

1000-VA-Prozessornetzteil SPS 9540

Das SPS 9540 ist ein absolutes Spitzengerät im Bereich der Stromversorgungen und vereint hohe Dauer-Ausgangsleistung mit ausgezeichnetem Bedienkomfort. Ein weiteres wichtiges Leistungsmerkmal ist der hohe Wirkungsgrad des primär getakteten Gerätes.

Allgemeines und Funktionen

Eine präzise einstellbare Ausgangsspannung zwischen 0 und 40 V bei max. 25-A-Ausgangsstrom (1000-W-Ausgangsleistung!) sind zunächst die beeindruckenden Eckdaten des SPS 9540. Doch auch im Bereich des Bedienkomforts hat das in einem hochwertigen Metallgehäuse untergebrachte Gerät einiges zu bieten.

So kann die Spannungs-, Strom- und Leistungseinstellung wahlweise durch eine direkte Tastatureingabe oder mit Hilfe eines Incrementalgebers (Drehimpulsgeber) erfolgen. Die Auflösung des Incrementalgebers ist einstellbar, sodass auch eine stufenweise Veränderung der gewünschten Parameter (z. B. Spannung in 0,1-V-Schritten auf- oder abwärts) möglich ist.

Technische Daten: SPS 9540

Ausgangsspannung:	0 – 40 V
Ausgangsstrom:	0 – 25 A
Ausgangsleistung:	max. 1000 VA
Mikroprozessorsteuerung:	für alle Bedienfunktionen
Anzeige:	großflächiges LC-Display mit Hinterleuchtung zur gleichzeitigen Anzeige von Spannung, Strom und Leistung mit dazugehörigen Grenzwerten und Statusinformationen
Einstellungen:	wahlweise per Tastatur oder mit Incrementalgeber
Speicher:	9 komplette, individuelle Geräteeinstellungen speicherbar
PC-Schnittstelle:	RS 232, galvanisch getrennt
Schaltungsprinzip:	Primär getaktet
Restwelligkeit:	50 mV _{eff} (bei Volllast)
Wirkungsgrad:	> 80 % (bei Volllast)
Abmessungen (B x H x T):	448 x 110,5 x 354,3 mm
- Powerfaktor-Korrektur (PFC) für sinusförmige Stromaufnahme aus dem Netz	
- Hochwertiges Metallgehäuse	
- Elektronische Temperatur-Sicherung	

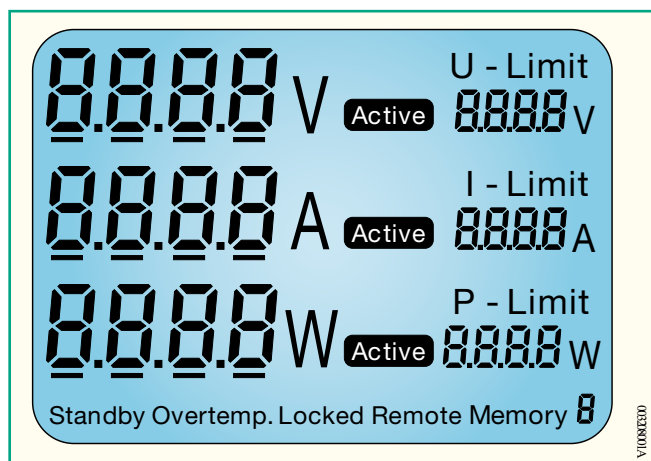


Bild 1: Display des SPS 9540 mit allen zur Verfügung stehenden Segmenten (Displaytest).

Ein großflächiges, hinterleuchtetes LC-Display zeigt alle wichtigen Parameter des SPS 9540 gleichzeitig an. Neben den Istwerten für Spannung, Strom und Leistung sind auch die Grenzwerte direkt abzulesen. Des Weiteren werden alle wichtigen Statusinformationen und welcher Regler gerade aktiv ist (U, I oder P) direkt angezeigt.

Die Spannungsvorgabe des SPS 9540 kann in 10-mV-Schritten und die Stromvorgabe mit 10-mA-Auflösung erfolgen.

Wenn z. B. beim Betrieb als Spannungs-konstanter der Ist- und der Soll-Wert für die Spannung gleich groß sind, können für den Strom und die Leistung die programmierten Grenzwerte (Limits) zusätzlich abgelesen werden. Dank Hinterleuchtung ist das große LC-Display jederzeit gut ablesbar.

Für die Abspeicherung von max. 9 kompletten individuellen Geräteeinstellungen ist ein Speicher integriert, der selbstverständlich auch bei Netzausfall und beim ausgeschalteten Gerät die Daten nicht verliert. Des Weiteren sorgt eine Backup-Funktion dafür, dass das Gerät nach einem Spannungsausfall bzw. nach dem Aus- und wieder Einschalten mit den zuletzt gewählten Einstellungen aktiviert wird. Das primär getaktete Schutzkonzept des SPS 9540 bietet gerade bei Leistungsnetzgeräten erhebliche Vorteile, da auf den Einbau eines schweren und voluminösen Netztransformators verzichtet werden kann. Statt dessen wird ein Übertrager aus Ferritwerkstoffen eingesetzt, der bei den hohen Schaltfrequenzen mit wesentlich weniger Platz auskommt.

Der größte Vorteil eines getakteten Netzteils ist der hohe Wirkungsgrad (> 80 %), der besonders bei Abgabespannungen im unteren Einstellbereich und gleichzeitig hohen Ausgangsströmen zum Tragen kommt. Linear geregelte Netzteile setzen unter diesen Bedingungen den größten Teil der Leistung in Abwärme um.

Selbst bei Dauer-Volllastbetrieb wird das SPS 9540 nur gerade eben warm. Für die erforderliche Kühlung der Leistungsstufen sorgen Lüfteraggregate mit leise

laufenden, elektronisch geregelten Lüftern.

Die sinusförmige Stromaufnahme aus dem 230-V-Wechselspannungsnetz wird beim SPS 9540 durch eine eingebaute Power-Faktor-Korrektur (PFC) sichergestellt.

Auch in Bezug auf Restwelligkeit und Störanteile erreicht das SPS 9540 ausgezeichnete Werte.

Zur Kommunikation mit einem PC ist beim PS 9540 eine serielle Standard-RS-232-Schnittstelle eingebaut. Über diese Schnittstelle sind sämtliche Funktionen des SPS 9540 steuerbar. Des Weiteren können mit Hilfe einer komfortablen Windows-Software komplette Spannungs-, Strom- und Leistungsverläufe wertabhängig, zeitabhängig oder uhrzeitabhängig programmiert werden. Die Soll- und Ist-Werte sind im grafischen Verlauf darstellbar und können auch in andere Programme, wie z. B. MS-Excel, exportiert werden.

Erfolgt die Fernsteuerung des Netzgerätes über einen PC, so werden aus Sicherheitsgründen alle Tastenfunktionen am Gerät, mit Ausnahme der Remote- und der Stand-by-Taste, gesperrt. Für die Ist- und Sollwert-Verläufe (bis max. 24 h) sind beliebige Dateien anzulegen.

Selbstverständlich ist das SPS 9540 dauer-kurzschlussfest, und elektronische Temperatur-Schutzschaltungen verhindern z. B. im Fehlerfall eine Überlastung des Gerätes.

Das SPS 9540 ist besonders vorteilhaft einzusetzen, wenn hohe Ströme bei geringer Ausgangsspannung benötigt werden. Die wichtigsten technischen Daten dieses Hochleistungs-Netzgerätes sind in einer Tabelle zusammengestellt.

Bedienung

Das SPS 9540 mit großem, hinterleuchteten LC-Display zeichnet sich durch einen besonders hohen Bedienungskomfort aus. Wie die Frontansicht des Gerätes zeigt, sind zur Bedienung insgesamt 22 Taster, ein Drehimpulsgeber mit 24 Raststellungen pro Umdrehung sowie ein Netzschal-

ter zum Ein- und Ausschalten der primärseitigen Netzspannung vorhanden.

Auf dem großflächigen Display werden alle wichtigen Daten (Sollwerte, Istwerte) sowie die Statusinformationen des Gerätes übersichtlich dargestellt. Besonders große Zeichen wurden dabei für die Istwert-Anzeigen der Spannung, des Stromes und der Leistung auf der linken Displayseite gewählt, während die Grenzwertvorgaben auf der rechten Displayseite kleiner dargestellt werden. Beim jeweils aktiven Regler, angezeigt durch ein Aktiv-Segment, sind grundsätzlich der Sollwert und der Istwert gleich groß.

Die Statusinformationen im unteren Bereich des Displays (Abbildung 1) geben Informationen über die verschiedenen Betriebszustände des Netzgerätes.

Nach dem Einschalten des SPS 9540 mit dem links unten angeordneten Netzschalter leuchtet die darüber angeordnete Power-LED. Gleichzeitig führt der Mikrocontroller einen Displaytest durch und steuert für ca. 2 Sek. alle Segmente des Displays an (Abbildung 1). Danach wird die zuletzt genutzte Gerätekonfiguration (vor dem Ausschalten) wieder übernommen.

Das Einstellen der Sollwert-Vorgaben kann sowohl mit Hilfe der Nummerntastatur als auch mit einem Drehimpulsgeber (Incrementalgeber) erfolgen. Grundsätzlich werden alle Werte 4-stellig in den Grundeinheiten Volt, Ampere oder Watt vorgegeben. Die Auswahl der zu verändernden Größe erfolgt mit den rechts neben dem Display angeordneten Tasten U, I und P.

Drehimpulsgeber

Zur Einstellung der Sollwert-Vorgaben mit dem Incrementalgeber (Drehimpulsgeber) ist zuerst mit Hilfe der Tasten U, I oder P die zu verändernde Größe auszuwählen. Die zu verändernde Stelle des Vorgabewertes wird dann mit den beiden Tasten ◀ und ▶ oberhalb des Drehimpulsgebers ausgewählt, wobei die jeweils aktive Stelle durch einen Unterstrich gekennzeichnet wird. Entsprechend der gewählten Schritte erfolgt durch Drehen des Impulsgebers in die gewünschte Richtung das Verändern der Sollwert-Vorgabe. Die Übernahme der neuen Einstellung als Grenzwert wird mit der Enter-Taste vorgenommen oder erfolgt automatisch, wenn länger als 5 Sek. keine Taste mehr betätigt wird.

Nummerntastatur

Alternativ zum Drehimpulsgeber können alle Sollwert-Vorgaben auch über eine Nummerntastatur eingegeben werden. Auch dabei ist zuerst mit Hilfe der Auswahl-tasten U, I oder P die zu verändernde

Größe auszuwählen. Die gewählte Größe wird dann direkt eingegeben, wobei die Taste „CE“ die zuletzt eingegebene Ziffer löscht. Der eingegebene Zahlenwert wird mit der Taste „Enter“, oder wenn länger als 10 Sek. keine Taste mehr gedrückt wurde, als neuer Grenzwert übernommen. Eine neue Eingabe wird dabei grundsätzlich auf der linken Displayseite angezeigt und erscheint als neuer Grenzwert auf der rechten Displayseite nach der Übernahme.

Speicherplätze

Beim SPS 9540 sind bis zu 9 individuelle Gerätekonfigurationen in einem nichtflüchtigen Speicher (EEPROM) zu sichern und bei Bedarf jederzeit wieder aufrufbar. Selbstverständlich bleiben die Daten auch bei ausgeschaltetem Gerät oder bei einem Spannungsausfall über Jahre erhalten. Die Auswahl des gewünschten Speicherplatzes erfolgt mit der rechts neben dem Display angeordneten Taste „Memory“ und wird unten rechts in der Statuszeile des Displays angezeigt. Jede Tastenbetätigung schaltet einen Speicherplatz weiter, wobei die gespeicherten Daten für U, I und P rechts im Display erscheinen.

Nach Erreichen des letzten Speicherplatzes (8) beginnt der Vorgang von neuem, d. h. Speicherplatz 0 mit den zugehörigen Daten erscheint im Display. Mit der Taste „Enter“ können die gespeicherten Sollwert-Vorgaben dann als neue Grenzwerte (Limits) übernommen werden oder die Betätigung der Taste „CE“ führt zum Abbruch des Vorganges.

Das Abspeichern von neuen Gerätekonfigurationen ist ebenfalls sehr einfach. Auch dabei wird zunächst der gewünschte Speicherplatz mit Hilfe der Memory-Taste selektiert. Um die aktuell eingestellten Vorgabewerte dann unter diesem Speicherplatz anzulegen, ist die Memory-Taste 2 Sekunden gedrückt zu halten. Der Vorgang wird automatisch abgebrochen, wenn innerhalb von 5 Sekunden keine Taste betätigt wird. Ebenfalls führt die Betätigung der Taste „CE“ zum Abbruch des Vorgangs.

Tastatur-Sperre (Lock)

Um zu verhindern, dass Vorgabewerte versehentlich verändert werden, ist das Schaltnetzteil SPS 9540 mit einer Tastatur-Sperre ausgestattet. Versehentliches Verändern von Vorgabewerten kann fatale Folgen für ein angeschlossenes Gerät haben und bis zur Zerstörung führen. Durch eine kurze Betätigung der Taste „Lock“ werden sämtliche Tastenfunktionen des SPS 9540, mit Ausnahme des Netzschalters, der Taste „Stand-by“ und der Taste „Lock“ selbst, gesperrt.

In der unteren Statuszeile des Displays wird die Tastatursperre mit dem Symbol

„Locked“ angezeigt. Die Tastatursperre kann wieder aufgehoben werden, wenn die „Lock“-Taste ein weiteres Mal betätigt wird.

Remote

Zum Anschluss eines Computers ist das SPS 9540 mit einer seriellen V-24-Schnittstelle ausgestattet, über die sämtliche Funktionen automatisch steuerbar sind. Die Schnittstelle steht an einer 9-poligen Sub-D-Buchse auf der Geräterückseite zur Verfügung und kann mit Hilfe der Taste „Remote“, rechts oben neben dem Display, freigegeben werden. Bei freigegebener Schnittstelle erscheint in der Statuszeile des LC-Displays dann das Remote-Symbol und das Gerät ist bereit, die empfangenen Befehle zu verarbeiten.

Die Schnittstelle wird durch einen erneuten Tastendruck der „Remote“-Taste wieder gesperrt.

Stand-by

Mit der „Stand-by“-Taste links neben den Ausgangsbuchsen kann der Ausgang des Netzgerätes deaktiviert werden. An den Ausgangs-Polklemmen liegt dann keine Spannung mehr an und es fließt auch kein Strom mehr. Diese Funktion ist sehr praktisch, wenn an einem angeschlossenen Gerät gearbeitet wird, da zum Abschalten keine Sollwert-Veränderungen erforderlich sind.

Der „Stand-by“-Mode wird in der Statuszeile des Displays mit dem „Stand-by“-Symbol markiert. Ein weiterer Tastendruck auf die „Stand-by“-Taste hebt diesen Betriebszustand wieder auf.

Blockschaltbild

Das in Abbildung 2 vereinfacht dargestellte Blockschaltbild verschafft einen ersten Überblick über die Funktionsweise des SPS 9540. Das Zusammenwirken der verschiedenen digitalen und analogen Schaltungsteile kann so anschaulich erläutert werden.

Während im oberen Bereich des Blockschaltbildes in erster Linie der Mikrocontroller mit den zugehörigen Peripheriebaugruppen zu sehen ist, zeigt der untere Bereich die prinzipielle Funktionsweise des eigentlichen Schaltnetzteils. Bevor wir auf das Schaltnetzteil eingehen, betrachten wir zuerst den Digitalteil mit der zugehörigen Peripherie.

Die Sollwert-Vorgaben für Spannung und Strom kommen vom zentralen Mikrocontroller, der im mittleren, oberen Bereich des Blockschaltbildes eingezeichnet ist. Über einen D/A-Wandler mit nachgeschaltetem Multiplexer werden dann die analogen Steuerspannungen generiert und in den „Sample and Hold“-Gliedern (Ab-

tast-Haltegliedern) gespeichert. Die gespeicherten Spannungen repräsentieren exakt die Sollwert-Vorgaben für Spannung und Strom.

Über die Tastatur oder den Drehimpulsgeber (oben links) werden die gewünschten Parameter des Netzgerätes manuell eingestellt und auf der großflächigen Flüssigkristall-Anzeige (oben rechts) dargestellt. Neben den Vorgabewerten sind auch die aktuellen Messwerte sowie alle Statusinformationen direkt auf dem Display abzulesen.

Bis zu neun vollständige Gerätekonfigurationen werden im 512-Byte-EEPROM abgespeichert. In diesem Speicher sind auch die Backup-Informationen des SPS 9540 erfasst, sodass nach einem Stromausfall das Gerät nicht neu eingestellt werden muss. Des Weiteren befinden sich im EEPROM die Kalibrierparameter für den A/D- und den D/A-Wandler sowie die Maximalwerte für Strom und Spannung.

Mit dem Stromshunt am Ausgang wird der Ausgangsstrom und über den Spannungsteiler die Ausgangsspannung erfasst. Zusammen mit den Temperaturwerten der Endstufe gelangen die Messwerte über einen Multiplexer auf den Eingang des A/D-Wandlers und von hier aus als digitale Informationen zum zentralen Mikrocontroller.

Eine galvanisch getrennte RS-232-Schnittstelle dient zur Verbindung des SPS 9540 mit einem PC. Vom PC aus kann die komplette Steuerung des Netzteils erfolgen. Die Messwerte sind in beliebigen Dateien speicherbar.

Kommen wir nun zum Blockschaltbild des eigentlichen Schaltnetzteils, das im unteren Bereich von Abbildung 2 dargestellt ist. Zunächst gelangt die Netz-Wechselspannung über eine Filterstufe auf einen Gleichrichter mit nachgeschalteten Pufferelkos, der eine Gleichspannung für die Leistungsendstufe des SPS 9540 bereitstellt. Die Gleichspannung wird über eine Power-Faktor-Korrektur, die für eine sinusförmige Stromaufnahme aus dem Netz sorgt, zu den primärseitigen Leistungstransistoren T 101 bis T 104 geführt. Zusätzlich stabilisiert die Power-Faktor-Korrektur die Gleichspannung auf ca. 410 V.

Zu bedenken ist, dass diese Stufen nicht galvanisch vom 230-V-Wechselspannungsnetz getrennt sind und somit extreme Lebensgefahr bei unsachmäßigem Umgang besteht.

Bei den Transistoren T 101 bis T 104 handelt es sich um spezielle hochspannungsfeste Leistungs-Power-MOSFET's, die in Verbindung mit dem Leistungstransformator TR 102, dem Steuertrafo TR 101 sowie der zugehörigen sekundärseitigen Beschaltung einen so genannten Vollbrückenflusswandler bilden.

Durch die wechselseitige Ansteuerung der Leistungs-MOSFET's wird die primärseitige Wicklung des Übertragers TR 102 wechselweise mit der Versorgungsspannung (-UB, +UB) beaufschlagt.

Durch dieses Schaltungskonzept in Verbindung mit einer hohen Schaltfrequenz wird die äußerst geringe Baugröße des Leistungstransformators TR 102 bei einer sekundärseitigen Ausgangsleistung von 1000 VA möglich. Die Abmessungen des Trafos TR 102 betragen nur ca. 38 x 54 x 55 mm. (In konventioneller Technik entsprechen diese Abmessungen lediglich einem ca. 15- bis 20-VA-Transformator!)

Die sekundärseitige Ausgangsspannung des Trafos TR 102 wird über die Dioden D 101 und D 102 gleichgerichtet und gelangt über die Speicherdrossel L 103 auf den Siebelko C 113. Die so gewonnene Gleichspannung wird über eine zusätzliche Filterstufe auf die Ausgangsklemmen des SPS 9540 gegeben.

Über den im Massezweig liegenden Präzisions-Shunt-Widerstand wird eine dem jeweils gerade fließenden Strom proportionale Messspannung erzeugt.

Für die Regelung der Ausgangsspannung bzw. des Ausgangsstromes ist eine komplexe Regelstruktur erforderlich. Wie aus dem Blockschaltbild ersichtlich, ist

die Regelelektronik, bestehend aus U-Regler (Spannungsregler) und I-Regler (Stromregler), auf der sekundären Seite der Leistungsstufe des SPS 9540 angekoppelt.

Der I-Regler bekommt seine Istwert-Information von dem bereits angesprochenen Shunt-Widerstand, während der Spannungsregler direkt am Ausgang angeschlossen ist.

Genau wie die Regler in konventionellen Netzgeräten, arbeiten auch die Regler des SPS 9540. Der Sollwert für Strom und Spannung wird, wie bereits erwähnt, von den zugehörigen Abtast-Haltegliedern vorgegeben.

Der jeweils aktive Regler vergleicht nun Soll- und Istwert miteinander und steuert daraufhin die Leistungsstufe des SPS 9540 entsprechend an.

Da es sich beim SPS 9540 um ein primär getaktetes Schaltnetzteil handelt, muss die sekundärseitig erzeugte Reglerinformation auf die primäre, galvanisch von der Netzwechselfspannung nicht getrennte Seite der Schaltung übertragen werden. Diese Aufgabe übernimmt der eingezeichnete Optokoppler.

In der Weiterverarbeitung der Reglerinformation liegt der wesentliche Unterschied zwischen einem „konventionellen“ Netzteil und dem Schaltnetzteil SPS 9540. Wäh-

rend bei herkömmlichen Netzteilen die Endstufen linear von der Regelelektronik angesteuert werden, erfolgt die Endstufenansteuerung beim SPS 9540 über einen so genannten Pulsbreitenmodulator. Die Information über die zu liefernde Leistung liegt also in der Pulsbreite des Ansteuersignals, d. h. die Leistungstransistoren arbeiten im Schalterbetrieb. Neben dem eigentlichen Pulsbreitenmodulator befindet sich im gleichen Schaltungsblock der Oszillator, über den die Schaltfrequenz von ca. 30 kHz generiert wird.

Die Leistungstransistoren T 103 und T 104 werden direkt vom Ausgangssignal des Pulsbreitenmodulators angesteuert. Damit dies möglich ist, liegt die Pulsbreitenstufe auf -UB-Potenzial. Die „oben“ liegenden Transistoren T 101 und T 102 werden über den Steuertransformator TR 101 angesteuert.

Sowohl der Pulsbreitenmodulator als auch die Reglereinheit mit dem Regler für Spannung und Strom müssen mit einer separaten Betriebsspannung versorgt werden. Da der Pulsbreitenmodulator im Sekundärkreis und die Reglereinheit im Primärkreis angeordnet sind, müssen die jeweiligen Versorgungsspannungen zuverlässig galvanisch voneinander getrennt sein. Diese Aufgabe wird von dem kleinen Hilfsnetzteil übernommen.

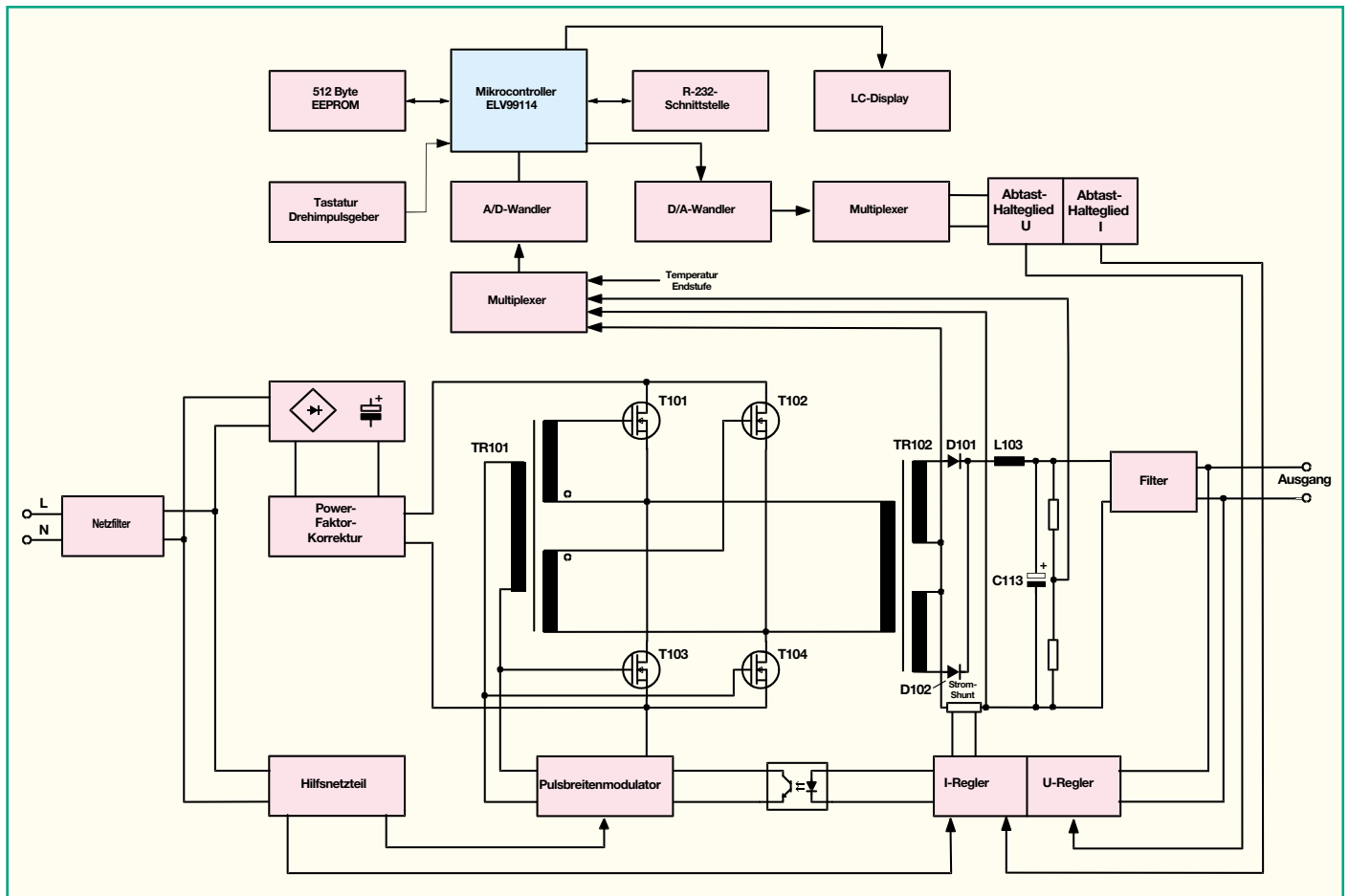


Bild 2: Blockschaltbild des SPS 9540

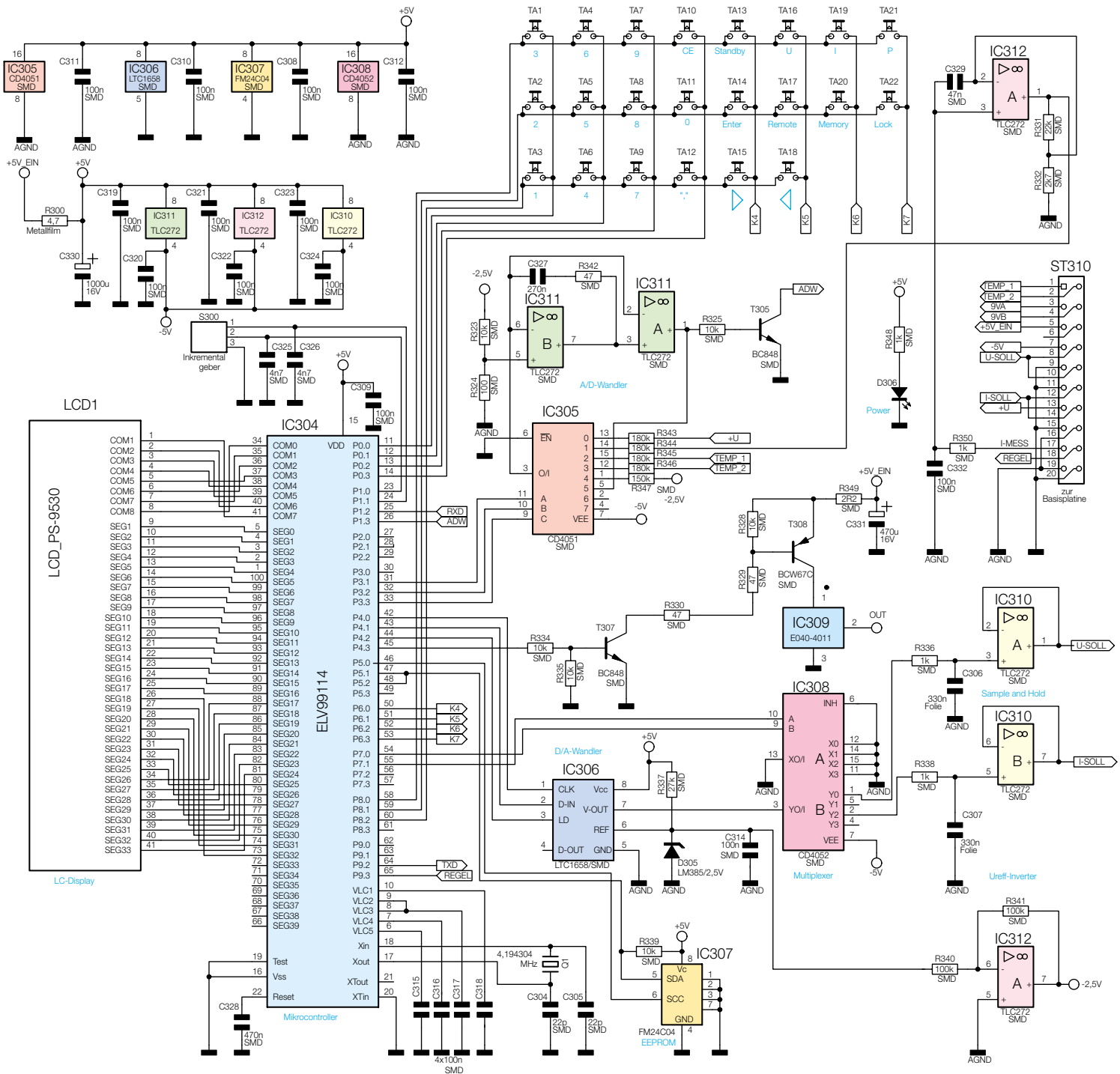


Bild 3: Prozessoreinheit des SPS 9540

Für ein Labornetzgerät wie das SPS 9540 ist eine zuverlässige galvanische Trennung der Ausgangsspannung von der lebensgefährlichen Netzwechselspannung von entscheidender Bedeutung. Bei der Konzeption dieses Labornetzgerätes wurde diesem Punkt daher besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Erfüllt wird diese Forderung neben dem Layoutaufbau im Wesentlichen durch drei Bauelemente.

Im Leistungskreis übernimmt der Übertrager TR 102 diese Aufgabe, der Optokoppler zwischen Reglereinheit und dem Pulsweitenmodulator sorgt für eine sichere galvanische Trennung im Steuerkreis. Das Hilfs-

netzteil entkoppelt die Versorgungsspannungen der Reglereinheit und des Pulsweitenmodulators.

Nach der vorstehenden prinzipiellen Funktionsbeschreibung des SPS 9540 anhand des Blockschaltbildes kommen wir nun zu der detaillierten Schaltungsbeschreibung dieses aussergewöhnlich leistungsfähigen Labornetzgerätes.

Schaltung

Die Gesamtschaltung des ProzessorschaltNetzteils SPS 9540 ist zur besseren Übersicht in sieben in sich geschlossene

Funktionsgruppen aufgeteilt. Die einzelnen Funktionsgruppen bestehen aus der Prozessoreinheit (Abbildung 3), der galvanisch getrennten seriellen Schnittstelle (Abbildung 4), dem Hauptschaltbild in Abbildung 5, dem Pulsweitenmodulator in Abbildung 6, der Reglereinheit (Abbildung 7), der Power-Faktor-Korrektur (Abbildung 8) und der Lüftersteuerung mit Temperaturüberwachung in Abbildung 10.

Während sich die Schaltung des Leistungsnetzgerätes auf einer grossen Basisplatte und zwei Modulplatten befindet, sind alle für die Bedien- und Steuerfunktionen zuständigen Komponenten sowie

die Schnittstelle auf einer Frontplatte untergebracht. Die Verbindung der beiden Funktionseinheiten erfolgt über ein 20-poliges Flachbandkabel, wobei die Prozessoreinheit aufgrund der allgemein gehaltenen Architektur auch zur Steuerung von anderen Netzgeräten geeignet ist. Die Schaltungsbeschreibung beginnen wir nun mit der in Abbildung 3 dargestellten Prozessoreinheit.

Prozessoreinheit (Abbildung 3)

Zentrales Bauelement ist der Single-Chip-Mikrocontroller IC 304 vom Typ ELV 99114, dessen Arbeitsprogramm in einem 16 kB großen ROM gespeichert ist. Aufgrund der umfangreichen LCD-Steuerungsmöglichkeiten verfügt der Baustein über 100 Anschlusspins. Die erforderliche externe Beschaltung hingegen ist äußerst gering.

Der Takt des chipinternen Oszillators wird mit Hilfe des Quarzes Q1 festgelegt, der an Pin 17 und Pin 18 des Controllers angeschlossen ist. Neben dem Quarz sind an diesen Pins noch die Kondensatoren C 304 und C 305 erforderlich.

Für einen definierten Power-On-Reset des Gerätes sorgt der an Pin 22 angeschlossene Kondensator C 328. Das Reset-Signal initialisiert den Mikrocontroller und startet ihn neu.

Die große, hinterleuchtete Flüssigkristallanzeige wird direkt vom Mikrocontroller gesteuert. Zur Display-Steuerung sind die Segmentleitungen mit SEG 0 bis SEG 32 des Controllers verbunden. Die zur Verfügung stehenden 8 Backplanes werden dabei über COM 0 bis COM 7 gesteuert. Mit Hilfe der Kondensatoren C 315 bis C 318 werden die intern erzeugten Spannungen für das LC-Display gepuffert.

Für die Hinterleuchtung des LC-Displays wird beim SPS 9540 eine Leuchtfolie verwendet, die für eine besonders gleichmäßige Ausleuchtung sorgt. Der Miniatur-Wechselrichter (EL-Inverter) IC 309 versorgt die Hintergrundbeleuchtung mit der erforderlichen Hochspannung. Zum Einschalten der Hinterleuchtung wird der Transistor T 307 über Port 4.3 durchgesteuert, der wiederum über R 329, R 330 den Transistor T 308 in den leitenden Zustand versetzt.

Um mit einer möglichst geringen Anzahl an Anschlussleitungen auszukommen, sind die an Port 0.0 bis Port 0.3, Port 6.0 bis Port 6.3 sowie Port 8.0 bis Port 8.2 angeschlossenen Bedientasten des SPS 9540 in einer Matrix angeordnet. Port 8 kennzeichnet dabei die Zeilen und die als Eingänge definierten Ports 0 und 6, welche mit internen Pull-up-Widerständen ausgestattet sind, stellen die Spalten der Tastaturmatrix dar. Wenn keine Taste gedrückt ist, liegt an den Eingängen ein High-Pegel an. Die als

Ausgänge konfigurierten Pins von Port 8 liegen im Ruhezustand auf Massepotenzial.

Der Drehimpulsgeber (Incrementalgeber) S 300 ist mit Port 1.0 und Port 1.1 des Mikrocontrollers verbunden. Der Geber wird über die eigenen Unterbrechungsanforderungen der Porteingänge abgefragt, wobei C 325 und C 326 zum Entprellen des Signals dienen.

Damit sämtliche Geräteeinstellungen und die Abgleichparameter nach einem Spannungsausfall bzw. im ausgeschalteten Zustand nicht verloren gehen, ist das Netzgerät mit einem 512-Byte-EEPROM (IC 307) ausgestattet. Des Weiteren dient das EEPROM zur Abspeicherung von max. neun kompletten Geräteeinstellungen. Der I²C-Bus des EEPROMs ist mit Port 5.0 bis Port 5.2 des Mikrocontrollers verbunden. Port 5.0 ist dabei ein Ausgang und sorgt für den Takt der Kommunikation zwischen Prozessor und EEPROM. Port 5.1 und Port 5.2 sind direkt mit der Datenleitung des EEPROMs verbunden. Diese Beschaltung (ein Eingang, ein Ausgang) vereinfacht das Programm des I²C-Protokolls.

A/D-Wandler

Damit der Prozessor die analogen Messwerte verarbeiten kann, ist eine Analog/Digital-Wandlung erforderlich. Diese Aufgabe übernimmt der mit IC 311 und externen Komponenten aufgebaute, integrierte Wandler. Die Grundelemente dieses, trotz kostengünstigen Aufbaus sehr genauen Wandlers, sind der als invertierende Integrator geschaltete Operationsverstärker IC 311 B und der Komparator IC 311 A. Bei diesem Zwei-Rampen-Wandler wird vorausgesetzt, dass die Mess- und

Referenzspannung entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Über Port 3.1 bis Port 3.3 erfolgt mit Hilfe des Analog-Multiplexers IC 305 die Auswahl des Messeingangs. Neben dem Kondensator im Rückkopplungsweig (C 327) gehören die jeweiligen Widerstände (R 343 bis R 347) zum Integrator.

Damit der Offset des OPs keinen Einfluss auf die Messung hat, ist der positive Eingang von IC 311 B über den Spannungsteiler R 323, R 324 leicht negativ vorgespannt.

Der nachgeschaltete Komparator (IC 311 A) schaltet um, wenn die Ausgangsspannung des Integrators wieder im Ruhezustand ist. Der Transistor T 305 erzeugt dann eine Spannungsflanke an Port 1.3.

Die erforderliche Referenzspannung wird von der Referenzdiode D 305 im unteren Bereich des Schaltbildes zur Verfügung gestellt und mit Hilfe des Operationsverstärkers IC 312 A invertiert.

Da der Messeingang des A/D-Wandlers für Spannungen bis zu 2,5 V ausgelegt ist, muss die zum Messstrom proportionale Spannung mit dem nicht invertierenden Verstärker IC 312 B angepasst werden. Der Verstärkungsfaktor des OPs wird dabei über den Spannungsteiler R 331, R 332 im Rückkopplungsweig festgelegt.

Da die von der Basisplatte kommende Zuleitung zum Messeingang relativ lang ist, werden HF-Einkopplungen mit C 329 und dem Siebglied R 350, C 332 abgeblockt.

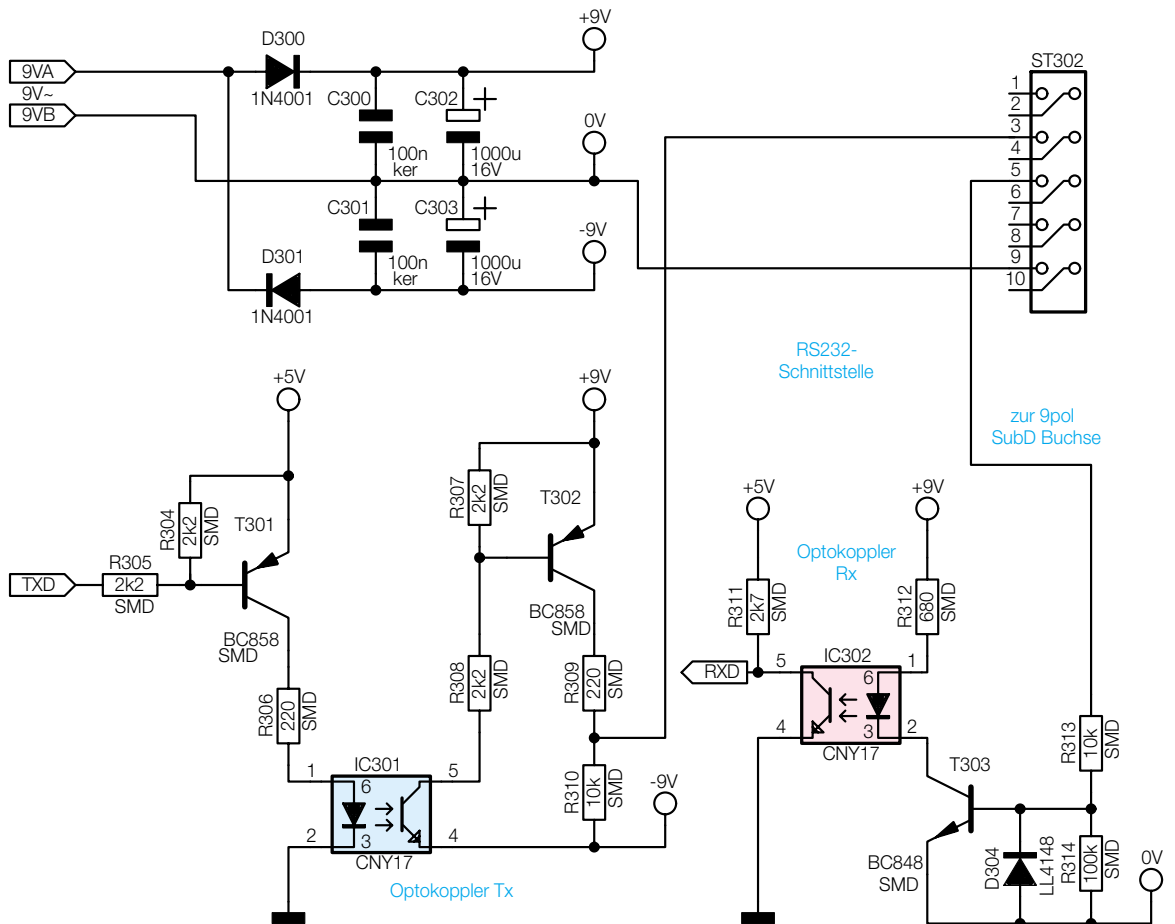
D/A-Wandler

Zur analogen Sollwertvorgabe für Strom und Spannung ist ein D/A-Wandler erforderlich. Der von uns eingesetzte D/A-Wandler von Linear Technology des Typs

Tabelle 2: Anschlussbelegung der Prozessoreinheit

Anschluss	Funktion	Wert
1	Temperatur Sensor 1	1,4 V - 2,4 V
2	Temperatur Sensor 2	1,4 V - 2,4 V
3	Versorgungsspannung V.24	9 V \times
4	Versorgungsspannung V.24	9 V \times
5	Versorgungsspannung Steuerung	+ 5 V
6	Frei	-
7	Versorgungsspannung Steuerung	- 5 V
8	Vorgabe „Sollspannung“	0...2,5 V
9	Masseverbindung	GND
10	Vorgabe „Sollspannung“	0...2,5 V
11	Masseverbindung	GND
12	Vorgabe „Sollstrom“	0...2,5 V
13	Messspannung	0...2,5 V
14	Vorgabe „Sollstrom“	0...2,5 V
15	Masseverbindung	GND
16	Frei	-
17	Messstrom	0...0,5 V
18	Reglererkennung	TTL Pegel
19	Masseverbindung	GND
20	Masseverbindung	GND

Bild 4:
RS-232-
Schnittstelle des
SPS 9540



LTC 1658 zeichnet sich durch ein gutes Preis-/Leistungsverhältnis aus und hat eine Genauigkeit von 14 Bit. Der Wandler mit seriellem Eingang wird über 3 Leitungen vom Mikrocontroller (Port 4.0 bis Port 4.2) gesteuert.

Die über R 337 mit Spannung versorgte Referenzdiode stellt eine Referenzspannung von 2,5 V für den Wandler zur Verfügung. Da der Wandler sowohl für die Sollwertvorgabe der Spannung als auch für die Sollwertvorgabe des Stromes dient, ist ein nachgeschalteter Analog-Multiplexer mit 2 Abtast-Haltegliedern (Sample & Hold) erforderlich.

Jedes Sample & Hold-Glied besteht dabei aus einem Puffer-Verstärker mit hochohmigem Eingang (IC 310 A, IC 310 B), einem Widerstand (R 336, R 338) und einem Kondensator (C 306, C 307). Der Kondensator wird über den Widerstand aufgeladen, bis er die Sollspannung erreicht hat und anschließend der Multiplexer in den hochohmigen Zustand versetzt. Da der hochohmige Eingang des nachgeschalteten OPs die Spannung nahezu nicht belastet, wird der Kondensator bis zum nächsten Verbinden mit dem D/A-Wandler-Ausgang nicht entladen. Mit einem einzigen D/A-Wandler kann somit die Spannungs- und Strom-Sollwertvorgabe erfolgen.

Zur Spannungsversorgung der Prozessoreinheit werden + 5 V und - 5 V benötigt,

die die Basisplatine bereitstellt. Ein zusätzlicher Tiefpassfilter im Plusspannungszweig, aufgebaut mit R 300, C 330, dient dabei zur Störunterdrückung. Die über R 348 mit Spannung versorgte Leuchtdiode D 306 signalisiert die Betriebsbereitschaft des Gerätes.

Die Verbindung zwischen der Basisplatine und der Prozessorplatine erfolgt über ein an ST 310 angeschlossenes 20-poliges Flachbandkabel. Diese Leitungen versorgen die Prozessoreinheit mit Strom, leiten die Sollwertvorgaben zur Hauptplatine und speisen die Messspannungen ein. Die Anschlussbelegung dieser Schnittstelle ist in Tabelle 2 dargestellt.

RS-232-Schnittstelle (Abbildung 4)

Zur Kommunikation mit einem externen PC ist das SPS 9540 mit einer galvanisch getrennten seriellen RS-232-Schnittstelle ausgestattet (Abbildung 4). Über eine 9-polige Sub-D-Buchse an der Geräterückseite sind dann sämtliche Funktionen steuerbar sowie die Messwerte auszulesen. Die galvanische Trennung der Datenleitungen wird mit Hilfe von Optokopplern realisiert.

Das TXD-Signal von Port 9.2 des Mikrocontrollers steuert den Transistor T 301, in dessen Kollektorkreis sich die Sendediode des Optokopplers IC 301 befindet. Der Optokoppler-Ausgang wiederum steuert

galvanisch getrennt den Transistor T 302, der das Signal mit RS-232-Pegel auf Pin 3 der 10-poligen Stiftleiste ST 302 gibt.

Die vom externen Gerät kommenden Daten gelangen von ST 302, Pin 5 auf die mit T 303 aufgebaute Transistorstufe. Im Kollektorkreis dieses Transistors befindet sich die Sendediode des Optokopplers IC 302. Der Ausgang des Optokopplers ist direkt mit Port 1.2 verbunden, wobei R 311 als Pull-up-Widerstand fungiert.

Über einen 10-poligen Steckverbinder und eine Flachbandleitung wird ST 302 letztendlich mit der 9-poligen Sub-D-Buchse an der Geräterückseite verbunden.

Zur Schnittstellen-Spannungsversorgung wird eine galvanisch getrennte Wechselspannung benötigt, die eine zusätzliche Trafowicklung bereitstellt. Durch einfache Einweg-Gleichrichtungen mit D 300, D 301 werden dann die positive und negative Schnittstellen-Spannung erzeugt, wobei die Elkos C 302 und C 303 zur Glättung dienen. Hochfrequente Störeinflüsse unterdrücken die Keramik-Kondensatoren C 300 und C 301.

Die Schaltungsbeschreibung der Bedieneinheit mit dem zentralen Mikrocontroller ist damit abgeschlossen.

Die detaillierte Beschreibung des eigentlichen Schaltnetzteils mit allen zugehörigen Komponenten erfolgt im „ELVjournal“ 4/2002.