



ELV Serie 7000: Prozessor-Netzteil PNT 7000 0 - 40 V, 0 - 3 A

Teil 5

Mikroprozessorgesteuertes Profi-Netzgerät mit Computeranschlußmöglichkeit über V 24 B-Schnittstelle.
Im fünften Teil dieser Artikelserie wird der Programmablauf des Mikroprozessors und der seriellen Schnittstelle beschrieben.

Der Programmablauf

Im Ablaufplan Abbildung 1 ist die Struktur des Hauptprogramms dargestellt. Parallel zu diesem Programmablauf nehmen die Timer-Interrupt- und Interruptroutine zeitkritische Funktionen wahr. Zu diesem Zweck können die Unterbrechungsroutinen das Hauptprogramm stoppen, die zeitkritische Funktion ausführen und das Hauptprogramm an der Stelle fortsetzen, an der der Abbruch erfolgte.

Das Hauptprogramm

Als erstes werden vom Mikroprozessor 3 Datenwörter des internen RAM-Speichers auf einen bestimmten Wert hin überprüft. Im Programmablauf ist diese Abfrage als Block 1 dargestellt. Anhand dieser Daten stellt der Prozessor fest, ob es sich um eine erste Inbetriebnahme (Kaltstart) oder um ein Wiedereinschalten (Warmstart) handelt. Stimmen die Werte nicht exakt mit denen für einen Warmstart erwarteten überein, so erfolgt eine Initialisierung des RAM-Speichers für einen Kaltstart, bei der die Kontrollwörter für den nächsten Warmstart vorgegeben werden (Block 2). Die Initialisierungsroutinen geben dem Prozessor die Startbedingungen für den ersten Programmdurchlauf vor. In diesem Fall erfolgt eine Spannungsvorgabe von 0,00 V, eine Stromvorgabe von 3,000 A und eine Leistungsvorgabe von 120,0 W und die Stromabschaltung wird aktiviert (Block 3).

Bis zur Spannungsabgabe an den Ausgangsklemmen muß jetzt die Spannung eingestellt und der Stromabschalter zurückge-

setzt werden. Um exakte Meßwerte für Strom- und Spannungsmessungen zu bekommen, ist ein neuer Softwareabgleich erforderlich.

Bei einem Warmstart stehen dem Prozessor alle wichtigen Einstell- und Kalibrierdaten aus dem vorherigen Betrieb zur Verfügung (Block 4). Diese sind während der ausgeschalteten Zeit durch die Stützenspannung des Prozessor-RAMs aus den Pufferakkus erhalten geblieben. Das PNT 7000 setzt in diesem Fall den Betrieb mit den vorher eingestellten Werten und Kalibrierungen fort.

Nachdem die Startbedingungen definiert sind beginnt das umlaufende Hauptprogramm. Als erstes wird abgefragt, ob eine Abschaltung vorliegt. Dies wäre der Fall, wenn die elektronische Sicherung angesprochen hat oder eine Übertemperatur der Endstufen oder des Trafos vorliegt (Block 5). Liegt eine der 3 Abschaltbedingungen vor, so erhalten Strom und Spannungsregler die Vorgaben $I = 0$ bzw. $U = 0$. Auf dem Display erscheinen die eingestellten Sollwerte, und über die entsprechende Leuchtdiode wird angezeigt, welche Bedingung zur Abschaltung geführt hat (Block 6).

Im Block 7 wird abgefragt, ob eine externe Steuerung über die serielle Schnittstelle vorliegt. Sollte dies der Fall sein, sind in einem hierfür reservierten RAM-Bereich Steuerbefehle und Werte eingetragen, die von einem extern angeschlossenen Rechner an das PNT 7000 übertragen worden sind. Diese Daten gelten jetzt als aktuelle Vorgabe und ersetzen die bisherige Einstellung. Das PNT 7000 wird dabei auf externe Steuerung umgeschaltet und

die LED „Remote“ leuchtet auf.

Block 8 stellt die Abfrage nach dem aktiven Regler dar. An dieser Stelle verzweigt das Programm in die Spannungs- oder Stromreglerfunktion. Entscheidend ist hierfür der Pegel an D 65, der dem Prozessor Aufschluß über den gerade aktiven Hardware-Regler gibt.

Für die weitere Beschreibung wird jetzt angenommen, daß der U-Regler aktiv ist. Als nächstes erfolgt eine weitere Abfrage, ob ein Software-Abgleich vorliegt (Block 9). Zum Software-Abgleich der Ausgangsspannung muß das PNT 7000 unbelastet, d. h. es darf kein externer Verbraucher angeschlossen sein und die +10 V-Taste muß für ca. 4 Sek. gedrückt bleiben. Das Spannungsdisplay wird als Zeichen für diesen Ablauf ausgeschaltet und mit dem hochgenauen Analog-Digital-Wandler erfolgt eine Messung der Ausgangsspannung (Block 10). Da aufgrund des Hardware-Abgleichs die maximale Ausgangsspannung auf exakt 40 V eingestellt wurde, ist dem Prozessor jetzt bekannt, welcher Zahlenwert 40 V entspricht. Anhand dieser Information wird ein Kalibrierfaktor errechnet (Block 11), mit dem im weiteren Betrieb jeder Zahlenwert des A/D-Wandlers, der aus einer Spannungsmessung herrührt, umgerechnet wird.

Im Normalfall wird jedoch kein Software-Abgleich vorliegen und der A/D-Wandler zur Messung des Ausgangsstromes benutzt. Der Prozessor schaltet dazu den Analog-Eingang (Pin 11 des IC 10) mit dem Analog-Schalter IC 9 B auf den gemeinsamen Punkt der Widerstände R 61 bis R 64 (Block 12).

Der nächste Programmschritt dient der Spannungsanzeige. Die spannungskonstante Funktion (wie in diesem Fall angenommen), angezeigt durch die Leuchtdiode vor dem Spannungsdisplay bedeutet, daß Ist-Wert und Soll-Wert der Ausgangsspannung übereinstimmen. Dieser Spannungswert ist auf dem 4stelligen Display zur Anzeige zu bringen (Block 13).

Im Mikroprozessor intern erfolgen alle Berechnungen im binären Zahlensystem. Außerdem sind auch die Sollwertvorgaben binär gespeichert. Bevor der Spannungswert zur Anzeige gelangen kann, ist eine Umwandlung von binär in BCD und anschließend von BCD in 7-Segment notwendig. Da diese Umrechnungen im Gesamtprogramm mehrfach benötigt werden, sind hierfür Unterprogramme vorhanden, die dann von allen Programmpunkten aufgerufen werden können. Die jetzt zur 7-Segment-Darstellung aufbereiteten Daten werden in einem RAM-Bereich abgelegt, dessen Inhalt das Timer-Interrupt-Programm im Spannungsdisplay anzeigt. Veränderungen der Sollwertvorgaben sind eine weitere Aufgabe dieses Programmblocks (Block 13). Der genaue Ablauf folgt in der Beschreibung

des Timer-Interrupt-Programms.

Auf dem Stromdisplay wird in der Spannungsreglerfunktion des PNT 7000 normalerweise der Ist-Wert des durch den extern angeschlossenen Verbrauchers fließenden Stromes zur Anzeige gebracht. Je nach Bedarf kann aber auch der eingestellte Maximalstrom abgerufen und ggf. verändert werden. Hierzu ist, wie aus Teil 1 bekannt, eine der 8 Tasten unter dem Stromdisplay zu betätigen und es wird für ca. 2 Sek. der eingestellte Grenzstromwert angezeigt (Block 15). Die Entscheidung, welcher der beiden Werte anzuzeigen ist, wird anhand eines Flags getroffen (Block 14), welches im Timer-Interrupt-Programm bei Tastenbetätigung gesetzt wird. Dieser Merker wird nach Ablauf der 2 Sek. automatisch gelöscht, kann aber auch während der 2 Sek. durch Tastenbetätigungen der beiden anderen Displays zurückgesetzt werden.

In unserem jetzt angenommenen Fall würde also durch eine Betätigung einer der 8 Tasten unter dem Spannungdisplay sofort wieder auf Strom-Istwertanzeige umgeschaltet, ebenso durch eine der 8 Tasten unter dem Leistungs-/Widerstandsdisplay, wobei dies ein Abrufen des eingestellten Grenzleistungswertes bewirken würde.

Für die weitere Betrachtung des Programmablaufs nehmen wir an, daß auf dem Stromdisplay der durch den Verbraucher fließende aktuelle Strom angezeigt wird. Als erstes erfolgt eine Korrektur des vom A/D-Wandler gemessenen Wertes. In dem hierfür geschriebenen Unterprogramm werden die A/D-Wandlerdaten mit dem Kalibrierfaktor des Stromes umgerechnet. Die Auflösung beträgt 0,1 mA. Als nächstes wird der Stromanteil abgezogen, der durch den Spannungsteiler, bestehend aus R 71 und R 72, fließt. Der abzuziehende Wert wird anhand des ohmschen Gesetzes mit der tatsächlich anliegenden Ausgangsspannung und dem Gesamtwiderstand des Spannungsteilers berechnet. Die letzte Korrektur bezieht sich auf die Stromquelle zwischen den Ausgangsklemmen des PNT 7000, die eine konstante Belastung unabhängig von der anliegenden Ausgangsspannung darstellt. Vom Stromwert werden hierfür 5,8 mA abgezogen. Nach diesem aufwendigen Korrekturprogramm, steht der exakte Stromwert zur Verfügung, der durch den angeschlossenen Verbraucher fließt, und kann angezeigt werden (Block 16).

Zu diesem Zweck erfolgt, wie bereits bei der Spannungsanzeige beschrieben, eine Umwandlung von dem binären Zahlensystem in BCD-Darstellung und anschließend die Aufbereitung der Daten für die 7-Segment-Anzeige.

Zu bemerken sei an dieser Stelle, daß der A/D-Wandler-Meßwert eine um den Faktor 10 höhere Auflösung hat, als auf dem 4stelligen Stromdisplay darstellbar ist.

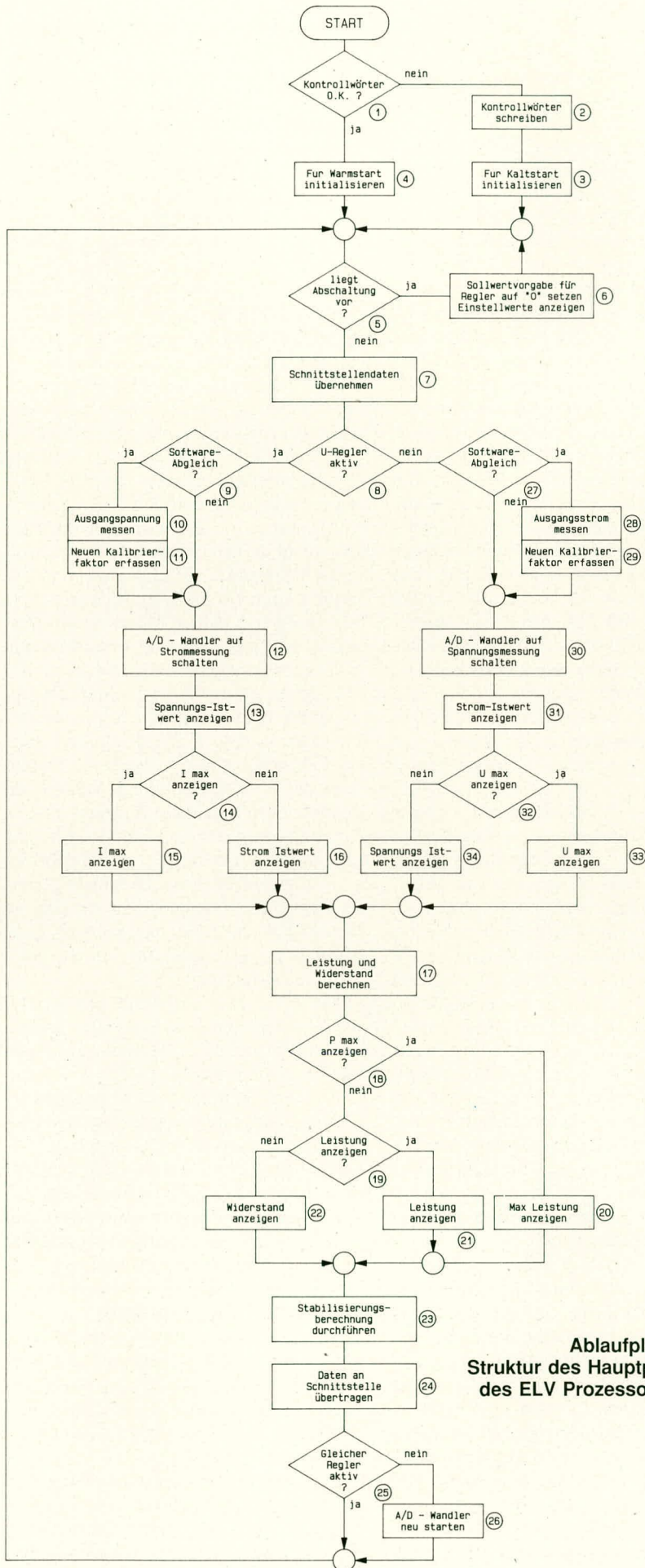


Bild 1:
Ablaufplan mit der
Struktur des Hauptprogramms
des ELV Prozessor-Netzteils
PNT 7000

Alle internen Berechnungen werden mit dieser hohen Genauigkeit (0,1 mA Auflösung) durchgeführt.

Im nächsten Programmteil erfolgt die Berechnung der Leistungsaufnahme und des Widerstandes des angeschlossenen Verbrauchers (Block 17). Für die Leistung wird das Produkt aus Strom und Spannung gebildet und mit einer Auflösung von 1 mW im Prozessor-RAM zwischengespeichert. Die Widerstandsberechnung erfolgt durch Division der Ausgangsspannung durch den Ausgangsstrom. Der Widerstandswert mit einer Auflösung von 1 mΩ wird ebenfalls zwischengespeichert und damit stehen diese beiden Werte für den weiteren Programmablauf zur Verfügung.

Die jetzt folgenden Programmverzweigungen (Block 18, 19) sind für die verschiedenen Funktionen des Leistungsdisplays erforderlich. In einem Fall kann hier die maximal eingestellte Leistung abgerufen und eventuell über die 8 Bedientasten verändert werden (Block 20), wobei die Bedienung analog zum Stromdisplay abläuft. Andernfalls erfolgt eine weitere Verzweigung in die Leistungs- oder Widerstandswertanzeige (Block 19). Die Entscheidung, welcher der beiden Werte angezeigt werden soll, trifft ein Status-Bit, welches durch die Taste W/Ω beeinflusst wird.

Beide Werte werden in Fließkomma-Darstellung angezeigt (Block 21, 22), mit einer maximalen Auflösung von 1 mW bzw. 1 mΩ. Um das Fließkomma richtig setzen zu können, wird zuerst der Binärwert in BCD umgewandelt. Aus dieser 6stelligen BCD-Zahl bei Leistungsanzeige bzw. 7stelligen bei Widerstandsanzeige wird dann der anzuzeigende Teil ausgewählt, das Dezimalkomma entsprechend gesetzt und nach Umwandlung in 7-Segment-Darstellung in den entsprechenden Teil des Display-Speichers geschrieben.

Bis zu diesem Zeitpunkt hat das Hauptprogramm nur Befehle ausgeführt, die sich auf die im Display gezeigten Werte und deren Veränderungen durch Tastenbetätigungen beziehen. Die eigentliche Aufgabe, die Steuerung der Hardware des PNT 7000 beginnt erst jetzt. Dazu werden vom Prozessor die Sollwerte für den Spannungs- und Stromregler über die Digital-/Analog-Wandler IC 18 und IC 17 vorgegeben. Doch bevor die eingestellten Grenzwerte für Spannung und Strom als Sollwerte an die jeweiligen Regler übergeben werden können, ist eine aufwendige Rechnung erforderlich (Block 23). Anhand der Berechnung erhält der Prozessor die Information, ob eine hardwaremäßige Spannungs- bzw. Stromregelung vorliegt oder vom Prozessor die Ausgangsleistung konstant zu halten ist. Eine Ausnahme bildet eine Grenzleistungseinstellung von 120,0 W. Diese maximale Ausgangsleistung des Prozessor-

Netzteils ist nur erreichbar bei maximaler Ausgangsspannung (40 V) mit dem Maximalstrom (3 A). Ist der Grenzwert 120,0 W eingestellt, so wird die gesamte aufwendige Rechnung übersprungen und die Vorgabewerte für Spannung und Strom als Sollwerte an IC 8 B und IC 8 A weitergeleitet.

Falls eine Leistungsregelung erforderlich sein kann, also Grenzleistungswerte zwischen 0 und 119,9 W eingestellt sind, beginnt der Prozessor mit der Berechnung der für die eingestellte Grenzleistung maximal zulässigen Werte für Ausgangsspannung und Ausgangsstrom. Die Berechnung wird nach der Gleichung $P = U^2/R$ durchgeführt, wobei diese Gleichung nach U umzustellen ist und sich daraus dann ergibt $U = \sqrt{P \cdot R}$. Das Ergebnis U stellt dabei den Wert dar, der bei der eingestellten Grenzleistung an den Verbraucher mit dem Innenwiderstand R angelegt werden darf. Der Widerstand R des Verbrauchers ergibt sich aus der Rechnung mit den Werten des vorherigen Durchlaufs: Ausgangsspannung dividiert durch Ausgangsstrom, wobei jeweils nur einer der beiden Werte durch den A/D-Wandler erfaßt wird und der zweite dem Prozessor von der Sollwertvorgabe des für die Stabilisierung zuständigen Reglers bekannt ist.

Um das Wurzelresultat aus dem Produkt $P \cdot R$ in vertretbarer Rechenzeit zu erhalten, wurde hierfür ein spezielles auf diesen Fall zugeschnittenes Unterprogramm geschrieben.

Wir wollen jetzt jedoch den weiteren Ablauf der Berechnung verfolgen. Das Wurzelresultat stellt zwar die maximal zulässige Ausgangsspannung dar, dieser Wert muß jedoch noch mit der eingestellten Maximalspannung verglichen werden. Falls das Ergebnis aus der Wurzelberechnung größer ist als die vom Benutzer eingestellte Ausgangsspannung, so gibt der Prozessor die eingestellte Ausgangsspannung dem Regler als neuen Sollwert vor. Sollte jedoch der berechnete Spannungswert kleiner sein als der vorgegebene Maximalwert, darf nur dieser kleinere Wert an die Ausgangsklemmen angelegt werden, um eine Überlastung des Verbrauchers zu vermeiden. Für diesen Fall wird ein Merker gesetzt als Zeichen, daß eine Leistungsregelung vorliegen kann.

Im nächsten Schritt erfolgt die Berechnung des maximal zulässigen Ausgangsstromes. Ausgehend von der Gleichung $I = P/U$ wird der eingestellte Grenzleistungswert durch die neue Spannungsvorgabe dividiert. Das Ergebnis muß wiederum mit dem eingestellten Grenzstrom verglichen werden und falls dieser kleiner ist, durch ihn ersetzt werden. Jetzt würde das PNT 7000 auf Stromregelung umschalten und es läge keine Leistungsregelung vor. Der Merker hierfür wird wieder gelöscht.

Ist jedoch der errechnete Strom kleiner

als der eingestellte Maximalstrom, sind also die berechnete Spannung und der berechnete Strom kleiner als die eingestellten Grenzwerte, so liegt eine Leistungsregelung vor. Dies wird durch die Leuchtdiode vor dem Leistungsdisplay gekennzeichnet.

Die Übergabe der berechneten Sollwertvorgaben für die Digital-Analog-Wandler geschieht in einem Unterprogramm. Der Programmteil für das Setzen des D/A-Wandlers der Sollspannung überprüft zusätzlich, ob die tatsächliche Ausgangsspannung den Wert von 22 V überschritten hat. Sollte dies der Fall sein, so wird die Spannungsverdopplerschaltung und die Leuchtdiode mit der Bezeichnung 1,5 A aktiviert als Zeichen, daß jetzt vom PNT 7000 nur noch ein Dauerstrom von 1,5 A abverlangt werden kann. Ausgangsspannungen unter 20 V bewirken eine Desaktivierung der Verdopplerschaltung und schalten das PNT 7000 wieder in den 3 A-Betriebszustand zurück.

Als letztes werden vor dem nächsten Durchlauf die neu berechneten Werte in einen RAM-Bereich übertragen, der vom Unterprogramm für die serielle Schnittstelle abgerufen und (Block 24) an extern angeschlossene Geräte übertragen werden kann.

Jetzt beginnt ein neuer Durchlauf des Hauptprogramms. Es wird vom Prozessor überprüft, ob der vorherige Regler weiterhin aktiv ist (Block 25). Sollte dies nicht der Fall sein, hat also während des Durchlaufs das PNT beispielsweise von der angenommenen Spannungsregelung auf die Stromregelung umgeschaltet, so wird ein angefangener A/D-Wandlerzyklus sofort abgebrochen und ein neuer Durchlauf gestartet (Block 26). Das neue Meßergebnis, in diesem Fall die Ausgangsspannung, liegt dadurch bereits nach exakt einem A/D-Wandlerzyklus vor.

Das Programm verzweigt sich jetzt in die Stromregelung, wie aus dem Blockschaltbild ersichtlich, die analog zur Spannungsregelung abläuft (Blöcke 27 - 34).

An dieser Stelle sei anzumerken, daß ein Durchlauf des Hauptprogramms wegen des hohen Rechenaufwandes, besonders bei Leistungsstabilisierung bis zu 0,2 Sek dauern kann. Der größte Rechenaufwand liegt vor, wenn der A/D-Wandler neue Daten zur Verfügung gestellt hat und somit alle Berechnungen neu durchzuführen sind.

Timer-Interrupt-Programm

Das Timer-Interrupt-Programm übernimmt als erstes die Steuerung des Analog-Digital-Wandlers. Zu diesem Ablauf gehören in der Reihenfolge die Zero-, Auto-Zero-Phase, die Signal- und die Deintegrationphase.

Als nächstes übernimmt dieses Programm die gesamte Multiplexsteuerung des Displays. Vom Prozessor werden hierzu die im Displayspeicher stehenden Daten,

Tabelle 4:

Befehlssatz des PNT 7000					Beispiel		
Befehl	Parameter	Antwort des PNTs	Wertebereich	Bedeutung	Befehl	Antwort des PNTs	entspricht
u		4stelliger Meßwert	0000..4000	aktuelle Spannung lesen	u	2050	20,5 V
U	4stelliger Wert		0000..4000	max. Spannung vorgeben	U2500		25,0 V
i		4stelliger Meßwert	0000..3000	aktuellen Strom lesen	i	1500	1,5 A
I	4stelliger Wert		0000..3000	max. Strom vorgeben	I1900		1,9 A
p		6stelliger Meßwert	000000..120000	aktuelle Leistung lesen	p	000500	0,5 W
P	4stelliger Wert		0000..1200	max. Leistung vorgeben	P0500		50 W
r		8stelliger Meßwert	00000000..09999000	aktuellen Widerstandswert lesen	r	00004500	4,5 Ω
s		4 ASCII-Zeichen	1. Stelle: „-“ oder „S“ 2. Stelle: „-“ oder „E“ 3. Stelle: „-“ oder „T“ 4. Stelle: „U“, „I“ oder „P“	Status lesen Ansprache Sicherung Ansprache Temperaturüberwachung Endstufe Ansprache Temperaturüberwachung Trafo U, I oder P-Regler	s	- - -U	U-Regler
F	„S“ oder „I“		„S“ „I“	Sicherung einschalten bzw. zurücksetzen Stromregler einschalten	F I		Stromregler einschalten

an die Segment-Treiber ausgegeben und über die Digit-Decoder das entsprechende Digit angesteuert. In diesem Programmteil erfolgt die Abfrage der Testeingänge T 0 und T 1 des Prozessors, um eventuelle Tastenbetätigungen zu erfassen. Lag eine Betätigung vor, soll also eine Grenzwertanzeige oder eine Veränderung erfolgen, so setzt der Prozessor für das entsprechende Display einen Merker, der dann im Hauptprogramm zur Umschaltung auf die Sollwertanzeige führt und nach Ablauf von 2 Sek. vom Hauptprogramm zurückgesetzt wird.

Für Veränderungen der Vorgabewerte schreibt das Timer-Interrupt-Programm den für die betätigte Taste charakteristischen Wert in ein Hilfsregister. Als mögliche Werte werden in dieses Hilfsregister 1, -1, 10, -10, 100, -100, 1000, -1000 geschrieben. Beim nächsten Durchlauf wird vom Hauptprogramm der Inhalt des Hilfsregisters auf den alten Sollwert aufaddiert und das Hilfsregister gelöscht. Es folgt eine Überprüfung, ob durch diese Additionen der maximal mögliche Wert überschritten oder ob sich ein negativer Wert ergeben hat. Liegt einer dieser beiden Fälle vor, wird der maximal mögliche Wert oder „0“ eingesetzt. Die Veränderung des Sollwertes ist damit abgeschlossen.

Bleibt eine Taste gedrückt, so wird jeweils nach Ablauf von 0,2 Sek. der entsprechende Wert wieder in dieses Hilfsregister geschrieben, um dann vom Hauptprogramm übernommen zu werden.

Als letztes wird in der Timer-Interrupt-Routine die serielle Schnittstelle bedient.

Die Bedienung der seriellen Schnittstelle

Dieser Programmteil stellt das Binde-

glied zwischen dem an der seriellen Schnittstelle angeschlossenen PC und dem Hauptprogramm des PNT 7000 dar. Es hat für einen reibungslosen Datenaustausch zwischen angeschlossenem PC und den anderen Programmteilen zu sorgen. Am Anfang dieser Routine wird geprüft, ob noch Daten auszugeben sind. Dieses wird dann ggf. vorgenommen. Als nächstes erfolgt durch das Auslesen des Bausteins IC 12 vom Typ 82C51 die Abfrage, ob ein Zeichen über die Schnittstelle empfangen wurde. Ist dieses nicht der Fall, so ist dieser Programmteil hiermit abgeschlossen. Andernfalls wird das eingelesene ASCII-Zeichen decodiert und entsprechend erfolgt eine Verzweigung in verschiedene Programmteile, die den decodierten Befehl überprüfen und entsprechend dafür sorgen, daß die Parameter dem Hauptprogramm übergeben oder entsprechende Daten über die serielle Schnittstelle ausgegeben werden.

Des weiteren sorgt dieser Programmteil dafür, daß während der Datenübertragung über die V 24 Schnittstelle die „Remote“-LED leuchtet. Hierdurch ist eine recht einfache Zustandskontrolle der Datenübertragung möglich. Ist dem PNT 7000 ein Befehl für das Einstellen bzw. Verändern seiner Daten gegeben worden, so wird dieses angezeigt durch das ständige Leuchten der „Remote“-LED. In diesem Zustand ist auch eine versehentliche Betätigung der Tastatur unterbunden. Sobald die Kommunikation mit dem angeschlossenen PC abgeschlossen ist, kann die Tastatur in gewohnter Weise bedient werden.

In Tabelle 4 sind die Befehle, die zur Kommunikation des PNT 7000 mit dem angeschlossenen PC notwendig sind, jeweils mit einem kurzen Beispiel abgebil-

det. Die Übertragung der Befehle und Parameter sowie der Antworten des PNT 7000 erfolgt ASCII-codiert. Die Befehle „U, I, P, F“ stellen einen unmittelbaren Befehl für das PNT 7000 dar und bewirken somit auch ein ständiges Leuchten der „Remote“-LED. Die Befehle „u, i, p, r, s“ beinhalten nur eine Status- bzw. Meßwertabfrage, die im Hintergrund, d. h. bei gleichzeitiger Weiterbedienung über die an der Frontplatte angeordneten Taster ablaufen können.

Interrupt-Programm

Aufgerufen wird das Interrupt-Programm ausschließlich vom Analog-Digital-Wandler. Dieser führt am Ende eines Wandlungszyklus an seinem Komparatorausgang einen Pegel-Wechsel von High nach Low durch und bewirkt damit eine Verzweigung von beliebiger Stelle des Hauptprogramms in die Interrupt-Routine. Der Prozessor liest jetzt den Zählerstand der integrierten Schaltung IC 20, 21 aus, der ein Maß des Analogwertes darstellt. Es folgt eine Vorzeichenauswertung und ggf. ein Wechsel, da bei Messungen der Ausgangsspannung das Vorzeichen wegen des Bezugspunktes auf der positiven Ausgangsspannungsleitung vom A/D-Wandler invertiert gesetzt wird.

Die so aufbereiteten A/D-Wandler-Daten werden in ein Hilfsregister geschrieben und es wird ein entsprechender Merker gesetzt, der dem Hauptprogramm signalisiert, daß ein neuer A/D-Wandlerwert vorliegt und neue Berechnungen durchzuführen sind.

Das Interrupt-Programm startet jetzt noch einen neuen Wandlungszyklus des A/D-Wandlers und springt danach zurück ins Hauptprogramm. 