

RLC-Meßbrücke RLC 9000

Die Schaltungstechnik dieser innovativen digitalen RLC-Meßbrücke zur genauen Bestimmung von Widerständen, Kondensatoren und Induktivitäten beschreiben wir im vorliegenden Artikel.

Teil 2

Schaltung

Zur besseren Übersicht ist die recht umfangreiche Schaltungstechnik des RLC 9000 in einzelne logisch zusammengehörende Teilschaltbilder aufgesplittet. Da sowohl das Meßprinzip als auch deren praktische Ausführung besonders interessant ist, haben wir die Beschreibung sehr ausführlich angelegt. Im vorliegenden zweiten Teil dieses Artikels beginnen wir die Schaltungsbeschreibung mit der Stromversorgung, gefolgt von der Display-Ansteuerung mit Tastaturabfrage usw.

Netzteil (Bild 1)

Für die Stromversorgung des RLC 9000 dienen 3 separate Netztransformatoren. Dieser zunächst vielleicht als unnötig erscheinende Aufwand wird verständlich, wenn man bedenkt, daß im Analogteil mit Auflösungen von wenigen Mikrovolt gearbeitet wird, und es somit unbedingt erforderlich ist, Störungen, die von schneller Digitaltechnik zwangsläufig erzeugt werden, vom Analogteil fernzuhalten.

Die Stromversorgung ist deshalb in 3 getrennten Kreisen ausgeführt, von denen der erste ausschließlich die analogen Schaltungselemente und der zweite die digitalen Komponenten versorgt. Der dritte Kreis schließlich ist für die galvanisch getrennte V24B-Schnittstelle zuständig.

Primärseitig sind die Netztransformatoren TR 1, TR 2 und TR 3 parallelgeschaltet und werden von der Sicherung ST 1 abgesichert. Das Ein- und Ausschalten erfolgt über den 2poligen Netzschalter S 1.

Der Netztrafo TR 1 erzeugt 2 erdsym-

metrische 18 V-Wechselspannungen, die über die Gleichrichterbrücke D 1 bis D 4 gleichgerichtet und von den Elkos C 1 und C 2 gesiebt werden. Die 4 Spannungsregler IC 1 bis IC 4 sind in Verbindung mit den Ladeelkos C 5, C 6, C 11 und C 12 zur Generierung der 4 Spannungen +5 V, -5 V, +15 V und -15 V für den Analogteil zuständig. Der Netztrafo TR 2 erzeugt über die Gleichrichterbrücke D 5 bis D 8 und den Siebelko C 15 eine unstabilierte Versorgungsspannung von ca. 8 V, die in Verbindung mit IC 5 die Betriebsspannung für den Digitalteil des RLC 9000 bereitstellt. Um den Spannungsregler nicht unnötig zu belasten, erfolgt die Speisung der Displays aus der unstabilierten Spannung, d. h. die entsprechende Stromaufnahme erfolgt vor dem Spannungsregler.

Der Netztransformator TR 3 letztendlich versorgt ausschließlich die serielle Schnittstelle.

Zu erwähnen ist jetzt noch die Vielzahl 100 nF-Kondensatoren, die in unmittelbarer Nähe eines ICs Störungen und Rückwirkungen von und über die Versorgungsleitungen unterdrücken.

Prozessor-Schaltbild (Bild 2)

In Abbildung 2 sind der Mikroprozessor und seine unmittelbare Umgebung dargestellt.

Als zentrale Steuerungseinheit wurde ein Prozessor des Typs 80C32-1 (IC 500) verwendet, der mit einer Taktfrequenz von 16 MHz arbeitet. Dieser Takt wird am Anschluß XTAL 2 des Prozessors von einem als Puffer dienenden CMOS-Gatter abgegriffen und über 2 weitere Puffer-Gatter dem AD-Wandler als Takt und der

Meßsignalerzeugung zugeführt. Beim Einschalten des RLC 9000 sorgt der zu diesem Zeitpunkt entladene Elko C 500 dafür, daß ein Reset am Prozessor und dem IEC-Bus-Controller ausgeführt wird. Im Anschluß daran lädt sich der Elko über R 501 auf, so daß nach ca. 200 ms die Resetpins auf Low-Potential liegen. D 500 verhindert dabei, daß beim Ausschalten des Gerätes hier eine negative Spannung entsteht.

Da der externe Adreßbus des Prozessors mit dem Datenbus gemultiplext ist, werden die unteren 8 Adreßbits (A 0 bis A 7) immer dann von Port 0 in das Latch IC 501 übernommen, wenn der ALE-Pin des Prozessors High-Potential führt (Adresse gültig). Zusammen mit dem Port 2 (High-Adresse) des Prozessors und den Ausgängen des Latches IC 501 wird somit eine 16Bit-Adresse gebildet, die zur Adressierung des EPROMs IC 503 und der Peripherie benötigt wird.

Damit das im EPROM befindliche Programm ablaufen kann, erhält es vom Prozessor eine Mitteilung, wann das EPROM seine Daten auf den Datenbus legen kann. Dies veranlaßt der Prozessor, nachdem er die zugehörige Programmadresse auf den Adreßbus gelegt hat, in dem er mit seiner PSEN-Leitung das EPROM freigibt. Dieses stellt daraufhin seine Daten über den Datenbus (Port 0) dem Prozessor zur Verfügung.

Bei Schreib- oder Lesezugriffen auf die externen Bausteine wird mit dem Adreßdecoder IC 504 aus den obersten 3 Bits der Adresse (A 13, A 14, A 15) einer der 5 Peripheriebausteine ausgewählt und entweder Daten über den Datenbus gelesen

(RD-Pin liegt auf Low-Potential) oder Daten über den Datenbus geschrieben (WR-Pin liegt auf Low-Potential).

Freigegeben wird der Adreßdecodierer genau dann, wenn entweder der WR-Pin oder der RD-Pin Low-Potential annimmt. Diese Verknüpfung wird durch das Oder-Gatter IC 505 D vorgenommen. Die verschiedenen Peripheriebausteine haben dabei folgende Hauptadressen:

- 0000 (Hex) : Schreibadresse Anzeigelatch 1
- 2000 (Hex) : Schreibadresse Anzeigelatch 2
- 4000 (Hex) : Leseadresse Zählerstand
- 6000 (Hex) : Schreib- und Leseadresse des IEC-Bus Controller bis
- 6007 (Hex)
- 8000 (Hex) : Schreibadresse Porterweiterung

Die Portpins von 1 und 2 sowie die Ausgänge des Porterweiterungs-IC 502, das über die externe Schreibadresse 8000 (Hex) setzbar ist, dienen zur Steuerung der internen Abläufe im Gerät und werden nachfolgend ausführlich beschrieben:

- RXD, TXD - Datenleitungen für die serielle Kommunikation
- CTS, RTS - Status der seriellen Schnittstelle

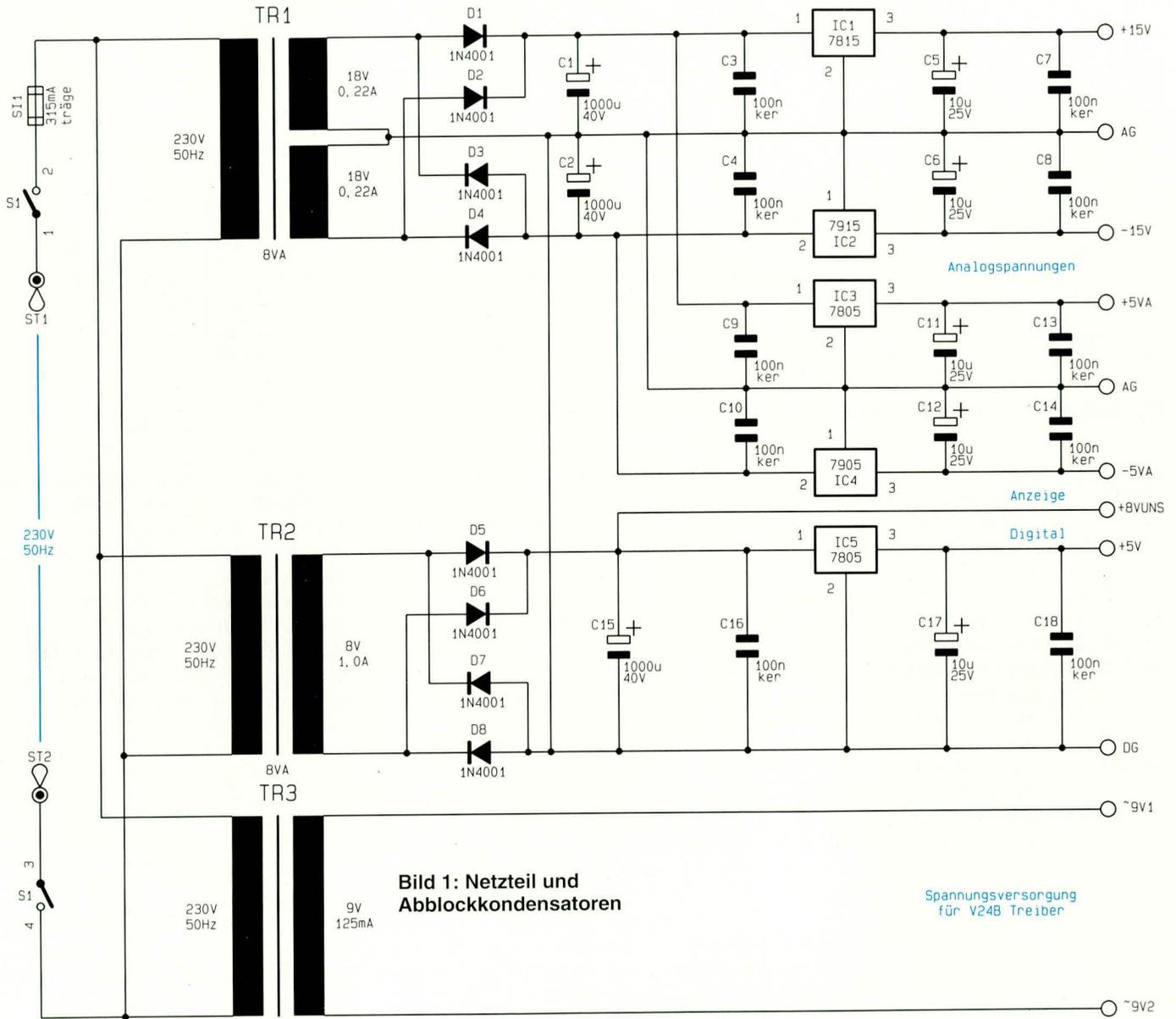
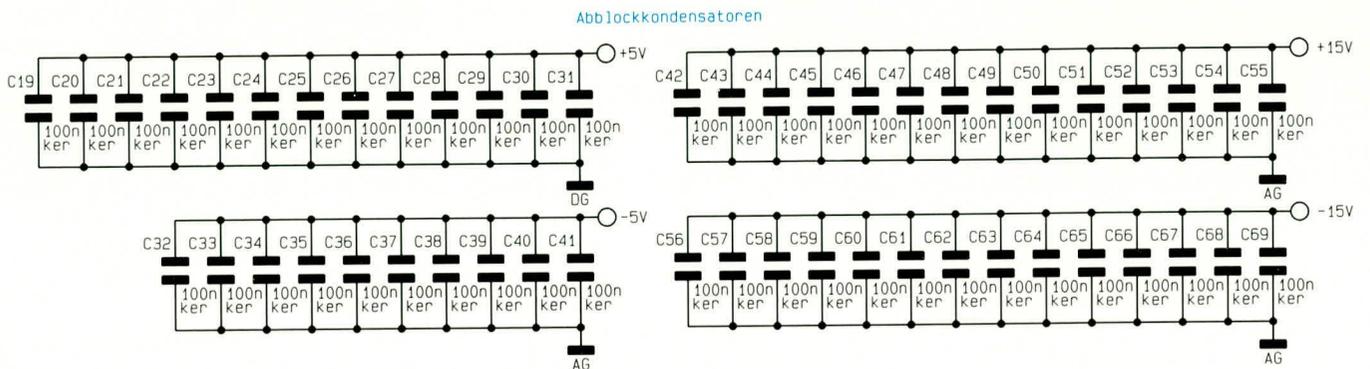


Bild 1: Netzteil und Abblockkondensatoren



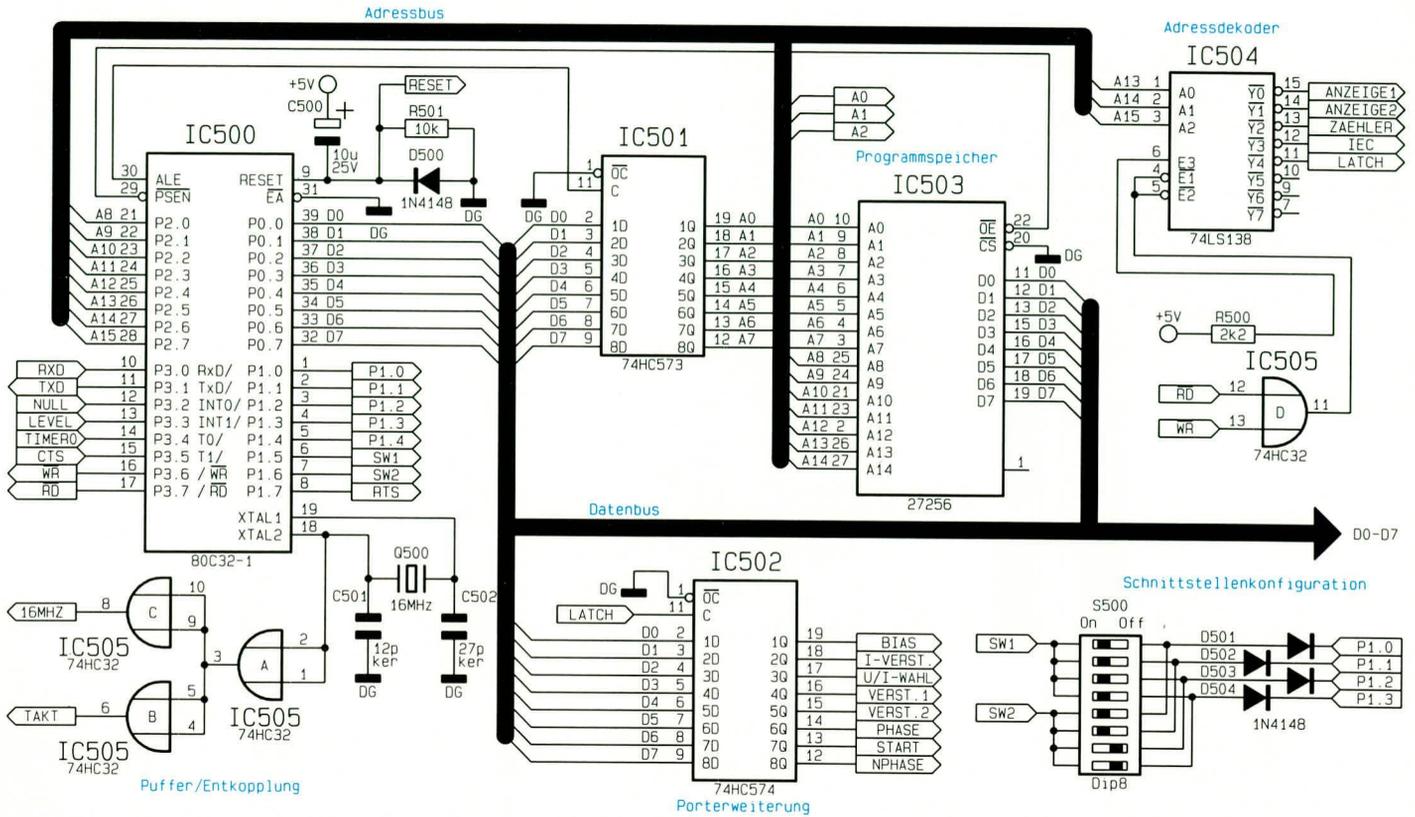


Bild 2: Schaltung des Prozessors mit unmittelbarer Umgebung

- NULL - Status des AD-Wandlers
- LEVEL - Bereichsüberschreitung des Meßverstärkers
- TIMERO - Zählpulse des AD-Wandlers
- P1.0, P1.1, - Multiplexadresse der Anzeige
- P1.2 - Tastatureingänge
- SW1, SW2 - Abfrageleitungen des DIP-Schalters
- BIAS - Aktivierung der Bias-Spannung
- I-VERST. - Umschaltung des U/I-Wandlers
- U/I-WAHL - Umschaltung zwischen Strom- und Spannungsmessung
- VERST.1, - Steuerung des Meßverstärkers
- VERST.2
- PHASE, - Phasenwahl für den phasen-selektiven Gleichrichter
- NPHASE
- START - Startimpuls für den AD-Wandler

Beim Einschalten des RLC 9000 wird über die Port-Pins P 1.0 bis P 1.6 der Zustand des DIP-Schalters, an dem die Konfiguration der Schnittstellen vorgenommen werden kann, eingelesen. Die Dioden D501 bis D504 verhindern eine gegenseitige Beeinflussung der Portleitungen P1.0 bis P1.4 über den DIP-Schalter.

Anzeigensteuerung und Tastatur-abfrage (Bild 3)

Die vier 7-Segment und die zwei 14-

Segment-Anzeigen sowie die 16 Leuchtdioden werden im zweizeiligen Multiplexbetrieb angesteuert, bei gleichzeitiger Ver-waltung der 10 Tasten.

Der Prozessor beschreibt in equidistan-ten Abständen die beiden Latches IC 507 und IC 509 mit Anzeigenwerten, während der Adreßdecoder IC 506 die entsprechen-de Anzeigenspalte aktiviert. Dieser Adreß-decoder besitzt Open-Kollektor- Ausgä-nge, so daß er die Anzeigentreiber T 500 bis T 504, die mit der un-stabilisierten 8V Ver-sorgung arbeiten, ohne Pegelanpassung treiben kann.

Jeder Anzeigentreiber steuert 16 LEDs oder Segmente an, deren Aktivierung durch die Werte in den Anzeigenlatches festge-legt ist. Da diese Latches den hohen für den Multiplexbetrieb benötigten Strom der Segmente und LEDs (40mA pro Segment/ LED) nicht direkt treiben können, ist je-weils ein Leistungstreiber in Form von IC IC508 und IC510 nachgeschaltet. Letztere bilden über die Vorwiderstände R514 bis R529 die Low-Side-Treiber der Anzeigen.

Über die Port-Pins P1.3 und P1.4 kön-nen pro Multiplexschritt je zwei Tasten abgefragt werden, entsprechend alle 10 Tasten innerhalb eines Multiplexzyklus. Die Dioden D511 bis D515 verhindern dabei Rückwirkungen der Tasten auf die Anzeigentreiber.

Schnittstellen

Das RLC 9000 kann sowohl über V24B als auch über den IEC-Bus in allen Funk-

tionen bedient und abgefragt werden. Zur Konfiguration dient ein 8poliger DIP-Schalter auf der Rückseite des Gerätes, wobei die 8 Schalter folgende Funktion haben:

- S 1 bis S 5: binäre Geräteadresse
- S 6 bis S 8: Baudrate für V24B.

Als Geräteadresse kann jede Zahl zwi-schen 0 und 31 dienen, wobei zur Einstel-lung der Adresse die binäre Darstellung der Zahl direkt als Schalterstellung über-nommen wird. Eine „1“ entspricht somit der Schalterstellung „ein“ und eine „0“ der Schalterstellung „aus“.

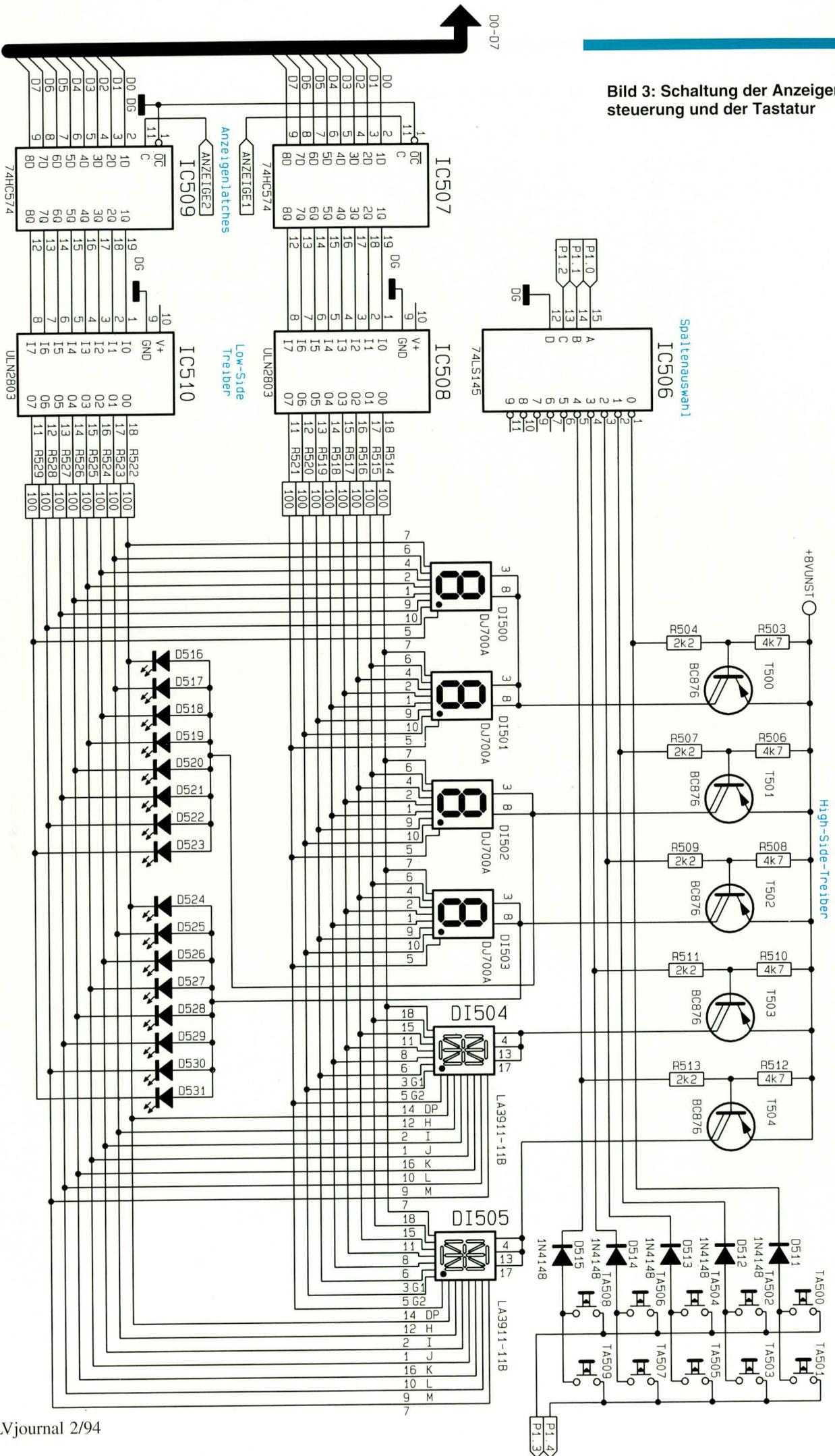
Z. B. würde die Geräteadresse „3“ einer Schalterkombination entsprechen, bei der S 1, S 2, S 3 ausgeschaltet und S 4, S 5 eingeschaltet sind.

Da bei der Bedienung der V24B die Geräteadresse im ASCII-Zeichensatz zu übertragen ist, werden die Geräteadressen „0“ bis „9“ den ASCII-Ziffern „0“ bis „9“ (30 Hex bis 39 Hex) und die Geräteadres-sen „10“ bis „31“ den ASCII-Buchstaben „A“ bis „V“ (41 Hex bis 56 Hex) zugeord-net.

Die Baudrate für die V24B-Schnittstelle wird mit den Schaltern S 6 bis S 8 ein-gestellt, wobei die Tabelle 1 Aufschluß über die Baudrate mit der zugehörigen Schalter-stellung bietet. Die Anzahl der Datenbits, die Paritätsprüfung sowie die Anzahl der Start- und Stopbits ist prinzipiell wie folgt festgelegt:

Ein Startbit, 8 Datenbits, keine Parität sowie ein Stopbit.

Bild 3: Schaltung der Anzeigensteuerung und der Tastatur



DO-07

Tabelle 1: Baudraten und zugehörige Schalterstellung

S6	S7	S8	Baudrate
aus	aus	aus	150
aus	aus	ein	300
aus	ein	aus	600
aus	ein	ein	1200
ein	aus	aus	2400
ein	aus	ein	4800
ein	ein	aus	9600
ein	ein	ein	19200

entsprechenden Artikel im „ELVjournal“ 4/89 verweisen, und für die Benutzung des IEC-Busses auf entsprechende Fachliteratur.

Im Anschluß an vorstehende Beschreibung der seriellen und der IEC-Schnittstelle wenden wir uns jetzt der detaillierten Schaltungsbeschreibung dieser Schnittstellen im RLC 9000 zu.

IEC-Bus-Schnittstelle (Bild 4)

Als IEC-Bus-Controller dient der integrierte Baustein des Typs μ PD 7210

IC600 den Baustein frei. Der Controller liegt für den Prozessor somit im Adreßbereich 6000 (Hex) bis 6007 (Hex). Die Entscheidung, ob ein Lese- oder ein Schreibzugriff erfolgt, geschieht über die \overline{WR} - oder \overline{RD} -Leitung des Prozessors.

Ausgangsseitig ist der Controller über die Tristate-Treiber IC601 und IC602 mit der IEC-Bus-Buchse BU600 verbunden. Da der Controller nicht als Bus-Master dient, ist die Richtungssteuerung von IC602 grundsätzlich über DC (Pin 11 des IC602) auf Empfang geschaltet.

Tabelle 2 Befehle zum Setzen von Parametern

Befehl	Parameter	Wertebereich	Bedeutung	Befehl	entspricht
B	1-2 ASCII	AU SE PA RS RP Q D	Betriebsmode setzen	BRS	Mode R seriell setzen
			RLC auto		
			LC seriell		
			LC parallel		
			R seriell		
			R parallel		
			Güte		
Verlustfaktor					
Z			Zero C setzen	Z	
M	1 ASCII	1,0	Mittelwertbildung ein/aus	M1	Mittelwert ein
B	1 ASCII	1,0	Bias ein/aus	B1	Bias ein

Um eine klare und einfache Übersicht über die möglichen Befehle, mit denen das RLC 9000 über V24B oder IEC bedienbar ist, zu erhalten, wurden alle Befehle in 2 Tabellen zusammengefaßt. Auf der rechten Seite jeder Tabelle ist dabei ein Beispiel aufgeführt.

Im vorliegenden Fall unterscheiden wir zwischen 2 Arten von Befehlen. Die einen dienen zur Einstellung des Gerätes, und die anderen fordern Werte vom Gerät ab. Aus diesem Grunde ist der Befehlssatz in 2 Tabellen aufgelistet, wobei Tabelle 2 alle Befehle enthält, mit denen das Gerät einstellbar ist, und Tabelle 3 alle diejenigen Befehle auflistet, mit denen Werte und Einstellungen vom Gerät angefordert werden können.

Um eine Kontrolle über den ordnungsgemäßen Empfang eines Kommandos zu erhalten, sendet das RLC 9000 bei V24B nach jedem empfangenen Einstellbefehl das Bestätigungszeichen „ACK“ zurück.

In diesem Zusammenhang sei angemerkt, daß die im RLC 9000 eingesetzte V24B-Schnittstelle vollkommen kompatibel zur Standard-V24-Schnittstelle ist, mit dem Vorteil, daß zusätzlich mehrere Geräte mit einer V24B-Schnittstelle parallel in Bus-Technologie betreibbar sind. Eine ausführliche Beschreibung des ELV-V24B-Busses sowie des IEC-Busses würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, so daß wir für weitergehende Informationen bezüglich des ELV-V24B-Busses auf den

(IC600) mit den Tristate IEC-Bus-Treibern IC601 des Typs 75160 und IC 602 des Typs 75161.

Da der Controller 8 Schreib- und 8 Leseregister besitzt, wird die Adreßauswahl mit den 3 niedrigsten Adreßleitungen A0, A1 und A2 durchgeführt. Die Hauptadresse wird vom Adreßdecoder IC504 decodiert und gibt über den \overline{CS} -Pin 8 von

V24B-Schnittstelle (Bild 5)

Der Prozessor besitzt eine eigene serielle Schnittstelle, deshalb ist für die V24B Schnittstelle kein zusätzlicher Controller erforderlich, und die Sende-, Empfangs- und Steuerleitungen (TXD, RXD, RTS und CTS) können direkt das V24B-Interface bedienen.

Da die V24B-Schnittstelle galvanisch komplett von Rest des Gerätes getrennt ist, findet die Übermittlung der Daten in beide Richtungen über Optokoppler statt. Die zu sendenden Daten (TXD) steuern über die als Inverter geschaltete Transistorstufe T604, R614 bis R616 den Optokoppler IC606 an, der seinerseits über die Schaltstufe T605 und R617 bis R620 die Ausgangsleitung TX (Pin 2 der 9poligen Sub-D Buchse) steuert. Hierbei stellt ein High-Pegel auf der TXD-Leitung einen passiven Ausgangspegel von -12V und ein Low-Pegel einen aktiven Ausgangspegel von +12V dar. R620 dient als Pull-down-Widerstand auf -12V.

Das Freigabesignal RTS (Ready to send) steuert über den Emitterfolger T602 den

Tabelle 3 Befehle zum Abfragen von Parametern

Befehl	Antwort	Wertebereich	Bedeutung	Befehl	Antwort	entspricht
b	1-2 ASCII	AU SE PA RS RP Q D	Betriebsmode abfragen	b	SE	Mode
			RLC auto			
			LC seriell			
			LC parallel			
			R seriell			
			R parallel			
			Güte			
Verlustfaktor						
m	1 ASCII	1,0	Mittelwertbildung abfragen	m	0	Mittelwert ist aus
b	1 ASCII	1,0	Bias abfragen	b	0	Bias ist aus
w	String	xxxx±yyE	Meßwert abfragen	w	1234-7F	123,4 μ F
			Einheit O (Ohm) F (Farad) H (Henry) g (Güte) v (Verlustfaktor) Exponent (*10 hoch ±yy) Mantisse			
e	3 ASCII	CRS (RCS) LRS (RLS) CRP (RCP) LRP (RLP)	Ersatzschaltbild abfragen	e	RLS	R und L seriell R dominant
			C,R seriell C(R) dominiert			
			L,R seriell L(R) dominiert			
			C,R parallel C(R) dominiert			
			L,R parallel L(R) dominiert			

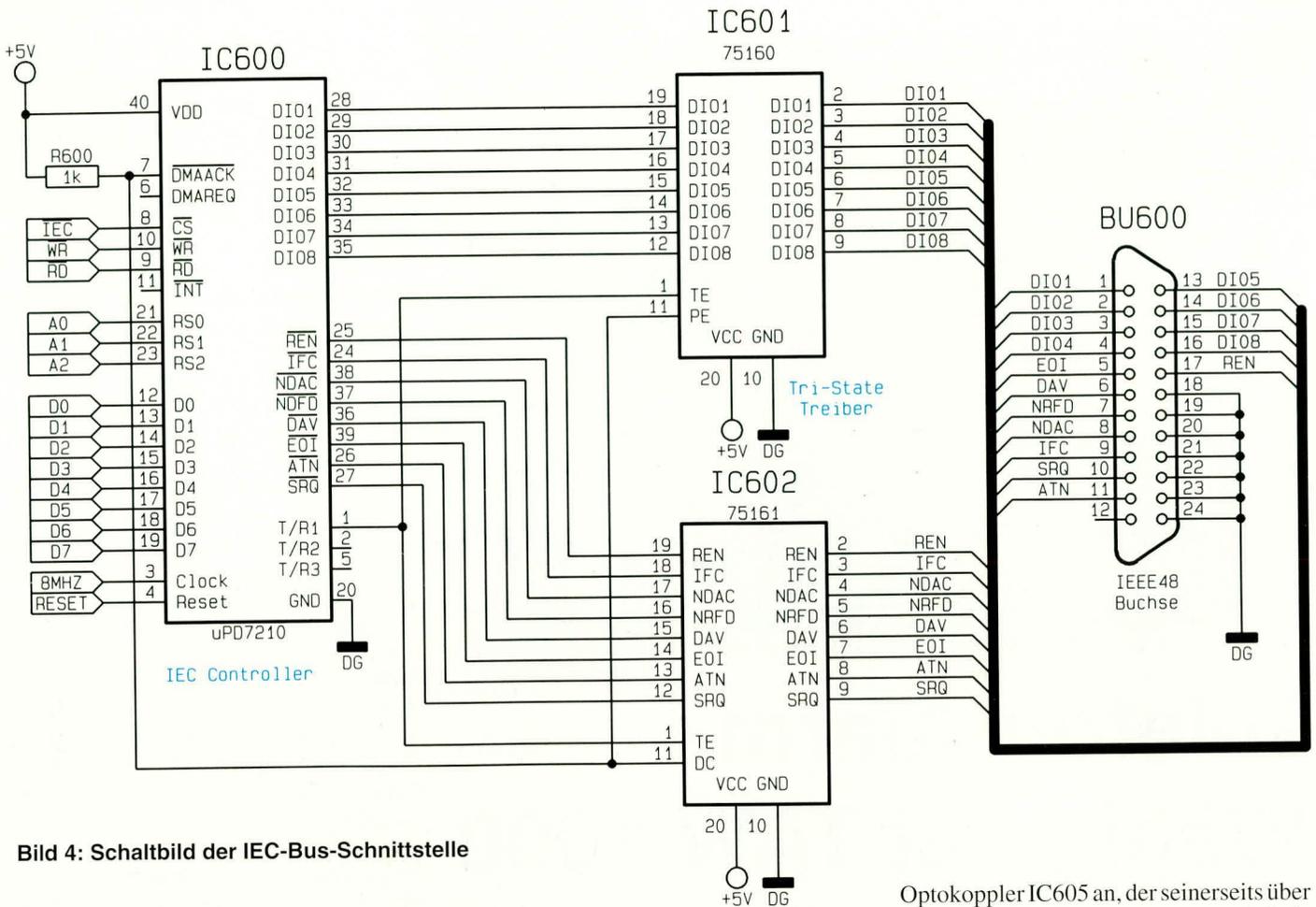


Bild 4: Schaltbild der IEC-Bus-Schnittstelle

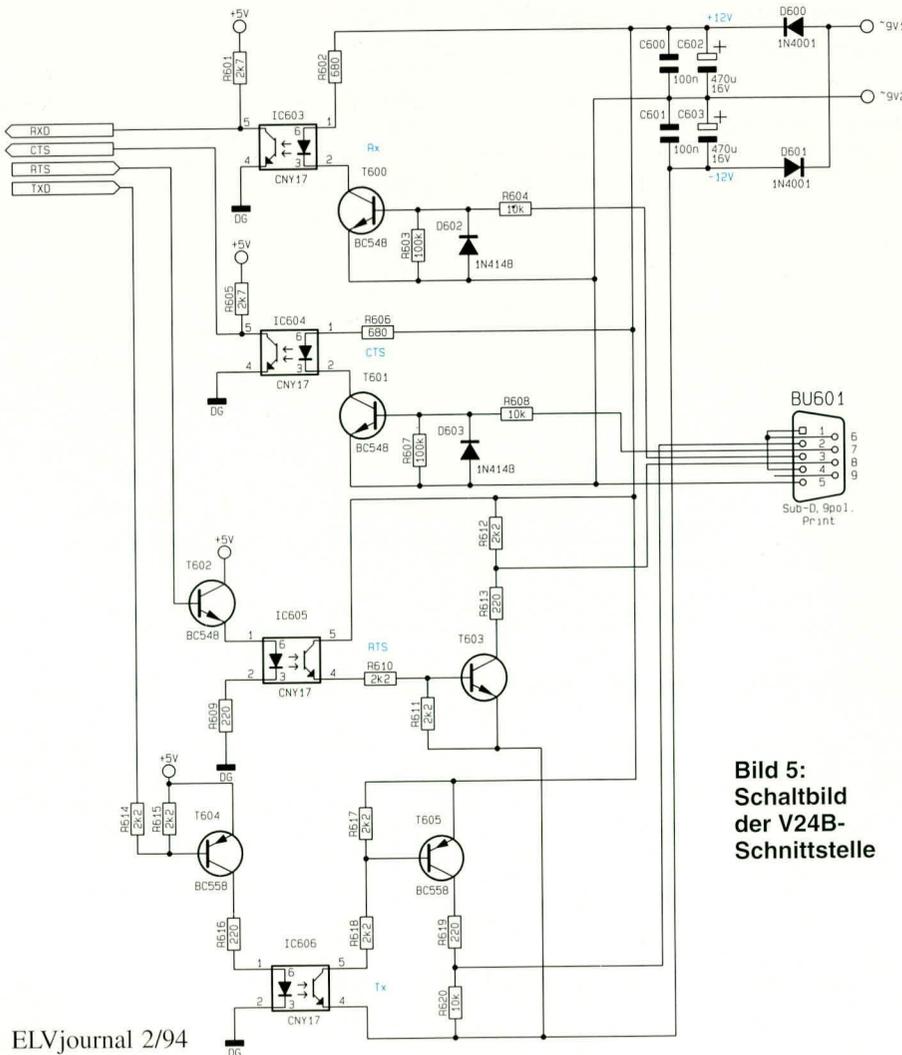


Bild 5: Schaltbild der V24B-Schnittstelle

Optokoppler IC605 an, der seinerseits über die Schaltstufe T603 und R610 bis 613 die Ausgangsleitung RTS (Pin 8 der 9-poligen Sub-D-Buchse) steuert. Hierbei stellt ein High-Pegel auf der RTS-Leitung des Prozessors einen aktiven Ausgangspegel von -12V und ein Low-Pegel einen passiven Ausgangspegel von +12V dar. R612 dient hierbei als Pull-up-Widerstand auf +12V.

Die Eingangsleitung RX (Pin 3 der 9-poligen Sub-D-Buchse) steuert bei einem positiven Pegel über die Schaltstufe T601 und R606 bis R608 den Optokoppler IC604 durch, der seinerseits den RXD-Pin des Prozessors auf GND zieht. D603 schützt den Transistor T601 vor negativen Spannungen. Ein Eingangspegel > +0,7V bedeutet am RXD-Pin ein Low-Pegel, während alle anderen Eingangsspannungen ein High-Potential bedeuten.

Die Beschaltung der Eingangsleitung CTS (Pin 7 der 9-poligen Sub-D-Buchse) ist identisch der Beschaltung der RX-Eingangsleitung und braucht somit keine weitere Erläuterung.

Die beiden Spannungen +12V und -12V werden mit Hilfe der Dioden D600 und D601 und den Siebelkos C602 und C603 aus der galvanisch getrennten 9V-Wechselspannung des Netzteils gewonnen.

Im folgenden Teil dieses Artikels setzen wir die ausführliche Schaltungsbeschreibung mit der Erläuterung der weiteren, vorwiegend analogen Schaltungskomponenten des RLC 9000 fort.