

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 76 (1985)

**Heft:** 11

**Artikel:** Das programmierbare Kompaktrechnergerät PT 8153-E

**Autor:** Senn, H.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-904629>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Das programmierbare Kompaktrechnergerät PT 8153-E

Hp. Senn

*Es wird ein programmierbares Kompaktrechnergerät vorgestellt, welches sowohl analoge wie binäre Signale verarbeiten kann. Das Gerät wird in einer sehr leicht verständlichen Funktionsblocksprache programmiert. Es eignet sich speziell für leittechnische Aufgaben (Steuerung, Regelung, Messwertverarbeitung) mit wenig Ein- und Ausgangssignalen, aber mit hohem Verknüpfungsgrad.*

*Une calculatrice programmable compacte est présentée, qui traite aussi bien des signaux analogiques que des signaux binaires. L'appareil est programmable en un langage à blocs de fonctions aisément compréhensible et convient pour des tâches de commande, régulation et traitement de valeurs de mesure qui demandent peu de signaux d'entrée et de sortie, mais un haut degré d'interconnexion.*

## 1. Einleitung

Bis heute werden in der Regelungstechnik vorwiegend modulare Systeme eingesetzt, welche aus einem Sortiment von unterschiedlichen Verarbeitungsgeräten bestehen. Die einzelnen Verarbeitungsgeräte sind meist in Printform vorhanden und stecken in Baugruppenträgern (Etagen). Die Baugruppenträger sind auf der Rückseite mit der sogenannten Etagenverdrahtung versehen, welche die einzelnen Verarbeitungsgeräte untereinander verbindet. Die Wahl der Verarbeitungsgeräte, deren Platzierung und die Verdrahtung legen zusammen die Funktion der Regelung fest.

Als Basisdokument für die Projektierung, Inbetriebsetzung und Wartung solcher Anlagen dient der Signallaufplan. Aus ihm sind alle Zusammenhänge der Regelung ersichtlich. Dieser Signallaufplan enthält einerseits die Symbole, welche die Art der Signalverarbeitung (Funktion) kennzeichnen, und andererseits die Verbindungen, auf welchen die Signale zu den verschiedenen Verarbeitungsbausteinen geleitet werden. Aus diesem Signallaufplan werden auch die Verdrahtungslisten für die Etagenverdrahtung und die Anlagenverdrahtung abgeleitet.

Auf dem Gebiet der Anlagensteuerungen haben sich in letzter Zeit die programmierbaren Steuerungen sehr stark durchgesetzt. Diese lassen sich heute meist mit Kontaktplan, Funktionsplan oder Booleschen Gleichungen programmieren. Die ersten beiden Programmierarten basieren auf den früher üblichen Relaischemata oder Signallaufplänen. Die Programme der programmierbaren Steuerungen sind praktisch Eins-zu-Eins-Übersetzungen der Basisdokumente für Projektierung, Inbetriebsetzung und Wartung und werden deshalb vom Personal sehr gut verstanden.

Das hier vorgestellte programmierbare Kompaktrechnergerät PT 8153-E wird wie entsprechende programmierbare Steuerungen ab Funktionsplan programmiert, kann aber ausser Binärsignalen auch Analogsignale verarbeiten und verknüpfen. Es enthält also ausser den bei programmierbaren Steuerungen üblichen UND-, ODER- und Speicheroperationen auch Funktionsblöcke für die Verarbeitung von Analogsignalen wie Addierer, Multiplizierer, Integrierer usw. Dadurch kann auch die analoge Regelungstechnik leicht verständlich und leicht dokumentierbar in ein programmierbares Gerät integriert werden.

## 2. Arbeiten mit dem programmierbaren Kompaktrechnergerät

Anhand eines Beispiels wird das Prinzip, der Aufbau der Dokumentation, die Programmierung und die Funktion des Gerätes gezeigt.

### 2.1 Aufgabenstellung

Es wird angenommen, dass aus den zwei Analogsignalen  $U_{e1}$  und  $U_{e2}$  der Quotient gebildet werden soll. Dieser soll mit einem einstellbaren Bewertungsfaktor  $K$  multipliziert und anschliessend als Analogwert  $U_a$  wieder ausgegeben werden. Die mathematische Formel lautet also:

$$U_a = K U_{e1} / U_{e2} \quad (1)$$

Die Figur 1 zeigt den Funktionsplan der Operation und die Tabelle I das Anwenderprogramm.

### Adresse des Autors

Hp. Senn, Abt. ESL-3, BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie, 5300 Turgi.

Zeilen-Nr. (Adresse des Anwender-PROM)	Anweisung (Daten des Anwender-PROM)	Kommentar
000	30	Funktionscode A/D-Wandlung
001	00	Nummer des Eingangsschalters
002	01	Adresse des Ausgangssignals
003	30	Funktionscode A/D-Wandlung
004	01	Nummer des Eingangsschalters
005	04	Adresse des Ausgangssignals
006	04	Funktionscode Multiplizierer
007	01	Adresse des Eingangssignales X
008	81	Adresse des Eingangssignales Y
009	04	Adresse des Eingangssignales Z
00A	0B	Adresse des Ausgangssignales
00B	32	Funktionscode D/A-Wandlung
00C	0B	Adresse des Eingangssignales
00D	02	Nummer des Ausgangsschalters
00E	FF	Ende des Anwenderprogramms
00F	FF	

2.2 Funktionsweise des Programms

Der Mikrorechner beginnt zyklisch (z.B. alle 4,096 ms) mit der Abarbeitung des Anwenderprogramms (Fig. 2) auf der Anweisungszeile 000. Dort holt er den Funktionscode 30, welchen er als Funktionscode für eine Analog-Digital-Wandlung erkennt und ruft die Subroutine für A/D-Wandlung auf. In dieser Subroutine wird die nächste Anweisungszeile des Anwenderprogramms gelesen und als Nummer des Eingangsschalters interpretiert. Der Eingangsschalter Nr. 00 wird geschlossen. Dadurch wird die am Kontakt X01/13 anliegende Analogspannung (im Bsp. 6 V) auf den A/D-Wandler durchgeschaltet und von diesem digitalisiert, was einem Wert von 600‰ ergibt. Der Mikrorechner liest nun die nächste Zeile des Anwenderprogramms und holt dort den Wert 01. Diesen Wert interpretiert er als Adresse, in welcher nun der digitalisierte Analogwert (600‰) des gewählten Einganges im RAM abzulegen ist. Da-

mit ist die Subroutine A/D-Wandlung abgeschlossen, und der Mikrorechner interpretiert die nächste Anweisungszeile wieder als Funktionscode.

Dieser Funktionscode ist im Beispiel wiederum 30, somit wird die gleiche Subroutine ein weiteres Mal durchlaufen, wobei die Nummer des Eingangsschalters jedoch 01 ist und dadurch der Analogwert der Eingangsklemme X01/17 (im Beispiel -8 V) auf den A/D-Wandler durchgeschaltet wird. Der digitalisierte Analogwert von -800‰ wird in der RAM-Adresse 04 abgespeichert.

Der nächste Funktionscode heisst 04, der Mikroprozessor ruft die Subroutine Multiplizierer-Dividierer auf. Die erste Anweisungszeile nach dem Funktionscode wird als Adresse des

Multiplikanden interpretiert, und der Mikroprozessor holt aus der Adresse 01 den digitalisierten Analogwert des ersten A/D-Wandlers von 600‰. Die zweite Anweisungszeile nach dem Funktionscode enthält den Wert 81 und bezeichnet die Signaladresse des Multiplikators. Der Mikrorechner holt aus dem Speicher für nichtflüchtige Daten in der Adresse 81 den Bewertungsfaktor 500‰. Dieser Wert wird bei der Prüfung der Anlage mit Hilfe der Fronttasten und der eingebauten Ziffernanzeige eingestellt. Auf der dritten Anweisungszeile nach dem Funktionscode holt der Mikrorechner aus dem Anwender-PROM den Wert 04 und interpretiert diesen als Signaladresse für den Divisor; er holt also aus der Adresse 04 den Wert -800‰. Nun berechnet der Mikroprozessor das Produkt aus Multiplikand (600‰) und Multiplikator (500‰), dividiert das Ganze durch den Divisor (-800‰) und erhält den Quotienten (-375‰). Da alle Analogwerte bezogene Werte sind (1000‰ = 1), könnte die Formel auch wie folgt geschrieben werden:  $0,6 \cdot 0,5 / -0,8 = -0,375$ . Anschliessend holt der Mikrorechner aus dem Anwender-PROM die Adresse des Ausgangssignales und speichert das Resultat von -375‰ in der Adresse 0B ab. Damit ist die Subroutine Multiplizierer-Dividierer abgeschlossen.

Als nächsten Funktionscode liest der Mikrorechner im Anwender-PROM auf der Anweisungszeile 00B den Code 32 und springt in die Subroutine Digital-Analog-Wandlung. Die erste Anweisungszeile nach dem Funktionscode interpretiert der Mikrorechner als Signaladresse und holt

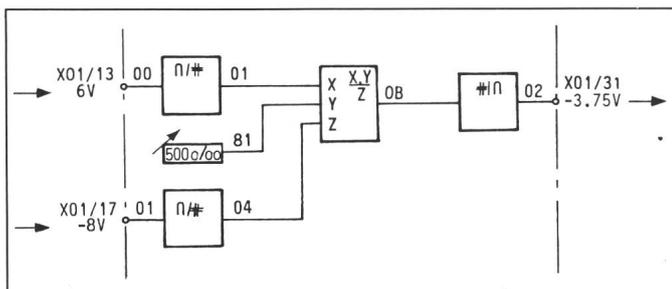


Fig. 1 Funktionsplan des Programmbeispiels

□ analog  
# digital

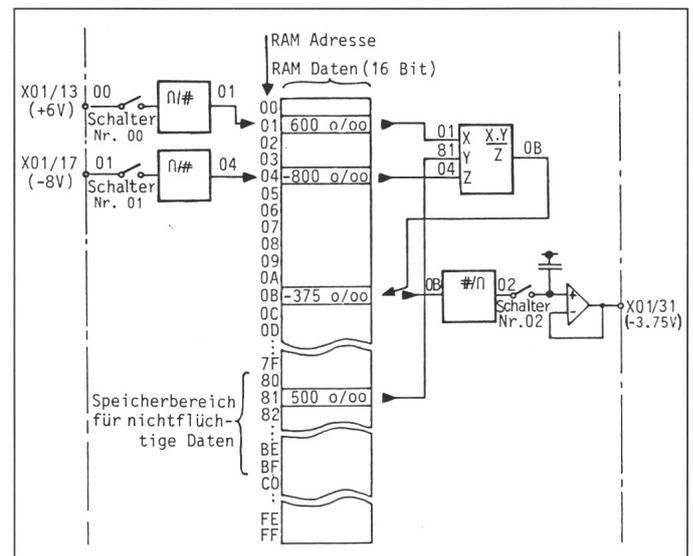


Fig. 2 Zusammenwirken von Programm und RAM

somit aus der Adresse 0B den Wert  $-375\%$ , aus welchem der D/A-Wandler eine Analogspannung von  $-3,75\text{ V}$  erzeugt. Aus der zweiten Anweisungszeile nach dem Funktionscode holt der Mikrorechner die Nummer 02 des Analogausgangs und schliesst für kurze Zeit den Ausgangsschalter 02. Dadurch wird der Analogspeicher für den Ausgang 02 mit dem Spannungswert  $-3,75\text{ V}$  beaufschlagt und hält diese Spannung bis zum nächsten Abarbeitungszyklus des Anwenderprogramms an Kontakt X01/31 konstant.

Als nächsten Funktionscode liest der Mikrorechner auf der Anweisungszeile 00E den Code FF und interpretiert diesen als «Ende des Anwenderprogramms». Er schliesst die Bearbeitung des Anwenderprogramms ab und beginnt mit untergeordneten Arbeiten (Abfrage der Fronttasten, Datenumrechnung für die Anzeige usw.).

Der nächste Abarbeitungszyklus für das Anwenderprogramm beginnt erst wieder, wenn die Zykluszeit seit dem letzten Beginn (hier beispielsweise  $4,096\text{ ms}$ ) abgelaufen ist. Aus dieser streng zyklischen Abarbeitung des Anwenderprogramms kann direkt die Zeitmarke für die zeitbehafteten Funktionsblöcke (Integrierer, binäre Zeitglieder usw.) abgeleitet werden.

Als Quintessenz der obigen Ausführung ergibt sich:

- die Summe der Abarbeitungszeiten der Funktionsblöcke im Anwenderprogramm muss kleiner sein als die gewählte Zykluszeit,
- die Anzahl und die Reihenfolge der Anweisungszeilen innerhalb eines Funktionsblockes haben eine feste Bedeutung und müssen unbedingt eingehalten werden,
- die einzelnen Funktionsblöcke sind lückenlos aneinanderzureihen,
- die Anweisungs-Zeilenummern entsprechen den Anwender-PROM-Adressen,
- die Anweisungen selbst entsprechen den Anwender-PROM-Daten.

### 3. Hauptkomponenten des Kompaktrechnergerätes

Die Hauptkomponenten des Kompaktrechnergerätes zeigt das Blockschaltbild Fig. 3.

**Kompakter Aufbau:** Das programmierbare Kompaktrechnergerät ist für sich allein funktionsfähig, d.h. es enthält alle für den Betrieb notwendigen Funktionseinheiten. Es sind dies ein Mikrorechnersystem (16 bit), Analog-

Digital-Wandler, Digital-Analog-Wandler (10 bit), Pegelanpassungsschaltungen für binäre Ein- und Ausgänge, serielle Schnittstelle RS 232c sowie einen DC-Wandler für alle im Gerät selbst benötigten Speisespannungen.

**Ein- und Ausgänge:** Das Gerät enthält 8 Analogeingänge, welche wahlweise als Spannungseingänge  $-10\text{...}+10\text{ V}$  oder Stromeingänge  $-20\text{...}+20\text{ mA}$  benützt werden können. Für die Ausgabe von Analogwerten stehen 4 Analogausgänge  $-10\text{...}+10\text{ V}$  zur Verfügung. An einen der vier Analogausgänge ist zusätzlich ein Spannungs-Stromumsetzer angeschlossen, der allerdings nur positive Stromsignale  $0\text{...}20\text{ mA}$  liefern kann. Das Gerät besitzt 8 Binäreingänge für 24-V-Binärsignale und 16 Binärausgänge für 24-V-Binärsignale.

**Mikrorechnersystem:** Das zentrale Element des Gerätes ist ein 16-bit-Mikroprozessor mit zwei getrennten Programmspeichern und einem  $1\text{k}\times 16$ -Datenspeicher.

**Zykluszeiten:** Die Zykluszeit für die Abarbeitung des Anwenderprogramms ist im Bereich von  $2\text{...}262\text{ ms}$  wählbar. Es können zwei verschiedene Programme mit unterschiedlicher Zykluszeit abgearbeitet werden.

**Gerätespeisung:** Das Gerät ist für direkte Batteriespeisung ab 24-V-Batterie für einen grossen zulässigen Speisepannungsbereich von  $19,5\text{...}30\text{ V}$  konzipiert. Daraus erzeugt es alle intern benötigten Speisespannungen mittels eines DC-Wandlers.

**Aufteilung der Software:** Die Software des Mikrorechners (Programm) ist in zwei Programmspeichern (EPROM) enthalten. Das sogenannte

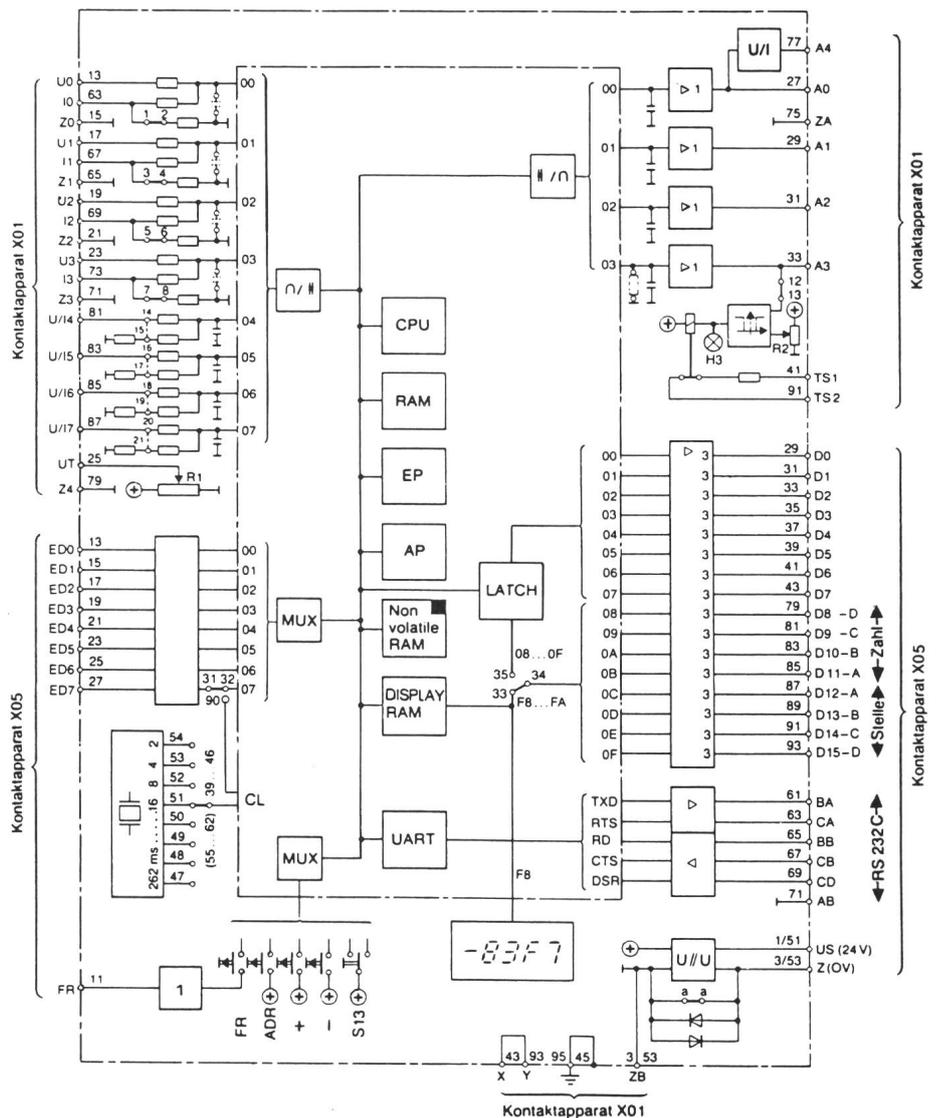


Fig. 3 Funktionsschaltbild des Gerätes PT 8153

Entwickler-PROM enthält das Betriebssystem des Rechners sowie die Programme für die verschiedenen Funktionsblöcke. Das sogenannte Anwender-PROM enthält das Funktionsblockprogramm, welches die Verknüpfung der einzelnen Signale beschreibt und vom Anwender programmiert wird.

**Spannungsausfallsichere Speicherung der Regelparameter:** Das Gerät enthält einen spannungsausfallsicheren Speicher für 64 16-bit-Worte. In diesem Speicher werden normalerweise die Regelparameter (Verstärkungsfaktoren, Zeitkonstanten usw.) abgelegt, welche erst bei der Inbetriebsetzung eingestellt werden können. Diese Parameter können über die Frontbedienungs-elemente eingestellt werden und ersetzen so die Potentiometer der früheren Analogtechnik.

**Bedienungs- und Anzeigeelemente:** Das Gerät enthält eine 5stellige Ziffernanzeige, welche alle geräteinternen Zwischenresultate anzeigen kann. Diese Anzeige wird mit vier frontseitig eingebauten Drucktasten und einem Formatschalter bedient.

**Hilfsgeräte für die Programmierung:** Für die Programmierung und das Aus-testen des Anwenderprogramms ist ein Programmierkoffer mit Bildschirmgerät und ein RAM-Pack lieferbar. Mit Hilfe dieses RAM-Packs können Anwenderprogramme während der Testphase geladen und on-line geändert werden. Erst wenn das Anwenderprogramm wunschgemäß funktioniert, wird es in ein EPROM geladen, welches dann direkt im Gerät eingesteckt wird.

## 4. Beschreibung der Anwendersoftware

### 4.1 Prinzip der Verbindungsherstellung innerhalb des Programms

Als zentraler Zwischenspeicher für die Daten während der Abarbeitung des Anwenderprogramms und zwischen den einzelnen Zyklen des Anwenderprogramms dient der Schreib-Lese-Speicher (RAM) von 256 Worten zu je 16 bit. Diese 256 Worte können mit 8 bit adressiert werden, die direkt im 8 bit breiten Datenwort des Anwender-PROM untergebracht werden können. In der Dokumentation wird die Adresse mit zwei Hex-Zeichen geschrieben. Jeder Funktionsblock schreibt die berechneten Daten an der im Anwenderprogramm festgelegten

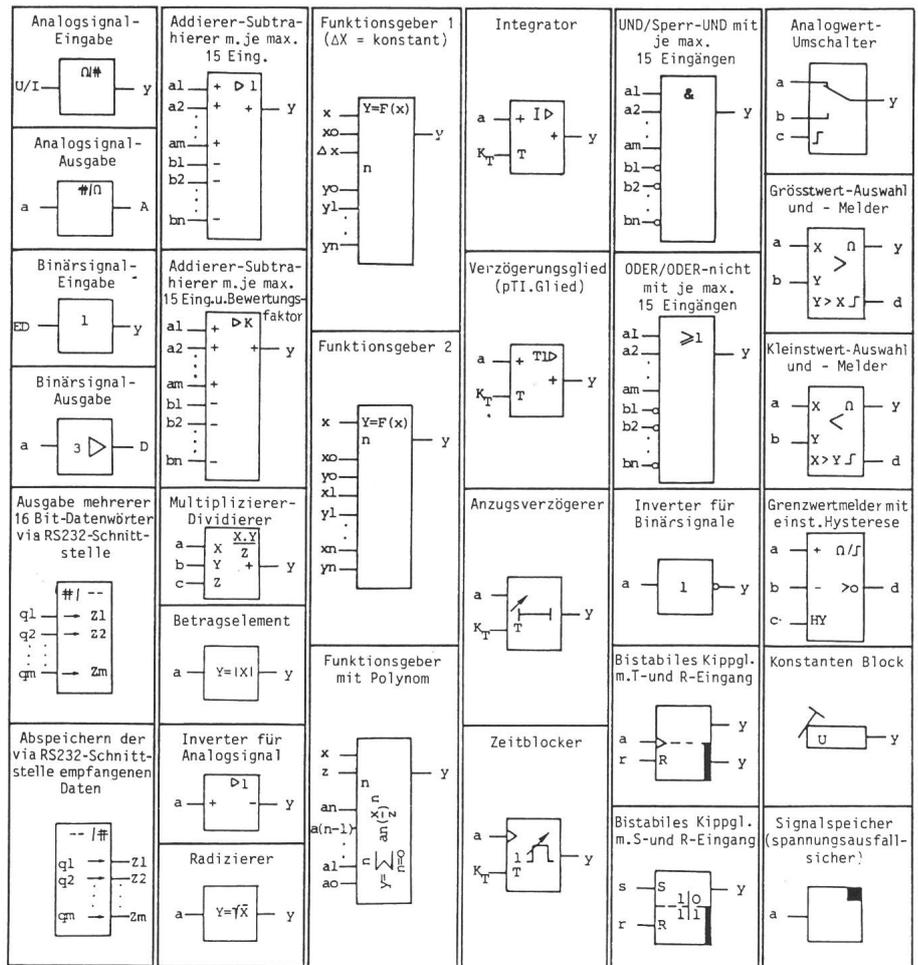


Fig. 4 Verfügbare Funktionsblöcke

Adresse (Ausgangsadresse des Funktionsblocks) ins RAM. Jeder Eingang eines Funktionsblockes, welcher die gleiche Adresse aufruft, ist somit an den Ausgang des Funktionsblockes, welcher die Daten geschrieben hat, angeschlossen.

### 4.2 Normierter Aufbau der Funktionsblöcke

Jeder Funktionsblock wird im Anwenderprogramm durch eine vorgegebene Reihenfolge von Anweisungszeilen beschrieben. Jede dieser Anweisungszeilen besteht aus 8 Informationsbit (1 Byte) und wird in der Dokumentation sowie im Programmiergerät als zweiziffrige Hexadezimalziffer (0...9, A...F) geschrieben. Die Reihenfolge der Anweisungszeilen innerhalb des Funktionsblockes ist schon aus dem Symbol ersichtlich. Nach dem Funktionscode kommen zuerst die Eingänge (linke Seite des Symbols von oben nach unten) und anschliessend die Ausgänge (rechte Seite des Symbols von oben nach unten). Bei einigen

Funktionsblöcken ist die Anzahl der Eingänge variabel; in diesen Fällen wird vor den einzelnen Eingangs-adressen die Anzahl der Eingänge definiert.

### 4.3 Funktionsblöcke

In der Entwicklersoftware des Gerätes sind alle Funktionsblöcke enthalten, die zur Lösung von Rechenaufgaben und zum Aufbau einer Regelung benötigt werden. Eine Zusammenstellung der Blöcke zeigt die Figur 4. Sie umfasst:

- Ein- und Ausgabeblöcke für Analog- und Binärsignale,
- Blöcke, welche Analogwerte verarbeiten (Addierer, Multiplizierer usw.),
- Funktionsgeber mit linearer Interpolation und Polynomgeber,
- Zeitabhängige Analogblöcke (Integrator, PT1-Glied),
- Blöcke für Binärsignalverarbeitung (UND, ODER, FLIP-FLOP usw.),
- Zeitabhängige Binärblöcke (Anzugsverzögerer, Zeitblocker),

- Blöcke für Analog- und Binärsignale (Umschalter, Grenzwertmelder, Begrenzer usw.)

#### 4.4 Datenformate

Die A/D- und D/A-Wandler haben eine Auflösung von 10 bit plus Vorzeichen. Das kleinstwertige Bit entspricht am Ein- und Ausgang einer Spannung von 10 mV. Mit 10 bit können Werte zwischen 0 und 1023 dargestellt werden, was einer maximalen Eingangs- und Ausgangsspannung von 10,23 V entspricht. 10 V Eingangs- bzw. Ausgangsspannung werden innerhalb des Rechners als 1000‰ dargestellt. Da der Mikrorechner eine Datenbreite von 16 bit aufweist, können ausser dem Vorzeichen und einem Überbereichsbit noch 4 bit für eine grössere Auflösung der Zwischenresultate verwendet werden. Die Zwischenresultate haben also eine Auflösung von  $\frac{1}{16}\%$ .

#### 4.5 Zeiten

Die Zeiten sind als Vielfaches der eingestellten Zykluszeit definiert. Da Zeiten in der Regelungstechnik immer positiv sind, das Vorzeichenbit also immer 0 ist, können Zeiten zwischen 1 und 32 767mal die eingestellte Zykluszeit gewählt werden. Dies entspricht je nach eingestellter Zykluszeit einem Bereich von 2 ms bis 143 min.

#### 4.6 Binärsignale

(0 und 1) werden innerhalb des Mikrorechners so dargestellt, dass alle bits einer Adresse auf 0 bzw. 1 gesetzt werden.

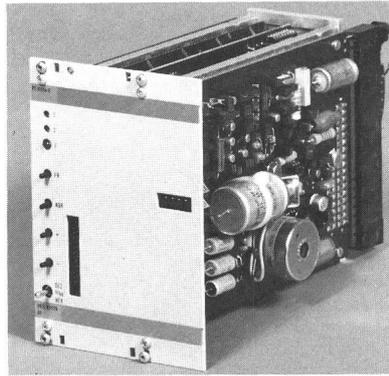


Fig. 5 Programmierbares Kompaktrechnergerät PT 8153

**Formatwahl:** Mit einem Formatumschalter auf der Frontseite des Gerätes kann die Anzeige auf die verschiedenen Datenformate eingestellt werden:

**Promille:** für die Anzeige von Analogwerten,

**Dezimal:** für die Anzeige von Zeiten (bzw. 16tel ‰),

**Hexadezimal:** für die Anzeige von Adressen und Anweisungszeilen.

## 5. Anwendungsbeispiele

Das Gerät, dessen Ansicht die Figur 5 zeigt, wurde bisher für folgende Anwendungsfälle eingesetzt:

**Rotortemperaturmessung:** Bei grossen Synchrongeneratoren wird aus Erregerstrom und Erregerspannung der momentane Rotorwiderstand berechnet und daraus die mittlere Temperatur der Rotorwicklung ermittelt.

**Korrekturrechner für Durchfluss:** Aus der Druckdifferenz an einer Blende in einem Rohr, aus dem Absolutdruck und aus der Temperatur des Mediums wird die Menge des fliessenden Mediums bestimmt.

**Heissstartvorrichtung für Gasturbinen:** Die Düsennadel in der Brennstoffzuführung zur Brennkammer wird abhängig von der Temperatur und von verschiedenen anderen Einflüssen während der Startphase positioniert.

**Elektrofilterregelung:** Die Speisenspannung eines Elektrofilters wird so geregelt, dass innerhalb des Elektrofilters immer die grösstmögliche Feldstärke herrscht und dadurch der Reinigungswirkungsgrad optimal wird.

**Wärmemessung:** Aus der Durchflussmenge und der Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf wird in Fernwärmenetzen die abgegebene Wärmemenge berechnet. Das Resultat wird überwacht und protokolliert.

**Niveauregelung:** In gekoppelten Wasserkraftwerken werden die Turbinensollwerte für die einzelnen Kraftwerke so gesteuert, dass die Niveaus der dazwischenliegenden Ausgleichsbecken konstant bleiben. Dadurch wird eine optimale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Wassermassen erreicht.

**Weitere Anwendungen sind:** Geschwindigkeitsregelung von verschiedenen Förderbändern, Mischregelung für Milchprodukte, Demonstrations-einrichtungen für den Unterricht in Regelungstechnik und Akku-Laderegelung bei Solarzellenanlagen.