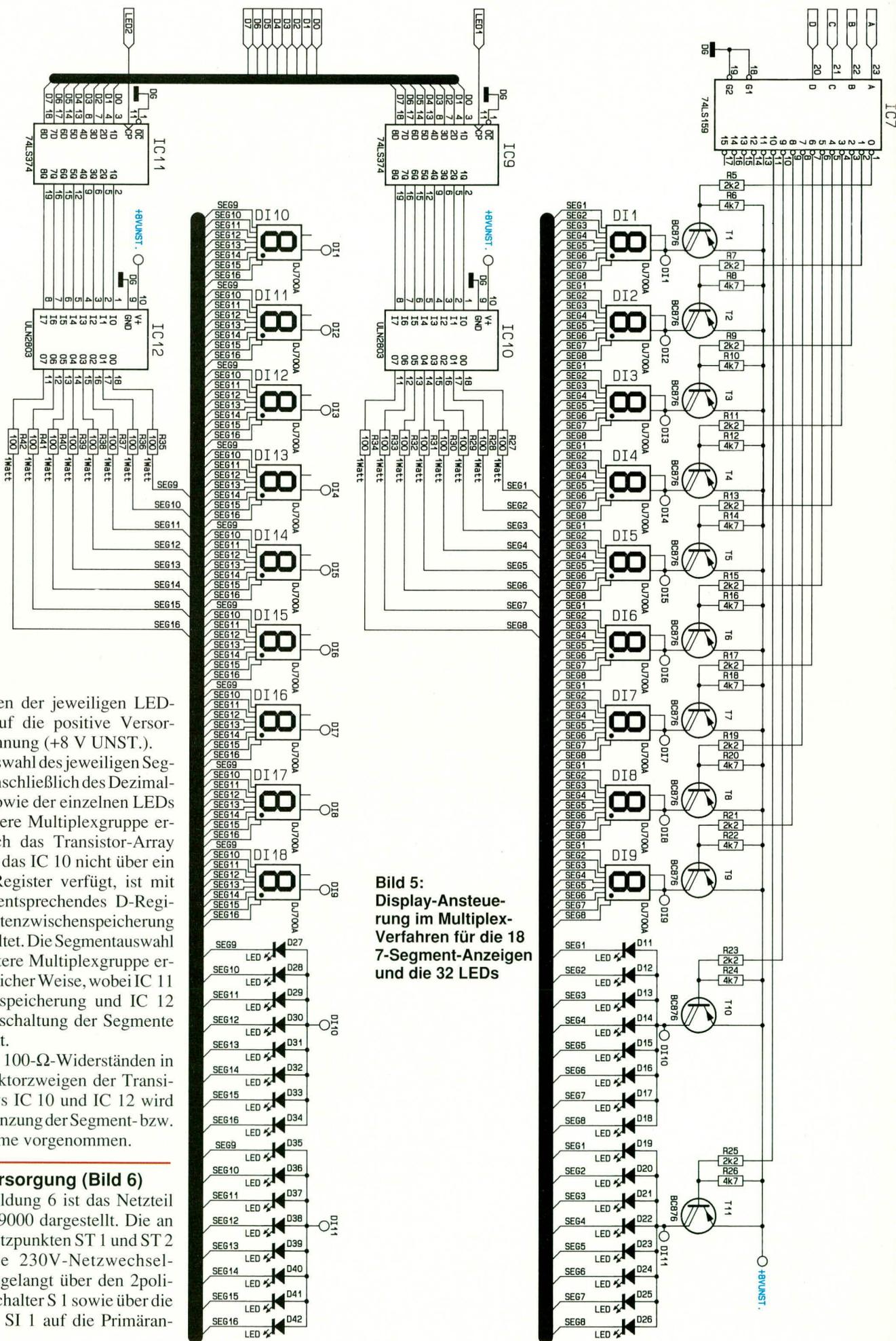
Die am Lüfter anliegende Ist-Spannung wird durch die Widerstände R 62, R 63 heruntergeteilt und dem Regler an seinem nicht-invertierenden Eingang zugeführt. Der Regler-Ausgang (Pin 7 des IC 24 A) steuert je nach Eingangsinformation über die Widerstände R 60, 61 den als Stellglied dienenden Transistor T 13, womit der Regelkreis geschlossen ist. Die Stabilisierung des Reglers wird durch den Kondensator C 66 im Gegenkoppelzweig in Verbindung mit R 59 erreicht.

Damit ist die Beschreibung des in Abbildung 4 gezeigten Teilschaltbildes abgeschlossen, und wir wenden uns der komplexen LED-Anzeige zu.

#### LED-Display (Bild 5)

Abbildung 5 zeigt die achtzehn 7-Segment-LED-Anzeigen sowie die zusätzlichen 32 Leuchtdioden mit zugehöriger Ansteuerschaltung.

Die Ansteuerung der zahlreichen 7-Segment-Anzeigen und LEDs erfolgt im Multiplex-Verfahren, wobei die gesamte Anzeigeneinheit in zwei 11fach-Multiplexgruppen unterteilt ist. Zur Decodierung des Binärcodes für das jeweils aktive Digit dient IC 7. Über die Open-Kollektor-Ausgänge dieses Decoderbausteins werden in Verbindung mit den Widerständen R 5 bis R 26 die PNP-Transistoren T 1 bis T 11 geschaltet. Jeweils einer dieser Transistoren schaltet die gemeinsamen Anoden der zugehörigen 7-Segment-Anzeigen bzw.



**Bild 5:**  
**Display-Ansteuer-**  
**verfahren im Multiplex-**  
**verfahren für die 18**  
**7-Segment-Anzeigen**  
**und die 32 LEDs**

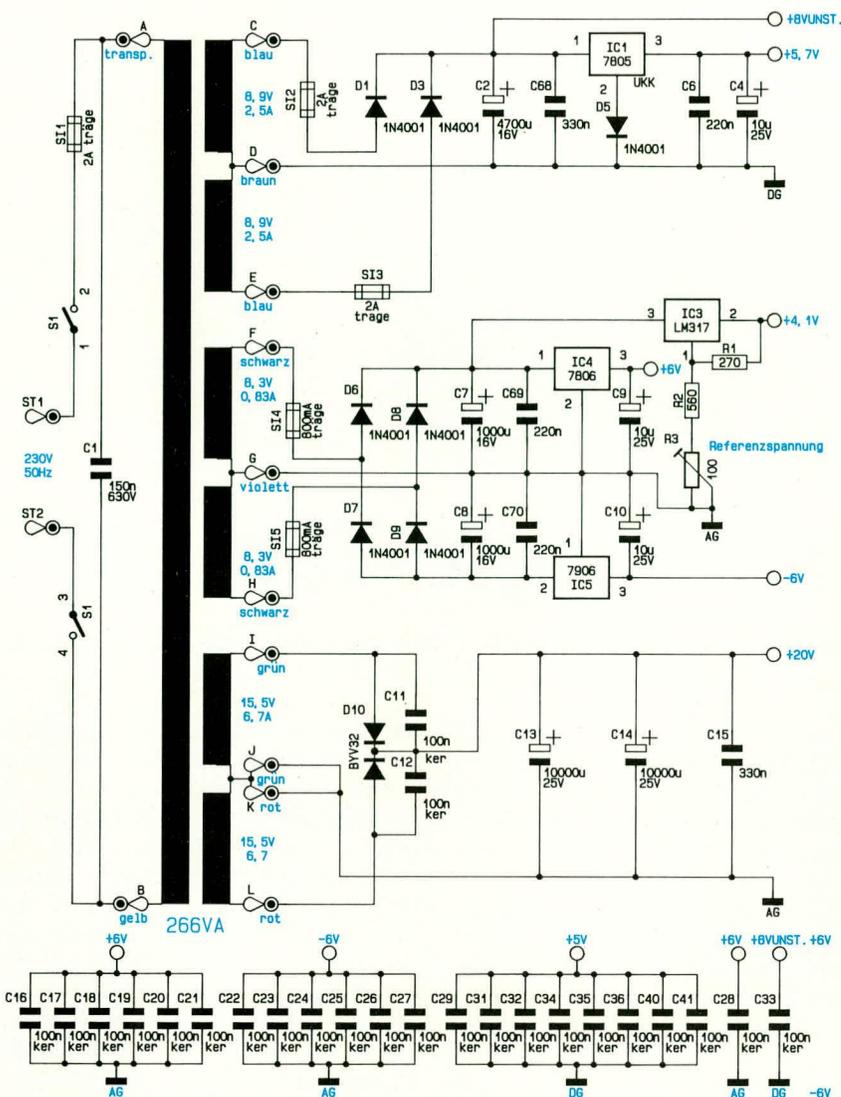
die Anoden der jeweiligen LED-Gruppe auf die positive Versorgungsspannung (+8 V UNST.).

Die Auswahl des jeweiligen Segmentes einschließlich des Dezimalpunktes sowie der einzelnen LEDs für die obere Multiplexgruppe erfolgt durch das Transistor-Array IC 10. Da das IC 10 nicht über ein internes Register verfügt, ist mit IC 9 ein entsprechendes D-Register zur Datenzwischenspeicherung vorgeschaltet. Die Segmentauswahl für die untere Multiplexgruppe erfolgt in gleicher Weise, wobei IC 11 die Datenspeicherung und IC 12 die Durchschaltung der Segmente übernimmt.

Mit den 100-Ω-Widerständen in den Kollektorzweigen der Transistor-Arrays IC 10 und IC 12 wird eine Begrenzung der Segment- bzw. LED-Ströme vorgenommen.

**Stromversorgung (Bild 6)**

In Abbildung 6 ist das Netzteil des PML 9000 dargestellt. Die an den Lötstützpunkten ST 1 und ST 2 anliegende 230V-Netzwechselspannung gelangt über den 2poligen Netzschalter S 1 sowie über die Sicherung SI 1 auf die Primäran-

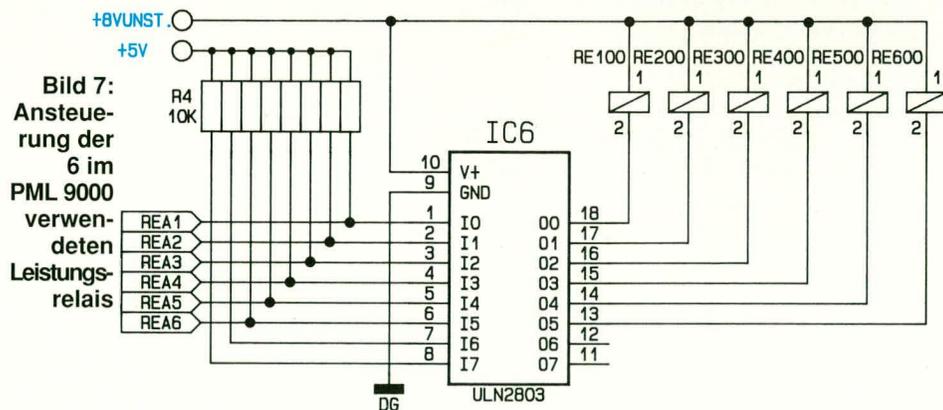


**Bild 6 zeigt die komplette Netzteilerschaltung. Zur Anwendung kommt ein leistungsfähiger 266 VA-Ringkerntrafo.**

schlüsse des 266 VA-Ringkerntransformators.

Die oberen Sekundärwicklungen mit den Trafoanschlüssen C, D, E sowie den Dioden D 1 und D 3 bilden eine sogenannte Mittelpunktschaltung. Die durch Vollweggleichrichtung entstandene pulsierende Gleichspannung wird durch den Ladeelko C 2 geglättet und anschließend durch den nachgeschalteten Spannungsregler auf +5,7 V stabilisiert. Die vor und hinter dem Spannungsregler liegenden Kondensatoren dienen der allgemeinen Stabilisierung und Schwingneigungsunterdrückung. Die so gewonnene 5,7V-Gleichspannung dient zur Versorgung sämtlicher digitaler Schaltungsteile des PML 9000. Die zusätzlich entnommenen +8 V UNST. speisen die 7-Segment-Anzeige sowie die zahlreichen LEDs.

Die Spannungsversorgung der Analogstufen des PML 9000 erfolgt über die Trafowicklungen mit den Anschlußbezeichnungen F, G, H. Durch die Gleichrichtung mit den Dioden D 6 bis D 9 sowie der anschließenden Siebung durch die Elkos



C 7 und C 8 wird eine erdsymmetrische Ausgangsgleichspannung erzeugt. Anschließend erfolgt durch den Spannungsregler IC 4 eine Stabilisierung auf +6 V für den positiven Zweig, während im negativen Zweig diese Aufgabe der Regler IC 5 übernimmt.

Mit dem Spannungsregler IC 3 des Typs LM 317 wird eine weitere positive Aus-

gangsspannung erzeugt. Durch die Beschaltung dieses Regler-ICs mit den Festwiderständen R 1 und R 2 sowie dem Trimmer R 3 kann die Ausgangsspannung auf exakt 4,1 V eingestellt werden. Wie vorstehend schon beschrieben, wird die Spannung als Referenzspannung für den Prozessor (Abbildung 3) sowie für den DA-Wandler (Abbildung 4) benötigt.

Bei der sechsten und letzten Versorgungsspannung, die im Netzteil des PML 9000 erzeugt wird, handelt es sich um eine ungestabilisierte Gleichspannung von ca. +20 V. Über diese Netzteileneinheit fließt der weitaus größte Teil der Leistung, denn hierüber wird der eigentliche Ladestrom des PML 9000 bereitgestellt. Aufgrund der hohen Leistungen wird zur Gleichrichtung ebenfalls eine Mittelpunktschaltung mit einer integrierten Doppeldiode (TO 220-Gehäuse) verwendet. Zur optimalen Wärmeabfuhr ist diese an dem leistungsfähigen Lüfterkühlkörper montiert.

Die am unteren Schaltbildrand eingezeichneten Kondensatoren C 16 bis C 45 dienen als Stütz- oder Blockkondensatoren. Damit ist auch die Beschreibung des Netzteils abgeschlossen, und wir wenden uns dem letzten Teilschaltbild dieser umfangreichen Schaltung zu.

### Relais-Ansteuerschaltung (Bild 7)

Abbildung 7 zeigt die Ansteuerschaltung der 6 in den Leistungsstufen des PML 9000 eingesetzten Relais. Kernstück der Schaltung ist das Transistor-Array IC 6. Die erforderlichen Freilaufdioden über den Relaissteuerspulen sind bereits im IC 6 integriert. Die Ansteuerung des Transistor-Arrays erfolgt direkt vom Prozessor-

port P3 bzw. von P5.4. Daher ist kein zusätzliches Register an dieser Stelle erforderlich.

Nachdem wir uns im vorliegenden Artikel detailliert mit der Schaltung des Prozessor-Multi-Laders PML 9000 befaßt haben, wenden wir uns in Teil 3 der ausführlichen Beschreibung des Nachbaus zu, geleitet von der Inbetriebnahme. **ELV**