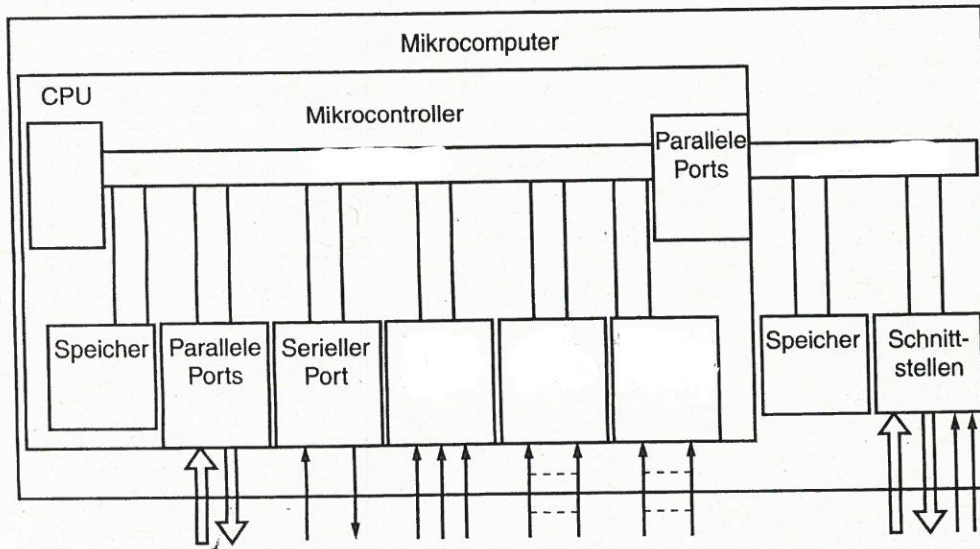


2 Der Mikrocontroller

Der Mikrocontroller beinhaltet auf einem Chip einen kompletten Mikrocomputer, wie in Kapitel 1 beschrieben. Auf dem Chip sind die CPU, ein ROM-Speicher für das Programm, ein RAM-Speicher für die variablen Daten sowie parallele und serielle Ein- und Ausgabeports integriert. Die CPU ist über ein internes Bussystem mit dem Speicher und den Schnittstellen-Baugruppen verbunden. Der Controller wird hauptsächlich im Bereich der Automatisierungs-, Steuerungs- und Antriebstechnik eingesetzt. Speziell für diese Anwendungsgebiete sind außer den aufgeführten Standard-Baugruppen noch eine Reihe zusätzlicher Funktionseinheiten in den Controller integriert. Solche Funktionseinheiten sind z. B. schnelle Zähler (Timer), A/D-Wandler oder Interrupt-Controller.

Werden zusätzliche Funktionseinheiten benötigt, lässt sich ein externes Bussystem aufbauen. Daran lassen sich dann weitere Speicher oder Ports anschließen.

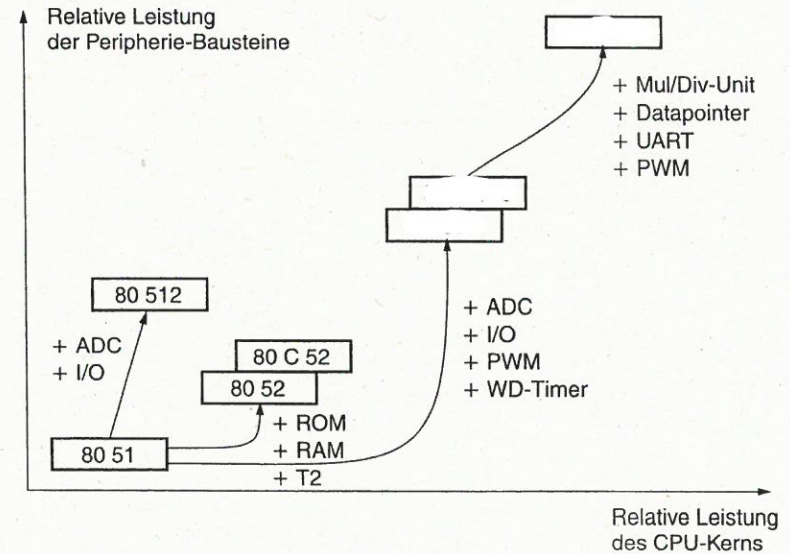


Dieses Buch stellt die meist verbreiteten Controller der 8051-Familie vor und befasst sich speziell mit dem Controller 80515 bzw. 80535. Da die Controller dieser Familie aufwärtskompatibel sind, lassen sich die exemplarisch vermittelten Kenntnisse auf alle Bausteine dieser Familie übertragen.

2.1 Die Controller-Familie 8051

Die 8051-Controller-Familie hat sich weltweit als Marktführer durchgesetzt. Die Aufwärtskompatibilität der später entwickelten Typen zum Grundbaustein 8051 gibt dem Anwender die Möglichkeit, auf vorhandene Entwicklungs-Hilfsmittel zurückgreifen zu können. An den externen Bus lassen sich Bausteine der Mikrocomputer-Familie 8085 anschließen.

Überblick über die 8051-Familie



Eigenschaften der 8051-Familie

Die Eigenschaften der 8051-Familie sind in der Tabelle 2.1 zusammengefasst.

Controller mit internem ROM-Speicher

Die Controller 8051, 8052, und 80515 enthalten einen internen Programmspeicher, der als maskenprogrammierbares ROM ausgeführt ist. Das Programm wird bereits bei der Herstellung durch eine Maske festgelegt. Daher muss es fehlerfrei sein. Die Produktion lohnt sich erst ab großen Stückzahlen von ca. 5000 Stück.

Controller ohne internen ROM-Speicher

Die Controller 8031, 8032 und 80535 enthalten keinen verwendbaren internen Programmspeicher. Der nicht programmierte interne ROM-Bereich wird durch ein Low-Signal am Controller-Pin EA (External Access) abgeschaltet. Für diese Controller werden externe Programmspeicher benötigt, die an ein externes Bussystem anzuschließen sind. Dieses externe Bussystem beansprucht zwei Ports des Controllers, die damit als Ein- und Ausgabeports verloren gehen.

Die ROM-losen Controller sind zu attraktiven Preisen zu beziehen und werden daher für Anwendungen mit niedrigen Stückzahlen und Neuentwicklungen eingesetzt.

NMOS- und CMOS-Technologie

Die Controller 8051 bzw. 8031 und 80515 bzw. 80535 sind in NMOS-Technologie hergestellt. Diese Technologie ist kostengünstig. Von Nachteil ist, dass Stromverbrauch und Verlustleistung wesentlich höher sind als bei der neueren CMOS-Technik, die etwas mehr kostet. Die CMOS-Technologie wird durch ein eingeschobenes C in der Typenbezeichnung gekennzeichnet (80C515 bzw. 80C535). Die später entwickelten Typen werden nur noch als CMOS-Typ hergestellt.

Tabelle 2.1 Features – 8051x-Familie

Baustein	Clock Rate (MHz)	ROM (Kbyte)	RAM (byte)	E/A-Ports (8-bit)	ADC Eingänge (8-bit resol.)	Timer/Counter (16-bit)	Watchdog Timer	Interrupt Vectors/Levels	Serial E/A	PWM	Div./Mult. Unit	Data Pointers (16-bit)	Gehäuse
SAB 8051	12,16	4	128	4	--	2	--	5/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44
SAB 8031*	12,16	--	--	4	--	3	--	6/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44
SAB 8052	12,16	8	256	4	--	3	--	6/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44
SAB 8032*	20	--	--	4	--	3	--	6/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44
SAB 80C52	12,16	8	256	4	--	3	--	6/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44
SAB 80C32*	12	4	128	6 (E/A) + 1 (E)	8	2	--	6/2	USART	--	--	1	PL-CC-68
SAB 80512	12	--	--	4	--	3	--	6/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44
SAB 80532*	12,16	16	256	4	--	3	--	6/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44
SAB 80513	12,16	32	256	6	8	3	1	12/4	USART	4-ch	--	1	PL-CC-68
SAB 8352-5*	12	8	256	6 (E/A) + 1 (E)	8	3	1	12/4	USART	4-ch	--	1	PL-CC-68
SAB 80515	12,16	8	256	7 (E/A) + 1 1/2 (E)	12	4	2	14/4	USART + UART	21-ch	Yes	8	PL-CC-84 P-QFR-100
SAB 83515-4	12	16	256	7 (E/A) + 1 1/2 (E)	12	4	2	14/4	USART + UART	21-ch	Yes	8	PL-CC-84 P-QFR-100
SAB 80535*	12	--	--	4	--	3	--	6/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44
SAB 80C515	12,16	8	256	6 (E/A) + 1 (E)	8	3	1	12/4	USART	4-ch	--	1	PL-CC-68
SAB 80C535*	12,16	--	--	4	--	3	--	6/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44
SAB 80C517	12	8	256	7 (E/A) + 1 1/2 (E)	12	4	2	14/4	USART + UART	21-ch	Yes	8	PL-CC-84 P-QFR-100
SAB 80C537*	12	--	--	4	--	3	--	6/2	USART	--	--	1	DIP-40 PL-CC-44

 SAB 8051 Eigenschaften
 zusätzliche Eigenschaften im Vergleich zu SAB 8051

* ROM-lose Version

Übung 2.1

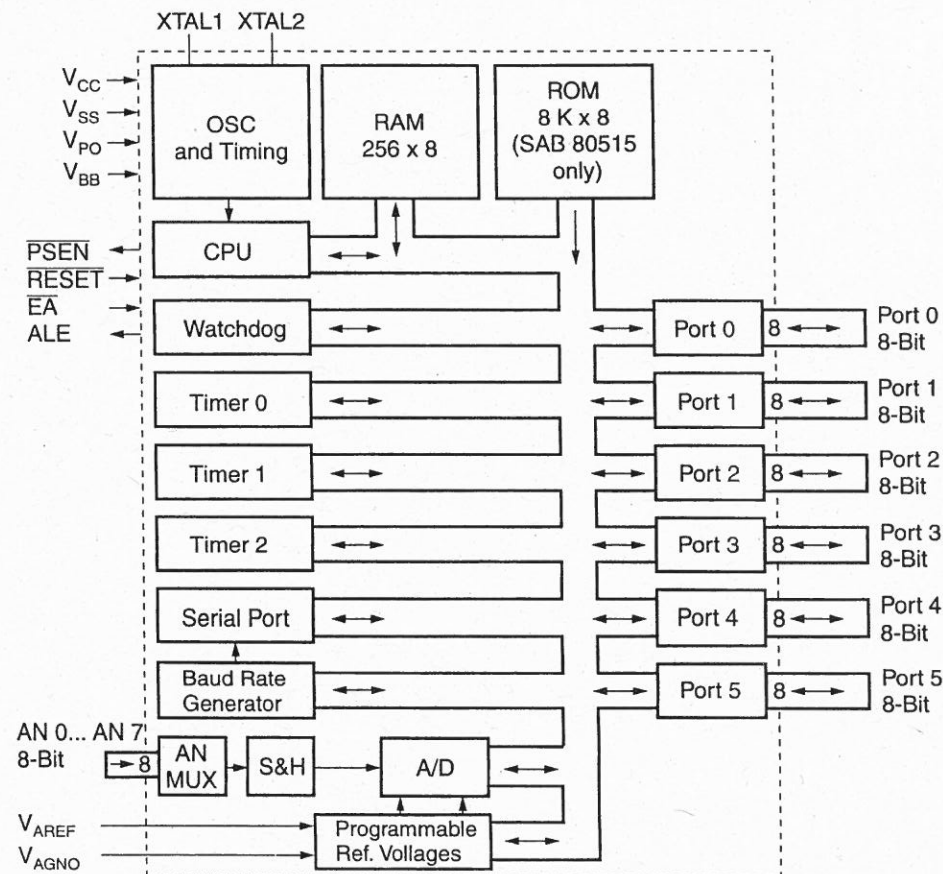
Sie wollen ein elektrisch gesteuertes Gerät auf den Markt bringen, von dem Sie erwarten, dass ca. 200 Stück in absehbarer Zeit abzusetzen sind. Das Gerät wird am Netz betrieben. Zur Steuerung sehen Sie einen Mikrocontroller vor.

1. Für welche Controllerversion entscheiden Sie sich; mit internem ROM oder ROM-lose? Skizzieren Sie das Schaltungskonzept als Blockschaltbild auf.
2. Welchen Controllertyp setzen Sie ein? Wovon hängt Ihre Entscheidung ab?

2.2 Der Controllerbaustein 80515/80535

Folgendes Blockschaltbild gilt für die Controller 80515 und 80535 sowie mit minimalen Unterschieden auch für die Typen 80C515 und 80C535. Der Controller 80515 hat einen programmierten ROM-Speicher, der 80535 ist ROM-lose. Die Controller 80C515 und 80C535 sind die CMOS-Versionen.

Blockschaltbild des Controllers 80515/80535



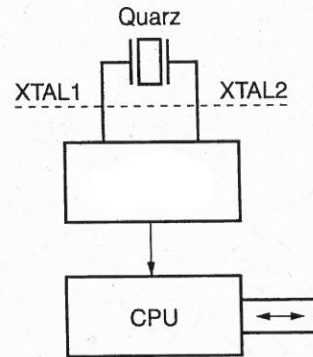
Das gezeigte Blockschaltbild ist dem Users-Manual der Fa. Siemens entnommen, so wie die meisten Datenblätter in diesem Buch. Das Users-Manual ist, wie alle Daten- und Handbücher, in Englisch geschrieben. Da Sie in der Praxis mit solchen Unterlagen arbeiten müssen, werden sie auch in diesem Buch im Original übernommen und nicht ins Deutsche übersetzt.

2.2.1 Interne Funktionseinheiten des Controllers

Die CPU

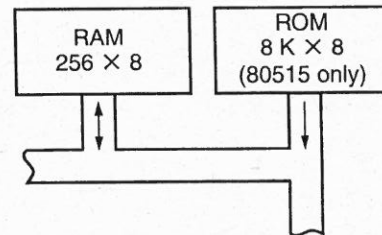
Die CPU ist über das interne Bussystem mit den übrigen Funktionseinheiten verbunden. Die CPU selbst wird von den Baugruppen „OSC and Timing,, (Oszillator und Zeitablauf) gesteuert.

Zwischen den Anschlüssen XTAL1 und XTAL2 wird der Quarz angeschlossen, der den Systemtakt erzeugt.



Der Speicher

Der Controller 80515/80C515 enthält einen internen Programmspeicher von $8\text{ K} \times 8$. Beim Controller 80535/80C535 ist der interne Programmspeicher nicht nutzbar. Er benötigt einen externen Speicher, der über ein externes Bussystem angesprochen wird. Zum Aufbau des externen Bussystems werden die Ports 0 und 2 benötigt.

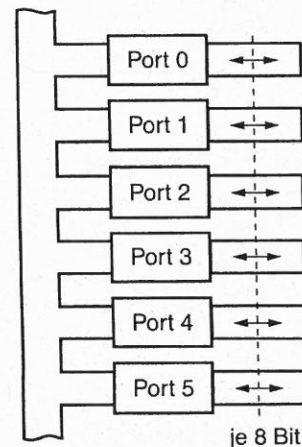


Beide Controllertypen enthalten jedoch einen internen RAM-Speicher, in den die variablen Daten abgelegt werden können.

Die parallelen Ports

Der Controller ist mit sechs digitalen parallelen Ports zu je 8 Bit ausgestattet. Die Ports lassen sich sowohl zur Eingabe wie auch zur Ausgabe von Daten verwenden.

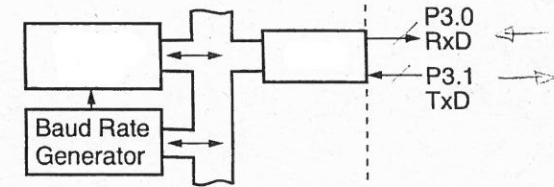
Einige Ports haben zusätzliche Alternativfunktionen, auf die per Programm umgeschaltet werden kann.



Der serielle Port

Der Controller ist mit einer seriellen Schnittstelle ausgestattet, die voll duplex arbeitet. Die Sendeleitung TxD (Transmit Data) ist der Anschluss 1 von Port 3. Die Empfangsleitung RxD (Receive Data) ist der Anschluss 0 des Portes 3. Der Schnittstelle können die Daten von der CPU parallel übergeben werden. Das serielle Senden mit einstellbarem Übertragungsprotokoll wird von der Funktionseinheit selbständig durchgeführt. Dasselbe gilt für die seriell empfangenen Bits, die von der CPU parallel gelesen werden können.

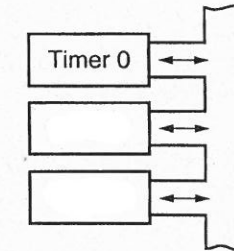
Der Baudratengenerator stellt den Takt für die serielle Übertragung zur Verfügung.



Die Zähler/Zeitgeber

Die Timer 0, 1 und 2 sind drei unabhängig voneinander arbeitende Zähler. Sie lassen sich als Ereigniszähler oder als Zeitgeber einsetzen.

Bei der Verwendung als Ereigniszähler werden externe Impulse gezählt, die an bestimmten Eingängen der parallelen Ports eintreffen. Bei Verwendung als Zeitgeber werden interne Impulse gezählt, die von der Oszillatorfrequenz abgeleitet werden. Die Zeiten ergeben sich aus der Periodendauer des internen Taktes und dem Zählwert.



Die Timer beinhalten außer den Zählern bestimmte Register, die ihnen zugeordnet sind. Mit Hilfe der Register lassen sich besondere Funktionen realisieren.

Compare-Funktion:

Der Inhalt des Timers wird mit dem Inhalt des Compare-Registers verglichen. Bei Übereinstimmung lassen sich interne Signale auslösen.

Reload-Funktion:

Nach einem Überlauf des Zählers fängt er nicht wieder bei null an, sondern wird mit der im Reload-Register gespeicherten Zahl geladen.

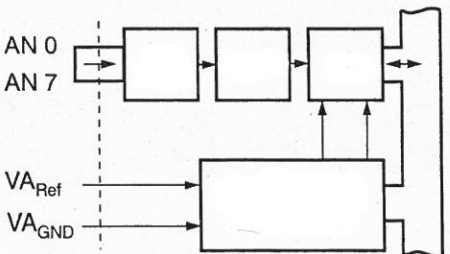
Capture-Funktion:

Aufgrund eines bestimmten Ereignisses wird der Inhalt des laufenden Zählers in das Reload-Register übernommen (aufgefangen). Dieser feststehende Zählwert lässt sich dann verarbeiten.

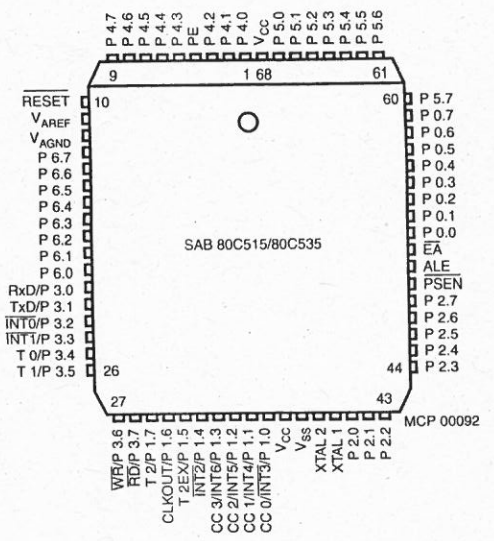
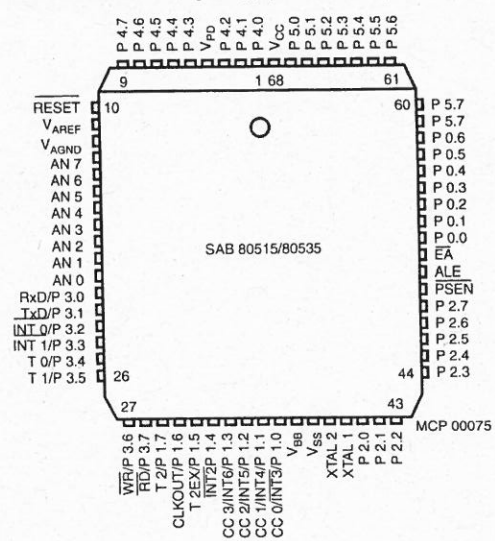
Der Analog/Digital-Wandler

Der Controller kann acht analoge Eingangssignale in jeweils 8-Bit-Digitalsignale wandeln. Die Wandlung erfolgt nacheinander für jeden der acht Analogeingänge. Das zu wandelnde Analogsignal wird über einen Analog-Multiplexer (AN MUX) einer Sample-and-Hold-Schaltung (S&H) zugeführt. Darin wird die zu wandelnde Analogspannung gespeichert. Im A/D-Wandler wird die ankommende Analogspannung mit einer digital erzeugten analogen Spannung verglichen. Stimmen beide überein, ist die ankommende Spannung gleich dem Digitalwert. Da der Digitalwert eine 8-Bit-Dualzahl ist, lässt sich die Analogspannung in 256 Schritte auflösen.

Die anliegende Analogspannung darf maximal 5 V betragen. Damit ergibt sich eine Auflösungseinheit von 20 mV. Die Vergleichsspannung von max 5 V ist zwischen $V_{A_{REF}}$ und $V_{A_{GND}}$ anzuschließen. Die angelegte Vergleichsspannung lässt sich per Programm auf kleinere Werte teilen (Programmable Reference Voltage).

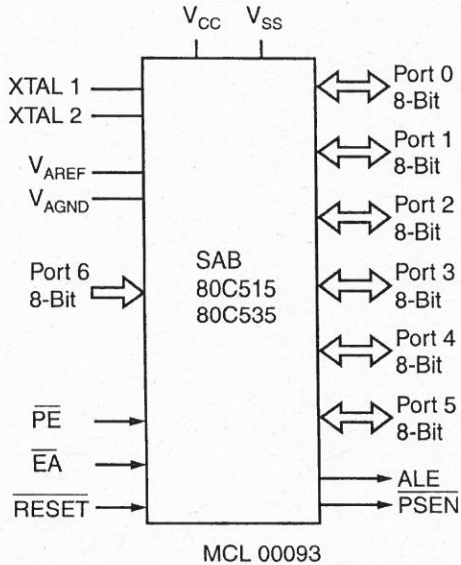
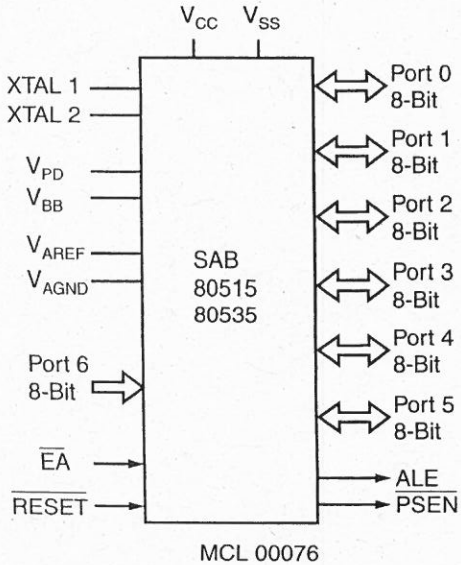


Anschlussbelegung (von oben)



2.2.2 Anschlussbezeichnungen und Funktionen

Logiksymbol



Anschlüsse und Funktionen

Symbolische Bezeichnungen		Funktionen (E) = Eingang (A) = Ausgang	
Hauptfunktion	Alternativ-funktionen	Hauptfunktion	Alternativ-funktionen
P0.0 ⋮ P0.7		Port 0.0 (E/A) ⋮ Port 0.7 (E/A)	Adressbus A0/D0 ⋮ A7/D7
P1.0	INT3 CC0	Port 1.0 (E/A)	Interrupt 3 (E) Compare 0 (A) Capture 0 (E)
P1.1	INT4 CC1	Port 1.1 (E/A)	Interrupt 4 (E) Compare 1 (A) Capture 1 (E)
P1.2	INT5 CC2	Port 1.2 (E/A)	Interrupt 5 (E) Compare 2 (A) Capture 2 (E)
P1.3	INT6 CC3	Port 1.3 (E/A)	Interrupt 6 (E) Compare 3 (A) Capture 3 (E)

Symbolische Bezeichnungen		Funktionen (E)-Eingang (A)-Ausgang	
Hauptfunktion	Alternativ-funktionen	Hauptfunktion	Alternativ-funktionen
P1.4	$\overline{\text{INT2}}$	Port 1.4 (E/A)	Interrupt 2 (E)
P1.5	T2EX	Port 1.5 (E/A)	Timer 2 reload (E)
P1.6	CLKOUT	Port 1.6 (E/A)	Clock Out (A)
P1.7	T2	Port 1.7 (E/A)	Timer 2 Impuls (E)
P2.0 ⋮ P2.7		Port 2.0 (E/A) ⋮ Port 2.7 (E/A)	Adressbus A8 ⋮ A15
P3.0	RxD	Port 3.0 (E/A)	serielle Schnittst. (E)
P3.1	TxD	Port 3.1 (E/A)	serielle Schnittst. (A)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	Port 3.2 (E/A)	Interrupt 0 (E)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	Port 3.3 (E/A)	Interrupt 1 (E)
P3.4	T0	Port 3.4 (E/A)	Timer 0 Impuls (E)
P3.5	T1	Port 3.5 (E/A)	Timer 1 Impuls (E)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	Port 3.6 (E/A)	Write (A)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	Port 3.7 (E/A)	Read (A)
P4.0 ⋮ P4.7		Port 4.0 (E/A) ⋮ Port 4.7 (E/A)	
P5.0 ⋮ P5.7		Port 5.0 (E/A) ⋮ Port 5.7 (E/A)	

Symbolische Bezeichnungen		Funktionen (E)-Eingang (A)-Ausgang	
Hauptfunktion	Alternativ-funktionen	Hauptfunktion	Alternativ-funktionen
AN0 ⋮ AN7		Analogeingang 0 ⋮ Analogeingang 7	Digitaleingang 0 ⋮ Digitaleingang 7
VAGND VAREF VBB		untere Referenzspannung (E) obere Referenzspannung (E) Substrat, über einen Kondensator an VSS	
XTAL1 XTAL2		Oszillator	
ALE $\overline{\text{RESET}}$ $\overline{\text{EA}}$ $\overline{\text{PSEN}}$		Adress Latch Enable (A) Reset(E) External Access (E) Program Store Enable (A)	
VPD VCC VSS		Ruhestromversorgung (E) Spannung +5 V (E) Masse 0 V	

Übung 2.2

Fragen zu den Controller-Anschlüssen:

1. Welche Ports werden für den externen Bus benötigt? (Adress/Datenbus, Adressbus H-Byte)
2. Welche Ports sind reine Eingabe-/Ausgabepins ohne Alternativfunktion?
3. Welche Ports haben Alternativfunktionen?
4. An welchen Portpins findet die serielle Datenein- und -ausgabe statt?
5. Timer 1 soll als Ereigniszähler genutzt werden. Wo sind die Eingangsimpulse anzuschließen?
6. Sie wollen analoge Eingangsspannungen erfassen. Wie viele Spannungen können Sie an dem Baustein anschließen und wie groß dürfen diese Spannungen maximal sein?

Übung 2.3

Fragen zu den internen Controller-Baugruppen:

1. Mit welcher Bitbreite arbeitet der interne Bus?
2. Wie viele variable Daten lassen sich maximal im Controller speichern?
3. Welche Timer enthält der Controller und wozu lassen sie sich prinzipiell verwenden?
4. Wozu dient der Baudratengenerator?
5. Welche Baugruppen dienen zur Analogwertverarbeitung und was bewirken sie prinzipiell?

Übung 2.4

Tragen Sie in folgender Skizze die Anschlussbezeichnungen am Controllerbaustein ein.

