

Mikrocontroller - Grundlagen Teil 1

Mikrocontroller haben Einzug in alle Bereiche der Elektronik gehalten. Sie sind aus dem Alltag kaum noch wegzudenken. In dieser neuen Artikelserie erfahren Sie alles Wesentliche über die interessante Technik der Mikrocontroller.

1. Allgemeines

Moderne elektronische Geräte sind in vielen Fällen, vermutlich sogar in den meisten Fällen, mit Mikrocontrollern zur Bedienung und Ablaufsteuerung ausgestattet. Ohne diese kleinen Helfer wären die Funktionen moderner elektronischer Geräte wie CD-Player, Fernseher, Video-Recorder oder selbst Heizungsregelungen nicht realisierbar.

Die Einsatzgebiete für Mikrocontroller sind sehr breit. So werden sie unter anderem in der Wissenschaft, Forschung, Industrie, Nachrichten- und Datentechnik, Energieversorgung, Verkehrstechnik und Medizintechnik eingesetzt. Eine sehr große und auch weiter zunehmende Rolle spielen Mikrocontroller in verschiedenen Ausführungen in der Konsumelektronik.

Ein Mikrocontroller besitzt folgende Hardware-Eigenschaften:

- Central Processing Unit (CPU) mit der notwendigen Takteinheit
- Input-Output-Leitungen, um mit der Außenwelt in Kontakt zu treten
- Datenspeicher (RAM)
- Programmspeicher (ROM).

Einige Mikrocontroller besitzen keinen internen Programmspeicher. Das Betriebsprogramm wird dem Prozessor durch geeignete Speicherbausteine von außen zugeführt.

Einer der ersten Mikrocontroller wurde 1976 von Intel entwickelt. Ihm wurde die Bezeichnung 8048 gegeben. Die daraus später gewachsene MCS-48-Familie war danach über etliche Jahre marktbeherrschend. Bald zogen auch andere Mikrocontrollerhersteller mit der Entwicklung und dem Verkauf von ähnlichen 8-Bit-Controllern nach.

Durch die fortschreitende Integrationsdichte erschien 1981 die zweite Generation der Single-Chip-Mikrocomputer auf dem Markt. Sie wurde nach dem typischen Vertreter 8051 die MCS-51-Familie genannt. Hier findet man wesentliche Verbesserungen gegenüber der MCS-48-Familie, wie zwei- bis fünfmal schnellere Ausführungsgeschwindigkeit, mehr integrierte Peripheriefunktionen, das Anspre-

chen von externem Speicher bis zu 64 kByte sowie einem integrierten Booleschen Prozessor, der eine Bit-Verarbeitung erlaubt.

In dieser Mikrocontroller-Grundlagenreihe wollen wir, stellvertretend für alle anderen Mikrocontroller, die MCS-51-Familie vorstellen, da sich diese Bausteine in den letzten Jahren, nicht zuletzt auch durch die Flexibilität und die große Anzahl der Derivate, als 8-Bit-Industrie-Standardcontroller durchgesetzt haben.

2. Die MCS-51-Familie

Der 8051 ist der Originalvertreter der Familie. Er besitzt neben den allgemeinen Eigenschaften einen 4 kByte großen Programmspeicher (ROM), der im Chip integriert ist, und stellt somit einen kompletten Computer dar. Das interne ROM des 8051/52 und 8751/52 läßt sich bei der Herstellung bzw. Programmierung ausleseschützen.

Da der Inhalt dieses ROMs (Read Only Memory) bei der Herstellung bereits programmiert werden muß, ist der Programmcode dem Hersteller bereits bei der Bestellung zu übergeben. Diese Vorgehensweise ist aber nur bei größeren Stückzahlen wirtschaftlich sinnvoll. Aus diesem Grunde wird der 8051 auch nicht direkt im Einzelhandel angeboten.

Dennoch arbeitet ein 8051-Prozessor auch mit einem anderen Programm. Hierzu ist ein externes ROM anzuschließen. Um dem Prozessor mitzuteilen, daß dieser sein Betriebsprogramm aus dem externen ROM nehmen soll, ist der EA-Pin (External Access) vorgesehen, der zu diesem

Zweck auf Masse-Potential zu legen ist. Der 8031 ist ein 8051 ohne internes ROM, der zum Betrieb genauso angeschlossen wird.

Mit dem 8051 lassen sich keine Programme entwickeln, so daß dafür der 8751 konzipiert wurde. Hierbei handelt es sich um einen 8051-Prozessor, dessen ROM durch ein EPROM gleicher Größe ersetzt wurde. Dadurch ist es möglich, bei neuen Programmständen das Vorgängerprogramm einfach, wie bei EPROMs, durch UV-Belichtung zu löschen. Danach läßt sich das Programm mit einem speziellen Programmiergerät in das interne EPROM programmieren. Beim anschließenden Betrieb verhält sich dann der Prozessor wie ein herkömmlicher 8051.

Da die bisher genannten Bausteine vom Funktionsumfang sehr ähnlich sind, werden wir im weiteren Verlauf jeweils nur den 8031 stellvertretend für die anderen Familienmitglieder erwähnen.

Die folgende Aufzählung zeigt die charakteristischen Eigenschaften, die alle Vertreter der Familie aufweisen:

- Optimierte 8-Bit-CPU für Kontroll- und Steuerfunktionen
- Komfortable Boolesche Operationen (Bitverarbeitungslogik)
- Interner Oszillator (bis 12 MHz)
- Umfangreicher Befehlssatz
- Asynchrone, vollduplexfähige serielle Schnittstelle (UART)
- 16 (32) bidirektionale und individuell adressierbare I/O-Leitungen
- 5 Interrupt-Quellen mit zwei Prioritätsebenen
- 64 kByte mögliche externe Programmspeichergröße (ROM)
- Bis zu 64 kByte externer Datenspeicher (RAM)
- Maximal 128 Byte interner RAM-Bereich
- Zwei 16 Bit Timer-Zähler
- Bus- und timing-kompatibel zu den Peripheriebausteinen der 8085/88-Prozessoren.

Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die MCS-51-Bausteinfamilie. Die 8032/52-Bausteine besitzen gegenüber den Standardbausteinen neben 128 Byte mehr internen RAMs, zusätzlich 4 kByte mehr Programmspeicher, einen dritten Timer bzw. Ereigniszähler und eine zusätzliche Interrupt-Quelle.

Der 80Cx1 ist eine CMOS-Version des 80x1. Die Funktionsweise ist identisch mit der NMOS-Version, der Chip

Tabelle 1: Übersicht über die MCS-51-Bausteinfamilie

Baustein Bezeichnung	Technologie	Internes ROM	Internes RAM	16 Bit Timer	Interrupt Quellen
8031	NMOS	-	128 Byte	2	5
8051	NMOS	4 kByte	128 Byte	2	5
8751	NMOS	4k EPROM	128 Byte	2	5
8032	NMOS	-	256 Byte	3	6
8052	NMOS	8 kByte	256 Byte	3	6
8752	NMOS	8k EPROM	256 Byte	3	6
80C31	CMOS	-	128 Byte	2	5
80C51	CMOS	4 kByte	128 Byte	2	5
87C51	CMOS	4k EPROM	128 Byte	2	5
80C32	CMOS	-	256 Byte	3	6
80C52	CMOS	8 kByte	256 Byte	3	6
87C52	CMOS	8k EPROM	256 Byte	3	6

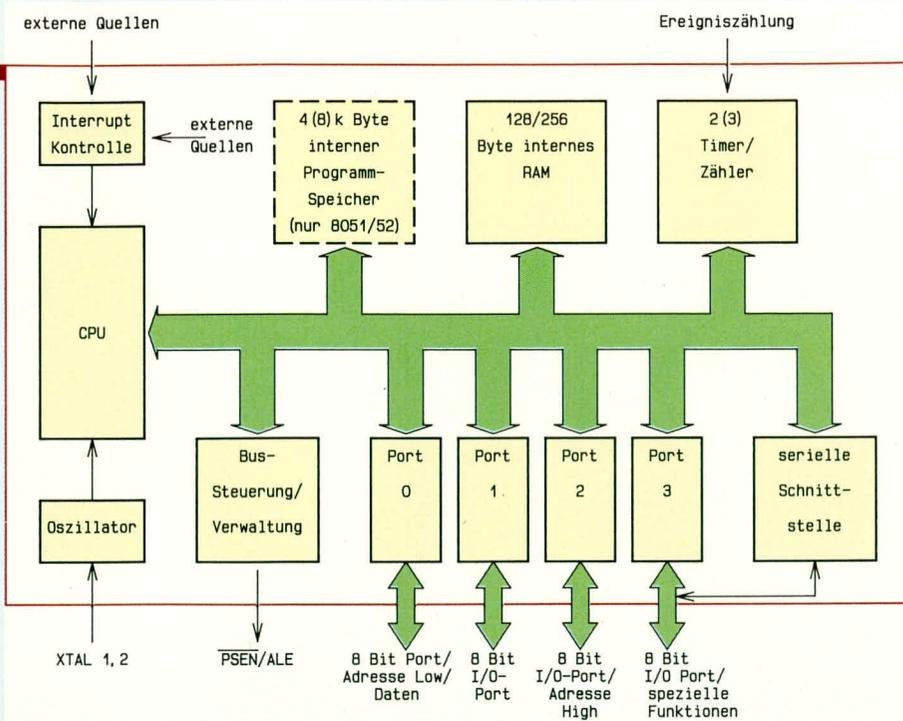


Bild 1: Struktur des 8051/52

verbraucht aber weniger Betriebsstrom. Weiterhin wurden in der CMOS-Version zusätzlich zwei Power-Down-Betriebsarten implementiert, die verschiedene Funktionen des Prozessors im Standby-Betrieb erhalten und somit den Stromverbrauch erheblich reduzieren. Diese Funktionen werden überall dort genutzt, wo nur eine schwache Stromversorgung (batteriebetriebene Geräte) zur Verfügung steht.

Neben den genannten Bausteinen stehen noch eine Vielzahl von Derivaten, die jeweils zusätzliche Funktionsmerkmale beinhalten, zur Verfügung. Hierauf gehen wir im Verlauf dieser Artikelserie noch näher ein.

2.1 Struktur des Mikrocontrollers 8051

Abbildung 1 zeigt in vereinfachter Form die Struktur des 8051. Zentraler Bestandteil des Bausteins ist die CPU (Central Processing Unit), die den Akkumulator (A), den Hilfsakkumulator (B) für Multiplikation und Division, das Rechenwerk (ALU Arithmetik Logical Unit), das Programm-Status-Wort (PSW), vier Registerbänke, den Stack-Pointer (SP) sowie den Data-Pointer (DPTR) zur Adressierung des externen Datenspeichers beinhaltet. Weiterhin sind hier noch der Programmcounter (PC), der Befehlsdecoder und die zeitliche und logische Steuerung untergebracht.

Die CPU erhält direkt ihren Betriebsstakt aus dem eingebauten Oszillator, wo direkt ein keramischer Schwingkreis oder auch ein Quarz angeschlossen werden kann. Weiterhin besteht auch die Möglichkeit der externen Zuführung des Taktsignals.

Der Programmablauf läßt sich gezielt durch die interne Interrupt-Logik unterbrechen. Die Interrupt-Quellen können externe Ereignisse, Timer/Counter-Überlauf oder auch die serielle Schnittstelle

sein.

Der 8051/52 besitzt einen 4/8 kByte großen internen Programmspeicher, während der 8031/32 sein Betriebsprogramm aus einem externen Programmspeicher erhält. Der Standard-Mikrocontroller besitzt 128 Byte internes RAM (Random Access Memory), um Daten bzw. Steuerinformationen ablegen zu können. Dieser Speicher wurde beim 8032/52 auf 256 Byte erweitert.

Der 8031/ 51 beinhaltet zwei unabhängige 16 Bit-Timer, die auch als Ereigniszähler einsetzbar sind, während beim 8032/52 noch ein dritter Timer hinzugekommen ist. Diese lassen sich softwaremäßig in verschiedene Betriebsmodi versetzen, so daß sie sehr universell nutzbar sind.

Die MCS51-Familie besitzt vier unabhängige 8 Bit-Ports. Diese sind beim 8051/52 für universelle Steuerzwecke einsetzbar. Beim 8031/32, der mit externem Programmspeicher arbeitet, wird der Port 0 für die Übertragung der unteren Hälfte der

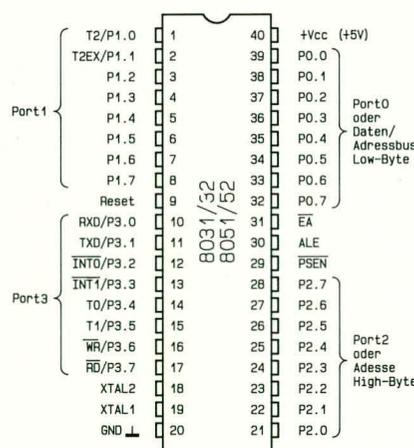


Bild 2 zeigt die Anschlußbelegung des Standard-MCS51

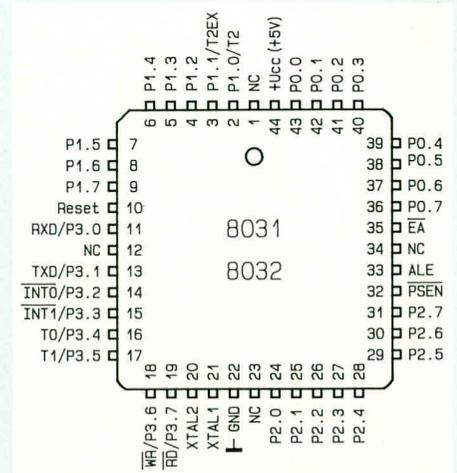


Bild 3: Anschlußbelegung des 44poligen PLCC-Gehäuses

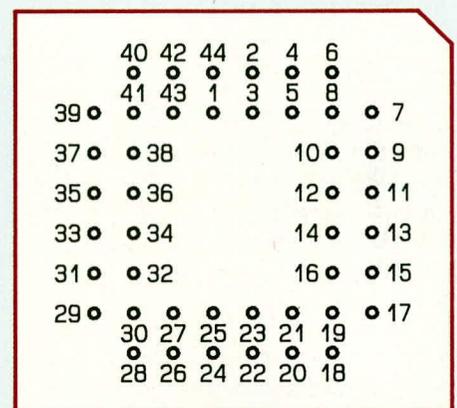


Bild 4: Anschlußbelegung des 44poligen PLCC-Sockels

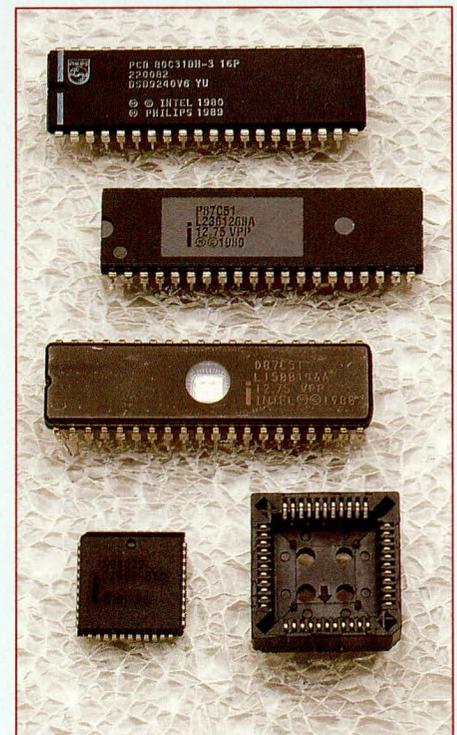


Bild 5: Ansicht der verschiedenen Ausführungen der 8051 Familie

Speicheradresse sowie für die 8 Bit-Daten genutzt. Über Port 2 erfolgt dann die Ausgabe der oberen 8 Bit-Adressen. Port 1 und 3 beinhalten jeweils einen 8 Bit-In/Out-Port, welche für beliebige Steuerzwecke nutzbar sind. An Port 3 liegen zusätzlich noch Steuerleitungen für das Ansprechen von einem externen Speicher, die Anschlüsse der seriellen Schnittstelle sowie die externen Interrupt-Leitungen.

Die serielle Schnittstelle beinhaltet jeweils einen asynchronen Sender und Empfänger, die unabhängig voneinander arbeiten. Durch Anschließung von geeigneten Treibern ist hiermit eine einfache RS232C/V24-Schnittstelle realisierbar. Die Baudrate für die serielle Schnittstelle ist in weiten Bereichen einstellbar und wird durch einen der Timer bereitgestellt.

Tabelle 2: Übersicht über Funktionen der Anschlußpins des 8051/52			
Pin	Richtung	Bezeichnung	Funktion
1-8	I/O	P1.0	Port 1: 8 Bit bidirektionaler I/O-Port mit internem ... P1.7 Pull-up-Widerständen (ca. 50 kΩ)
1	I	T2	nur 8032: Timer 2 Eingang (Ereigniszählung)
2	I	T2Ex	nur 8032: Timer 2 Eingang Compare/Reload-Trigger
9	I	Reset	Reset-Eingang „aktiv-high“ bewirkt ein Zurücksetzen des Prozessors
10-17	I/O	P3.0 ... P3.7	Port 3: 8 Bit bidirektionaler I/O-Port mit internen Pull-up-Widerständen. Beim 8751/52 fehlen die internen Pull-up-Widerstände. Zusätzlich kann jeder Port noch Sonderfunktionen übernehmen
10	I	RxD	Dateneingang für die serielle Datenübertragung
11	O	TxD	Datenausgang für die serielle Datenübertragung
12	I	INT0	Externer Interrupt 0; Ermöglicht die Unterbrechung des Hauptprogramms über diesen Pin
13	I	INT1	Externer Interrupt 1; Ermöglicht die Unterbrechung des Hauptprogramms über diesen Pin
14	I	T0	Timer 0; Eingang zum Zählen von externen Ereignissen oder Steuerung (Run/Stop) für Timer 0
15	I	T1	Timer 1; Eingang zum Zählen von externen Ereignissen oder Steuerung (Run/Stop) für Timer 1
16	O	WR	Schreibfreigabe: Dieser Pin wird bei einem Schreibbefehl der CPU auf externes RAM kurzzeitig auf Low-Pegel gelegt, um Daten in das externe RAM zu schreiben
17	O	RD	Lese freigabe: Dieser Pin wird bei einem Lesebefehl der CPU vom externen RAM kurzzeitig auf Low-Pegel gelegt, um Daten von dem externen RAM zu lesen
18	O	XTAL2	Ausgang des Oszillatorverstärkers
19	I	XTAL1	Eingang zum invertierenden Oszillatorverstärker
20	I	V _{SS}	Stromversorgungsmasse
21-28	I/O	P2.0 ... P2.7	Port 2: 8 Bit bidirektionaler I/O-Port mit internen Pull-up-Widerständen (ca. 50 kΩ), bei Betrieb mit externem Programmspeicher oder externem RAM: oberen 8 Bit der Adresse
29	O	PSEN	Programmspeicher-Freigabe zum Einlesen eines Befehls vom externen Programmspeicher
30	O	ALE	Adreßzwischenpeicherfreigabe: im aktiven Zustand dieser Signalleitung liegen die unteren 8 Bit der externen Zugriffadresse am Datenbus an und können von einem Zwischenpeicher (Latch) übernommen werden
31	I	EA	bestimmt, von wo der Controller sein Betriebsprogramm liest (internes oder externes ROM)
32-39	I/O	P0.0 ... P0.7	Port: 8 Bit bidirektionaler I/O-Port; bei Betrieb mit externem Programmspeicher oder externem RAM: Daten und Adreßbus (untere 8 Bit)
40	I	VCC	+5 V-Betriebsspannung

2.2 Anschlußbelegung

Abbildung 2 zeigt die Anschlußbelegung des Standard-MCS-51. Da die Anzahl der Anschlußpins, bedingt durch das Gehäuse, auf 40 begrenzt ist, haben einige Anschlüsse doppelte Funktionen. Diese werden je nach Betriebsart für unterschiedliche Aufgaben genutzt.

In Abbildung 3 ist die Anschlußbelegung des 44poligen PLCC-Gehäuses dargestellt. Da der Standard-Controller nur 40 Anschlußpins benötigt, sind die vier mit NC bezeichneten Anschlußpins nicht beschaltet. Dieses Gehäuse wird normalerweise für die automatische SMD-Bestückung von Leiterplatten genutzt. Häufig werden diese Bausteine aber auch in einen entsprechenden PLCC-Sockel gesetzt, deren Anschlußbelegung Abbildung 4 zeigt. Die Anschlußpins dieses Sockels haben dann wieder das gewohnte 2,54 mm-Rastermaß.

Abbildung 5 zeigt die verschiedenen Prozessorversionen. Oben im Bild ist der Standard-Mikrocontroller 8031 (hier in CMOS-Ausführung) zu sehen. Die Eprom-Versionen 8751 gibt es in zwei Gehäuseausfüh-

rungen. Der im Kunststoffgehäuse untergebrachte Mikrocontroller (zweiter von oben) ist nur einmal programmierbar, während der darunterliegende, mit einem Quarzfenster und Keramikgehäuse ausgerüstete Prozessor, mit Hilfe von UV-Licht löschtbar ist und sich somit immer wieder neu programmieren läßt. Die erstgenannte Version wird hauptsächlich für kleine Serien, wo sich ein externes EPROM oder auch eine Programmaste nicht lohnt, eingesetzt, während die löschrare Version vornehmlich in der Entwicklungsphase Einsatz findet. Ganz unten im Bild ist links die PLCC-Ausführung und rechts daneben der zugehörige 44polige Sockel zu sehen.

Tabelle 2 zeigt eine kurze Beschreibung der Anschlußpins in übersichtlicher Form. Eine ausführliche Beschreibung der Sonderfunktionen folgt im Verlauf dieser Artikelserie.

2.3 Oszillator

Abbildung 6 a zeigt die typische Oszillator-Beschaltung der MCS-51-Familie. Es sind lediglich ein Quarz und zwei Kondensatoren von 33 pF erforderlich. Die Quarzfrequenz kann im Bereich zwischen 1 und

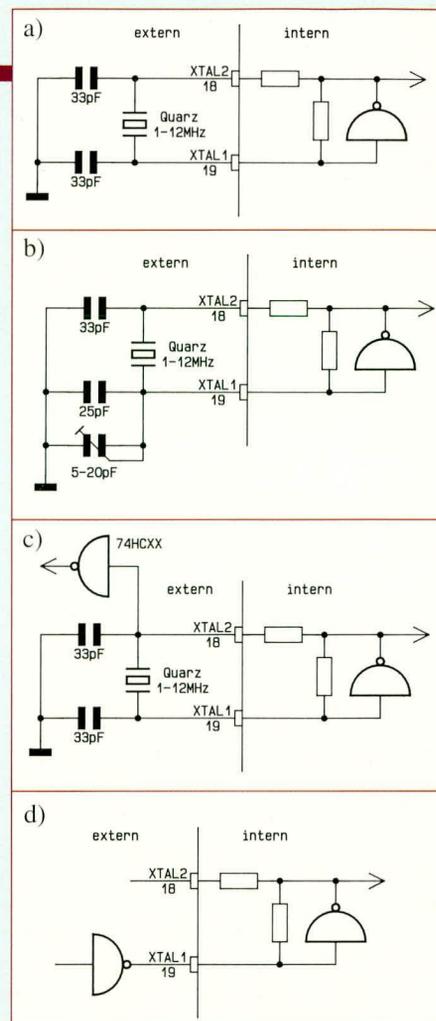


Bild 6: Oszillatorbeschaltungen der MCS51-Familie

- a) Standardbeschaltung
- b) Geringe Beeinflussung der Quarzfrequenz durch einen Trimmkondensator
- c) Auskopplung über XTAL2
- d) Externe Taktversorgung über XTAL 1

12 MHz liegen, wobei mittlerweile auch schon Prozessoren angeboten werden, die mit 20 MHz und mehr arbeiten. Anstelle des Quarzes läßt sich auch ein Keramikresonator einsetzen. Die CMOS-Version des Mikroprozessors läßt sich auch noch mit niedrigeren Taktfrequenzen betreiben.

Die Quarzgenauigkeit liegt im Bereich von 0,01 %. Soll diese z.B. für Uhrenanwendungen erhöht werden, so ist eine Justierung mit einem 5 bis 20 pF-Trimmkondensator, wie in Abbildung 6 b gezeigt, möglich. Soll die Oszillatorfrequenz für weitere Schaltungsteile noch Verwendung finden, so kann diese gemäß Abbildung 6 c mit einem Baustein aus der High-Speed-CMOS-Technik (HC) über XTAL 2 zur weiteren Verwendung ausgekoppelt werden.

Der 8031 läßt sich auch über einen externen Taktgenerator betreiben. Hierzu wird der Ausgang des Treibers direkt am Anschluß XTAL 1 angeschlossen (Abbildung 6 d). XTAL 2 bleibt hierbei unbeschaltet.

Im zweiten Teil dieser Artikelserie befassen wir uns mit der Resetbeschaltung, gefolgt von der ausführlichen Beschreibung der verschiedenen Beschaltungsvarianten der MCS-51-Familie.