

Einchip-Mikrorechner U 881, U 882 und U 883

Dipl.-Ing. MARIO BANKEL

Mitteilung aus dem
VEB Mikroelektronik „Karl Marx“ Erfurt

Durch programmgesteuerte Funktionsfestlegung der Eingabe- und Ausgabesteuerleitungen des Einchip-Mikrorechners erfolgt eine direkte Anpassung an das Anwenderproblem. Damit ergeben sich in vielen Fällen günstige Alternativen zu konventionellen Mehrchiplösungen.

Die hier vorzustellenden Einchip-Mikrorechner U 881, U 882 und U 883 können als eigenständige Mikrocomputer mit 2 Kbyte Programmspeicher als traditioneller Mikroprozessor mit externem Speicher von max. 124 Kbyte oder als parallel arbeitender Unterrechner in einem System mit anderen Prozessoren und Peripherieschaltkreisen konfiguriert werden. Dabei bestehen herausragende Anwendungsmöglichkeiten im Einsatz als Steuerrechner, z. B. für Terminals, Drucker und Datenfernübertragungseinrichtungen. Weiter sind ökonomische Anwendungen im wissenschaftlichen Gerätebau, der Prozeßkontrolle von Industriesteuerungen (z. B. Erfassung und Verarbeitung von Prozeßdaten für Drehzahl, Temperatur u. ä.) und in Konsumgütern (z. B. Waschmaschinen und Kochherdsteuerungen) möglich. Ein weiterer grundsätzlicher Anwendungsbereich für Einchip-Mikrorechner ist der Einsatz als peripherer Subprozessor in aufwendigen Multiprozessorsystemen, z. B. als Datenkonzentratoren bei Rechner- oder Terminalnetzen.

Die Einchip-Mikrorechner U 881, U 882 und U 883 besitzen eine 8-bit-Standardrechnerstruktur und werden in einer n-Kanal-Si-Gate-Technologie gefertigt. Die Typen U 881 und U 883 sind hinsichtlich ihrer inneren Struktur weitgehend mit dem U 882 identisch. Unterschiede bestehen im Festwertspeicher und in der Gehäuseausführung. Die Typen U 881 und U 883 im 40poligen DIL-Gehäuse verfügen über einen internen 2-Kbyte-Masken-ROM, während an den U 882 im 64poligen QUIL-Gehäuse über einen zusätzlichen Speicherport ein externer 2-Kbyte-ROM (PROM, EPROM) angeschlossen werden kann. Folgende weitere Merkmale sind charakteristisch:

- 32 Ein- und Ausgabesteuerleitungen (organisiert in vier 8-bit-Ports)
- externe Taktfrequenz max. 8 MHz, intern 4 MHz
- zwei programmierbare 8-bit-Zähler mit Zeitgeber, jeder mit einem programmierbaren 6-bit-Vorteiler
- Vollduplex-UART, vom internen Takt synchronisiert
- 144-byte-RAM-Register, davon
 - 124 allgemeine Arbeitsregister, die als Akkumulator, Indexregister, Speicherregister, Adreßregister oder als

Das verbesserte Beherrschen der Herstellungstechnologie integrierter Schaltungen ermöglicht in wachsendem Maße, komplette Mikrorechner auf einem Si-Chip von wenigen Quadratmillimetern Fläche unterzubringen. Sämtliche periphere Schaltungen der CPU wie Schreib- und Lesespeicher, Festwertspeicher, Ein- und Ausgabekanäle, Zähler, Zeitgeber und Taktgenerator, können auf dem Chip untergebracht werden. Sie ergeben die vollständige Struktur eines Einchip-Mikrorechners. Nachfolgend werden die innere Struktur und einige Anwendungsbeispiele für die Einchip-Mikrorechner U 881, U 882 und U 883 vorgestellt.

Tafel 1: Technische Daten der Einchip-Mikrorechner U 881, U 882 und U 883 ($\theta_a = 0...70^\circ\text{C}$)

Betriebsspannung U_{CC} in V bei Arbeitsbetrieb	4,75...5,25
Betriebsspannung U_{MM} in V bei Power-Down-Betrieb	≈ 3
Eingangsspannungen	
U_{IH} in V	–0,3...0,8
U_{IL} in V	2... U_{CC}
Takteingangsspannungen	
U_{IHC} in V	–0,3...0,8
U_{ILC} in V	3,8... U_{CC}
Taktfrequenzen f_C in MHz	
UB 88xxX	1...8
UC 88xxX	1...5
UD 88xxX	1...3,6
Stromaufnahme I_{CC} in mA bei Arbeitsbetrieb	≈ 200
Stromaufnahme I_{MM} in mA bei Power-Down-Betrieb	≈ 20
Taktanstiegszeit t_{rC} in ns	≈ 25
Taktabfallzeit t_{fC} in ns	≈ 25
Taktbreite t_{wC} in ns	≈ 37

Teil des internen Stacks benutzt werden können

- vier Ein- und Ausgaberegister
- 16 Status- und Kontrollregister für Programmierung und Abfrage des Mikrorechners

- Möglichkeit für Datenerhalt der internen Register durch Batteriepufferung (Power-Down-Betriebsart in Bondversion für alle Typen erhältlich)
- Registerpointer ermöglicht schnellen und verkürzten Zugriff auf eine von neun Arbeitsregistergruppen
- sechs vektorisierte und priorisierbare Interrupts aus Ein- und Ausgabesteuerleitungen, Zähler mit Zeitgeber und UART
- über erweiterbares Bussystem an Ports 0 und 1 können je 62 Kbyte externe Daten- und Programmspeicher adressiert werden
- On-Chip-Oszillator kann mit Quarz oder mit piezoelektrischem Resonator angesteuert werden; eine Ansteuerung über externen Takt ist ebenfalls möglich
- kurze Befehlsausführungszeiten
 - Arbeitsregisteroperation 1,50 μs
 - mittlere Befehlsausführungszeit 2,20 μs

Tafel 2: Zeitverhalten an Ports 0 und 1

Taktfrequenz f_C in MHz	Zugriffszeit der Speicher t_{acc} in ns	mit programmierbarem erweitertem Speicherzeitverhalten in ns
8	410	660
5	785	1 185
3,6	1 170	1 670

- längste Befehlsausführungszeit 4,25 μs
- Stromversorgung 5 V, alle Anschlüsse TTL-kompatibel.

Elektrische Eigenschaften

Die wichtigsten technischen Daten sind in der Tafel 1 angegeben. Detaillierte Zeitangaben bezüglich des Zeitverhaltens in bestimmten Betriebszuständen sind in [1] bis [6] enthalten.

Die für die externe Anschaltung von Speichern wichtige Zugriffszeit (Access Time) wird in der Tafel 2 angegeben.

Am Speicherport des UB 882 wird für eine Taktfrequenz von 8 MHz eine Zugriffszeit von 450 ns und für eine Taktfrequenz von 3,6 MHz (UD 882) eine von 970 ns gefordert. Diese vorstehenden Zeitangaben stellen für die Auswahl von entsprechenden RAMs oder ROMs bzw. EPROMs die technische Minimalforderung dar. Die zusätzliche Verzögerungszeit der Latch-Schaltkreise zur Auftrennung der Multiplex-Daten- und Adressenausgabe verschärft die Anforderungen hinsichtlich der Speicherzugriffszeit. Bei Anwendung der maximalen Taktfrequenz, bei Verzicht auf erweitertes Speicherzeitverhalten und bei Anwendung der Latch-IS DS 8282 wird auf Speicher mit 350 ns Zugriffszeit orientiert.

Typenübersicht

Im Bild 1 sind die Anschlußbelegung und Schaltzeichen für die Typen U 881 und U 883 dargestellt. Beide Typen werden im 40poligen DIL-Plastgehäuse hergestellt.

Der anwenderspezifisch programmierte U 881 ist für Anwendungen mit einer Mindeststückzahl von 5 000 bis 10 000 Stück/Jahr ökonomisch einsetzbar. Für Anwendungen mit kleineren Stückzahlen ist der Typ U 883 mit universellem Bitmuster (Bootstrap/Basicinterpreter) geeignet. Bei ihm können bei Benutzung der Bootstraproutinen sämtliche Funktionen des U 881 durch Anschluß von externen Speichern an den Ports 0 und 1 benutzt werden. Die Initialisierung der Ports und der Aufruf des im externen Speicher befindlichen Anwenderprogramms erfolgen mit der im internen Programmspeicher des U 883 befindlichen Bootstraproutinen (Selbstladerroutine) nach Zuschaltung der Betriebsspannung (RESET).

Der ebenfalls zum internen Programmumfang gehörende Basicinterpreter ermöglicht die Anwendung der spezifischen Programmiersprache Tiny-MP-Basic mit 17 Anweisungen.

Mit Anschlußmöglichkeit über einen zusätzlichen Speicherport für einen externen 2-Kbyte-Speicher ist der U 882 im 64poligen

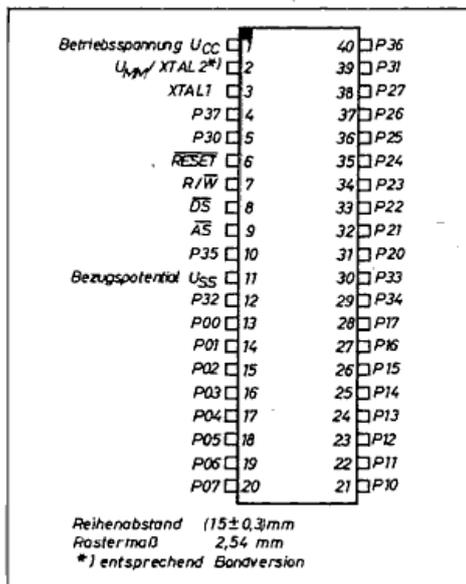


Bild 1: Anschlußbelegung der Einchip-Mikrorechner UB 8810 D, UB 8811 D, UB 8830 D, UB 8831 D, UD 8830 D und UD 8831 D

gen QUIL-Gehäuse (Plast) anwendbar. Dieser Typ bietet als Entwicklungsversion die Möglichkeit, das Anwenderprogramm im externen Speicher ohne die Benutzung der Ports 0 und 1 unterzubringen. Dadurch ergeben sich seine Einsatzmöglichkeiten für Erprobungs- und Testzwecke und Anwendungen mit kleinen Stückzahlen. Bild 2 zeigt seine Pinbelegung und das Schaltzeichen.

Die genannten Typen werden für unterschiedliche Taktfrequenzen und wahlweise mit oder ohne Power-Down-Version ausgeliefert. Tafel 3 zeigt eine zusammengefaßte Typenübersicht.

Struktur

Architektur

Die Einchip-Mikrorechner U 881, U 882 und U 883 arbeiten mit einem 16-bit-Pro-

Tafel 3: Einchip-Mikrorechner U 881, U 882, U 883

	maskenprogrammierbare Version		Bootstrap-Basic-version		Entwicklungs-version
	40poliges DIL-Gehäuse		64poliges QUIL-Gehäuse		
Speicher	2 Kbyte ROM Bitmusterbestellung nach Werkstandard FS 457.21	Bootstraproutine für Anschluß externer Speicher an Ports 0 und 1 Basicinterpreter	2 Kbyte EPROM/ROM an Speicherport anschließbar		
externe Taktfrequenz	8 MHz	8 MHz	3,6 MHz	8 MHz	3,6 MHz
Typ mit Power-Down-Schaltung	UB 8811 D	UB 8831 D	UD 8831 D	UB 8821 M	UD 8821 M
Typ ohne Power-Down-Schaltung	UB 8810 D	UB 8830 D	UD 8830 D	UB 8820 M	UD 8820 M

Tafel 4: Adressierräume

Programmspeicheradressen	Datenspeicheradressen	Adressen an Ports 0, 1	A11	DS, R/W
0000 bis 2047	—	0000 bis 2047	0	inaktiv
2048 bis 4095	2048 bis 4095	2048 bis 4095	1	aktiv
4096 bis 6147	4096 bis 6147	0000 bis 2047	0	aktiv

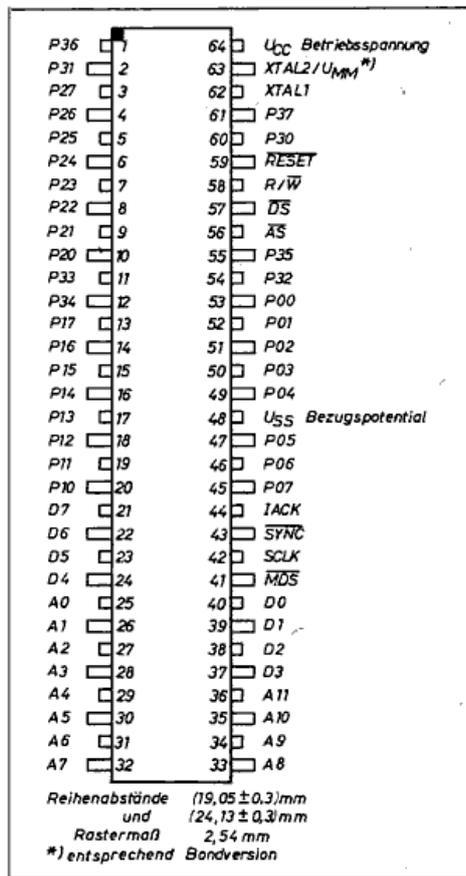
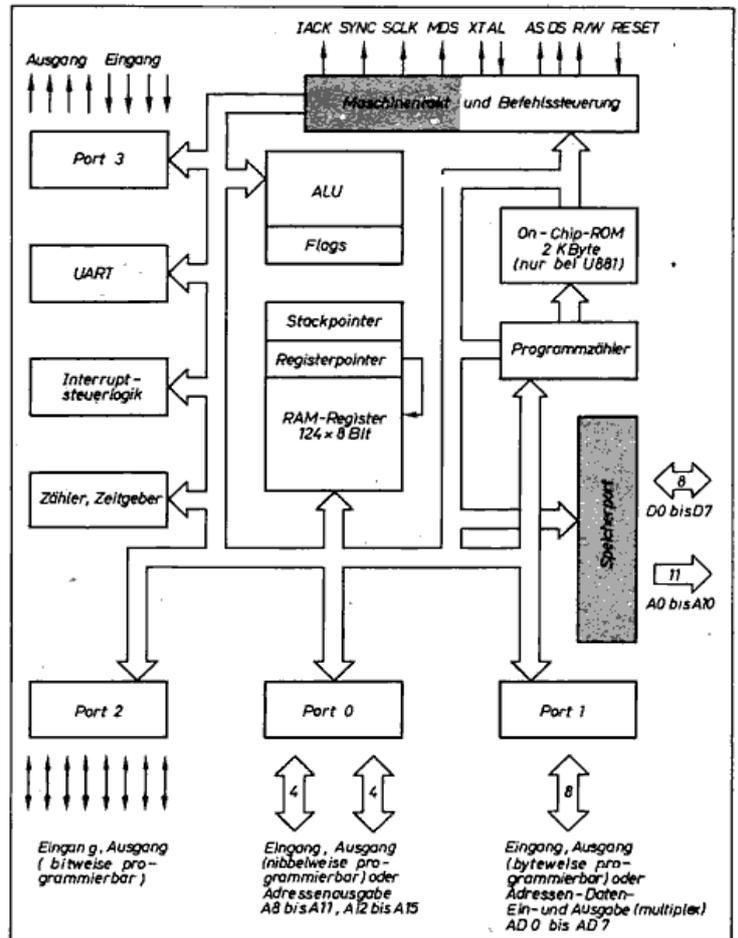


Bild 2: Anschlußbelegung der Einchip-Mikrorechner UB 8820 M, UB 8821 M, UD 8820 M und UD 8821 M

grammzähler und einem separaten 16-bit-Stackpointer. Die Interruptverarbeitung erfolgt mit sechs Interruptvektoren, die maskierbar und in ihrer Priorität festlegbar sind. Zur Realisierung eines seriellen Da-

Bild 3: Prinzipschaltbild der Einchip-Mikrorechner



tenaustausches steht ein asynchroner Sender und Empfänger (UART) zur Verfügung. Zwei Zähler mit Zeitgeber auf dem Chip ermöglichen die Programmierung entsprechender Funktionen.

Die vier Ein- und Ausgabeports haben jeweils acht Leitungen und sind in den Betriebsarten Eingabe-, Ausgabe und bidirektionaler Verkehr programmierbar. Als Besonderheit eignen sich die Ports 0 und 1 für Adressen- und Dateneingabe und -ausgabe im Multiplexbetrieb und somit für Speichererweiterungen. Port 2 ermöglicht Einzelbitverarbeitung an acht Leitungen, die wahlweise als Ein- oder Ausgang programmiert werden können. Am Port 3 sind die Interruptleitungen, der serielle Eingang bzw. Ausgang des UART und die Handshake-Steuerleitungen verfügbar. Die Signale AS (Address Strobe), DS (Data Strobe) und R/W (Read/Write) kennzeichnen die aktuelle Belegung der Ports. Bild 3 zeigt das gemeinsame Blockschaltbild aller drei Typen. Die Einchip-Mikrorechner U 881 und U 882 sind pinkompatibel zu den Typen Z 8601 und Z 8602.

Adressierraum

Maximal können 126 Kbyte externer Programm- und Datenspeicher adressiert werden. Der Anschluß zusätzlicher Speicher erfolgt über die Ports 0 und 1. Der für 8-bit-Mikrorechner unüblich große adressierbare Speicherraum von 126 Kbyte ergibt sich durch eine Aufteilung in einen 64-Kbyte-Programmspeicher (einschließlich des bei dem U 881 und U 883 vorhandenen On-Chip-ROMs) und einen 62-Kbyte-Datenspeicher. Beide Speicherräume werden im Bankbetrieb mit dem Signal DM (Data Memory Select) von Port 3 unterschieden. Im Bild 4 ist die Aufteilung des maximalen

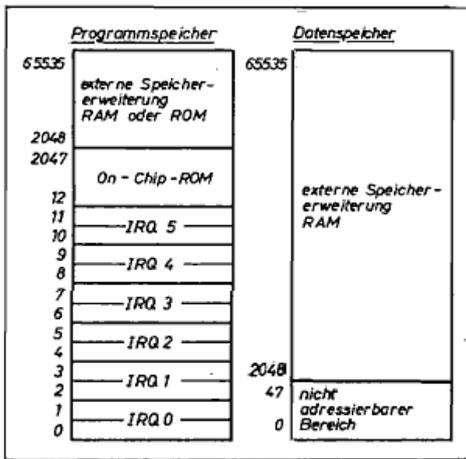


Bild 4: Adreßraum für Daten- und Programmspeicher

255	Stackpointer (Bit 7 bis Bit 0)	SPL
254	Stackpointer (Bit 15 bis Bit 8)	SPH
253	Registerpointer	RP
252	Programm-Steuerflags	FLAGS
251	Interrupt-Maskierungsregister	IMR
250	Interrupt-Anmelderegister	IRQ
249	Interrupt-Prioritätsregister	IPR
248	Port-0/1-Mode	P01M
247	Port-3-Mode	P3M
246	Port-2-Mode	P2M
245	Vorteiler T0	PRE0
244	Zähler, Zeitgeber T0	T0
243	Vorteiler T1	PRE1
242	Zähler, Zeitgeber T1	T1
241	Zeitgeber, Moderegister	TMR
240	serielles Ein-Ausgaberegister	SIO
126	Allzweckregister	
4	Portregister 3	P3
3	Portregister 2	P2
2	Portregister 1	P1
1	Portregister 0	P0

Bild 5: Registerstruktur

Adreßraumes bei Verwendung der vollständigen Ports 0 und 1 dargestellt. Für Systeme mit einem Speicherbedarf bis 10 Kbyte und zur Einsparung von Eingabe- und Ausgabeleitungen ist es möglich, mit nur zwölf Adreßleitungen (A0 bis A11) sowie unter Einbeziehung der Steuerleitungen DM, DS und R/W auszukommen. Die Übersicht in der Tafel 4 verdeutlicht die Adressräume bei Verwendung des Ports 0 und des niederen Nibble des Ports 1.

Registerstruktur

Für den wahlfreien Zugriff stehen 144 8-bit-Register zur Verfügung. Die Aufteilung in vier Portregister, 124 Allzweckregister und 16 Steuerregister wird im gleichen Adressraum vorgenommen. Jedes Allzweckregister kann die Funktion eines Akkumulators, Adreßzeigers, Indexregisters und internen Stackelementes ausführen. Die Register sind direkt oder indirekt adressierbar. Eine spezielle 4-bit-Adressierung der Register ist unter Benutzung des Registerzeigers (R 253) möglich. Dabei kann die Anzahl der zur Adressierung notwendigen Bytes reduziert und die Programmabarbeitungszeit (besonders bei Interrupt) beschleunigt werden. Bei Spannungsausfall besteht bei Verwendung der

Power-Down-Versionen die Möglichkeit, den Registersatz über einen getrennten Betriebsspannungsanschluß zu puffern. Bild 5 zeigt zusammenfassend die Registerstruktur und die Bedeutung der Steuerbits in den Registern R 240 bis R 253.

Befehlssatz und Adressierungsarten

Im leistungsfähigen Befehlssatz sind 47 Befehlstypen implementiert. Diese lassen sich in acht Gruppen unterteilen:

- Ladebefehle
- Arithmetikbefehle
- Logikbefehle
- Programmsteuerbefehle
- Bitmanipulationsbefehle
- Block- und Transferbefehle
- Rotations- und Schiebepbefehle
- CPU-Steuerbefehle.

Spezielle Eingabe-, Ausgabe- und Steuerbefehle sind nicht vorhanden und auch nicht notwendig, da alle Befehle gleichwertig zur Behandlung von Ein- und Ausgabe- und Steuerinformationen verwenden

det werden können. Als Datentypen verwenden alle Befehle 4-bit-BCD-Daten, 8-bit-Bytes oder 16-bit-Wörter. Es können einzelne Bits gesetzt, rückgesetzt und getestet werden. Für die Programmsteuerung können sechs Flags benutzt werden, die bei den meisten Befehlen beeinflußt werden.

Folgende Programmlaufzeiten sind bei 8 MHz externer Taktfrequenz erreichbar:

Binäraddition	3 µs
BCD-Addition	12 µs
BCD-Binärumwandlung	63 µs
Eingabe, Ausgabe bitweise	15 µs

Für die Programmierung können sechs Adressierungsarten, die Registeradressierung, die indirekte Registeradressierung, die indizierte Adressierung, die direkte Adressierung, die relative Adressierung und die unmittelbare Adressierung benutzt werden. Damit stehen leistungsfähige Adressierungsarten zur Verfügung, die hohe programmtechnische Anforderungen erfüllen.

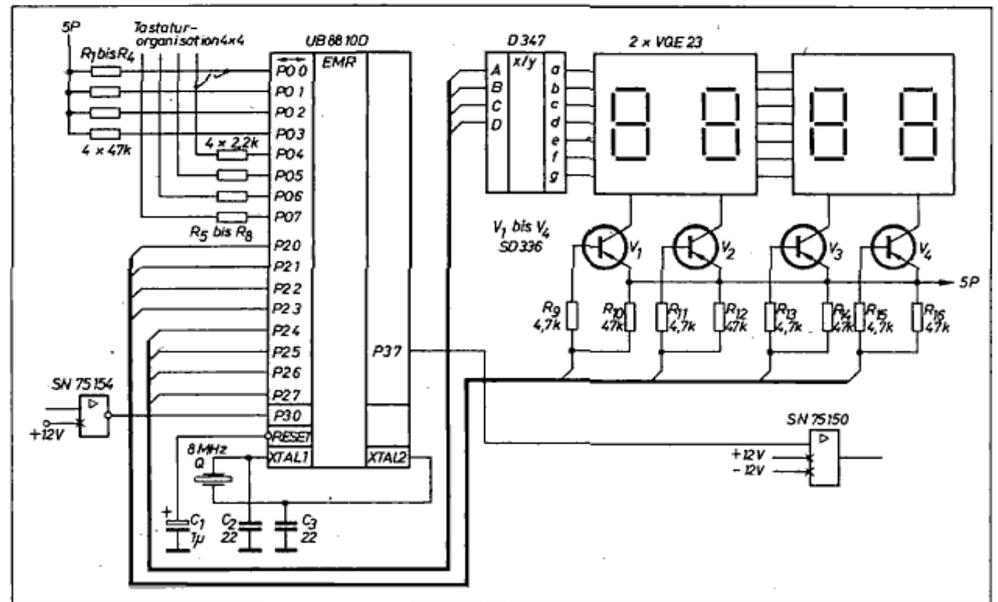


Bild 6: Vierstelliges alphanumerisches Display mit seriellem Ein- und Ausgang

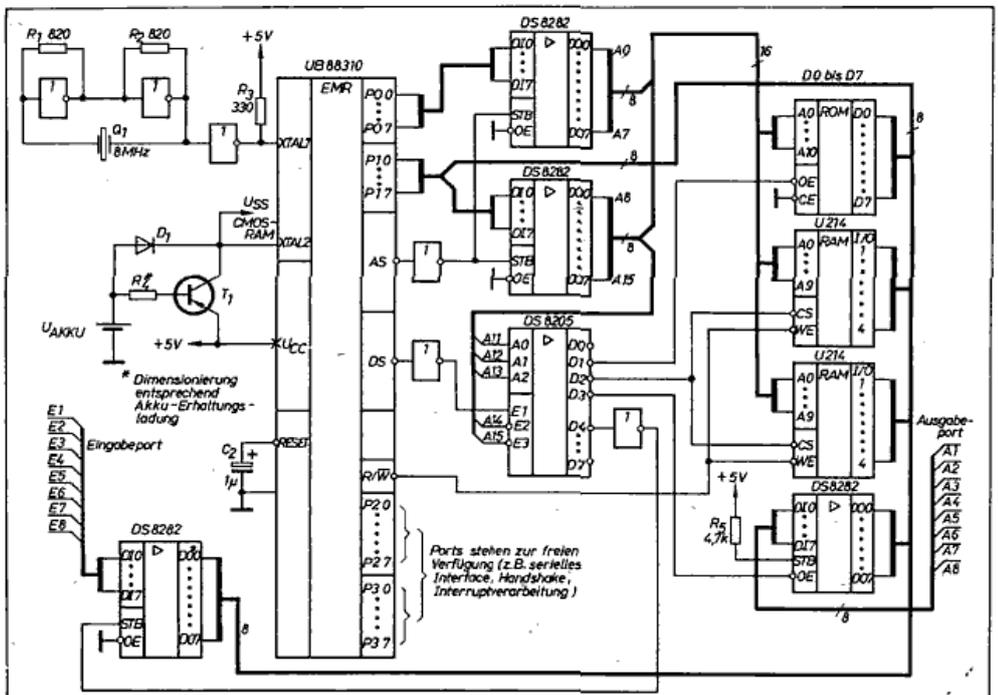


Bild 7: Einfache Universalsteuerung

Applikationsschaltungen

Der Einsatz von Einchip-Mikrorechnern erfordert in Abhängigkeit von der zu realisierenden Systemlösung ein Minimum an externer Hardware. Das Schaltungsbeispiel im Bild 6 demonstriert am Beispiel eines einfachen Eingabeterminals mit vierstelliger Siebensegmentanzeige den ökonomischen Einsatz des Typs UB 8810 D, dessen gesamte Betriebssoftware sich im internen 2-Kbyte-Masken-ROM befindet. Am Port 3 wird die Möglichkeit der seriellen Datenübertragung an einen übergeordneten Rechner ausgenutzt. Derartige Schaltungen werden für dezentrale Dateneingabegeräte, z. B. für einfache Stückzahlfassung, häufig verwendet.

Eine einfache Universalsteuerung für industrielle Anwendungen kann nach Bild 7 unter Verwendung des Typs UB 8831 D aufgebaut werden. Im On-Chip-ROM-Bereich ist dabei ein Basicinterpreter untergebracht, der das im externen PROM bzw. EPROM befindliche Basicprogramm abarbeitet. Ein angeschlossener CMOS-RAM U 224 vergrößert den Datenspeicher und ermöglicht im Zusammenhang mit der beim UB 8831 D möglichen Power-Down-Betriebsart einen Datenerhalt der internen Register und des RAM bei Ausfall der Versorgungsspannung.

Die Mehrfachausnutzung der Ports 0 und 1 für Anschluß von externen Speichern und sonstiger Peripherie wird durch den Anschluß der zusätzlichen Eingabe- und Ausgabeleitungen D10 bis D17 und D00 bis D07 demonstriert. Am Port 3 wird die serielle Übertragungsmöglichkeit für die eventuell notwendige Dialogkopplung mit einem übergeordneten Rechnersystem angegeben.

Entwicklungsunterstützung durch Software

Die Erarbeitung eines fehlerfreien Programms für die Einchip-Mikrorechner stellt den Schwerpunkt bei der Entwicklung der Anwendersoftware dar.

Zur hardwareseitigen Entwicklungsunterstützung sind in der DDR mehrere unterschiedlich konfigurierte Entwicklungssysteme auf der Basis des 8-bit-Mikrorechnersystems U 880 vorhanden. Unter dem dabei zur Anwendung kommenden Betriebssystem UDOS steht leistungsfähige Cross-Software für die Einchip-Mikrorechner U 881 bzw. U 882 in Form von Assembler und Simulator zur Verfügung [7]. Als Wirtsrechner ist dafür der Robotron-Bürocomputer A 5120 bzw. A 5130 einsetzbar [8]. Damit können logisch fehlerfreie Programme für U 881 bzw. U 882 erarbeitet und getestet werden, sofern nicht durch echtzeitkritische Prozeßbedingungen

besondere programmtechnische Anforderungen gestellt werden.

Die im Basicinterpreter des U 883 implementierten 17 Anweisungen realisieren eine mit Tiny-Basic vergleichbare Leistungsfähigkeit. Durch die Anwendung des Basicinterpreters bei gleichzeitigem Einsatz eines spezifischen Entwicklungsboards mit zugehörigem Editor-Debugger-Programmpaket können auch Anwender ohne die genannte Entwicklungstechnik und -software entsprechende Anwenderprogramme erarbeiten und testen.

Literatur

- [1] TGL 37 360: Einchipmikrorechner UB 8810 D, UB 8811 D
- [2] TGL 42 639: Einchipmikrorechner UB 8820 M, UB 8821 M
- [3] TGL 38 607: Einchipmikrorechner UB 8830 D, UB 8831 D
- [4] TGL 38 609: Einchipmikrorechner UC 8830 D, UC 8831 D
- [5] TGL 42 640: Einchipmikrorechner UD 8820 M, UD 8821 M
- [6] TGL 38 608: Einchipmikrorechner UD 8830 D, UD 8831 D
- [7] Claßen, L.; Gröger, R.; Brennenstuhl, H.: Universelles Software-Entwicklungskonzept. radio fernsehen elektronik, Berlin 32 (1983) 8, S. 483 bis 485
- [8] Meichsner, H.: Drei Betriebssysteme — SIOS, UDOS, SCP — laufen auf dem Bürocomputer robotron A 5120/5130. Neue Technik im Büro, Berlin 28 (1984) 3, S. 93-95