

# YHP社におけるマイクロコンピュータ応用の現状

鬼頭史郎

横河ヒューレット・パッカード(株), 南発部

## 1.) YHP社の現状とマイクロコンピュータとの関連

YHP社(横河ヒューレット・パッカード(株))は(株)横河電機製作所と米国HP社(ヒューレット・パッカード社)との合弁会社であり、HP社の製品の販売および日本における製造業務を行うとともに、YHP社独自の製品南発部門をもち、ここで南発された製品を国内外へ販売している。したがってマイクロコンピュータとの関連についてもYHP社およびHP社での南発製品と関係する。また取り扱っている製品の種類も多岐にわたっているが、ここではYHP社の南発製品と最も関係の深い電子応用測定器へのマイクロコンピュータの応用を中心に取り上げ、他の分野については簡単な紹介を行う。

## 2.) 製品系列別に見たマイクロコンピュータの応用

現在我が社で取り扱っている製品は大略次のように分類されているが、各分野ともにマイクロコンピュータの応用が活潑であり、そのいくつかの例を簡単に紹介する。

### 2.1 コンピュータおよびその周辺装置

ミニコンピュータやインテリジェント・ターミナル等へマイクロプロセッサが使われている。使用するプロセッサも自社南発品(16ビット)を用いたり、市販の8ビットプロセッサを使ったりしている。最近この分野ではCMOS/SOS技術を用いた16ビットプロセッサを主体としたマイクロコンピュータを使う例が多くなってきた。

### 2.2 パーソナルコンピュータおよびその周辺装置

パーソナルコンピュータは一般科学計算用の道具として使われるのと同時にシステムコントローラとして使用される場合も増えてきた。ここでも当然マイクロプロセッサが使われているが機種により自社南発のNMOS形16ビットプロセッサを使用したり、モトローラM6800のような8ビットプロセッサを使ったりしている。また外部機器とのインタフェース(IECバスによる)のためにコントロール主体の8ビットプロセッサを使っている例もある。

周辺機器としてX、Yプロッタがあるが、16ビットプロセッサを使いインタフェースおよびグラフィックプロセッサの役割りをしている。

### 2.3 マイクロカリキュレータ

いわゆるポケットカリキュレータと呼ばれる範ちゅうのものであり、その主たる目的は科学技術用関数電卓やビジネス用関数電卓であるが、機種も豊富であり磁気カード内蔵のものやプリンタ内蔵のもの等もある。この分野ではほとんどのプロセッサは自社製のPMOSまたはCMOSのものであり、汎用性はあまりない。

### 2.4 医用電子機器

心電計等の診断用機器、患者監視用機器、胎児監視装置、その他ICU/CCU等のコンピュータシステム等対象となる機器やシステムは非常に多岐にわたる。すでにこれ等の中マイクロプロセッサを導入している例もいくつかあるが、

全体的な傾向としては今後より有効なマイクロプロセッサの利用がなされるものと考えられる。

### 2.5 化学分析機器

ガスクロマトグラフがその代表的なものであるが、マイクロプロセッサ（16ビット）を使うことによりキーボード入力を可能にすると同時に試料の成分を識別し、その濃度を計算しクロマトグラムを描いたりプリンタ/プロッタ上に記録を行う。

### 2.6 電子応用計測器

非常に多岐にわたる製品にすでにマイクロコンピュータが応用されているので、この中から具体的な応用例をいくつか後章で紹介する。したがってここでは単にマイクロコンピュータを応用した製品にどのようなものがあるかについてだけ紹介する。

- (a) デジタルマルチメータ (DMM)
- (b) 周波数カウンタ
- (c) デジタルLCRメータ (回路素子測定器)
- (d) 選択レベル計
- (e) オシロスコープ
- (f) ロジックアナライザ
- (g) 信号発生器
- (h) ネットワーク・アナライザ
- (i) スペクトラム・アナライザ

### 2.7 その他

距離計がある。これは赤外線光源を利用し位相比較法により距離を測るものである。マイクロプロセッサの内蔵により1回の命令で自動的に環境条件に応じて修正された距離を求めたり、妨害検出、多数回の測定値の平均や偏差を求めたりすることもできる。

## 3.) マイクロコンピュータ応用製品開発の厂史

### 3.1 第1期

マイクロコンピュータを計測器に内蔵することは最近では日常茶飯事であるが、これは最近のLSI技術の進歩およびコストの低減によるところが多い。当社の場合にはまず関数電卓用マイクロプロセッサを計測器へ応用することからスタートした。その結果オシロスコープ、分析計、距離計等の製品が開発された。(1974年頃) しかし単に演算を計測器にやらせる程度のもので、必ずしも有機的な利用とは言えなかった。

### 3.2 第2期

最近2～3年に開発されたマイクロプロセッサ内蔵の計測器に共通しているものは

- (a) キーボード入力方式を採用する。
- (b) アナログ信号をできるだけ早い段階でデジタル信号に変換し、プロセッサを中心とするデジタル処理を行う。
- (c) データ変換、スケールリング、自己校正等にデジタル演算を用い精度の向上を計る。
- (d) 外部機器とのインタフェースをスマートに行う。
- (e) 全体の効率を上げるためにマルチプロセッサによる分散処理を行うものが出て来た。
- (f) 使用するプロセッサが自社製、一般用ともかなり自由に選択できるようになってきた。

以上の結果いわゆる「スマート計測器」と呼ばれるような製品が出てくるようになった。

### 3.3 第3期

今後のマイクロプロセッサ応用計測器がどのように変わっていくのかを推測することは非常にむづかしいが、最近の傾向を参考にして次のような推論ができる。

#### (a) 低価格製品への応用

従来マイクロプロセッサ内蔵の計測器はコスト・パフォーマンスは上がっているが全体的に高級品志向に偏っているきらいがあった。しかしワンチップ・マイクロコンピュータの出現や、LSI技術の進歩によるプロセッサやメモリー等の価格の低下によって低価格製品へのマイクロコンピュータの応用が可能になってきた。

#### (b) マルチプロセッサによる分散処理

1つの機器あるいは1つの小システム内に複数個のプロセッサを有機的な結合をはかっている。計測器の場合には入力部分（キーボード入力、A/Dコンバータ等）、CPU、インタフェース、表示部（CRT等）の各部にそれぞれマイクロプロセッサを用いるような構成も可能になる。また計測器内部にIECバス等の標準化バスを活用することも考えられる。

#### (c) フレキシビリティの増大

様々なユーザーの使用条件に適合した製品の開発が考えられる。

#### (d) ミニコンやパーソナルコンピュータの一部肩代わり

#### (e) 自己校正・診断機能の増大

## 4.) マイクロプロセッサの選択とハードウェアの開発

計測器への応用ではほとんどの場合に8ビットあるいは16ビットのプロセッサが使われている。どのタイプのプロセッサを使うかに関して特別のルールはないが、必然的にソフトウェア開発の効率等を考えると同一事業所では同じタイプのプロセッサを使う場合が多くなっていく。我が社にとっての長所はHP社が開発した各種マイクロプロセッサを自由に使うことができる点である。現在HP社が開発したマイクロプロセッサを分類してみると表1のようになる。

IC技術による分類	ビット数	最大クロック	主な用途
CMOS	1	数百 KHz	関数電卓
NMOS	8	4 MHz	計測器
	16	1.2 MHz	計測器/パーソナルコンピュータ
CMOS/SOS	16	6.7 MHz	ミニコンと周辺 / 計測器

表1 HP社自製マイクロプロセッサ

次にハードウェアの設計に関して考えられる問題点を列挙すると、

(a) 製品開発ステップが進むにつれてメモリー容量が増加する。（メモリーインフレーション）

(b) 製品完成時のプロセッサやメモリーの価格を事前に正しく推測しにくい

(c) 演算機能の増大につれてプログラムステップが長くなり、計測スピードに重大な影響を与える場合がある。

## 5.) ソフトウェアの開発状況

通常製品の開発段階では PROM またはシミュレータにより実験を行い、製品化に際してマスクROMへ移行する。この際プログラムの開発にはデータ通信サービスを利用する場合もあるが、多くの場合自社開発のコンピュータシステムを用いるが各事業所の諸々の条件により必ずしもシステムが同一でない（コンピュータが異ったり、オペレーティングシステムが異ったりする）ためにソフトウェアの相互利用等はあまり自由でない。最近では計測器内部のプログラムステップも増大の方向にあるために、ソフトウェア開発の効率を上げることが非常に大きなテーマとなってきており、従来のクロスアセンブラによる方法から高級言語への移行が目立つ。

ソフトウェア開発上の問題点を列挙すると、

- (a) PROMとマスクROMのコンパティビリティ / 移行のタイミング
- (b) コンピュータシステムの大形化・高速化への要求
- (c) ソフトウェア開発マンパワーの増大
- (d) ソフトウェア開発費の製品価格への転化の困難さ

## 6. マイクロコンピュータ応用製品のテストと故障診断

テストは次の4段階に分類できる。

- (a) 部品の受け入れ検査
- (b) プリント板アセンブリーのテスト
- (c) 製造ラインでの製品テスト
- (d) 出荷検査

テストする道具としてはICテスター、プリント板テスター、計測器自動テストシステム等がある。

テストに関する問題点としては、

- (a) プリント板テストセット等の大形化
- (b) 機能の向上に伴うテスト時間の増大 / セットアップ時間の増大
- (c) ソフトウェアのデバッグ

一方客先へ販売した製品の故障診断についても事前にその対策を十分に検討しておく必要がある。マイクロコンピュータを機器へ組み込んだ結果、セルフテストや自己校正機能によってある程度の自己診断機能が可能になるが十分なものではない。現地での故障診断が必要な場合がよくあるが、一般にテストとして次の事項が要求される。

- (a) 低価格であり持運びが容易であること。
- (b) テストマンでも容易に取り扱えるよう操作が簡単なこと。
- (c) 故障発生個所の追跡が容易であること。

YHP社およびHP社ではこれ等の条件を満足する故障診断法として SA (Signature Analysis) を全面的に採用している。これはデータ通信で使われるCRC法を变形したものであるが、入力系列発生器は内蔵せず、図1に示すように外部から測定区間を指定する信号(スタート/ストップ/クロック)を受けると同時に、プローブを介してビットシリアルな信号を被試験回路より入力する。そして定められた区間内に受信する出力応答系列を圧縮し、その圧縮値を4桁でHexadecimal表示する。圧縮による誤差見逃し率は $2^{-16}$  (16ビット・シフ

トレジスタを用いた場合) 以下であり実用上ほとんど向題ない。

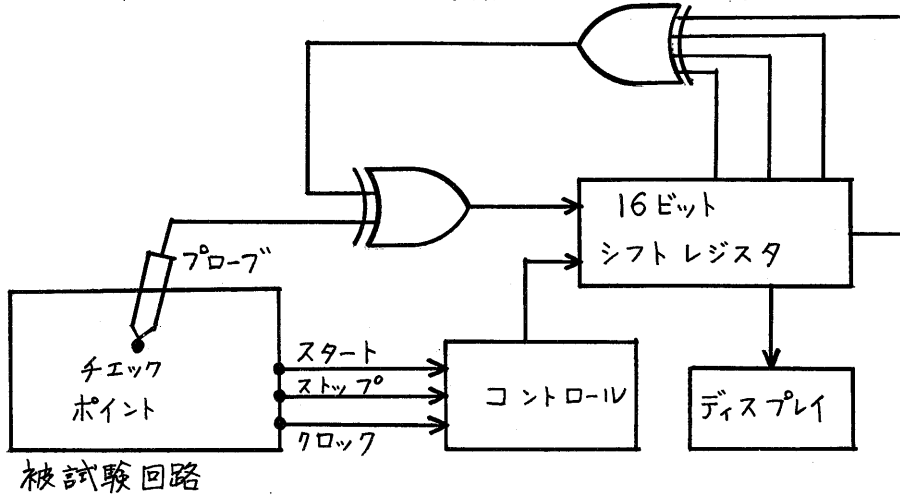


図1 シグニチュア・アナライザ(5004A)の原理図

このシグニチュア・アナライザを使用するために、あらかじめ各計測器ではテスト用ROM領域の確保やテストピンの設定、テストフローの確立等事前の準備が必要である。これによりマイクロプロセッサ以外のROMやRAMを含むロジック回路の故障診断が可能になる。

## 7.) 応用例

マイクロコンピュータを内蔵した電子応用測定器の例をいくつか紹介する。

### 7.1 デジタルLCRメータ(4262A)

— 自社製8ビット・マイクロプロセッサを使った例

4262Aは周波数120Hz, 1kHz, 10kHzの3点においてキャパシタンスC, インダクタンスL, 抵抗Rおよび損失DまたはQをデジタル表示する万能形LCRメータであり、基本精度は0.2%である。全体の構成を図2に示す。

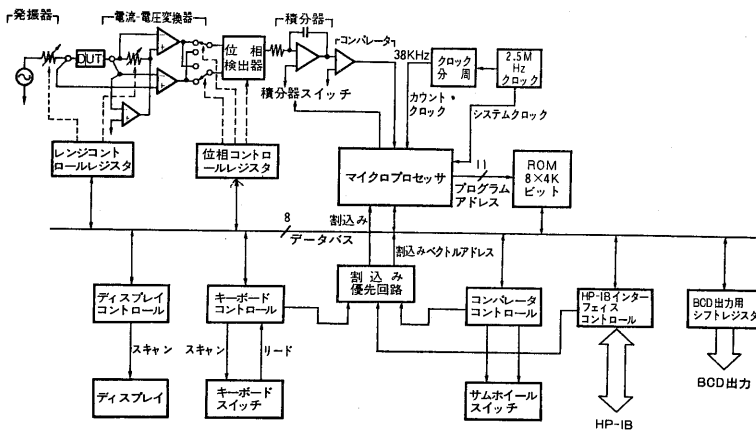


図2 デジタルLCRメータ(4262A)の構成

発振器からの出力電流を試料および標準抵抗に流し、試料にかけた電圧と標準抵抗端とのベクトル電圧比測定を行ってインピーダンスあるいはアドミタンスを求めている。ベクトル電圧比測定部では求めようとするインピーダンスあるいはアドミタンスに従い、これ等の電圧の位相検波を行い直流に変換した後、デュアルスロープ形 A/D 変換回路でデジタル値に変換している。

以上述べた測定シーケンスはすべてマイクロプロセッサで制御される。すなわち位相検波器の制御、測定等価回路あるいは測定レンジの自動選択、A/D 変換動作等を直接プロセッサにより制御している。演算機能としては偏差測定機能、Q 表示の自動演算等がある。またキーボードコントロール、ディスプレイコントロール等もプロセッサが行う。

その他本器はシステム志向の設計がなされており、IECバス (HP-IB) とのインタフェース機能をもつことによりコンピュータやカリキュレータによりすべての測定機能がプログラムコントロール可能となる。本器のみで電子部品の選別作業を行う場合のためにデジタルコンパレータも内蔵できる。これ等のインタフェース機能やコンパレータ機能もすべてマイクロプロセッサにより制御されている。

### 7.2 デジタル・マルチメータ (3455A)

— 自社製 8ビット・マイクロプロセッサを2個使った例

3455A は5½ディジットを有し、DC電圧・AC電圧・抵抗測定の機能を持ち基本精度は0.005%である。測定スピードは24回/秒であるが、スピードを落して高分解能 (6½ディジット) にすることもできる。AC特性は実効値変換器により30Hz~1MHzをカバーしている。測定レンジは0.1V~1,000V (DC), 1V~1,000V (AC), 100Ω~10MΩ (抵抗) である。図3に全体の構成図を示す。

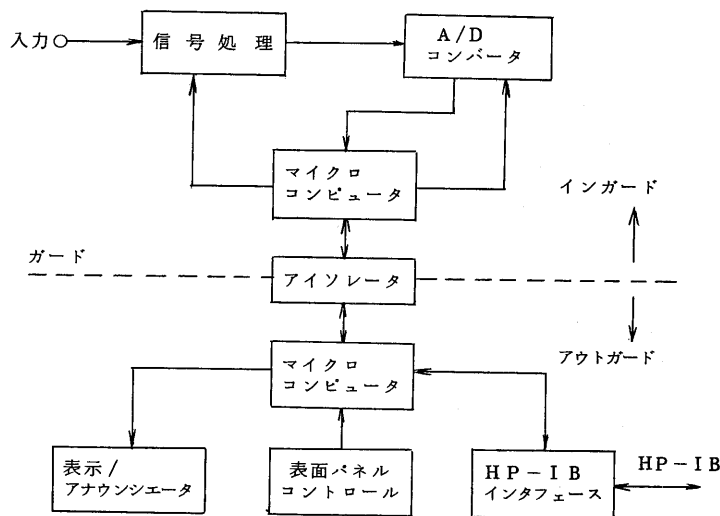


図3 デジタルマルチメータ (3455A) の構成

アナログ回路を中心としたインガード部分とロジック回路を中心としたアウトガード部分に分かれている。両部に8ビットマイクロプロセッサがあり、それぞれインガード・コントローラ、アウトガード・コントローラと呼ばれている。2つのマイクロプロセッサ間のデータやメッセージの転送はビットシリアル形式となっており、フォトカップラートよるアイソレーションが施されている。

3455Aにマイクロプロセッサを使用したために出て来た特長を要約すると、

- (a) アイソレーション： アナログ回路とデジタル回路のアイソレーションを2つのマイクロプロセッサ間で行うために低価格で実現できている。
- (b) インタフェース： IECバス(HP-IB)回路のコントロールを行う。
- (c) 計測スピード： デュアルスロープを改良したマルチスロープ方式を用いることによって、デュアルスロープ方式のもつ長所を生かしたままで測定スピードを上げることに成功している。このマルチスロープ方式の制御と演算をマイクロプロセッサが受け持っている。
- (d) 演算： ALUを附加してユーザーがスケールリングを行える。
- (e) 自動校正： 増中器のオフセット電圧や利得誤差が自動的に補正されている。
- (f) セルフテスト： TESTと呼ばれるキーを押すことによって自動的にセルフテストを行う。アナログ回路のテストで故障が発見されると、その状態でテストがストップし故障原因をコード(0~13)で示す。
- (g) キーボード入力： 表面パネル上のキーを押すと割り込み動作を生じてメインコントローラはどのキーが押されたのかを検知して処理を行う。

### 7.3 マイクロ波周波数カウンタ(5342A)

— モトローラM6800を使った例

5342Aは10Hz~18GHzの周波数域をカバーする自動周波数カウンタであるが、同時に振中レベルも測定できる。図4に全体の構成を示す。

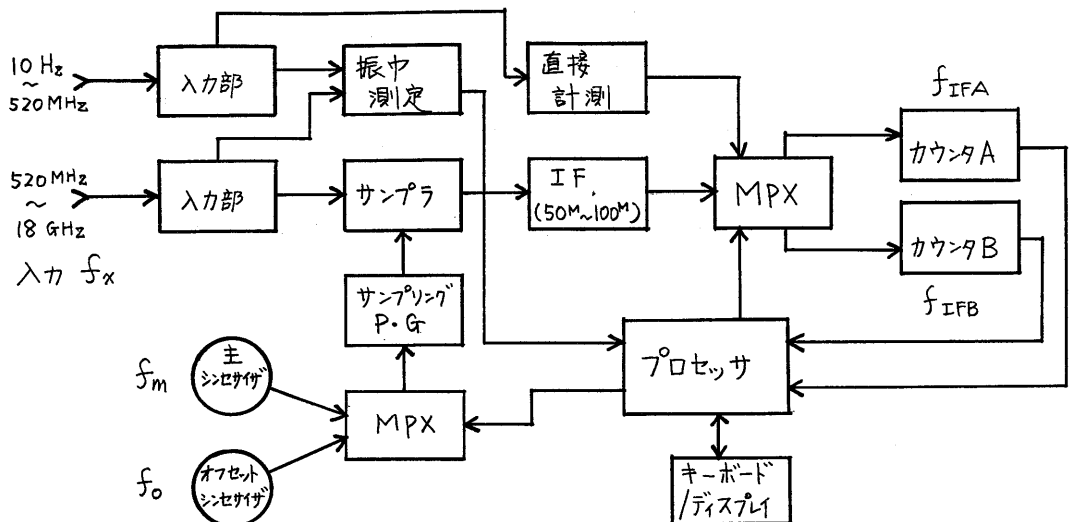


図4 周波数カウンタ(5342A)の構成

10 Hz ~ 520 MHzまでの信号は直接計測され、520 M ~ 18 GHzの信号はサンプラによりIFに変換されてから計測される。主シンセサイザは300 M ~ 350.5 MHzの発振器で100 KHz間隔でその周波数を変える。一方オフセットシンセサイザは主シンセサイザよりも $\Delta F$  (500 KHz)低い周波数を発振する。未知の周波数を $f_x$ とするとIF増中器の出力周波数 $f_{IF}$ は次のようになる。

$$f_{IFA} = f_x \sim N \cdot f_m$$

$$f_{IFB} = f_x \sim N \cdot f_o$$

ただし $N$ は高調波次数、 $f_m$ は主シンセサイザの周波数、 $f_o$ はオフセット・シンセサイザの周波数である。これより

$$N = (f_{IFA} \sim f_{IFB}) / (f_m - f_o)$$

$$f_x = N \cdot f_m \pm f_{IFA}$$

が求まるが、このような演算や回路の切り替え動作の制御にマイクロプロセッサ(M6800)を使っている。5342Aにプロセッサを使ったことによるユニークな特長としては

- (a) 高価なマイクロ波用サンプリング回路が1つですむ。
- (b) 振中検出用ダイオードのリニアライズ。
- (c) 疑似ランダム信号によるスイッチの切り替え → 変調周波数の影響除去。

#### 7.4 スペクトラム・アナライザ (8568A)

— 自社製 16ビットプロセッサと8ビットプロセッサを用いた例

8568Aは100 Hz ~ 1,500 MHzをカバーし、-137 dBm ~ +30 dBmの振中測定レンジをもつCRTディスプレイ付きのスペクトラム・アナライザである。写真1に外観を示す。スペクトラム波形とともにスペクトラム分析のためのパラメータはすべてCRT上に表示される。外観からも分かるようにRF部と、CRTおよびIF部の2つに大別されている。メインコントローラはRF部にあり、自社製16ビットMOS形ハイブリッド・プロセッサ(16ビット・プロセッサとI/Oチップ等がハイブリッド化されている)によりキーボード入力、アナログ回路の制御、演算等を行っている。外部とのインタフェースのためには(IECバス)8ビットプロセッサを専用に使っている。またCRTディスプレイ部は特にマイクロプロセッサを使わず、メモリーやALU等からなるState Machine方式を採用している。

写真1  
8568Aの外観

