

知られざる車載マイコン徹底解剖

——世間の常識，自動車の非常識

杉山弘幸

自動車を制御するシステムの電子化と半導体技術の進歩によって、自動車における半導体市場は年率10%近い成長率を達成している。搭載される半導体は多様化しているが、使われている場所やその中身の詳細についてはあまり知られていない。本稿では、車載マイコンに焦点を絞り、その技術の詳細と動向を解説する。
(編集部)

自動車に使われるマイコンが世界で初めて開発されたのは1977年で、場所は米国テキサス州のAustinでした。それは、米国General Motors社向けの、エンジンの点火時期制御のためのカスタム・マイコンとして誕生しました。

当時は、テープアウト直前の最終検証で設計技術者や設計マネージャが、色鉛筆を片手に回路やレイアウトを追うという時代でした(図1)。また、最初のシリコンの評価のときは、工場長までもが後ろに立って見守っており、正しく動作していることが確認されると“Congratulations!”と

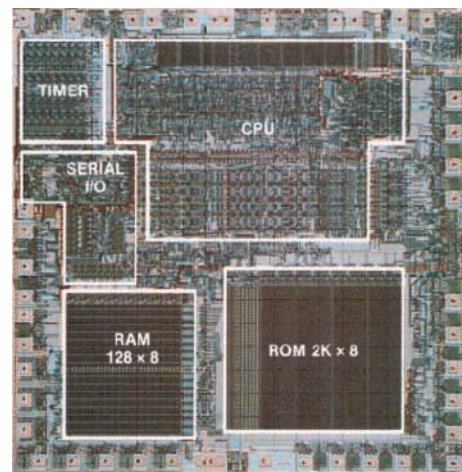
言って握手をしてくれるという、ほのぼのとした時代でもありました。

翌年の1978年には、そのCPUコアをベースとした1チップ・マイコン「MC6801」が開発されました(写真1)。ROMが2,048バイト、RAMが128バイト、それに16ビット・タイマと非同期通信ポートを内蔵し、動作クロックは2MHzというとてもシンプルな機能でした。プロセス技術(設計ルール)は5 μ mでした。それでも当時は、初の6800系のCPUコアを持ち、自動車向けの周辺機能とメモリを載せた1チップ・マイコンとして、一世をふうびしたそうです。また、この限られたハードウェアを限界まで使いこなす制御ソフトウェアの達人が活躍を始めたのもこのころです。

それから25年あまりが過ぎましたが、自動車システムの電子化と半導体技術の進歩によって、ますます自動車にお

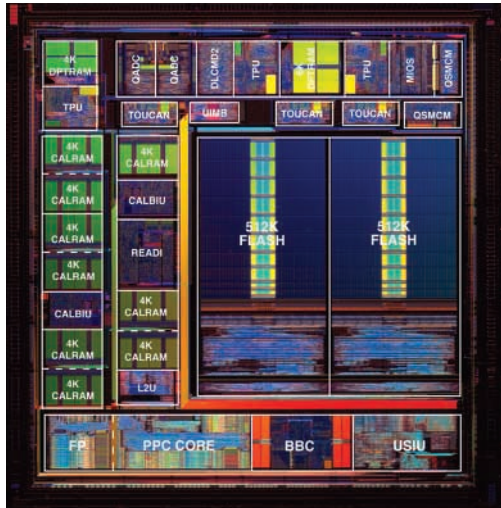


〔図1〕世界で初めての自動車用カスタム・マイコンの開発
ひざをついてプロットを追っているのが、MC6801の設計者(オリジネータ)であるPern Shaw氏。Gary Danniell氏は、モトローラ・マイコンの父と呼ばれた人物である。



〔写真1〕世界初のエンジン制御用1チップ・マイコン(MC6801)
米国Motorola社製。1978年に開発され、車載マイコンとしての要求項目である故障検出率や信頼性項目を満足した。トランジスタ数は4,000。ROMは2Kバイト、RAMは128バイト、5 μ mルールのNMOSプロセスで製造した。動作周波数は2MHz。

2



〔写真2〕 現在量産中のエンジン制御用マイコン (MPC565)

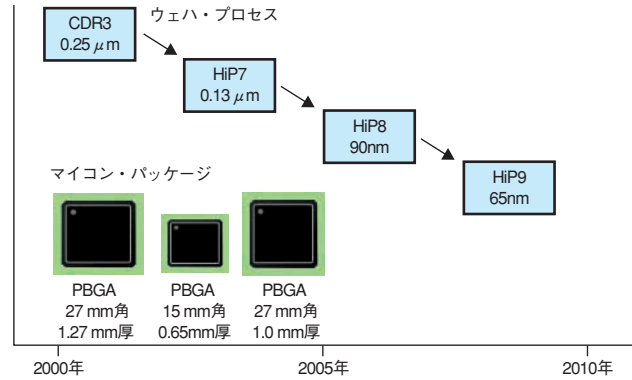
Motorola社製。2002年第2四半期より量産されている。フラッシュ・メモリを1Mバイト内蔵する。PowerPC ISAコアと浮動小数点ユニットを備えており、RAMを36Kバイト持つ。動作周波数は56MHz。0.25 μ mルールのCMOSプロセスで製造した。パッケージは388ピンのPBGA。

ける半導体応用分野が広がっています。パワートレイン(動力伝達)系, ボディ(車体)系, 安全走行系, 情報系など, 自動車向けの半導体の市場は年率10%近い成長率で着実に膨らんでいます。自動車に使われる半導体製品の出荷額は, 自動車の電子化に伴って今後もますます増えることが予想されます。その伸び率は, コンピュータなどに使われる半導体に近づくとも言われています。また, デジタル, アナログ, センサなどの要素技術の革新により, 搭載される半導体も多様化しています。

●信頼性を確保しながらの発展

世界初の車載マイコンのメモリ構成は, ROMが2,048バイト, RAMが128バイトでした。それから車載マイコンも大きく進化しました。現在量産中の車載マイコンは, フラッシュ・メモリを1Mバイト, RAMを36Kバイト内蔵しています(写真2)。周辺機能もより車載向けに高性能化し, アナログ・モジュールの機能も格段に進歩しました。この25年間に自動車メーカーや車載機器メーカーの技術要求に従って, 厳しい使用環境における信頼性を確保しながら, 車載マイコンは着実に進化してきました。

ところで, この車載マイコンの進化によってもたらされ



〔図2〕 車載マイコンのプロセスとパッケージ

フラッシュ・メモリなどの不揮発性メモリを搭載した車載仕様のマイコンの試作チップ出荷時期を予測した図。車載マイコンは, データ保持や高温時での書き込み, 不良率などに関する要求水準が高い。パッケージも, 多ピン化によってようやくPBGA (plastic ball grid array) の採用が認められるようになってきた。

たソフトウェア量の増大は, ECU (electrical control unit ; 電子制御ユニット)^{注1}を開発する車載機器メーカーにとって, ソフトウェア開発の手法を変えていく動機にもなっていると聞いています。ソフトウェアの開発工数が増大し, それに伴って記述ライン数が増大する(最近の車両では, 1台当たりに必要なプログラムの記述ライン数は10万行とも言われている)と, 安全性のためのソフトウェア品質をもっとも重視するECU開発担当者にとっては, 管理が難しくなるという面もあると思います。これを克服するための手段として, ソフトウェアのモジュール化と再利用, 制御モデルからの自動コード生成など, 開発効率と品質を高めるためのさまざまな手法が開発されつつあります。

車載マイコンに使われる半導体プロセス技術の予測を図2に示します。-40~+125 $^{\circ}$ Cの動作環境で20年間という信頼性を保証しなければならないという条件のもと, 現在量産中の製品は32ビット系マイコンで0.25 μ m, 8ビット系や16ビット系で0.25 μ m~0.5 μ mが主流になってきています。民生機器向け半導体などと比較すると数年の遅れがありますが, シリコン表面の温度が100 $^{\circ}$ Cを超えた場合の設計(ゲート遅延, 電流リーク量, データ保持など)が指数関数的に難しくなることや, 車載向けとしてのプロセス技術に対する信頼性保証などを考えると, 自然な状況のように思えます。

パッケージについても, プリント基板への実装確認が行

注1: ECUとは, 車両に搭載される制御用の電子回路のことである。制御する対象によって, エンジンECU, ドアECUなどと呼ばれる。