

組込みシステム概論 第2回

第2章 組込みシステムの歴史 Part2

1

目次

2.1 コンピュータの発展経緯を知る意味	2.8機械式計算機
2.2 コンピュータ発展経緯による分類	2.9 プログラム内蔵方式コンピュータ
2.3 計算道具	2.10ネットワーク
2.4 計算補助具	2.11マイクロプロセッサの発明
2.5 計算の道具	
2.6 機械計算道具	
2.7 計算道具，機械計算道具のその後	

2

2.8 機械式計算機

2.8.1 プログラムの発明

頭の中にある計算の手順
機械/コンピュータに植込む一般的方法

すなわち**プログラムの発明**
バベッジは「**コンピュータの父**」

3

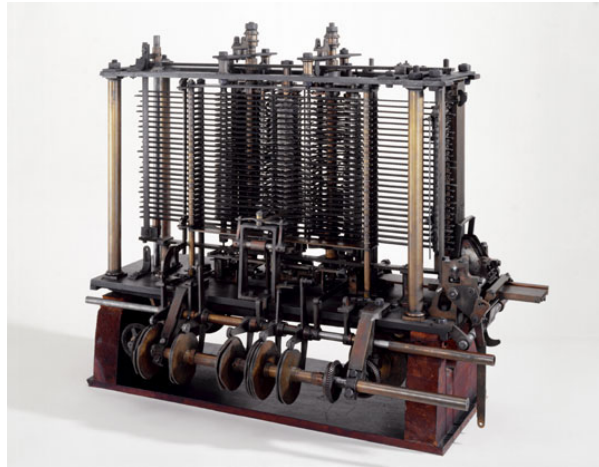
2.8.2 バベッジの解析機関

表2.3解析機関と現代コンピュータとの比較

機能	現代コンピュータ (半導体,電子部品)	解析機関 (歯車,系,てこ)
CPU部	プログラム実行部(制御部) 演算部(ALU),レジスタ	カード読取機から系による制御 加減乗除部
記憶部	プログラム部,データメモリ RAM,ROM	レジスタの集まり 必要桁を持つ歯車
入出力部	入力ポート 出力ポート	カード読取機;命令カード 操作(転送)カード,データカード カード穿孔機(演算結果) 印刷装置
外部バス部	データ,アドレス,制御バス	個別の機能部の増設で対応

4

バベッジの解析機関



引用：英国サイエンスミュージアム
<http://www.sciencemuseum.org.uk/images/i030/i0297676.aspx>

5

2.8.3 ホレリスのパンチカード式統計機械

米国の国勢調査の集計に使用
9年の集計作業を2年に短縮
1886年発明

パンチカードは
1980年代まで現役



(a) 統計機械



(b) カードパンチ

図2.16 ホレリスの統計機械[10]

6

2.8.4 リレー、真空管による機械計算機

76500個の部品，数100kmの電線
全長16m，高さ2.4m，奥行60cm，4.5t
1944年



プログラムは穿孔した
紙テープ媒体を使用

3,500個のリレー
35,000個の接点
2,225個のカウンタ
1,464個のスイッチ
78個の加算機
精度は23桁

図2.17 ハーバードマークI，IBM ASCC [13]

7

2.9 プログラム内蔵方式コンピュータ

EDSAC(1949)の成功要因

1. プログラム処理（開発費不足のため）
2. メモリ（水銀遅延線で実現）
3. 2進数（真空管数を削減）

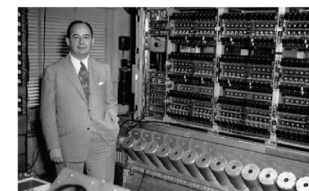


図2.18 ノイマン



図2.19 ウィルクス
EDSACの水銀槽メモリ[19]

8

EDSAC(1949)の貢献

- プログラム（ソフトウェア）に関する発明
 - プログラムライブラリとプログラム
 - ライブラリ教科書
 - サブルーチン
 - 初期入カルーチン（IPL）
 - リンケージプログラム
- ハードウェアに関する発明
 - プログラム内蔵方式アーキテクチャの発明と実現
 - マイクロプログラム（micro-program）
 - PLA(Programmable Logic Array)

現在に続くコンピュータ・
アーキテクチャの確立

9

2.10 ネットワーク

2.10.1 コンピュータの性能向上

ネットワークの歴史は案外古い

米国の半自動防空システムSAGEに使用（1958年）



- ネットワーク接続対象
12のレーダー基地
- 同時追跡の可能数
300機の航空機

図20 半自動防空システムSAGE:1958年

防空システム用ネットワークコンピュータ
<https://www.youtube.com/watch?v=iCCL4INQcFo>

10

2.10.3 コンピュータネットワーク

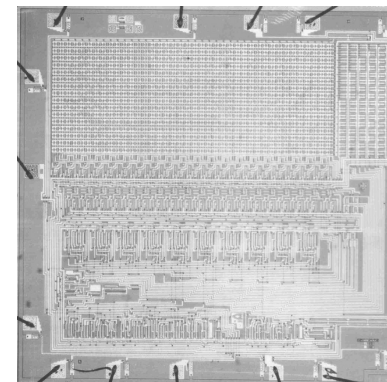
- 核戦争にも耐えうる通信システムとして開発
- 複数ネット接続で頑健なシステムを実現
- アメリカ国防総省の高等研究計画局(ARPA:
Advanced Research Projects Agency)
- **ARPANET**の運用開始(1969)
 - 現在のインターネットの始まり
 - クラウドコンピューティング
 - センサネットワーク

11

2.11 マイクロプロセッサの発明

Garrett AiResearch社 MP944 (1970年)

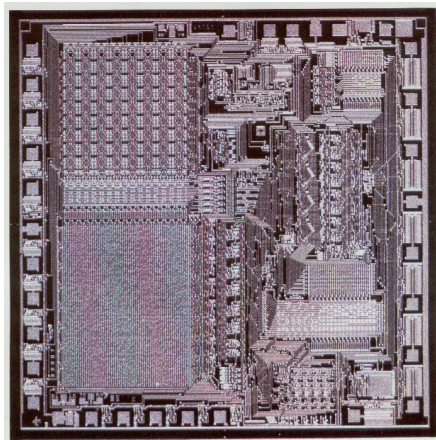
F14戦闘機用に開発



引用: <http://www.firstmicroprocessor.com/>
https://en.wikipedia.org/wiki/Grumman_F-14_Tomcat

12

2番目のマイクロプロセッサ TI(Texas Instruments)社 TMS1802



1971年11月
電卓用に開発



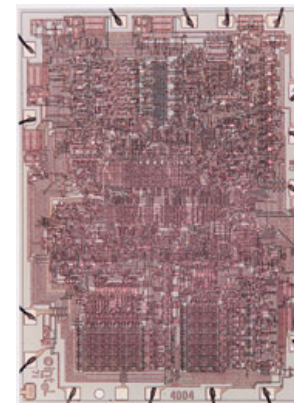
1971
TMS 1000

引用: <http://www.datamath.org/Story/Intel.ht>

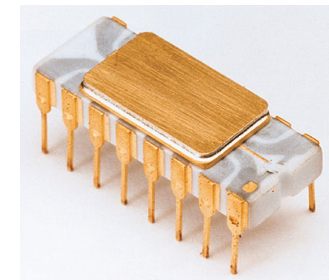
<https://www.youtube.com/watch?v=cVD5qKIY6ZM>

13

3番目のマイクロプロセッサ intel 4004



1971年11月
電卓用に開発



1971
Intel® 4004 - 740KHz / 10-micron

1972 - Die Shot

Intel® 4004 - 740KHz / 10-micron

引用: <http://newsroom.intel.com/docs/DOC-2383>

2.12.2 第1期「機器への初めてのコンピュータ応用」1970～1980年

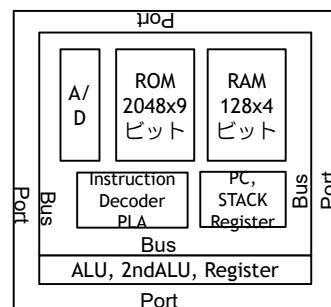
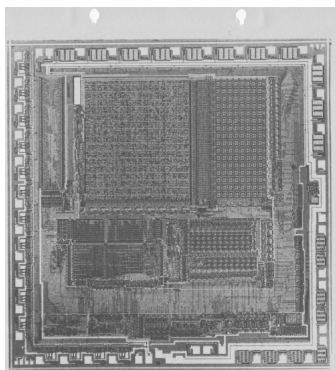


図2.21 ADコンバータ内蔵MCU
(M58840-xxxp三菱電機製)

15

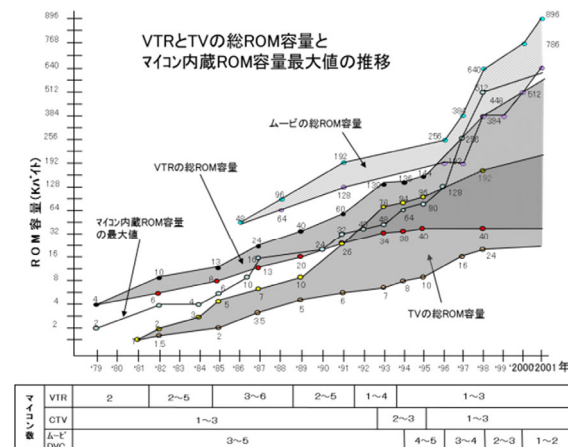


図2.22 VTR,テレビのMCUのプログラムROMの容量拡大

16

2.12.3 第2期「役に立つマイクロプロセッサ」1981～1990年

	高速 FPU (MIPS)	JOG 機能	オート リセット	サーボ	本体 システム 制御	チップ 保護	外部 メモリ	レベル シフト	マルチ タスク	タイマ 機能	入力 ポート	出力 ポート	OSD 機能	OSD ハード	不揮発 メモリ	その他	マイ コン	IC 数
1976																	1	1
1979																	2	1
1980																	2	2
1981																	2	3
1982																	2	4
1983																	5	4
1984																	3	5
1985																	5	3
1986																	5	3
1987																	5	3
1988																	7	3
1989																	5	2
1990																	4	2
1991																	3	2
1992																	2	3
1993																	2	2
1994																	2	1

図2.23 VTR(据置)における機能向上とMCUの統合化
[32]

17

2.12.4 第3期「マイクロプロセッサに制御回路内蔵」1991～2000年

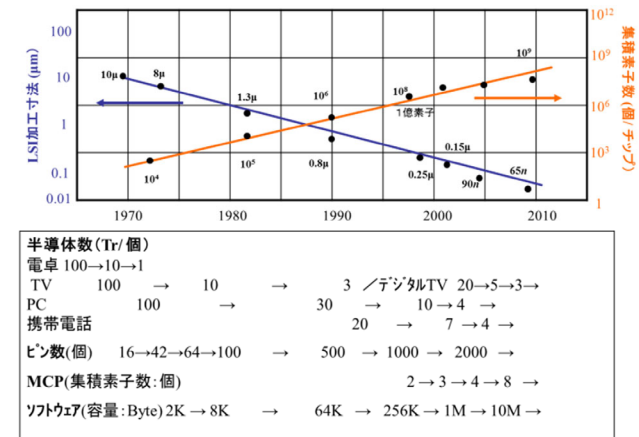


図2.24 LSI加工寸法と集積素子数(1970～2010)

18

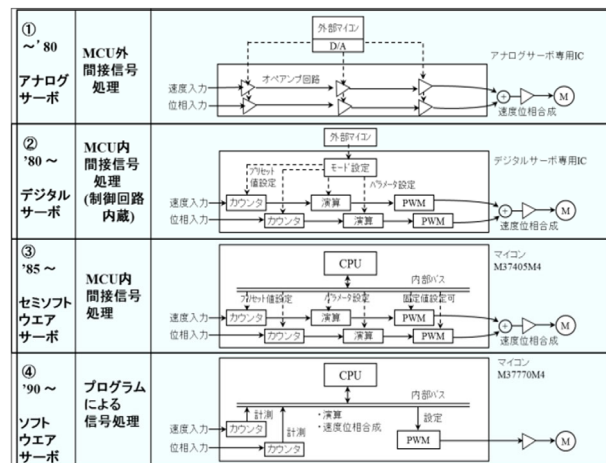


図2.26 MCUによる制御方式の革新

19

2.12.5 第4期「マイクロプロセッサからSOCへ」2001～2010年

マルチマイクロプロセッサ
マルチMPU

システムオンチップ
SOC (System On Chip)

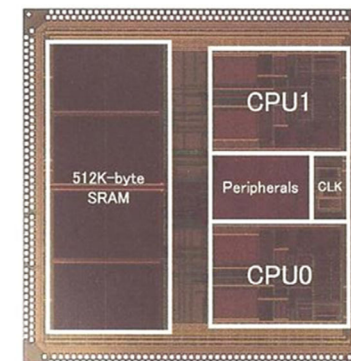


図2.27 32ビットマルチプロセッサ

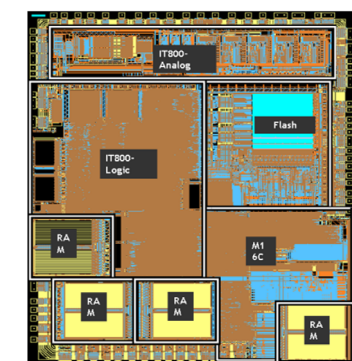


図2.28 SOC PLC用LSI

20

第2章 学習のポイント まとめ

- 組込みシステムはコンピュータが組込まれた機器やシステムの総称
- 組込まれているのはマイクロプロセッサ
- コンピュータ及び組込みシステムの発展経緯を知る意味
- コンピュータ発展経緯による分類
- 組込みシステムの今後の展開方向はなにか

演習問題

教科書49ページの設問1,2,3,5に答えよ

設問1 組込みシステムとそれ以外のコンピュータ応用機器やシステムを5例示せ。そしてその分類の定義をまとめよ

設問2 コンピュータ、組込みシステムの発展経緯を知る意味を示せ

設問3 EDSAC 開発者のウィルクスのコンピュータにおける貢献をまとめよ

設問5 今後組込みシステムはMCU よりどのような影響を受けるか説明せよ