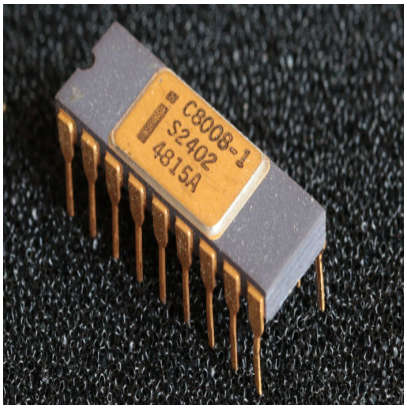


Mikrowelten – Geschichten der Computertechnik – Teil 4: Gleiche Geschwindigkeit bei doppelter Bit-Zahl

Description

Alle wissenschaftlichen und technischen Errungenschaften haben eine lange Evolution hinter sich. Zwar war das Rad nicht vorher eckig, dann oval und zuletzt Rund, aber der Reifen selbst hat eine Jahrtausende alte Entwicklung hinter sich, die bis heute andauert. Bei Prozessoren ist es nicht anders. Die ehemals so gefeierten CPUs sind aus heutiger Sicht zumindest teilweise ziemlich cheesy. Dennoch waren sie wichtige Bestandteile, ohne die unsere moderne Computerwelt nicht vorstellbar wären. Grund genug, einen genauen Blick darauf zu werfen, um diese Fortschritte in Ehren zu halten.

Bitte 8 Bit

Der Intel 4004 erblickte 1971 das Licht der Welt. Die miniaturisierte Version einer Recheneinheit war schon eine tolle Sache, aber 4 Bit – dies war damals bereits bekannt – hat enge Grenzen. Ein 8 Bit-Prozessor musste somit her. Aus heutiger Sicht erscheint es so, als wäre der 8008 Mikroprozessor, der am 1. April 1972 vorgestellt wurde, direkt aus dem 4004 entstanden. Quasi verdoppelt. Doch dem war nicht so. Intel wollte dies mit dem Namen nur suggerieren. Tatsächlich hieß der neue CPU ursprünglich 1201, was irgendwie nach einem Hotelzimmer in Las Vegas klingt. Doch wie kam es dazu?

Springen wir in das Jahr 1968 zurück. In San Antonio, Texas, wurde die Firma Computer Terminal Corporation (CTC) gegründet. Die Väter waren Austin Roche und Phil Ray, beide Ingenieure der NASA. Vor allem Roche war in erster Linie an der Herstellung eines Desktop-Computers interessiert. Da der Markt jedoch noch nicht ausgereift war, sah der Geschäftsplan des Unternehmens lediglich einen Ersatz für das Teletype-Modell 33 ASR vor, der als Datapoint 3300 ausgeliefert wurde. Das Gehäuse war absichtlich so konzipiert, dass es in denselben Raum wie eine IBM Selectric-Schreibmaschine passte, und verwendete einen Bildschirm, der so geformt war, dass er das gleiche Seitenverhältnis wie eine IBM-Lochkarte hatte. Eine clevere Idee, sich an die Standards von IBM zu orientieren, wenn man es zu dieser Zeit im Computergeschäft zu etwas bringen wollte.

Intel und TI als Retter?

Obwohl der 3300 kommerziell erfolgreich war, hatte er aufgrund der vielen Schaltkreise, die auf so engem Raum untergebracht waren, ständig Probleme mit der Hitzeentwicklung.

Um die Erwärmung und andere Schwierigkeiten in den Griff zu bekommen, wurde ein neues Design entwickelt, bei dem der CPU-Teil des internen Schaltkreises auf einem einzigen Chip neu implementiert wurde. Auf der Suche nach einem Unternehmen, das in der Lage war, diesen zu produzieren, wandte sich Roche an Intel, das damals vor allem Speicherchips herstellte.

Roche traf sich mit Bob Noyce, der Bedenken gegen das Konzept äußerte; John Frassanito erinnert sich: „Noyce sagte, es sei eine faszinierende Idee, und Intel könne das machen, aber es wäre ein dummer Schachzug. Er sagte, wenn man einen Computerchip habe, könne man nur einen Chip pro Computer verkaufen, während man mit Speicher Hunderte von Chips pro Computer verkaufen könne.“

Eine weitere große Sorge war, dass Intels bestehender Kundenstamm seine Speicherchips für die Verwendung mit seinen eigenen Prozessordesigns kaufte. Wenn Intel seinen eigenen Prozessor einführte, könnte es als Konkurrent angesehen werden, und seine Kunden könnten sich woanders nach Speicher umsehen. Dennoch stimmte Noyce Anfang 1970 einem Entwicklungsvertrag über 50.000 Dollar zu. Auch Texas Instruments (TI) wurde als zweiter Lieferant hinzugezogen.

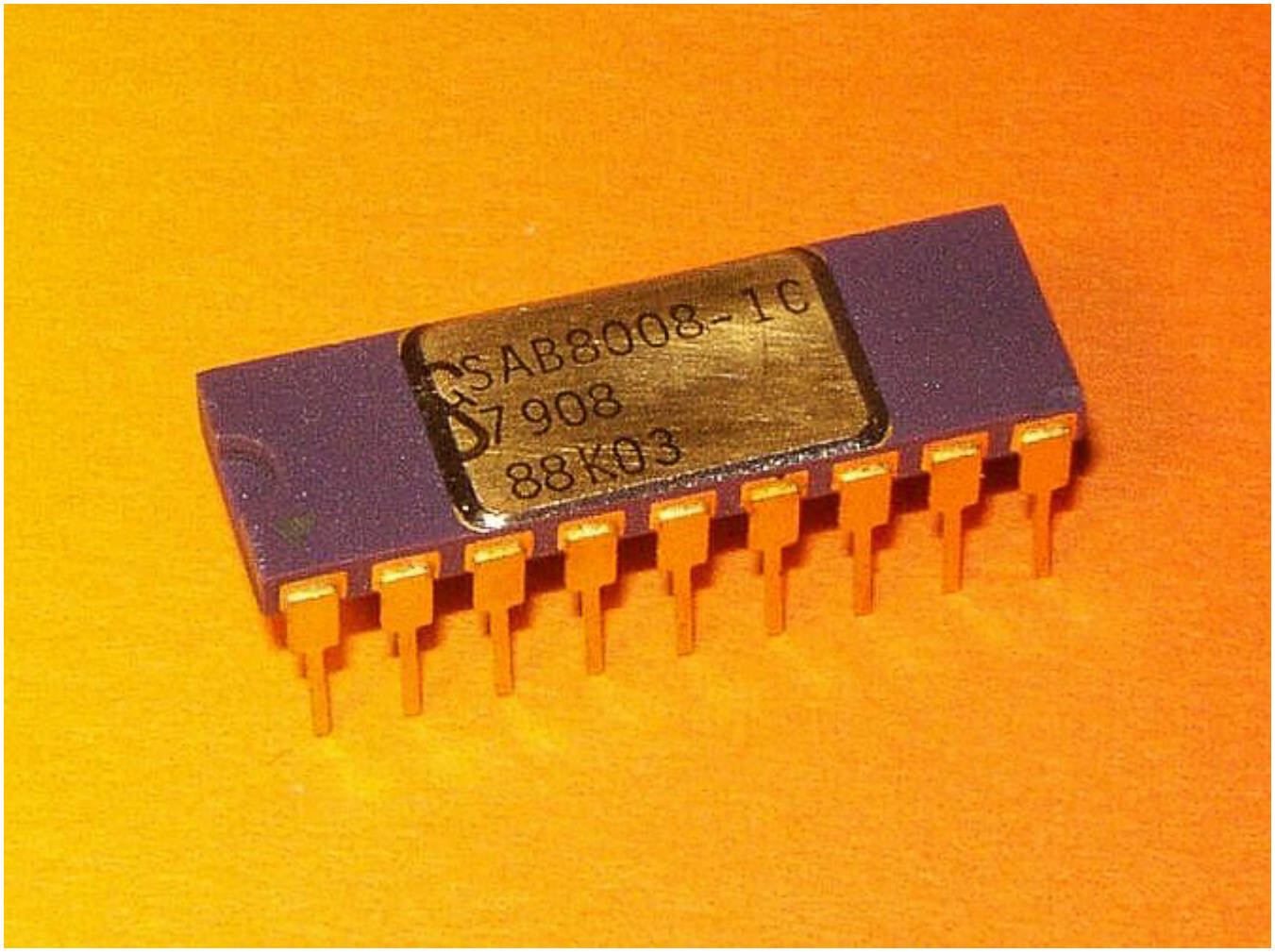
Datapoint 2200. Foto: Wikipedia

TI war in der Lage, Muster des 1201 auf der Grundlage von Intel-Zeichnungen herzustellen, aber diese erwiesen sich als fehlerhaft und wurden abgelehnt. Intels eigene Versionen verzögerten sich. CTC beschloss, die neue Version des Terminals mit diskretem TTL neu zu implementieren, anstatt auf eine Ein-Chip-CPU zu warten. Das neue System wurde im Frühjahr 1970 als Datapoint 2200 auf den Markt gebracht.

Das Aus für 1201

CTC stellte die Entwicklung des 1201 nach der Veröffentlichung des 2200 ein, da es nicht mehr

benötigt wurde. Sechs Monate später trat Seiko an Intel heran und bekundete sein Interesse an der Verwendung des 1201 in einem wissenschaftlichen Taschenrechner. Womöglich nachdem sie den Erfolg des einfacheren Intel 4004 gesehen hatten, der von Busicom in ihren Geschäftsrechnern verwendet wurde. Unter der Leitung von Federico Faggin, dem Konstrukteur des 4004 und jetzigen Projektleiter des 1201, wurde eine kleine Überarbeitung vorgenommen und von einem 16-Pin- auf ein 18-Pin-Design erweitert. Der neue 1201 wurde Ende 1971 an CTC ausgeliefert.



Ein Nachbau, der Siemens SAB8008. Foto: Wikipedia

Zu diesem Zeitpunkt war CTC schon wieder auf dem Vormarsch, diesmal zum schnelleren Datapoint 2200 II. Der 1201 war nicht mehr leistungsfähig genug für das neue Modell. CTC beschloss, seine Beteiligung daran zu beenden, und überließ Intel das geistige Eigentum an dem Design, anstatt den Vertrag über 50.000 Dollar zu bezahlen. Intel benannte das Modell in 8008 um und brachte es im April 1972 zu einem Preis von 120 Dollar auf den Markt.

Startschuss für Personal Computer

Eines der ersten Teams, das ein komplettes System um den 8008 herum baute, war das von Bill Pentz an der California State University, Sacramento. Der Sac State 8008 war möglicherweise der erste echte Mikrocomputer mit einem Diskettenbetriebssystem, das mit IBM Basic-Assembler im PROM erstellt wurde und ein Farbdisplay, eine Festplatte, eine Tastatur, ein Modem, ein Audio-

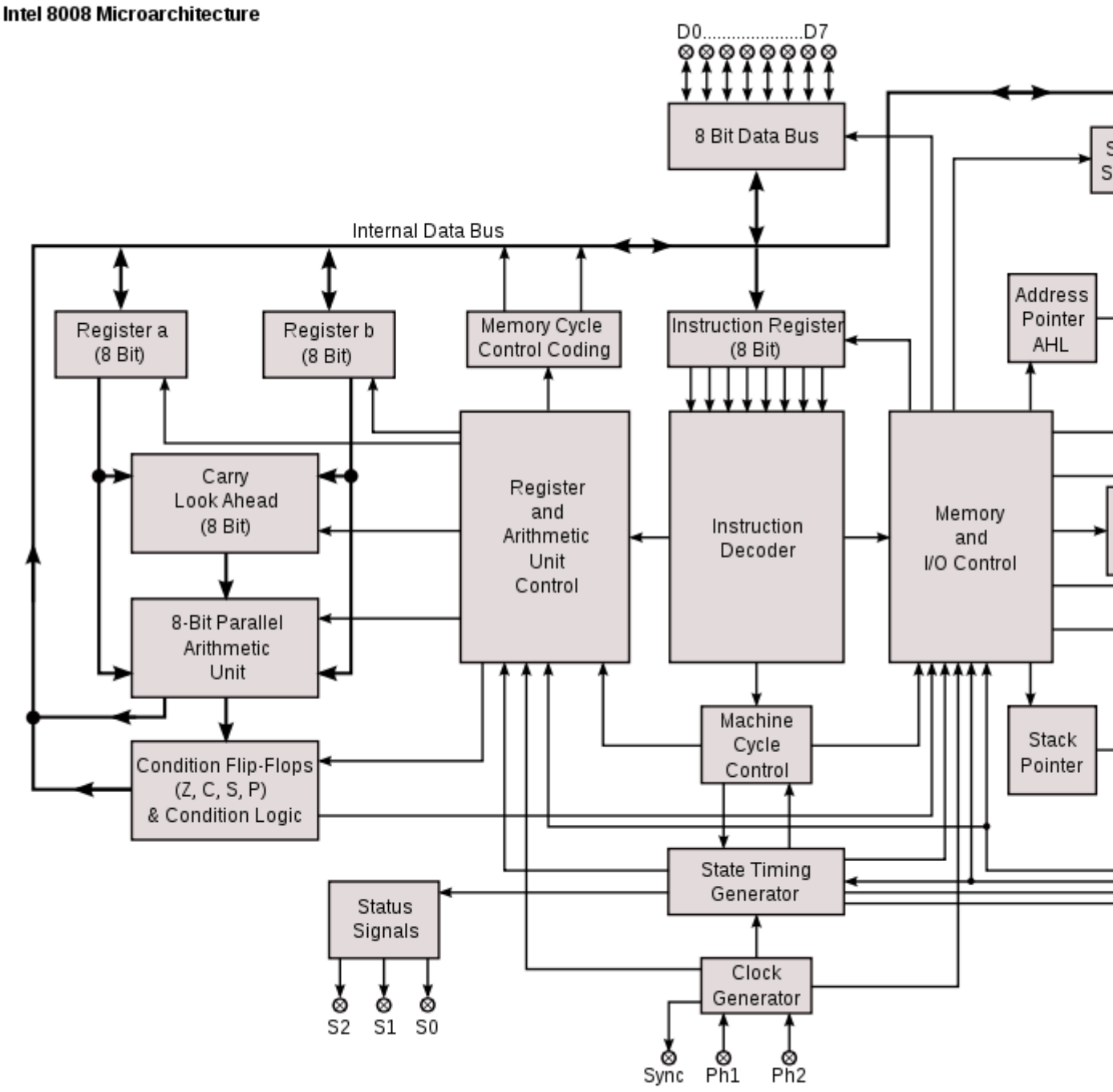
/Papierbandlesegerät und einen Drucker ansteuerte.

In Großbritannien baute ein Team von S. E. Laboratories Engineering (EMI) unter der Leitung von Tom Spink 1972 einen Mikrocomputer, der auf einem Vorabmuster des 8008 basierte. Joe Hardman erweiterte den Chip um einen externen Stack. Dies ermöglichte u. a. die Speicherung und Wiederherstellung bei Stromausfällen.

Der 8008 war die CPU für die allerersten kommerziellen PCs, die keine Rechner waren (mit Ausnahme des Datapoint 2200 selbst) den amerikanischen SCELBI-Bausatz und die vorgefertigten französischen Micral N und kanadischen MCM/70. Er war auch der steuernde Mikroprozessor für die ersten Modelle der 2640er Familie von Computerterminals von Hewlett-Packard. Kurz gesagt: Ein richtig großer Erfolg! Der Prozessor wurde noch bis 1983 gefertigt.

Das Design

Da der 8008 für die Entwicklung von PCs und Prozessoren gleichermaßen bedeutend war, lohnt sich ein genauerer Blick darauf. Er wurde in 10 ?m Silizium-Gate-Enhancement-Mode PMOS-Logik implementiert. Die ersten Versionen konnten mit Taktfrequenzen von bis zu 0,5 MHz arbeiten. Später wurde diese Frequenz beim 8008-1 auf ein spezifiziertes Maximum von 0,8 MHz erhöht. Zur Einordnung: Der Intel 4004 konnte ebenfalls 0,5 MHz. Der 6502 Prozessor von MOS Technology (den nehmen wir im nächsten Teil unter die Lupe) kam 1975 raus und schaffte 1 MHz.

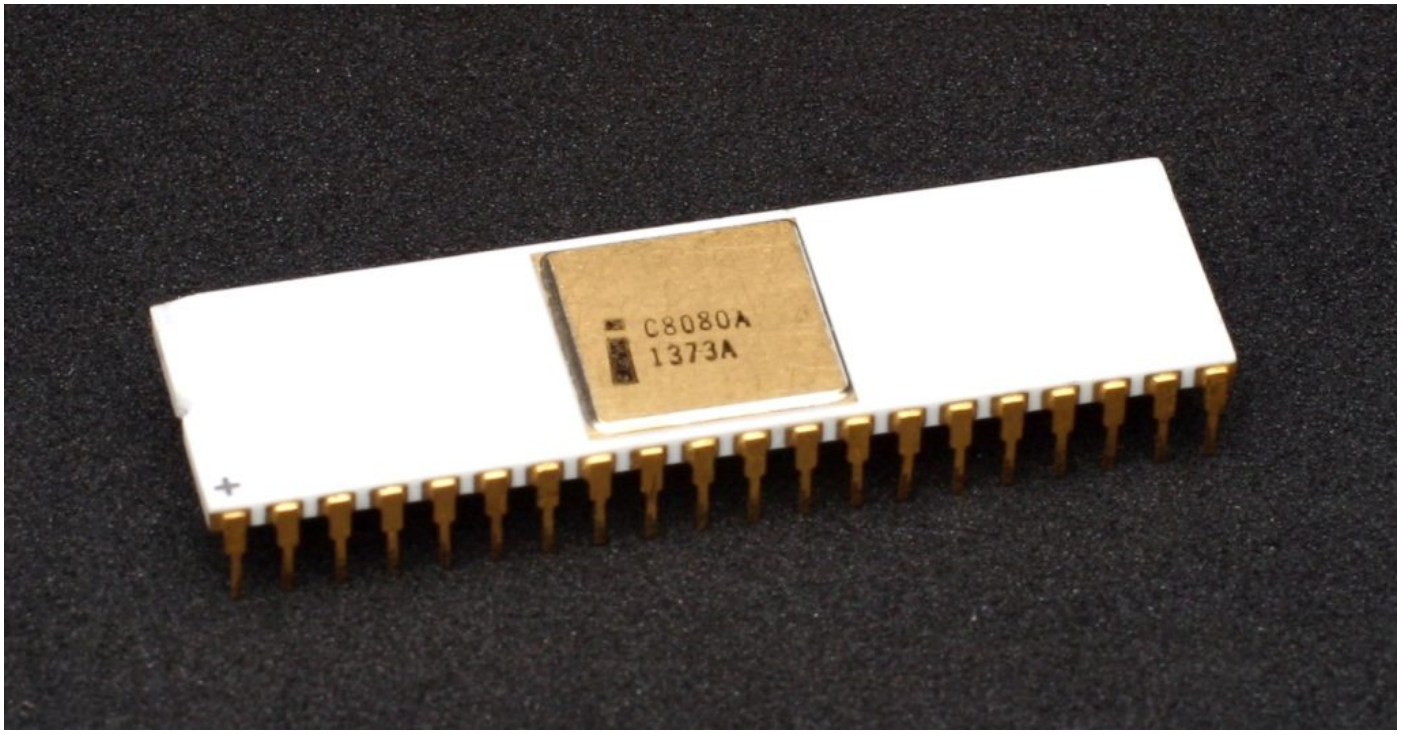


Die Architektur des 8008. Bild: Wikipedia

Befehle benötigen zwischen 5 und 11 T-Zustände, wobei jeder T-Zustand 2 Taktzyklen entspricht. Register-Register-loads und ALU-Operationen dauern 5T (20 ?s bei 0,5 MHz), Register-Speicher 8T (32 ?s), während Aufrufe und Sprünge (wenn sie ausgeführt werden) 11 T-Zustände (44 ?s) benötigen. Der 8008 ist in Bezug auf die Anzahl der Befehle pro Sekunde (36.000 bis 80.000 bei 0,8 MHz) etwas langsamer als die Intel 4004 und 4040. Aber da der 8008 Daten mit jeweils 8 Bits verarbeitet und auf wesentlich mehr Arbeitsspeicher zugreifen kann, hat er in den meisten Anwendungen einen deutlichen Geschwindigkeitsvorteil gegenüber diesen Prozessoren. Er verfügt über 3.500 Transistoren.

Externe Unterstützung

Der Chip (begrenzt durch seinen 18-poligen DIP) hat einen einzigen 8-Bit-Bus und erfordert eine beträchtliche Menge an externer Unterstützungslogik. So muss beispielsweise die 14-Bit-Adresse, die auf „16 K × 8 Bits Speicher“ zugreifen kann, von einem Teil dieser Logik in ein externes Speicheradressregister (MAR) eingeklinkt werden. Der 8008 kann auf 8 Eingangsports und 24 Ausgangsports zugreifen.



Der Intel 8080 Prozessor. Foto: Wikipedia

Für den Einsatz in Controllern und CRT-Terminals ist dies ein akzeptables Design, doch für die meisten anderen Aufgaben ist es eher umständlich, zumindest im Vergleich zu den nächsten Generationen von Mikroprozessoren. Einige frühe Computerentwürfe basierten auf diesem Prozessor, aber die meisten verwendeten stattdessen den späteren und stark verbesserten Intel 8080, zu dem wir gleich kommen.

Im Überblick

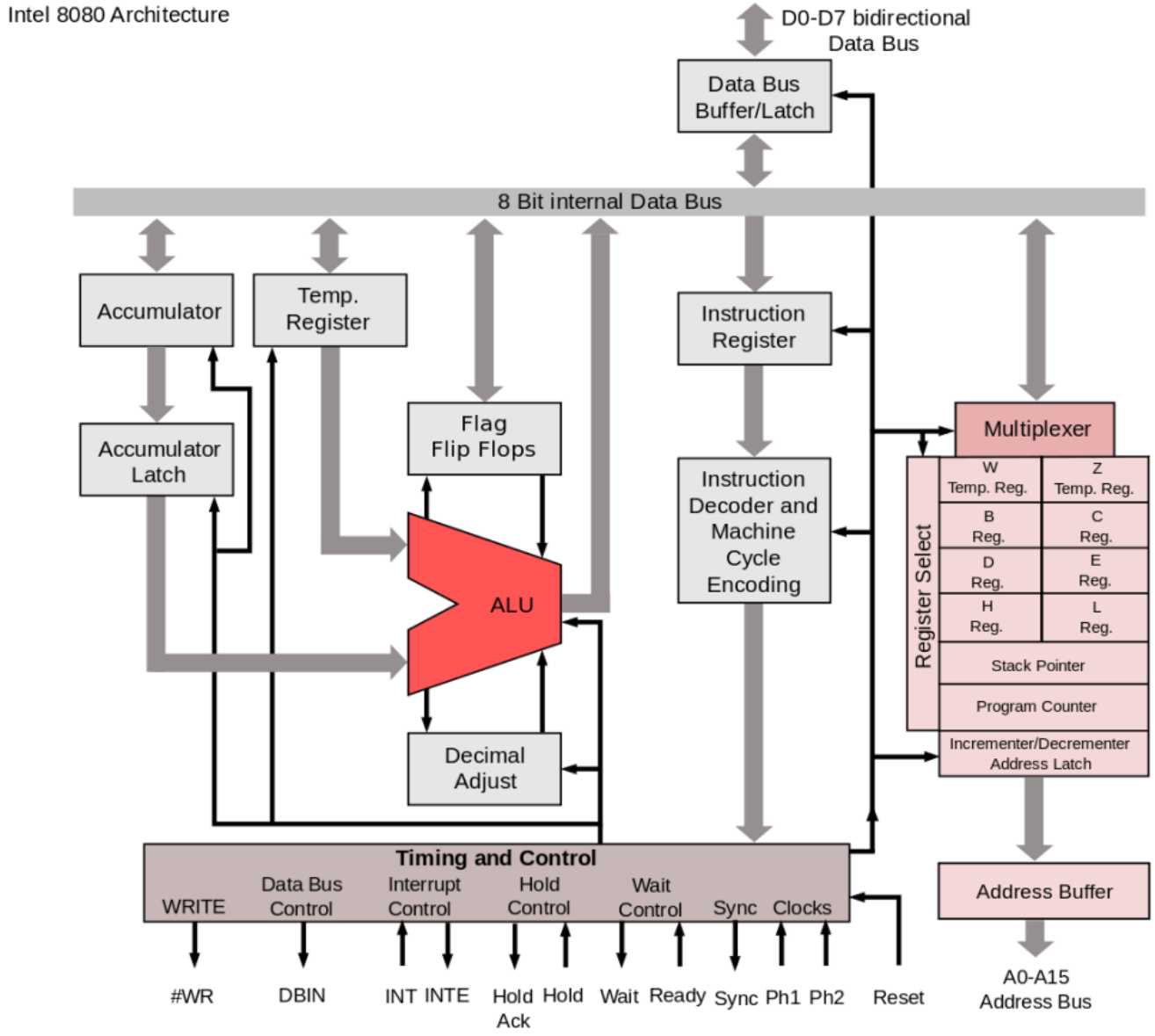
Die 8008-Architektur umfasst die folgenden Merkmale:

- Sieben 8-Bit-“Scratchpad“-Register: Der Hauptakkumulator (A) und sechs weitere Register.
- 14-Bit-Programmzähler.
- Siebenstufiger Push-Down-Adressaufrufstapel. Acht Register werden tatsächlich verwendet.
- Vier Bedingungscode-Statusflags: Übertrag, gerade Parität, Null und Vorzeichen.
- Indirekter Speicherzugriff unter Verwendung der H- und L-Register (HL) als 14-Bit-Datenzeiger (die oberen beiden Bits werden ignoriert).

Der 8008 war eine deutliche Verbesserung zum 4004, auch wenn er rein von der Taktfrequenz her kein großer Wurf war. Es gab einige Nachahmer des Prozessors, aber aufgrund der Designschwächen schlug Intel einen anderen Weg ein.

Plus 72

Der 8080 gilt offiziell als der zweite von Intel entwickelte und hergestellte 8-Bit-Mikroprozessor, auch wenn wir nun wissen, dass dies nicht so ganz stimmt. Er erschien erstmals im April 1974 (genau 2 Jahre nach dem 8008) und ist eine erweiterte und verbesserte Variante des früheren 8008-Designs, allerdings ohne binäre Kompatibilität.



Die Architektur des 8080. Bild: Wikipedia

Die anfänglich festgelegte Taktrate oder Frequenzgrenze betrug 2 MHz, wobei die üblichen Befehle 4,

5, 7, 10 oder 11 Zyklen verwenden. Dadurch ist der Prozessor in der Lage, mehrere hunderttausend Befehle pro Sekunde auszuführen. Das war ein deutlicher Sprung zum Vorgänger.

Zwei schnellere Varianten, der 8080A-1 (manchmal als 8080B bezeichnet) und der 8080A-2, wurden später mit Taktfrequenzen von 3,125 MHz bzw. 2,63 MHz auf den Markt gebracht.

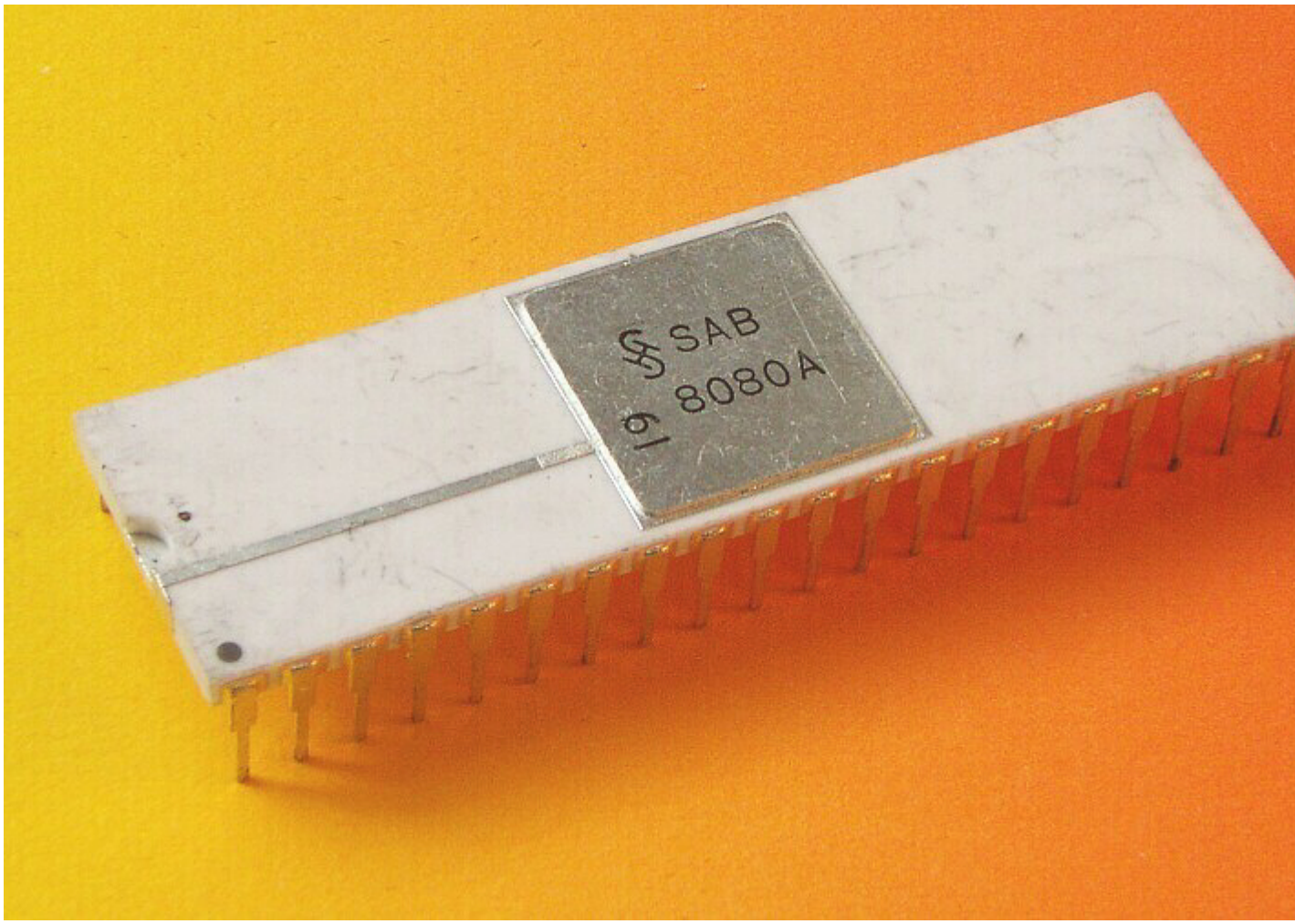
Alleine geht es nicht

Der 8080 benötigt zwei Unterstützungschips, um in den meisten Anwendungen zu funktionieren: den i8224-Taktgenerator/Treiber und den i8228-Buscontroller. Er ist in N-Typ-Metalloxid-Halbleiter-Logik (NMOS) implementiert und verwendet nicht gesättigte Anreicherungstransistoren als Lasten, so dass er zusätzlich zu den mit der Transistor-Transistor-Logik (TTL) kompatiblen +5 V eine Spannung von +12 V und -5 V benötigt.

Obwohl frühere Mikroprozessoren häufig in Massengeräten wie Taschenrechnern, Registrierkassen, Computerterminals, Industrierobotern und anderen Anwendungen eingesetzt wurden, war der 8080 in einem breiteren Spektrum von Anwendungen erfolgreicher und wird weitgehend für den Beginn der Mikrocomputerindustrie verantwortlich gemacht.

Populär

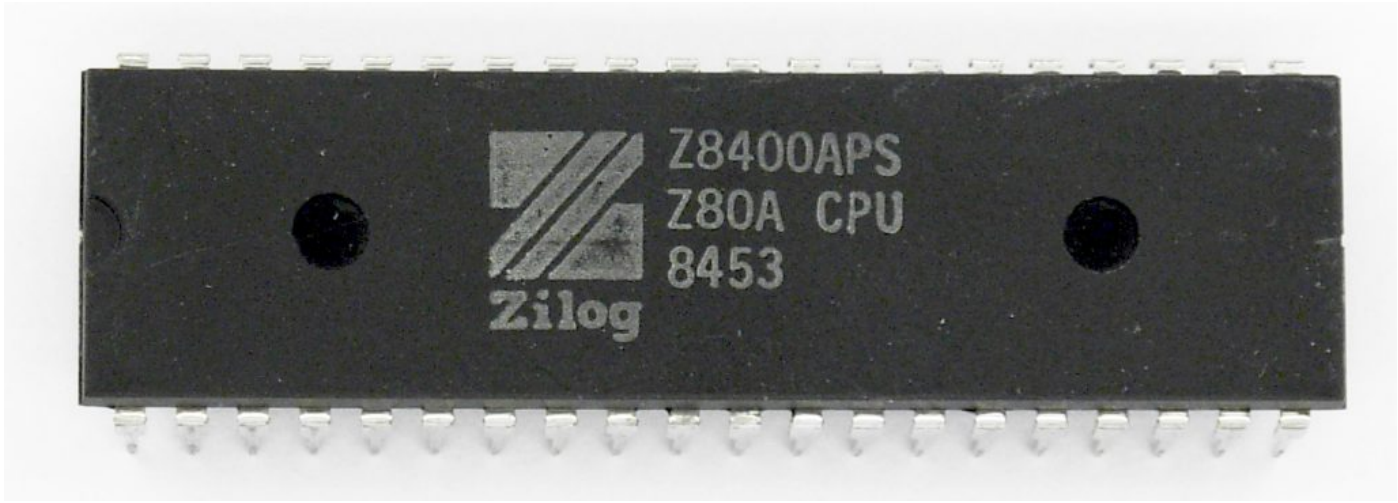
Mehrere Faktoren trugen zu seiner Popularität bei. Sein 40-Pin-Gehäuse erleichterte die Schnittstellenanbindung im Vergleich zum 18-Pin 8008 und machte seinen Datenbus effizienter. Seine NMOS-Implementierung ermöglichte schnellere Transistoren als die der P-Typ-Metalloxid-Halbleiter-Logik (PMOS) 8008, vereinfachte aber auch die Schnittstellenanbindung, da er TTL-kompatibel war. Es war eine größere Auswahl an Unterstützungschips verfügbar. Sein Befehlssatz wurde im Vergleich zum 8008 verbessert und sein voller 16-Bit-Adressbus (im Gegensatz zum 14-Bit-Bus des 8008) ermöglichte den Zugriff auf 64 KB Speicher, viermal mehr als der 8008 mit seinen 16 KB!



Ein Nachbau: Siemens SAB8080. Foto: Wikipedia

Er wurde im Altair 8800 und den nachfolgenden S-100-Bus-Personalcomputern eingesetzt, bis er in dieser Rolle durch den Z80 ersetzt wurde, und war die ursprüngliche Ziel-CPU für die von Gary Kildall entwickelten CP/M-Betriebssysteme.

Der 8080 hatte direkten Einfluss auf die spätere x86-Architektur. Intel hat den 8086 so konzipiert, dass seine Assemblersprache dem 8080 so ähnlich ist, dass die meisten Anweisungen direkt aufeinander abgebildet werden, so dass transpilierter 8080-Assemblercode auf dem 8086 ausgeführt werden kann.



Zilog Z80. Foto: Wikipedia

Ein Traum für Programmierer?

Intel hat die zwei Jahre gut genutzt. Sie merzten einen Großteil der Designschwächen des Vorgängers aus, behielten aber ein paar Eigenschaften. Obwohl er weder quellcode- noch binärcodekompatibel mit seinem Vorgänger ist, gibt es für jeden Befehl des 8008 einen entsprechenden Befehl im 8080. Das machte den Umstieg für Programmierer ziemlich einfach.

Der 8080 fügt außerdem 16-Bit-Operationen in seinen Befehlssatz ein. Während der 8008 die Verwendung des HL-Registerpaars für den indirekten Zugriff auf den 14-Bit-Speicherbereich erforderte, wurden beim 8080 Adressierungsmodi hinzugefügt, die den direkten Zugriff auf den vollen 16-Bit-Speicherbereich ermöglichen. Der interne 7-stufige Push-Down-Call-Stack des 8008 wurde durch ein dediziertes 16-Bit-Stack-Pointer-Register (SP) ersetzt. Das 40-polige DIP-Gehäuse des 8080 ermöglicht die Bereitstellung eines 16-Bit-Adressbusses und eines 8-Bit-Datenbusses, was den Zugriff auf 64 KiB (216 Byte) Speicher möglich macht.

Revolution?

Der 8080 veränderte die Art und Weise, wie Computer entwickelt wurden. Als er eingeführt wurde, wurden Computersysteme normalerweise von Computerherstellern wie der Digital Equipment Corporation, Hewlett Packard oder IBM entwickelt. Ein Hersteller produzierte den gesamten Computer, einschließlich Prozessor, Terminals und Systemsoftware wie Compiler und Betriebssystem. Der 8080 war für fast jede Anwendung geeignet, außer für ein komplettes Computersystem. Hewlett Packard entwickelte die HP 2640-Serie von intelligenten Terminals auf der Grundlage des 8080. Der HP 2647 ist ein Terminal, auf dem die Programmiersprache BASIC auf dem 8080 läuft. Das Gründungsprodukt von Microsoft, Microsoft BASIC, wurde ursprünglich für den 8080 programmiert (siehe Teil 2).

Aus dem 8080 und dem 8085 ging der 8086 hervor, der als quellcodekompatible, wenn auch nicht binärkompatible Erweiterung des 8080 konzipiert war. Aus diesem Design wiederum ging später die x86-Chipfamilie hervor, die nach wie vor Intels wichtigste Prozessorserie darstellt. Viele der zentralen Maschinenbefehle und Konzepte des 8080 haben in der weit verbreiteten x86-Plattform überlebt. 8080-Assemblercode kann immer noch direkt in x86-Befehle übersetzt werden, da alle Kernelemente

weiterhin vorhanden sind.

Zwischenstopp

Wir haben bereits eine ganz schöne Reise hinter uns. Im zweiten Teil schauten wir auf die Historie von IBM und die Entwicklung des PCs. Im dritten Teil nahmen wir uns den 4004 vor und nun kennen wir die kurze Geschichte sowie die technischen Eigenschaften von 8008 und 8080, dem unmittelbaren Vorfahren moderner CPUs.

Bevor wir zur 8086er und 8088er Familie kommen, machen wir in den nächsten Teilen einen Rundumblick. Wir schauen uns den 6502 von MOS Technology. Tauchen in die Geschichte von Commodore ein und nehmen uns den Motorola 68000 vor, um daraufhin zu schauen, was Atari und Amiga für den Endanwender fabrizierten. Schließlich möchten wir möglichst alle Aspekte der Computerhistorie betrachten. Firmen, Hardware, Geräte und deren Verbraucher.

Links

1: Von Adam bis Zuse
2: Die drei großen Buchstaben
3: Kalifornien und Texas erobern die Welt
4: Gleiche Geschwindigkeit bei doppelter Bit-Zahl

5: Die Billig-CPU
6: Computer für die Massen
7: Der Zukunftsprozessor
8: Die Legende des Außerirdischen
9: Eine Freundin für den Geek
10: Siegeszug der 8086er
11: Der elektronische Apfel
12: Der reduzierte Befehlssatz
13: Made in Germany

Date Created
28. Januar 2022
Author
sven