

Prozessor-Power-Supply

PPS 5330



Das Prozessor-Netzteil PPS 5330 ist in einem hochwertigen Metallgehäuse mit Alu-Frontprofil untergebracht, bietet dank Prozessorsteuerung und der Sollwert-Vorgabe mit Inkrementalgeber eine außergewöhnlich komfortable Bedienung und hat exzellente Regeleigenschaften. Die Soll- und Ist-Werte werden auf einem großen hinterleuchteten LC-Display dargestellt. Mit einem Spannungsbereich von 0 bis 30 V und einer Strombelastbarkeit von max. 3 A stehen die im Elektronik-Labor meistgenutzten Bereiche zur Verfügung.

Allgemeines

Ein gutes stabilisiertes Netzgerät zählt zu den wichtigsten Hilfsmitteln im Elektronik-Labor. Dabei reicht für die meisten Anwendungen ein Spannungsbereich von 0 bis 30 V und eine Strombelastbarkeit von 3 A, die vom PPS 5330 zur Verfügung gestellt werden, vollkommen aus. Neben guten Regeleigenschaften sind präzise Sollwert-Vorgaben für die Ausgangsspannung und den Ausgangsstrom wichtig. Hier vereint nun das mit einem Inkrementalgeber (Drehimpulsgeber) ausgestattete PPS 5330 die einfache und schnelle Bedienbarkeit einer analogen Poti-Einstellung mit der Präzision einer digitalen Sollwert-Vorgabe, z. B. über Tasten. Neben der Präzision der Einstellung

hat das PPS 5330 hier noch mehr zu bieten, da die Auflösung des Inkrementalgebers für die Einstellung veränderbar ist.

So sind für die Spannungsvorgabe je Rastung Schritte zwischen 10 mV und 10 V und für die Stromvorgabe je Rastung Schritte zwischen 1 mA und 1 A möglich.

Im LC-Display wird die jeweils zu verändernde Stelle mit Hilfe eines Unterstrichs gekennzeichnet. Je Umdrehung verfügt der Inkrementalgeber über 24 Raststellungen.

Ein großflächiges hinterleuchtetes LC-Display zeigt alle wichtigen Parameter des PPS 5330 gleichzeitig an. Dabei sind neben den Ist-Werten für Spannung, Strom und Leistung auch die Grenzwerte (Sollwert-Vorgaben) für Spannung und Strom direkt abzulesen. Des Weiteren werden alle

wichtigen Statusinformationen und welcher Regler gerade aktiv ist (U oder I) direkt auf dem Display angezeigt.

Arbeitet das Netzgerät beispielsweise als Spannungs-konstanter (der Ist-Wert und der Soll-Wert für die Spannung sind gleich groß), kann neben dem aktuell fließenden Strom auch der programmierte Grenzwert (Limit) direkt abgelesen werden. Mit einem Blick ist dann erkennbar, wie weit die Stromaufnahme der angeschlossenen Last noch vom programmierten Grenzwert entfernt ist. Das große LC-Display ist durch die Hinterleuchtung jederzeit gut ablesbar.

Eine Stand-by-Funktion ermöglicht auf Tastendruck das schlagartige Ein- und Ausschalten des Ausgangs, wobei der Stand-by-Modus mit einem auffälligen Symbol im Display angezeigt wird. Im praktischen

Tabelle 1: Technische Daten PPS 5330	
Ausgangsspannung:	0–30 V (Auflösung 10 mV)
Ausgangsstrom:	0–3 A (Auflösung 1 mA)
Mikroprozessorsteuerung:	für alle Bedienfunktionen
Anzeige:	großflächiges hinterleuchtetes LC-Display zur gleichzeitigen Anzeige von Spannung, Strom und Leistung mit den zugehörigen Grenzwerten für U und I und Statusinformationen
Einstellungen:	per Tasten und Inkrementalgeber
Speicher:	bis zu 16 individuelle Einstellungen speicherbar
Besondere Merkmale:	Stand-by-Funktion zum Deaktivieren des Ausgangs, Lüfter: Kühlkörperaggregat mit temperaturgesteuerter Lüfterdrehzahl, Endstufentemperatur-Sicherung, Sicherheitsbuchsen, kurzschlussfester Ausgang
Versorgungsspannung:	230 V/50 Hz
Brummen und Rauschen	
Spannungskonstanter:	1 mV _{eff}
Stromkonstanter:	0,01 %
Innenwiderstand	
Spannungskonstanter:	<0,003 Ω
Stromkonstanter:	ca. 20 kΩ
Metallgehäuse Abm. (B x H x T):	303 x 155 x 95 mm

Betrieb kann es wichtig sein, die Spannung schnell abschalten zu können.

Selbstverständlich ist das PPS 5330 dauerkurzschlussfest, und elektronische Temperatur-Schutzschaltungen verhindern z. B. im Fehlerfall eine Überlastung des Gerätes. Bei einer Übertemperatur des Netztrafos oder der Endstufe wird der Ausgang deaktiviert und im Display das zugehörige Symbol angezeigt. Zeigt die Temperatur im Betrieb Werte, die weniger als 5 °C unter der Abschalttemperatur liegen, beginnt das „Overtemp.“-Symbol im Display als Vorwarnung zu blinken.

In einem benutzerdefinierbaren Speicher können bis zu 16 individuelle Sollwert-Vorgaben abgelegt werden, die dann jederzeit wieder zur Verfügung stehen. Die Anzeige des ausgewählten Speicherplatzes erfolgt unten rechts im Display.

Beim PPS 5330 handelt es sich um ein linear geregeltes Netzgerät mit äußerst geringem „Ausgangs-Ripple“. Die unter Last entstehende Abwärme wird mit einem innenliegenden Kühlkörper/Lüfteraggregat abgeführt, wobei die Lüfterdrehzahl in Abhängigkeit von der Endstufentemperatur geregelt wird.

Um zu verhindern, dass Vorgabewerte versehentlich oder bei unbeaufsichtigtem Betrieb durch Unbefugte verändert werden, können alle Bedienfunktionen, mit Ausnahme der Stand-by-Taste zum schnellen Deaktivieren des Ausgangs, gesperrt werden. Die Sperre wird im Display mit dem Symbol „Locked“ dargestellt.

Bedienung

Die Bedienung des PPS 5330 ist nicht nur komfortabel, sondern auch besonders einfach und im Grunde genommen selbsterklärend. Neben dem Bedienkonzept trägt dazu auch das große hinterleuchtete LC-Display bei. Wie die Frontansicht des Gerätes zeigt, sind zur Bedienung 7 Taster, ein Drehimpulsgeber mit 24 Raststellungen pro Umdrehung sowie ein Netzschalter zum Ein- bzw. Ausschalten der primärseitigen Netzspannung vorhanden.

Im LC-Display werden alle wichtigen Daten übersichtlich dargestellt. Für die Istwert-Anzeigen der Spannung, des Stromes und der Leistung auf der linken Displayseite werden dabei besonders große Zeichen verwendet, während die Limits und der gewählte Speicherplatz auf der rechten Displayseite kleiner dargestellt werden. Im mittleren Bereich des Displays wird der jeweils aktive Regler (U oder I) angezeigt. Beim aktiven Regler sind dann der Sollwert und der Istwert gleich groß.

Die Statuszeile im unteren Bereich des Displays informiert über verschiedene Betriebszustände. Abbildung 1 zeigt das Display des PPS 5330 mit allen zur Verfügung stehenden Anzeigesegmenten.

Nach dem Einschalten des PPS 5330 mit dem Netzschalter (links unten) führt das Gerät einen Displaytest durch und steuert für ca. 2 Sekunden alle Segmente des Displays an. Danach werden kurz die

Versionsnummern der Firmware angezeigt und das Gerät übernimmt die zuletzt genutzte Gerätekonfiguration vor dem Ausschalten.

Sollwert-Vorgaben für Spannung und Strom

Grundsätzlich erfolgt die Sollwert-Vorgabe für Spannung und Strom 4-stellig, wobei zuerst mit der Taste U/I unterhalb des Displays die zu verändernde Größe auszuwählen ist. Bei der jeweils aktivierten Einstellfunktion wird dann ein „Unterstrich“ angezeigt. Die gewünschte Stelle, die verändert werden soll, kann nun mittels der „←“- und „→“-Tasten unterhalb des Displays ausgewählt werden.

Mit dem Inkrementalgeber erfolgt die Einstellung des gewünschten Soll-Wertes mit den jeweils ausgewählten Einstellschritten. Bei einem Über- bzw. Unterlauf erfolgt automatisch ein Übertrag auf die nächste Stelle. Die zuletzt gewählten Einstellschritte bleiben auch nach dem Umschalten von U auf I oder umgekehrt erhalten, d. h. es kann z. B. die Spannungsvorgabe in 100-mV-Schritten und die Stromvorgabe im 10-mA-Raster erfolgen, ohne dass dazu die Stellen erneut auszuwählen sind.

Sobald eine der Pfeiltasten oder der Inkrementalgeber betätigt wird, erfolgt unabhängig davon, welcher Regler aktiv ist, die Anzeige des Soll-Wertes in der Hauptanzeige (links). Die Übernahme der neuen Einstellung als Grenzwert (Limit) erfolgt automatisch, wenn länger als 5 Sekunden keine Bedienung erfolgt oder wenn die „Enter“-Taste betätigt wird. Nach der Übernahme erscheinen links wieder aktuelle Ist-Werte und rechts die neuen Sollwert-Vorgaben.

Benutzerdefinierte Speicherplätze

Insgesamt stehen 16 Speicherplätze für Strom- und Spannungsvorgaben zur Verfügung.

Sollwert-Vorgaben abspeichern

Das Abspeichern der aktuell eingestellten Sollwert-Vorgaben erfolgt mit der Taste „Memory“. Nach einer kurzen Betätigung der Taste blinkt die Speicherplatz-Nummer.

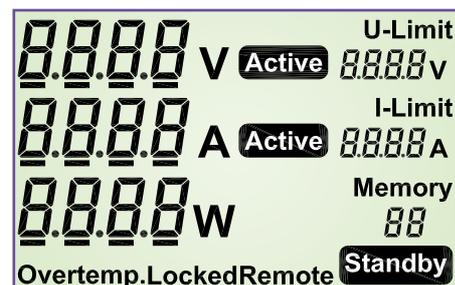


Bild 1: Das Display des PPS 5330

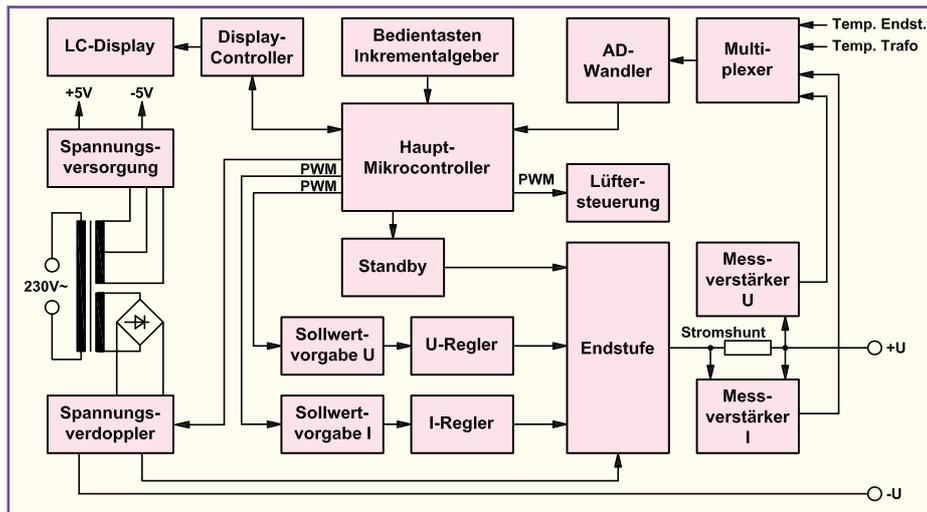


Bild 2: Das Blockschaltbild des PPS 5330

Nun kann mit dem Inkrementalgeber oder den Pfeiltasten der gewünschte Speicherplatz ausgewählt werden. Die Übernahme der aktuellen Sollwert-Vorgaben unter dem ausgewählten Speicherplatz erfolgt mit der „Enter“-Taste.

Sollwert-Vorgaben aufrufen

Das Aufrufen von Sollwert-Vorgaben erfolgt mit der Taste „Recall“. Die Speicherplatz-Nummer blinkt und die Auswahl des Speicherplatzes ist mit dem Inkrementalgeber oder den Pfeiltasten möglich. Im Display werden die zum jeweiligen Speicherplatz gehörenden Sollwert-Vorgaben groß dargestellt. Eine Übernahme der abgespeicherten Werte als Sollwert-Vorgaben kann mit der „Enter“-Taste erfolgen.

Tastatur-/Inkrementalgeber-Sperre (Lock)

Um zu verhindern, dass Vorgabewerte versehentlich verändert werden, können alle Bedienfunktionen, mit Ausnahme von Stand-by, gesperrt werden. Dazu sind beide Pfeiltasten so lange gedrückt zu halten (ca. 3 Sek.), bis im Display die Anzeige „Locked“ erscheint.

Die Sperre kann durch erneutes gleichzeitiges Drücken der beiden Pfeiltasten wieder aufgehoben werden.

Stand-by-Modus

Mit Hilfe der Taste „Stand-by“ kann der Ausgang des Netzgerätes aktiviert bzw. deaktiviert werden, ohne dass dazu Einstellungen zu verändern sind. Der Stand-by-Zustand wird im Display mit dem entsprechenden Symbol angezeigt. Besonders praktisch ist diese Funktion, wenn an einem angeschlossenen Gerät gearbeitet wird, da zum Ausschalten keine Sollwert-Veränderungen notwendig sind. Die Taste hat eine Toggle-Funktion, d. h. ein weiterer

Tastendruck hebt den jeweils aktuellen Zustand wieder auf. Um Abgleichfehler zu vermeiden, ist die Stand-by-Funktion im Abgleich-Modus gesperrt.

Übertemperatur-Schutzschaltung

Die Endstufentemperatur und die Temperatur des Netztrafos werden durch den Mikrocontroller ständig überwacht und die Lüfterdrehzahl bis zur zulässigen Temperaturgrenze proportional gesteuert. Sobald die Endstufe oder der Netztrafo die jeweils zulässige Temperaturgrenze überschreitet, erfolgt eine komplette Abschaltung der Ausgangsspannung. Im Display wird das Symbol „Overtemp.“ dann ständig angezeigt. Zur Vorwarnung beginnt das Symbol zu blinken, wenn die Temperatur auf Werte ansteigt, die weniger als 5 °C unterhalb der Abschalttemperatur liegen.

Blockschaltbild

Das Zusammenwirken der einzelnen digitalen und analogen Baugruppen des PPS 5330 veranschaulicht das Blockschaltbild in Abbildung 2. Zentrales Bauelement ist dabei der Haupt-Mikrocontroller, bei dem alle Informationen zusammenlaufen und der daraus die entsprechenden Steuerinformationen generiert. Der nicht-flüchtige Speicher (EEPROM) ist direkt im Mikrocontroller integriert. Die Kalibrierparameter und die individuellen Spannungs- und Stromvorgaben werden hier abgespeichert und bleiben auch ohne Betriebsspannung nahezu unbegrenzt erhalten.

Direkt mit dem Haupt-Mikrocontroller ist ein weiterer Controller verbunden, der zur Steuerung des LC-Displays dient, auf dem alle Informationen des Netzgerätes dargestellt werden.

Über die Bedientasten und den Inkrementalgeber (oben im Blockschaltbild) erfolgt die Eingabe der gewünschten Parameter.

Diese Informationen sowie die aktuellen Messwerte nutzt der Controller dann für die entsprechenden Steueraufgaben.

Die Sollwert-Vorgaben für Spannung, Strom und die Lüfterdrehzahl kommen direkt vom Haupt-Mikrocontroller in Form von PWM-Steuersignalen. Über die vom Haupt-Mikrocontroller gesteuerte Standby-Funktion kann die Endstufe schlagartig ein- und ausgeschaltet werden.

Zur endgültigen Sollwert-Vorgabe für Spannung und Strom werden aus den PWM-Signalen analoge Steuer-Gleichspannungen für den U- und den I-Regler gewonnen.

Abhängig von der Spannungs- und Stromvorgabe sowie von der Belastung wird die Endstufe dann entweder vom U- oder vom I-Regler gesteuert.

Die Ausgangsspannung und der Ausgangsstrom werden mit Hilfe von Messverstärkern erfasst und die proportionalen Messwerte über einen Multiplexer auf den A/D-Wandler gegeben. Der 14-Bit-A/D-Wandler wandelt die Spannungswerte in digitale Informationen für den Mikrocontroller um. Des Weiteren werden dem A/D-Wandler über den Multiplexer proportionale Spannungswerte zur Endstufentemperatur und zur Trafotemperatur zugeführt. Auch diese Spannungen werden mit dem A/D-Wandler in digitale Daten für den Mikrocontroller gewandelt.

Der Mikrocontroller steuert dann die Lüfterdrehzahl in Abhängigkeit von der Temperatur und kann bei Überlast die Endstufe abschalten.

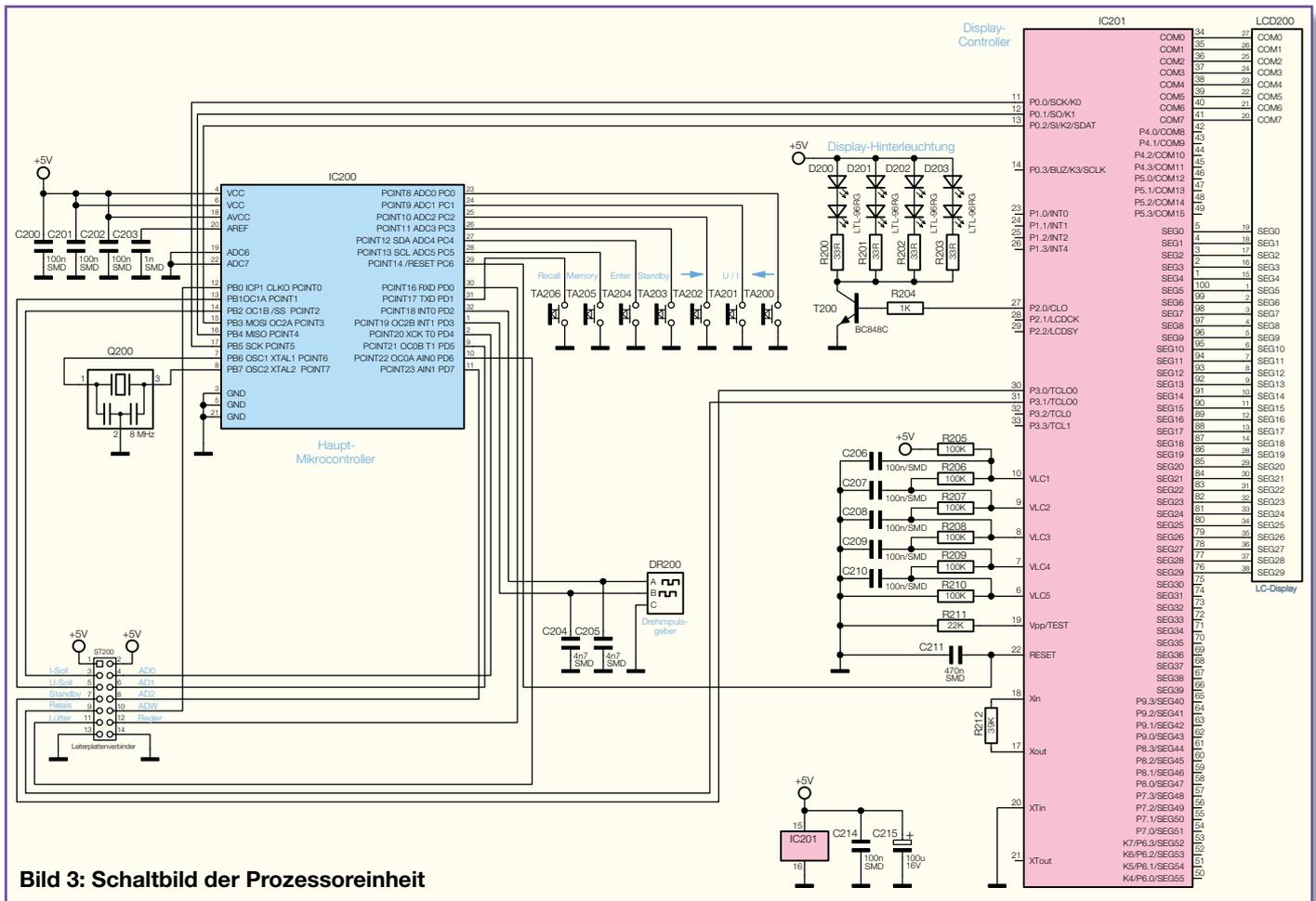
Um bei Ausgangsspannungen unter 14 V die Verlustleistung in der Endstufe zu verringern, arbeitet das PPS 5330 mit einer Spannungsverdoppler-Schaltung, die vom Mikrocontroller bei Bedarf automatisch aktiviert wird. Der leistungsfähige Netztransformator speist über den Leistungsgleichrichter die Spannungsverdoppler-Schaltung. Eine weitere Wicklung mit Mittelanzapfung stellt die Wechselspannungen für die interne Spannungsversorgung zur Verfügung. Hier werden die stabilisierten Spannungen +5 V und -5 V erzeugt.

Schaltung

Da es sich beim PPS 5330 um eine relativ umfangreiche Schaltung handelt, ist das Gesamtschaltbild in mehrere in sich geschlossene Funktionsgruppen (Teilschaltbilder) aufgeteilt.

Die Prozessoreinheit (Abbildung 3) besteht im Wesentlichen aus den beiden Mikrocontrollern und dem großen hinterleuchteten LC-Display. Diese Komponenten sind zusammen mit den Bedienelementen auf der Frontplatte des PPS 5330 untergebracht.

Ein weiteres Teilschaltbild zeigt den



A/D-Wandler mit Eingangsmultiplexer (Abbildung 4).

Der analoge Schaltungsteil, der im Wesentlichen aus der Endstufe, der Regelung und der Spannungsversorgung besteht, ist im Hauptschaltbild (Abbildung 5) zu sehen.

Prozessoreinheit

Die Prozessoreinheit ist mit 2 Mikrocontrollern realisiert, die alle Steuerungsaufgaben übernehmen, die Bedienung ermöglichen und für die Anzeige der Messwerte im Display verantwortlich sind.

Die erforderliche externe Beschaltung ist hingegen äußerst gering.

Während der Mikrocontroller IC 201 für die Ansteuerung des LC-Displays verantwortlich ist, übernimmt der Controller IC 200 alle Steuerungsaufgaben. Neben dem Arbeitsspeicher ist in IC 200 auch ein EEPROM zur Speicherung von nicht-flüchtigen Daten wie z. B. die Abgleichparameter und die individuellen Spannungs- und Stromeinstellungen vorhanden. Der Prozessortakt wird mit dem Keramikresonator Q 200 erzeugt.

Die Kommunikation zwischen den beiden Controllern erfolgt über insgesamt

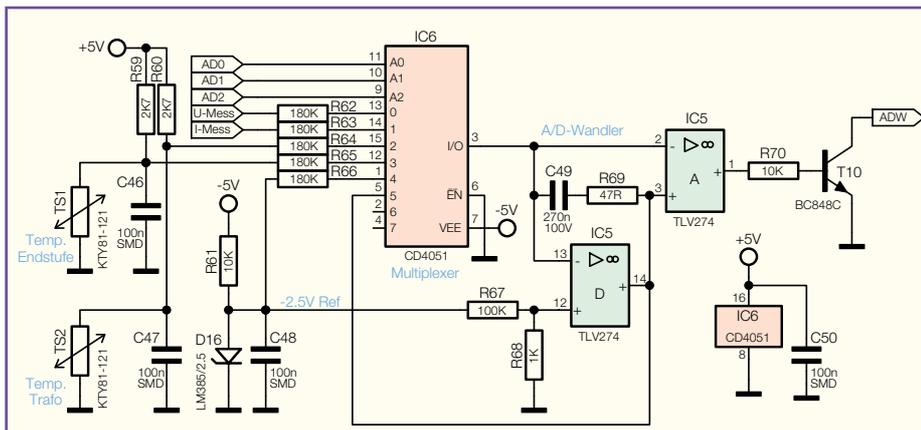
4 Portleitungen. Über den Flachbandkabel-Steckverbinder ST 200 ist die auf der Frontplatte untergebrachte Prozessoreinheit mit der Basisplatine (Analogteil) verbunden. Die insgesamt 7 Bedientasten des Gerätes sind direkt mit Port PC0 bis PC5 und Port PD1 des Controllers IC 1 verbunden.

An Port PD2 und PD3 ist der Drehimpulsgeber (Inkrementalgeber) angeschlossen.

Hier dienen die Kondensatoren C 204 und C 205 zur Störunterdrückung. Des Weiteren dienen die Kondensatoren C 200 bis C 203 zur Störabblockung an den einzelnen Versorgungspins des ICs.

Der Display-Controller IC 201 steuert über Port 2.0 und R 204 den Transistor T 200, in dessen Kollektorkreis sich die „Side-Looking-Lamps“ der Display-Hinterleuchtung mit den zugehörigen Vorwiderständen R 200 bis R 203 befinden. Zur Takterzeugung sind bei diesem Controller Pin 17 und Pin 18 mit einem Widerstand (R 212) beschaltet.

Die Spannungsteilerkette R 205 bis R 210 mit den zugehörigen Abblock-Kondensatoren C 206 bis C 210 bestimmt den Displaykontrast. Der Kondensator C 214 ist zur Störabblockung direkt an den Versorgungspins des Controllers angeordnet.



A/D-Wandler

Damit der Prozessor die analogen Mess-

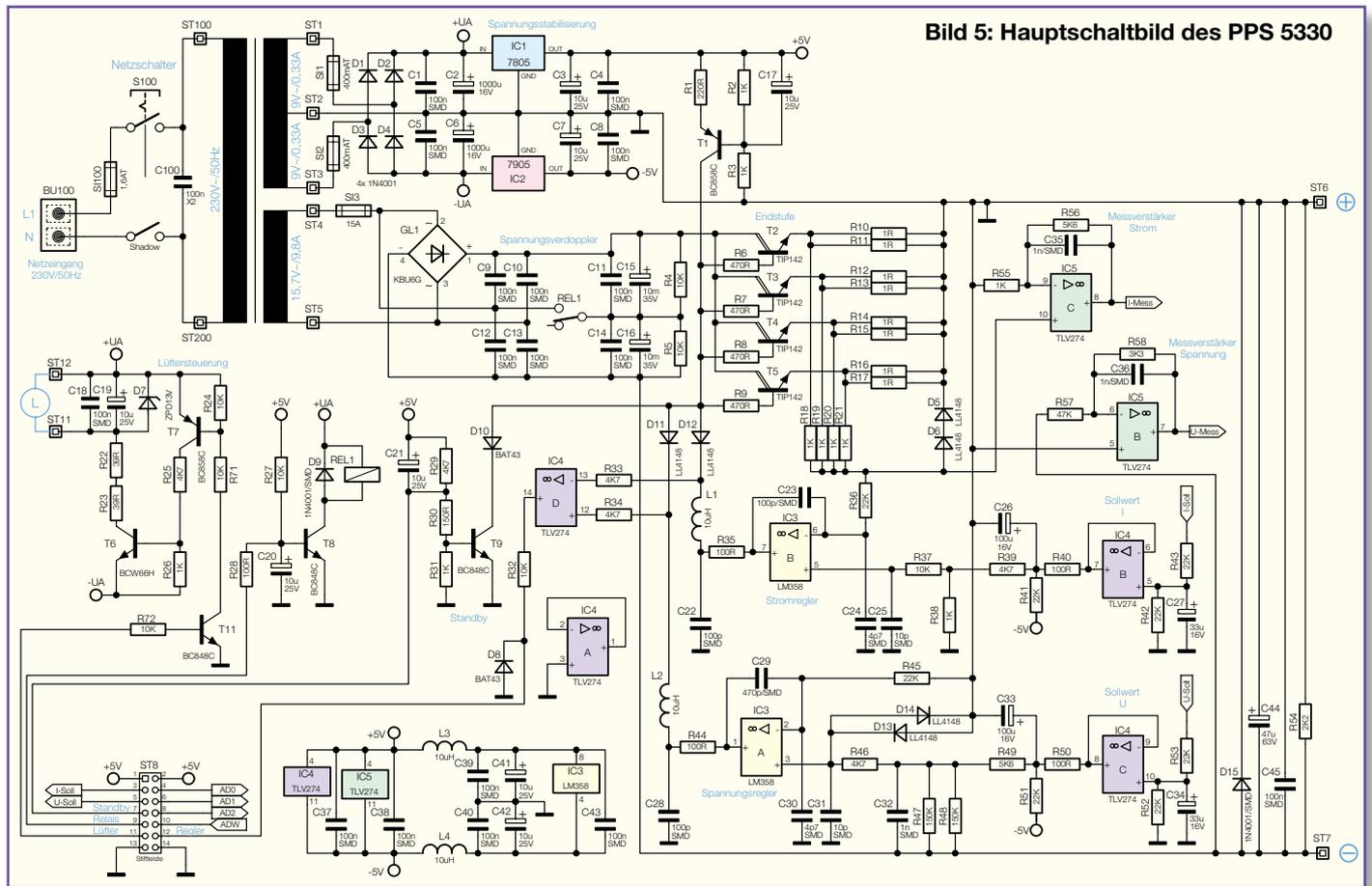


Bild 5: Hauptschaltbild des PPS 5330

werte verarbeiten kann, ist eine Analog-Digital-Wandlung erforderlich. Diese Aufgabe übernimmt der mit IC 5 A, D und externen Komponenten aufgebaute integrierende Wandler. Die Grundelemente dieses trotz kostengünstigen Aufbaus sehr genauen Wandlers sind der als invertierender Integrator geschaltete Operationsverstärker IC 5 D und der Komparator IC 5 A. Bei diesem Zweirampen-Wandler wird vorausgesetzt, dass Mess- und Referenzspannung entgegengesetzte Vorzeichen haben.

Über Port PB6, PB7 und PD4 (IC 200) erfolgt mit Hilfe des Analog-Multiplexers IC 6 die Auswahl des Mess-Eingangs. Neben dem Kondensator im Rückkopplungszweig (C 49) gehören die jeweiligen Widerstände (R 62 bis R 66) zum Integrator. Damit der Offset des OPs keinen Einfluss auf die Messung hat, ist der positive Eingang von IC 5 D über den Spannungsteiler R 67, R 68 leicht negativ vorgespannt.

Der nachgeschaltete Komparator (IC 5 A) schaltet um, wenn die Ausgangsspannung des Integrators wieder im Ruhezustand ist. Der Transistor T 10 erzeugt dann eine Spannungsflecke an Port PD0 des Controllers IC 200. Die erforderliche Referenzspannung wird von der Referenzdiode D 16 im unteren Bereich des Schaltbildes zur Verfügung gestellt.

Neben den Messgrößen für U und I werden dem Multiplexer IC 6 auch proportio-

nale Spannungen zur Endstufentemperatur und zur Trafotemperatur zugeführt.

Die Funktionsweise ist recht einfach. Im Ruhezustand ist Ausgang 5 des Multiplexers durchgeschaltet, d. h. Pin 3 und Pin 5 sind miteinander verbunden. Dadurch wird der Integrationskondensator C 49 über R 69 kurzgeschlossen und somit vollständig entladen. Zur Messung schaltet der Eingangs-Multiplexer auf einen Eingangskanal und die Messspannung wird abintegriert. Mit einer stabilen Referenzspannung (-2,5 V) erfolgt danach so lange das Aufintegrieren, bis der Ausgang des Miller-Integrators wieder Ruhepotential führt. Vom Prozessor wird die Zeit, die zum Aufintegrieren benötigt wird, genau erfasst. Aus dem Verhältnis der Zeiten für das Ab- und Aufintegrieren und den verwendeten Vorwiderständen kann exakt die anliegende Spannung ermittelt werden.

Für jeden Messkanal wiederholt sich der zuvor beschriebene Vorgang. Damit der A/D-Wandler zu Beginn der Messung auf jeden Fall im Ruhezustand ist, wird der Integrationskondensator grundsätzlich vorher entladen. Über den Komparator IC 5 A und den Transistor T 10 erhält der Mikrocontroller die Zeitinformationen.

Analogteil

Der Analogteil des PPS 5330 ist in Abbildung 5 zu sehen. Über ein 14-poliges

Flachbandkabel, angeschlossen an ST 8, wird der Analogteil mit der Prozessoreinheit verbunden. Die wesentlichen Baugruppen des Analogteils sind die Leistungs-Endstufe, die Regler für Strom und Spannung und die Spannungsversorgung.

Die wichtigsten technischen Daten eines Netzgerätes sind auch bei einem Prozessornetzteil vom Analogteil abhängig. Entscheidend für die Qualität sind neben der Leistung der Innenwiderstand, das Brummen und Rauschen und nicht zuletzt die Reglereigenschaften. Von ausschlaggebender Bedeutung ist nicht der Schaltungsaufwand, sondern die Positionierung der Bauteile und die Leiterbahnführung im Layout.

Ein hochwertiges Lüfteraggregat mit leistungsstarkem Axiallüfter sorgt im Bereich der Endstufe für die Wärmeabfuhr. Durch eine temperaturgesteuerte, elektronisch geregelte Lüftersteuerung wird die Geräuschentwicklung auf ein Mindestmaß reduziert.

Doch nun zur Schaltung in Abbildung 5, wo oben links der Netztransformator eingezeichnet ist. Dieser wird über die 2-polige Netz-Buchse BU 100, die Netz-Sicherung SI 100 und den Netzschalter S 100 mit Spannung versorgt. Der primärseitige X2-Kondensator C 100 dient zur Störunterdrückung.

Die obere Sekundärwicklung mit Mittelanzapfung liefert 2 x 9 V mit 0,33 A Strombelastbarkeit zur Versorgung des

Prozessorteils und der Steuerelektronik.

Zwei mit D 1, D 2 und D 3, D 4 aufgebaute Mittelpunkt-Zweiweg-Gleichrichterschaltungen liefern unstabilisierte Kleinspannungen, die zunächst mit C 2 und C 6 gepuffert werden.

Die unstabilisierte positive Spannung wird auf den Eingang des Festspannungsreglers IC 1 gegeben und die negative Spannung auf den Eingang des Negativreglers IC 2.

Am Ausgang der Festspannungsregler IC 1 und IC 2 stehen dann +5 V und -5 V zur Versorgung der Steuerelektronik zur Verfügung. Schwingneigungen an den Spannungsregler-Ausgängen werden mit C 3 und C 7 verhindert. Zur Unterdrückung von hochfrequenten Störungen dienen die Keramikkondensatoren C 1, C 4, C 5 und C 8.

Die Leistungs-Endstufe wird mit der unteren Wicklung des Netztransformators, die maximal 15,7 V/9,8 A liefert, versorgt.

Befindet sich das Relais in der eingezeichneten Schalterstellung, arbeitet GL 1 als Brückengleichrichter und die Pufferelkos C 15 und C 16 sind in Reihe geschaltet. Sobald REL 1 geschlossen wird, erhalten wir eine Spannungsverdopplung, wobei C 15 mit der positiven und C 16 mit der negativen unstabilisierten Gleichspannung aufgeladen wird. Störspitzen werden mit C 9 bis C 14 unterdrückt. Bei aktivierter Spannungsverdopplung muss die Trafowicklung bei gleicher Spannung ungefähr den doppelten Strom liefern.

Besonders gute technische Daten werden durch die Ausführung der Endstufe als Linearregler erreicht. Hier sind die Leistungstransistoren T 2 bis T 5 parallel geschaltet, wobei in den Emitterleitungen die Widerstände R 10 bis R 17 eingefügt sind. An diesen Widerständen wird eine zum Ausgangsstrom proportionale Messspannung gewonnen, die über die zur Entkopplung dienenden Widerstände R 18 bis R 21 zu einem Messpunkt zusammengeführt werden. Sowohl die Emitterwiderstände als auch die Basisvorwiderstände R 6 bis R 9 gleichen durch Exemplarstreuungen bedingte unterschiedliche Transistordaten aus.

Die zum Ausgangsstrom proportionale Messspannung ist auf Schaltungsmasse bezogen, was dem positiven Ausgang des Netzgerätes entspricht. Zum einen wird die Messspannung über R 36 auf den mit IC 3 B aufgebauten Stromregler und zum anderen auf den mit IC 5 C realisierten Messverstärker gegeben. Der Messverstärker passt die Signalamplitude an den Eingang des A/D-Wandlers an.

Ein weiterer Messverstärker, aufgebaut mit IC 5 B, erfasst die Ausgangsspannung, die zusätzlich invertiert wird.

Aufgrund der Dimensionierung von R 57 und R 58 erfolgt gleichzeitig eine

Amplitudenanpassung an den Eingang des A/D-Wandlers.

Die Sollwert-Vorgabe für Spannung und Strom erfolgt von der Prozesseinheit mit PWM-Signalen. Die pulsweitenmodulierten Signale werden mit Hilfe von Tiefpass-Schaltungen (R 42, R 43, C 27 sowie R 52, R 53 und C 34) in proportionale Gleichspannungen gewandelt und nachgeschalteten Pufferverstärkern (IC 4 B, C) zugeführt.

Stromregler

Der Stromregler wurde mit IC 3 B und externer Beschaltung realisiert, wobei die Sollwert-Vorgabe durch die proportionale Gleichspannung vom Pufferverstärker IC 4 B erfolgt.

Über R 40, R 39 und R 37 wird die Sollwert-Vorgabe auf den nicht-invertierenden Eingang von IC 3 B gegeben, wobei eine Bereichsanpassung im Zusammenhang mit der weiteren Widerstandsbeschaltung (R 38, R 41) erfolgt.

Die Schwingneigungen im Bereich des Stromreglers werden mit C 23 verhindert und C 24, C 25 dienen zur Störunterdrückung. C 26 sorgt für die weitere Filterung der Soll-Werte.

Damit der Stromregler aktiv ist, muss das Netzgerät an den Ausgangsklemmen mit einer hinreichend großen Last beschaltet sein. Bei maximaler Sollwert-Vorgabe wird sich am nicht-invertierenden Eingang von IC 3 B (Pin 5) eine Steuerspannung von ca. 375 mV einstellen.

Überschreitet der Ausgangsstrom den eingestellten Maximalwert von 3 A auch nur geringfügig, entspricht dies einem Spannungsabfall an den Emitterwiderständen von T 2 bis T 5 (Endstufe), der ebenfalls 375 mV übersteigt.

Der Ausgang des OPs (IC 3 B) strebt in Richtung negativer Spannung, und über die Diode D 12, die nun leitend ist, fließt ein Teil des Stromes, der von der mit T 1 aufgebauten Konstantstromquelle geliefert wird. Dieser Teil des Stromes fließt dann nicht mehr über die Basen der Endstufentransistoren, sondern über den Ausgang von IC 3 B ab.

Der Ausgang des OPs wird jedoch nur so weit negativ, dass der Spannungsabfall an den Emitterwiderständen der Endstufe gerade 375 mV erreicht. Bei einem Spannungsgleichgewicht an den beiden Eingängen des OPs stellt sich bei maximaler Sollwert-Vorgabe der Ausgangsstrom von 3 A ein. Die Bauelemente L 1, C 22, R 35 verhindern Störeinkopplungen auf den OP-Ausgang.

Durch Verändern der Sollwert-Vorgabe an Pin 5 ist jeder beliebige Ausgangsstrom einstellbar, der dann vom Stromregler konstant gehalten wird.

Spannungsregler

Der Spannungsregler ist mit IC 3 A aufgebaut und arbeitet in der gleichen Weise wie der Stromregler. Die Sollwert-Vorgabe erfolgt durch eine an R 50 anliegende Gleichspannung.

Für die Funktionsbeschreibung gehen wir von einem Stromregler aus, dessen Belastungswiderstand langsam erhöht wird. Der Stromregler hält den Ausgangsstrom konstant und die Ausgangsspannung steigt proportional zum Belastungswiderstand an.

Sobald der vorgewählte Spannungswert erreicht wird, übernimmt der Spannungsregler die Kontrolle, indem die Ausgangsspannung auf diesen Soll-Wert begrenzt wird.

Über R 45 ist der invertierende Eingang von IC 3 A mit der Schaltungsmasse (Pluspol des Netzgerätes) verbunden. Die vom Pufferverstärker IC 4 C kommende Sollwert-Vorgabe wird über R 50, R 49 zusammen mit der negativen Ausgangsspannung über R 47, R 48 auf einen gemeinsamen Summenpunkt gegeben, der über R 46 mit dem nicht-invertierenden Eingang von IC 3 A (Pin 3) verbunden ist. C 33 dient zur weiteren Sollwert-Filterung.

Um die Netzteil-Ausgangsspannung konstant zu halten, stellt sich an den beiden OP-Eingängen auch hier ein Spannungs-gleichgewicht ein.

Solange der Spannungsregler aktiv ist, fließt ein Teil des Stromes der mit T 1 aufgebauten Konstantstromquelle über L2, R 44 und den Ausgang von IC 3 A ab. L2, C 28 und R 44 verhindern Störeinkopplungen auf den OP-Ausgang, und C 30, C 31 dienen zur hochfrequenten Störabblockung an den entsprechenden Eingängen. Schwingneigungen des Reglers werden mit C 29 unterdrückt.

Störeinkopplungen über die Versorgungsspannung des OPs werden mit L 3, L 4, C 39 bis C 43 verhindert.

Lüftersteuerung

Die Lüftersteuerung des PPS 5330 wurde mit T 6, T 7 und externer Beschaltung realisiert. Die mit T 7, T 11 aufgebaute Stufe fungiert dabei als Pegelumsetzer.

Versorgt wird der Lüfter mit der unstabilisierten positiven und negativen Betriebsspannung, wobei die Z-Diode D 7 die Spannung in Verbindung mit den Vorwiderständen R 22, R 23 auf max. 13 V am Lüfter begrenzt. Die Kondensatoren C 18, C 19 dienen dabei zur Störunterdrückung.

Der praktische Aufbau dieses interessanten Netzgerätes wird im zweiten Teil dieses Artikels („ELVjournal“ 5/2007) ausführlich beschrieben.

ELV