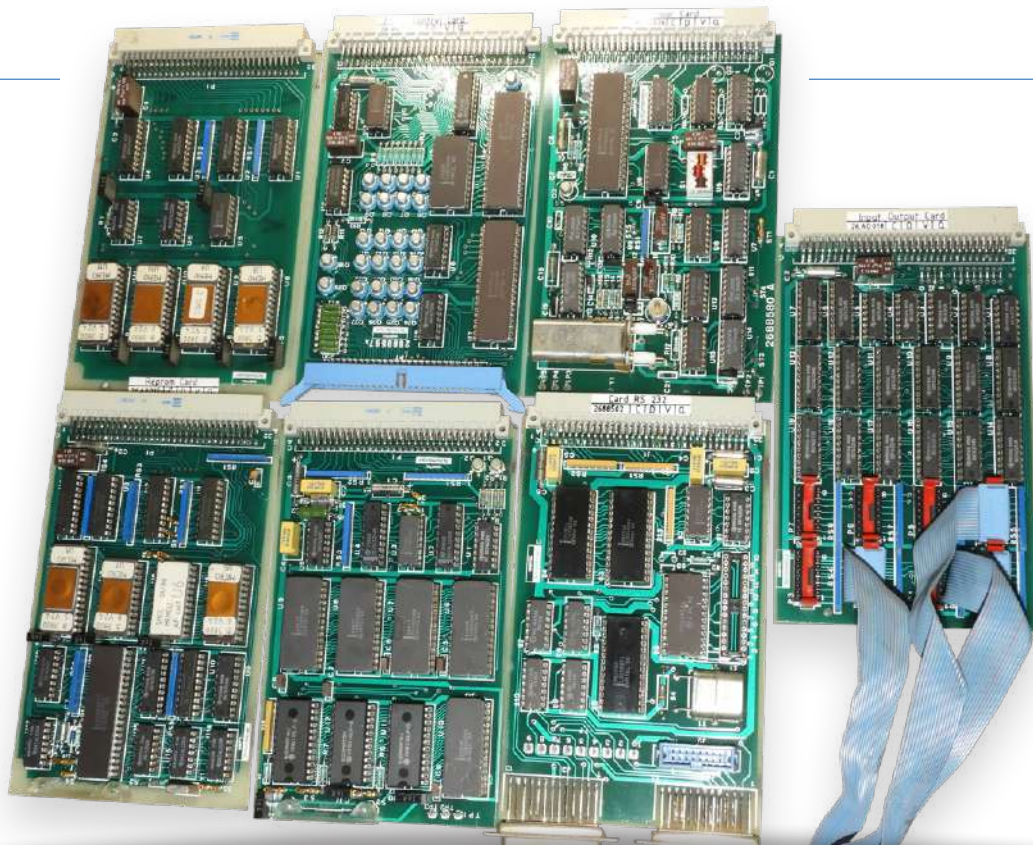




microprocesseurs pour systèmes embarqués

drôle de composants

David Ashton (Australie)

Les électroniciens et les amateurs de l'embarqué ont aujourd'hui l'embarras du choix en ce qui concerne la puissance de calcul, grâce à la vaste panoplie de microcontrôleurs proposée. Mais il n'en a pas toujours été ainsi, alors plongeons dans les systèmes embarqués du passé...

Aujourd'hui, même les microcontrôleurs bas de gamme tels que l'AVR ATtiny à 8 broches ont jusqu'à 8 Ko de mémoire flash et jusqu'à 512 octets d'EEPROM et de SRAM. Ensuite, il y a l'offre concernant les périphériques : deux minuteries/compteurs, une interface série, un CA/N à quatre canaux, un chien de garde et un comparateur analogique. Il exécutera votre code à 10 MHz et supportera une large plage de tension d'entrée. En comparaison, la vie des premiers

développeurs de systèmes embarqués était difficile. Ils s'appuyaient sur des microprocesseurs dépourvus de mémoire sur puce (à l'exception des registres) ou de périphériques. Au lieu de cela, toutes ces bonnes choses devaient être ajoutées pour former un système complet.

Cela signifiait qu'il fallait attacher d'autres périphériques au bus du microprocesseur, ce qui était très particulier. Généralement, il y avait 16 bits pour les adresses, ce qui permet-

tait d'avoir 64 Ko de mémoire, et 8 bits pour les données. Il y a ensuite divers signaux de contrôle, tels que les signaux de lecture/écriture et de synchronisation. Toutes les puces périphériques que vous connectez ont principalement une seule fonction. Pour la mémoire, vous incluez une ROM (préprogrammée ou EPROM) et de la RAM, qui doit être dynamique si vous voulez une quantité de mémoire décente. Cela nécessitait des temps de rafraîchissement bigrement compliqués, nécessitant souvent l'emploi d'une puce séparée. Les périphériques étaient également ajoutés séparément. Les timers, compteurs, ports d'entrée/sortie, UART pour la communication série, CA/N, contrôleurs CRT (qui avaient des sorties pour piloter les écrans), et ainsi de suite. Chaque puce était un monstre en deux rangées de 24 à 40 broches, généralement adapté au microprocesseur du même fabri-



Figure 1. Datant du milieu des années 1980, cette carte est équipée d'un microprocesseur 8085. Combinée à six autres cartes (voir l'en-tête de l'article), elle est devenue aussi complète que les microcontrôleurs d'aujourd'hui !

cant, fonctionnant à un maximum de 4 MHz. Mais, le plaisir ne s'arrêtait pas là. Viennent ensuite les circuits intégrés logiques de base pour le décodage et la mise en mémoire tampon, connus sous le nom de logique de liaison. Les puces logiques programmables, telles que les GAL, les PAL et les UAL, étaient populaires pour cette tâche, mais parfois les fabricants intégraient cette fonctionnalité dans des puces personnalisées dédiées.

Intel a ouvert le bal en 1974 avec le vénérable 8080, dont on peut dire qu'il a annoncé le véritable début de l'ère des microprocesseurs. Il avait besoin de l'assistance de deux puces, le générateur d'horloge 8224 et le contrôleur de bus 8228. Fait inhabituel pour les ingénieurs d'aujourd'hui, il nécessitait également des alimentations de ± 5 V et de +12 V. Les versions ultérieures, comme le 8085 (figure 1), n'avaient besoin que d'une alimentation de +5 V. Cependant, il était plus complexe en raison de son étrange schéma de multiplexage de bus. Cela nécessitait une logique de liaison supplémentaire, bien qu'une ligne de puces périphériques 8085 dédiées était disponible. Pendant le développement, les programmes étaient stockés dans des EPROM UV, mémoires mortes programmables effaçables par exposition aux rayons ultraviolets. Grâce à une petite fenêtre au-dessus de la puce, le contenu pouvait être effacé à l'aide d'un effaceur d'EPROM, une boîte avec une ampoule UV, une minuterie et un plateau coulissant pour l'EPROM. La lumière UV effaçait le contenu en 20 à 30 minutes. Ensuite, elle pouvait être reprogrammée à l'aide d'un programmeur d'EPROM branché sur le port série ou parallèle de votre PC. Je ne sais pas comment on procédait avant l'avènement des PC ! Cependant, je me souviens d'avoir vu des programmeurs munis de claviers au format hexadécimal entrer des données dans chaque emplacement de mémoire...

La programmation se faisait en code machine, en entrant des valeurs hexadécimales dans chaque emplacement de mémoire. L'autre option était le langage assembleur qui utilisait des mnémoniques pour les opérations et des étiquettes pour les variables et les sections de code. Des

instructions telles que « ADC B » signifiaient « ajouter le contenu du Registre B au Registre A, avec indication de retenue ». Les langages tels que le C n'étaient qu'une lueur dans l'œil de leur créateur, même si, avec un peu de chance, vous pouviez obtenir un interpréteur BASIC. Si votre programme ne fonctionnait pas ou devait être réécrit, il vous suffisait d'effacer l'EPROM et de recommencer la programmation. Une fois que vous aviez votre programme final, vous pouviez le faire graver sur des mémoires ROM. Ces dernières étaient moins chères, mais il était impossible de les effacer !

D'autres fabricants de microprocesseurs ont également pris le train en marche. Motorola avait son 6800, MOS Technology le 6502 et National Semiconductor le SC/MP. Certains anciens concepteurs d'Intel ont formé Zilog, qui a proposé le Z80 (figure 2), une sorte de 8080 de luxe. La plupart de ces puces ont été utilisées dans les premiers ordinateurs personnels, tels que les Sinclair ZX80/81 et Spectrum (Z80), le Commodore 64 (variante 6502), et bien d'autres. Le projet SC/MP d'Elektor datant de 1978 est un autre bon exemple [1].

En 1980, Intel a introduit le 8051. Celui-ci disposait d'une petite quantité de ROM (parfois EPROM) et de RAM, mais aussi de quatre ports 8 bits, d'un UART et de deux compteurs/timers. Avec tout cela dans un seul système, on peut dire que c'est là que l'ère des microcontrôleurs a commencé. Le reste, comme on dit, appartient à l'histoire. L'architecture 8051 est toujours utilisée aujourd'hui, mais avec beaucoup plus de fonctions périphériques que ses ancêtres, tout en se débarrassant des bus et de la logique d'interconnexion du passé.

Le 8051 et les dispositifs 68xx de Motorola ont donné naissance à la gamme riche et polyvalente de microcontrôleurs que nous connaissons et aimons aujourd'hui : AVR, PIC, et une multitude d'autres basés sur ARM, donnant naissance à des cartes comme Arduino et Raspberry Pi. Intel a transformé

le 8085 en 8086 sur 16 bits, utilisé dans le premier PC XT d'IBM, puis en 80286, 80386, 80486 et les Pentiums qui sont encore utilisés dans les PC aujourd'hui. Il convient de noter que les ordinateurs monocartes à base de microprocesseurs étaient encore courants jusque dans les années 1990, plutôt que les microcontrôleurs.

Lorsque le 8080 est sorti, j'avais tout juste 18 ans et je me souviens d'avoir lu des articles à son sujet dans les magazines d'électronique de loisir de l'époque. J'ai eu la chance de travailler sur des équipements à microprocesseur au début de ma carrière, ce qui était passionnant. Mes fonctions étaient axées sur un peu de programmation et beaucoup de recherche de pannes. J'ai eu la chance de suivre cette technologie tout au long de ma carrière, et elle m'a toujours fasciné. Comparés aux microcontrôleurs d'aujourd'hui, les anciens microprocesseurs étaient certes particuliers, mais travailler dessus était toujours très amusant. ◀

VF : Laurent Rauber — 230047-04



Figure 2. Le Z80 de Zilog était un autre cheval de bataille des premiers systèmes embarqués. Il est ici accompagné d'un contrôleur d'E/S série (SIO) et d'un circuit compteur/timer (CTC).

LIENS

[1] J. Buiting, « SC/MP Computer d'Elektor », circuits de vacances 2022, Elektor : <https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-264/60879>