

Support für 80C166

- *Handbuch des 80C166 - Reiner Johannis*
Verlag Siemens, ISBN 3-8009-4203-8. 1. Auflage, Oktober 1993
- *MC-Tools 17, Arbeiten mit C166-Controllern- Karl-Heinz-Mattheis, Steffen Storandt*
Verlag Otmar Feger, ISBN 3-928434-26-8. 1. Auflage, 1995.

Christoph Baumgartner, Martin Weissenböck

Christoph Baumgartner

1990 startete Siemens München den Versuch den Mikrocontrollerbereich aufs neue zu erobern und reformieren. Da die Familie der 8051 in letzter Zeit den Leistungsanforderungen von neuen komplexen Steuerungen oft nicht mehr gerecht werden konnten, wurde ein neues Konzept gefordert und so entstand eine komplett neue Familie von Mikrocontrollern auf 16 Bit Basis. Durch das absolut neue Design wurde auf eine Abwärtskompatibilität verzichtet, um ein Maximum an Leistung zu erzielen. Vor allem wurde bei der Entwicklung auf die Universalität geachtet, so daß die Einsatzmöglichkeiten fast uneingeschränkt sind. Schließlich wurde eine Lösung gefunden, die einen Kompromiß zwischen Leistungsfähigkeit und Kosten darstellt. Denn meist ist bei der Entwicklung neuer Steuerungen nicht die exzellenteste Lösung gesucht sondern die, die mit geringstem Preis- und Leistungsaufwand auskommt.

Inzwischen gibt es schon die verschiedensten Derivate aus der 166-er Familie wie zum Beispiel den c167 dessen Adressraum von 256kB (80c166) auf 16 MB erweitert wurde, weiters verfügt er über 16 AD-Kanäle (80c166 10 Kanäle), eine PWM Einheit mehr IO-Ports und Interrupts, und besonders interessant ist auch der Bootstrap-Loader, der nach einem Reset das Programm über die serielle Schnittstelle in den Speicher lädt. Ein weiteres Exemplar ist der c165 der kleine Bruder des c167 der ohne AD-Wandler, PWM Einheit, Capture und Compare, und mit weniger IO-Ports auskommen muß.

Die CPU: Das Herz des 80c166 wurde mit einer beachtlichen Rechenleistung ausgestattet, da bei einer Oszillatorfrequenz von maximal 40Mhz alle 100ns ein Befehl in der vierstufigen Pipeline weitergerückt wird. Dadurch dauern die meisten Befehle genau einen Maschinenzklus lang, das sind dann 100ns was zu eine sehr theoretischen Rechenleistung von bis zu 10 MIPS führt. **Speicher Speicher:** Das ist die Größe von 1 kB, in dem der Stack und die Registerbänke liegen (GPR, General Purpose Register) da es sich beim 166 um eine Registermaschine und nicht um einen Akkumulator CPU handelt, und weiters sind noch jede Menge SFR (Spezialfunktionsregister) untergebracht. Ein weiteres beachtenswertes Merkmal ist das flexible Bussystem des 166 zum Anschluß des externen Speichers. Es stehen 4 verschieden Arten von Speichermodellen zur Verfügung :

- 16 bit Datenbus, Multiplexverfahren
- 8 bit Datenbus, Multiplexverfahren (vom 8031 bekannt)
- 16 bit Datenbus, Demultiplexverfahren
- 8 bit Datenbus, Demultiplexverfahren

Beim Multiplexverfahren werden Daten von Adressen durch ein Latch und das ALE Steuersignal getrennt, beim Demultiplexverfahren gibt es für jede Daten und Adressleitung einen eigenen Pin. Diese Betriebsart muß natürlich unmittelbar nach einem Reset bekannt sein, ebenso muß man dem Bootstrap-Loader mitteilen ob er aktiviert werden soll, dies geschieht durch Pull-Down-Widerstände an den dafür vorgesehenen Ports, die aber trotzdem für IO-Zwecke zur Verfügung stehen.

Das Interruptsystem: Der 166 hat einen 16-stufigen Prioritätssystem das 32 Interruptquellen verwaltet (der c167 noch um einiges mehr), weiters gibt es 8 Traps für interne Fehler (z.B.: Stacküberlauf, Division by Zero, usw.)

Parallele Ports: Zur Ein- und Ausgabe stehen 76 bitadressierbare Pins zur Verfügung

Serielle Ports: Zur Kommunikation mit anderen Einheiten besitzt der 166 2 identische serielle Schnittstellen die entweder synchron oder asynchron im Vollduplexbetrieb arbeiten können.

Die Timer-Einheit (GPT) und Capture-/Compare: Diese beiden Einheiten bieten eine solche Vielzahl von Möglichkeit das ihre Programmierung am Anfang sicher bei einigen leichte Verzweigungerscheinungen hervorruft, doch mit ein paar guten Blockschaltbildern kommt man doch bald zu passablen Ergebnissen.

Natürlich wurde bei der Entwicklung auch auf einen programmierbaren **Watchdog-Timer** und auf **Stromsparmodi** nicht vergessen.

Wer genaueres zu diesem Prachtexemplar wissen möchte und wer sich mit der Entwicklung eines Systems mit einem Prozessor dieser Familie befaßt, sollte sich das Buch MC-Tools 17 - Arbeiten mit C166-Controllern von Karl Heinz Mattheis / Steffen Storandt-Verlag Otmar Feger zulegen, in diesem Buch gibt's genauere Details zu Hardwareentwicklung mit Berechnungsbeispielen, auf einer beigelegten Diskette sind einige brauchbare Excel-Files mit denen man diverse Ablaufzeiten für die verschiedenen Taktfrequenzen berechnen kann. Auch zur Programmierung gibt's einige Praktische Beispiele in C und Assembler.

Ein weiteres Buch zum selben Thema gibt's natürlich auch von Siemens, daß ein inhaltlicher Zusammenhang besteht ist schon am Cover ersichtlich. Auch das Handbuch des 80C166 von Reiner Johannis - Verlag Siemens bietet einen guten Überblick über die breite Funktionspalette jedoch gibt's in dieser Ausführung keine praktischen Beispiele, sondern nur Theorie.

Natürlich ist für jeden Entwickler auch das Original-Datenbuch unumgänglich, denn gelegentlich gibt es Produktspezifikationen und kleine Änderungen, die in den Büchern natürlich nicht angeführt werden können.

Alles in allem gibt das ca. 2,8 kg Papier (mit dem Buch siehe unten ca. 3,8kg) mit dem man für fast alle Anwendungen bestens gerüstet ist.

Speziell für die Derivate 165 und 167 gibt's aus dem Franzis-Verlag das Buch 80C166 Mikrocontroller -c167 c165 von Schultes/Pohle in dem auf die erweiterten Funktionen eingegangen wird, auf der beigelegten Demodiskette befinden sich einige nützliche Programme und Demover-sionen von C und Assembler-Compilern für einen ersten Test.

Für diejenigen Entwickler die auf der sicheren Seite arbeiten gibt's zur Simulation auch VHDL-Modelle, mit denen man eine komplette Entwicklung auf einem entsprechend leistungsfähigen Rechner software-mäßig durchtesten und simulieren kann. □



Martin Weissenböck

1990 startete Siemens München den Versuch, den Mikrocontrollerbereich aufs neue zu erobern und reformieren. Da die Familie der 8051 in letzter Zeit den Leistungsanforderungen von neuen komplexen Steuerungen oft nicht mehr gerecht werden konnten, wurde ein neues Konzept gefordert. Es entstand eine komplett neue Familie von Mikrocontrollern auf 16 Bit Basis.

Bei den Prozessoren 8048, 8049, 8051 usw. wurde noch Wert darauf gelegt, daß bestehende Programme weiterverwendet werden können (Abwärtskompatibilität). Durch das absolut neue Design wurde darauf verzichtet, um ein Maximum an Leistung zu erzielen. Vor allem wurde bei der Entwicklung auf die Universalität geachtet, sodaß die Einsatzmöglichkeiten fast uneingeschränkt sind. Damit kein Mißverständnis entsteht: der 80C166 ist immer noch ein Steuerungsprozessor und wird daher einem Pentium keine Konkurrenz machen. Eine „eierlegender Woll-Milch-Sau-Prozessor“ wäre aber auch nicht wirtschaftlich. Mit dem 80C166 wurde als Lösung ein guter Kompromiß zwischen Leistungsfähigkeit und Kosten gefunden. Denn meist ist bei der Entwicklung neuer Steuerungen nicht die exzellenteste Lösung gesucht, sondern die, die mit geringstem Preis- und Leistungsaufwand auskommt. Außerdem werden einige „Verwandte“ (80C167, 80C165) angeboten, die zum Teil mehr, zum Teil weniger Features aufweisen.

Die CPU: Das Herz des 80C166 wurde mit eines beachtlichen Rechenleistung ausgestattet, da bei einer Oszillatorfrequenz von 40MHz alle 100ns ein Befehl in der vierstufigen Pipeline weitergerückt wird. Dadurch dauern die meisten Befehle genau einen Maschinenzyklus lang, das sind dann 100ns was zu eine sehr theoretischen Rechenleistung von bis zu 10 MIPS führt.

Der Speicher: Das interne RAM hat die Größe von 1 KB, in dem der Stack und die Registerbänke liegen (GPR, General Purpose Register). Der 80C166 ist eine Registermaschine und keine Akkumulator-CPU. Weiters sind noch jede Menge an Spezialfunktionsregistern untergebracht. Ein weiteres beachtenswertes Merkmal ist das flexible Bussytem des 80C166 zum Anschluß des externen Speichers. Es stehen vier verschiedene Arten von Speichermodellen zur Verfügung :

- 16 bit Datenbus, Multiplexverfahren
- 8 bit Datenbus, Multiplexverfahren (vom 8031 bekannt)
- 16 bit Datenbus, Demultiplexverfahren
- 8 bit Datenbus, Demultiplexverfahren

Beim Multiplexverfahren werden Daten von Adressen durch ein Latch und das Address-Latch-Enable-(ALE-)Steuersignal getrennt, beim Demultiplexverfahren gibt es für jede Daten und Adreßleitung einen eigenen Pin. Diese Betriebsart muß natürlich unmittelbar nach einem Reset bekannt sein, ebenso muß man dem Bootstrap-Loader mitteilen, ob er aktiviert werden soll: dies geschieht durch Pull-Downwiderstände an den dafür vorgesehen Ports, die aber trotzdem für Input-Output-Zwecke zur Verfügung stehen.

Das Interruptsystem: Der 80C166 hat ein 16-stufiges Prioritätssystem, das 32 Interruptquellen verwaltet (der 80C167 noch um einiges mehr). Weiters gibt es 8 Traps für interne Fehler (z.B.: Stacküberlauf, Division by Zero, usw.). **Parallele Ports:** Zur Ein- und Ausgabe stehen 76 bitadressierbare Pins zur Verfügung. Einzeln adressierbare (bitadressierbare) Pins sind für Steuerungsaufgaben sehr wichtig. **Serielle Ports:** Zur Kommunikation mit anderen Einheiten besitzt der 80C166 zwei identische serielle Schnittstellen, die entweder synchron oder asynchron im Vollduplexbetrieb arbeiten können. **Die Timer-Einheit** (General Purpose Timer, GPT) und Capture-/Compare: Diese beiden Einheiten bieten eine solche Vielzahl von Möglichkeiten, sodaß ihre Programmierung am Anfang sicher bei einigen leichte Verzweiflung hervorruft. Jedoch mit ein paar guten Blockschaltbildern kommt man bald zu passablen Ergebnissen. Natürlich wurde bei der Entwicklung auch auf einen **programmierbaren Watchdog-Timer** und auf Stromsparmodi nicht vergessen.

Inzwischen gibt es schon die verschiedensten Derivate aus der 166-er Familie: zum Beispiel den C167, dessen Adreßraum von 256KB beim 80C166 auf 16 MB erweitert wurde. Der 80C167 verfügt außerdem über 16 Analog-Digital-Kanäle (10 Kanäle beim 80C166), eine Puls-Weiten-Modulations-Einheit, mehr Input-Output-Ports und Interrupts. Besonders interessant ist auch der Bootstrloader, der nach einem Reset das Programm über die serielle Schnittstelle in den Speicher lädt.

Ein weiteres Familienmitglied ist der 80C165 (der kleine Bruder des 80C167), der ohne Analog-Digital-Wandler, Puls-Weiten-Modulations-Einheit, Capture-/Compare, und mit weniger Input-Output-Ports auskommen muß.

Wer genaueres zu diesen Prachtexemplaren wissen möchte und wer sich mit der Entwicklung eines Systems mit einem Prozessor dieser Familie befaßt, sollte sich das Buch MC-Tools 17 - Arbeiten mit C166-Controllern von Karl Heinz Mattheis und Steffen Storandt (Verlag Otmar Feger) zulegen: in diesem Buch gibt's genauere Details zu Hardwareentwicklung mit Berechnungsbeispielen, auf einer beigelegten Diskette sind einige brauchbare Excel-Files mit denen man diverse Ablaufzeiten für die verschiedenen Taktfrequenzen berechnen kann. Auch zur Programmierung gibt's einige praktische Beispiele in C und Assembler.

Hier ein kurzer Inhaltsüberblick:

Einleitung. Reset und Systemeinstellung (Beschaltung des Reseteinganges, Abschalten der Versorgungsspannung, Reset und Power Down Mode). Taktversorgung (Schaltungen für Taktgeneratoren). Externer Bus (Timing, ALE, RD#, WR#..., Bus-Betriebsarten. Speicheranschluß [EPROM, RAM], Adreßraum). Eingangs- und Ausgangs-Pins. Befehle und Flags (Addition, Schieben und Rotieren, Compare, Division, MOV, Multiplikation, CPL und NEG, Call, PRIOR, Subtraktion, exklusives Oder). General Purpose Timer GPT1 und GPT2. CAPCOM (Timer, Capture-Funktionen, Pulsweitenmodulation, komplexe Pulsfolgen). Analog-Digital-Wandler. Asynchrone serielle Schnittstelle (Automatisches Erkennen der Baudrate). Synchrone serielle Schnittstelle (Anschluß eines seriellen EEPROMs, Emulation der asynchronen Übertragung mit der seriellen Schnittstelle). Interruptssystem. Softwarebeispiele (C-Programmierung, Laufzeit, Festkommawerte, Digitalfilter, lineare Interpolation). ADIS166 Disassembler mit One-Line-Assembler. Entwicklungsunterstützung. Anhang.

- Positiv: Übersichtliche Diagramme, viele Programmbeispiele, Tabellen, Diagramme, mitgelieferte Diskette.
- Negativ: Sehr dürrftiges Stichwortverzeichnis (gerade eineinhalb Seiten), nicht gerade billig.

Ein weiteres Buch zum selben Thema gibt's natürlich auch von Siemens. Der inhaltliche Zusammenhang ist schon am Cover ersichtlich. Auch das Handbuch des 80C166 von Reiner Johannis (Verlag Siemens) bietet einen guten Überblick über die breite Funktionspalette.

Auch hier eine kurze Inhaltsübersicht:

Vorwort. Inhaltsverzeichnis. Einleitung. Grundzüge der Architektur (Speicherorganisation, CPU und Befehlssatz, Interrupt-System, externer Bus, parallele Ports, serielle Ports, Timer-Einheit [GPT], Capture-Compare-Einheit [CAPCOM], A/D-Wandler, Watchdog-Timer, Stromsparmodi). Speicherorganisation (internes ROM, externer Speicher, internes RAM, Spezial-Funktions-Register). CPU (Pipeline, Timing, Spezial-Funktions-Register der CPU). Struktur des Befehlssatzes (Befehlsgruppen, Adressierungsarten, Verzweigungsbedingungen). Interruptsystem. Externer Bus. Reset. Parallele Ports. Serielle Schnittstellen. Timer-Einheit (GPT). Capture-Compare-Einheit (CAPCOM). Analog-Digital-Wandler. Watchdog-Timer. Stromsparmodi. Oszillator und Taktversorgung. Befehlssatz. Spezial-Funktionsregister. Versionen des 80C166. Datenblatt. Stichwortverzeichnis.

- Positiv: Klarer, systematischer Aufbau, deshalb gut als Nachschlagewerk geeignet. Umfangreicheres Stichwortverzeichnis (4 Seiten).
- Negativ: Keine praktischen Beispiele, sondern nur Theorie. Vorkenntnisse sind notwendig. Das Stichwortverzeichnis könnte noch um einiges umfangreicher sein.

Beide Bücher zusammen wären zum Selbststudium und für weitere Entwicklungen gut geeignet. Natürlich ist für jeden Entwickler auch das Original-Datenbuch unumgänglich, denn gelegentlich gibt es Produktspezifikationen und kleine Änderungen, die in den Büchern natürlich nicht angeführt werden können. Alles in allem gibt das ca. 2,8 kg Papier, mit dem man für fast alle Anwendungen bestens gerüstet ist. □