

# 4ビット 1チップマイクロコンピュータ MN1400シリーズについて

松下電器 技術本部 榑木好明

## 1. はじめに

マイクロコンピュータが登場して以来、常に注目を集めてきたのは、8ビット16ビットを主流とする“コンピュータ”としてのマイクロコンピュータであった。一方、民生機器、特に家庭電化製品のインテリジェンス化は、魅力的な応用分野として関心の的であったが、第一世代第二世代のマイクロコンピュータでは、コストにおいてまず実現不可能な話であった。他方、雷卓用の1チップマイクロコンピュータが過当競争のありもあって急速に値を下げてきた。周辺のLSIを眺めると、8ビット、16ビットのマイクロコンピュータが“コンピュータ”的インタフェイス機能のLSIを揃えたのに対して、雷卓用のLSIでは、キイボードとLED表示の入出力機能を中心に簡易プリンタの制御用LSIなど余り育っていたとは言えない。そこで両者の接点として、コストも安く、1チップで、ある程度汎用的な入出力端子を備えた1チップマイクロコンピュータが生まれてきた。これに伴って家電製品への応用の糸口も開けてきた。この家電インテリジェンス化のインパクトはまわめて大きく、商品イメージへのインパクトもさることながら、技術的側面において、従来のアナログ回路の中にデジタル回路の比重が増大したこと、周辺回路のLSI化もあわせて開発する必要性がでてきたこと、センサの重要性、プログラミング技術の重要性など、新しく取り上げるべき技術の分野が格段に広がってきた。

## 2. 家電用マイクロコンピュータに必要な条件

ここでいう家電製品とは、一般の消費者に購入され、大量生産される比較的安価な製品のことである。これらの製品に応用されるマイクロコンピュータが具備すべき条件を考察してみる。

### ① 安価であること。

家電製品インテリジェンス化の第一波は、従来製品の一部の機能をマイクロコンピュータに置き換えるが、一部の機能を従来より高度化する形であらわれている。もしマイクロコンピュータ応用による画期的新製品が誕生するとすれば、2段階以降であろう。となると、従来製品の部品をマイクロコンピュータに置き換えた場合に、より安くなるか同等の値段のものになければならない。

### ② マイクロコンピュータ応用製品の開発期間が短かくて済むこと。

この種の製品は、いかに速く市場に出せるかというのも重要な要素である。したがって、開発用のサポートシステムやわかりやすいマニュアルが完備していることが、開発段階では必要である。また半導体メーカーでは、最終プログラムを受け取って量産チップが出荷されるまでの期間が短いこと、ユーザーと常に情報交換できる円滑なパイプを持っていること、が要求される。

### ③ 規模の違う機種の中から選択できること。

マイクロコンピュータ応用製品の一号機を開発すると、次期応用商品は、インテリジェンス化のレベルをより上げたもの、あるいは低コスト化したものというように応用製品自身もシリーズ化されるであろう。このために、マイクロコン

ユーザは同一機種の中に、ニーズに応じて規模の違う構成がとれるよう配慮しておく必要がある。すなわち、ROM、RAM容量、I/Oポートの自由な選択が可能なことである。また、デバイステクノロジーの異なったバージョンが必要とされる場合もある。

#### ④信頼性。

優れた信頼性が要求されるのはもちろんであるが、メーカー側に必要な条件としては、信頼性や電気的特性に関するデータが揃っていないといけない。また検査方法にしても、チップレベルではユーザーとメーカーの緊密な協力が要求される。またユーザー側においても、LSIや組立後のカードレベルの検査が必要となるので、メーカー側でそれらに関するノウハウも提供できる力が必要となる。

#### ⑤柔軟性。

1チップマイクロコンピュータはいわばアプレハブ方式の専用LSIである。量産LSIにおいて、専用LSIがよいか、マイクロコンピュータを利用するのがよいかは、よく議論されることである。結局これは、専用LSIの開発コストは高いが量産価格が安いこと、マイクロコンピュータを用いると開発コストは安いが量産価格は専用LSIに較ぶると高いことなどの比較において決断が下される。そこで、1チップマイクロコンピュータも、ROM、RAM、I/O端子などは、ユーザーの要望に応じがなり自由に変更できる必要がある。そのため、あらかじめ、アーキテクチャ設計およびマスク設計の時より、変更の可能性とその限界について考察しておくことが大切である。

#### ⑥理解し易いこと。

これは、マイクロコンピュータのシリーズとしての思想、周辺LSIの思想がしっかりしていることを意味する。家電製品の応用は、端緒についたばかりでその応用の方向も定かでないので、まず家電製品の技術者がマイクロコンピュータを知り、どういう風に应用するかを考えていく必要がある。このためには、マイクロコンピュータ自身も特殊な用途に应用したものを単に改良したようなものではなく、様々な角度から検討を加えて練り上げられたアーキテクチャのもとに展開し、スッキリした構造と体系を持っていなければならぬ。このような基本のしっかりしたものなら、初心者でも使いこなせる人でもそれなりのレベルで正しく理解し、応用展開の創造性発輝を促し、開発期間の短縮に役立つであろう。

### 3. MN1400の特徴

MN1400は前述のような目標をもとに開発した4ビット1チップマイクロコンピュータである。MN1400シリーズとしては、標準のMN1400(40ピンDIP)の他に、より小規模なMN1402(28ピンDIP)、エバリュエータとしてROM外付けのMN1499(64ピンDIP)、小量生産用ROM外付けのMN1498(40ピンDIP)がある。これらを表1に示す。以下、標準であるMN1400を中心にその特徴について述べる。

MN1400はNチャンネルE/D MOSで、+5V単一電源である。クロックジェネレータは内蔵である。ROMは1K語(1語8ビット)、RAMは64語(1語4ビット)である。命令実行時間は10 $\mu$ sで、75種類のインストラクションを用意している。MN1400の特徴の一つとして、プログラマブル8ビットカウンターを内蔵している。これは、外部からの入力(SNS1)の立ち上がりで、非同期で動作させることができる機能と、内部ソフトカウンターとして用い

る機能を持ち、両者いづれが互外部から選択できる。

入力端子は2組の4ビット並列入力(入力A・Bポート)と2本のセンス入力(SNS0, SNS1)よりなる。またカウンタ選択入力端子(SELCT)によってSNS1端子を内部カウンタとして用いるが、外部入力によるカウンタとして用いるのが選択できる。イニシャルリセット端子(RST)は、プログラムカウンタ、各種フラグ、出力ラッチをゼロクリアする。出力端子は4ビットの並列出力、8ビットのPLAデコード出力、12本のディスクリット出力がある。入出力ポートはすべてラッチ付である。また入出力インタフェースは、TTL/CMOSコンパチブルである。

プログラムカウンタは11ビットのバイナリーカウンタになっているので、デバッグはし易く、プログラムもわかり易い。さらにプログラミング効率(メモリーの使用効率も含む)をあげるため、ジャンプ(JMP)およびコール(CALL)命令は、インストラクションメモリ内のどの番地にも飛ぶことができる。条件付ブランチ文は、フラグのすべての条件が判定できるように20種類用意してあり、256語のページ内で任意の番地へジャンプ可能である。RAM内の4語はX、Yレジスタの指定なしに、直接アクセス可能のため、一時的なレジスタとして使い易い。また良く使われる命令の組み合わせを、複合命令として用意してあるので、効率よりプログラミングが可能である。

#### 4. MN1400のアーキテクチャ

MN1400のシステムブロック図を図1. に示し、以下その各ブロックについて説明する。

#### 4.1 演算論理ユニット(ALU)

ALUの入力は4ビットのA、Bバスに接続されており、2組の4ビットデータが命令に対応して入力され、処理の結果は、アキュムレータ(ACC)、フラグ(CF, ZF)、テンポラリレジスタ(TEMP)、Yレジスタまたはこれらを介してRAMに格納されるものもある。ALUの動作モードにはAND, OR, Exclusive OR, およびA ⊕ Bの

表1. MN1400シリーズ一覧表

		MN 1400	MN 1402	MN 1498	MN 1499
パッケージ		40ピンDIL プラスチック	28ピンDIL プラスチック	40ピンDIL プラスチック	64ピンDIL セラミック
命令数		75	57	68	75
インストラクション	内部	1024×8ビット (8192ビット)	768×8ビット (6144ビット)	—	—
	外部	—	—	1024×8ビット (8192ビット)	2048×8ビット (16384ビット)
ROM		—	—	1024×8ビット (8192ビット)	2048×8ビット (16384ビット)
データ		64×4ビット (256ビット)	32×4ビット (128ビット)	64×4ビット (256ビット)	64×4ビット (256ビット)
RAM	直接アドレス可能	4ワード	4ワード	4ワード	4ワード
	サブルーチン・スタック	2レベル	2レベル	2レベル	2レベル
カウンタ/タイマー		8ビット	—	8ビット	8ビット
入力	並列	4ビット×2ポート	4ビット×2ポート	4ビット×1ポート	4ビット×2ポート
	センス	2	2	1	2
出力	並列	4ビット×1ポート (ラッチ付)	4ビット×2ポート (ラッチ付)	4ビット×1ポート (ラッチ付)	4ビット×1ポート(ラッチ付) 5ビット×1ポート(ラッチ付)
	PLA	8ビット×1ポート	—	—	—
	ディスクリット	12ビット×1ポート	5ビット×1ポート	9ビット×1ポート	12ビット×1ポート

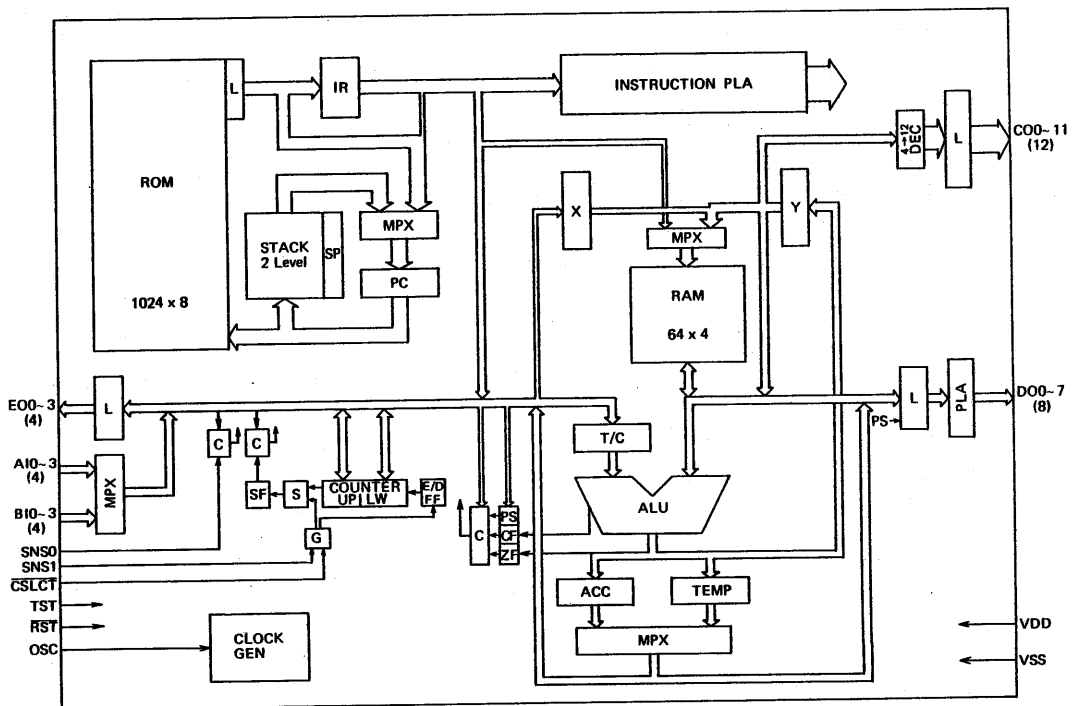
4モードがある。フラグは、プログラムステータス(PS)、キャリーフラグ(CF)、ゼロフラグ(ZF)の3種類がある。PSは命令SP, RP(Set, Reset Program Status)によってセット, リセットされるフラグでプログラムで任意に使用する。CFはALUでの演算結果で最上位ビットからの桁上げが生じたときにセットされるフラグである。CFは命令, SC, RCでもセット, リセットできる。ZFはデータ処理の結果がゼロの場合セットされるフラグである。

#### 4.2 データメモリ部

データメモリとしてのRAMはXレジスタ(3ビット), Yレジスタ(4ビット)により間接的にアドレスが指定される。またYレジスタの内容を変える命令ICY(Increment Y), DCY(Decrement Y)などを有しているので, Y方向にデータを配列するとプログラムし易い。また, RAM内の4語(X=0, Y=0~3)はX, Yレジスタでのアドレス指定なしに, LD, ST命令によって直接アキュムレータとの間でデータ転送できる。これは, 一時的なレジスタとして用いればプログラムし易くなる。

#### 4.3 プログラム・カウンター部

プログラムカウンタは, 11ビットバイナリーカウンタになっている。通常, このクラスのマイクロコンピュータに見られるシフトカウンタではないので, デバッグが非常にやり易い。無条件ジャンプ命令(JMP)とサブルーチン命令



Cは一致判別, Gはゲート, Lはラッチ, Sは同期化回路

図1. MN1400システムブロック図

(CAL)は2バイト命令で0~2047番地へ直接アドレス可能である。条件付ブランチ命令も256語を1ページとして同一ページ内に直接アドレス可能であるため、メモリバンク間による制限は最小に抑えることができる。サブルーチンスタックは2レベル用意されている。

#### 4.4 インストラクションデコーダ部

これは、インストラクションレジスタ(IR)とインストラクションPLAよりなる。したがって特定の用途に適した命令セットに作り変えることが可能である。

#### 4.5 カウンター部

カウンターの構成を図2.に示す。これは8ビットのバイナリリップルカウンタで、下位4ビットと上位4ビットはアキュムレータ間でのデータ転送が可能である。カウンターはCSLSY端子をLowにすると、外部信号により動作可能になりHighにするとSNS1はセンス入力となり内部カウンタとして用いることができる。カウンタの最上位ビットが1から0になるとマフリップフロップSFがセットされ、これは条件ブランチ命令の実行によりリセットされる。

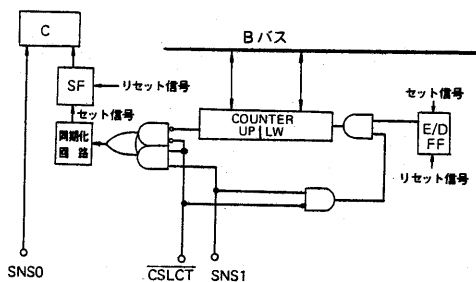


図2. カウンターの構成

#### 4.6 入出力部

入力ポートは、4ビットの並列入力のA、Bポートがあり11ビットもACCへ転送される。その他にセンス入力が2本ある。またリセットRSY入力は、これをLowレベルにすると、マC、出力ラッチ、フラグ、SF、カウンターイネイブルFFをクリアする。

4ビットの並列出力ポートとしてEポートがある。これはACCの内容を出力ラッチに転送する命令(OTE)と、即値を出力できる命令(OTIE)がある。

D出力ポートは8本よりなり、これはACCの内容にプログラムステータスを1ビット加え、5ビットをPLAでデコードすることが可能である。

Cポートは12本のディスプレイ出力である。これはSCO、RCO命令でセットあるいはリセットできる。また命令として、CCO命令はすべてのCポートのラッチをクリアする。

#### 4.7 クロック発生部

MN1400は基本クロック信号の発振回路を内蔵している。OSC端子にCRを接続すると発振する。また、直接外部から基本周波数(標準は300kHz)を入力してもよい。内部タイミング信号はCP1、CP2、CP3の3相で構成され、MN1499ではSYNC端子よりCP1と同期したクロック信号が出力される。MN1400シリーズの基本命令サイクルを図3.に示す。

その他MN149  
 9では、プログラム  
 デバッグを容易に行  
 なうためにReady  
 機能を持っている。  
 RDY端子に制御信  
 号を入力することに  
 よりプロセッサを任  
 意の番地で止めたり  
 ,あるいはシングル  
 ステップ動作をさせ  
 ることができる。

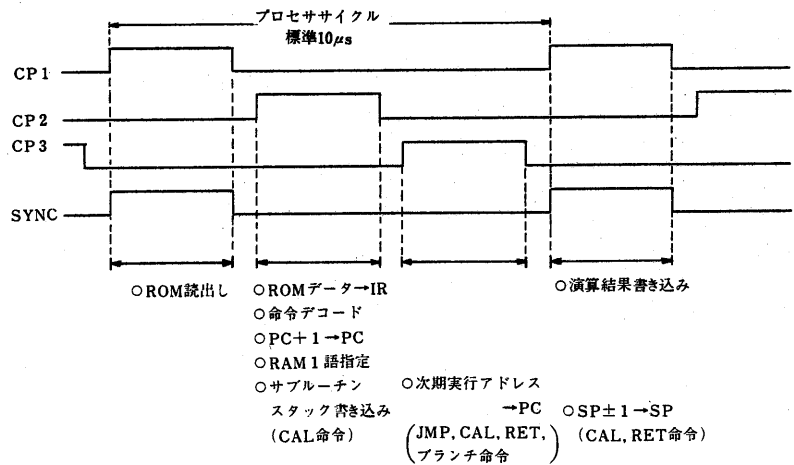


図3. 基本命令サイクル

### 5. 命令セット

MN1400シリーズは75の基本命令を有しているがMN1402はそのサブセットになる。以下MN1400の命令の特徴とするとこについて述べる。

- ① RAMの4語をダイレクトにアクセスできる命令, LD (Load Direct), STD (Store Direct) を有している。これにより汎用レジスタの不足を補っている。
- ② 命令の組み合わせで出現頻度の高いものは複合命令にしている。LIC (Load Increment Y), LDC (Load Decrement Y), STIC (Store Increment Y), STDC (Store Decrement Y)
- ③ RAM内のデータを直接インクリメント, デクリメントできる。  
ICM (Increment Memory) DCM (Decrement Memory)
- ④ RAM内の各ビットをセット, リセットできる。またACC上のデータのビットテストができるので, ビット操作が容易である。  
SM (Set Memory Bits), RM (Reset Memory Bits)  
TB (Test Bits)
- ⑤ 入出力命令ではACCを介在する命令の他にRAM内データ, あるいは即値を直接出力できる命令がある。  
OTMD (Output Memory to D-port)  
OTIE (Output Immediate to E-port)
- ⑥ 20種類の条件付ブランチ命令により効率的なプログラミングが可能になる。これは, SNSO, SF, ZF, CF, PS の各フラグの True / False によるブランチとこれらの組み合わせの OR の True / False によるブランチの命令群である。

### 6. カウンターの用法

MN1400はカウンターを内蔵しているが, これはCSLCT端子によってソフトカウンターとして用いるか, 外部から非同期信号によって動作するカウンターとして動作させるかを選択できるようになっている。ソフトカウンターでは, カウンターをディスイネイブルからイネイブルに切替ればカウンターがインクリメントする。次にこの機能を用いた遅延ルーチンの例を示す。

```

DLY      LI      0          Acc ← 0
          TACL     Counter Lower ← Acc
          TACU     Counter Upper ← Acc
DLY1     DC
          EC       Enable Counter
          BSN1    DLY1  if SF=0, go to DLY1
          :

```

これによつて約10 msecのソフトタイマーが実現できることとなる。もちろん、カウンターの設定値を変えると、遅延時間が変わる。

また外部からの非同期信号によつて動作させる場合の例を以下に示す。

```

COMP1    EC       Enable Counter
          TACL     Counter Lower → Acc
          BNZ     COMP1  if ZF=0, go to COMP1
          TCAU     Counter Upper → Acc
          CI      8     if Acc=8, ZF=1
          BNZ     COMP1  if ZF=0, goto COMP1
          :

```

このプログラムでは、カウンターの内容が(80)<sub>16</sub>になると次ステップへ進む。また、カウンターに初期値を与えてイネーブルにしオーバーフローするまでの間、別の処理を行なうことが可能である。

```

EC
{
BSN1 *   SF=1 (Overflow) まで、こゝでループ
}

```

このように、カウンターを活用すれば、時間管理の必要なプログラムを効率よく設計することが出来る。

## 7. 開発サポートシステム

MN1400用の開発サポートシステムは、汎用コンピュータ用のクロスアセンブラ(Cサポート1400)と、16ビットマイクロコンピュータLM-16Aを用いたクロスアセンブラおよびリース・オブジェクト編集プログラム(Lサポート1400)とMN1499を用いたハードシミュレータ(HS1400)がある。

### 7.1 Cサポート1400

これはFORTRAN IVで書かれたクロスアセンブラであるが、次のような特徴をもっている。

- ① 命令を定義することが出来る。(汎用クロスアセンブラ的機能)
- ② マクロ命令の定義ができる。
- ③ 出力の紙テープのフォーマットを自由に定義することが出来る。

④命令出現頻度，連続して使用される2命令の出現頻度などが出力できる。  
 以上のようにかなり柔軟なクロスアセンブラであるので，MN1400の仕様を一部変更したいときの設計評価用としても用いることができる。

### 7.2 Lサポート1400

これはパナファコム社製のL-16Aを用いた開発サポートシステムで図4.にハードウェア構成図を示す。

これはクロスアセンブル機能の他に次のような特徴を持つ。

- ①ソースプログラムテープの編集
- ②オブジェクトプログラムの一部修正，削除および修正後オブジェクトの逆アセンブルリストの作成が対話形式で行なえる。

- ③ハードシミュレータ  
HS1400に直接プログラムを転送して実行可能。

- ④直接PROM(1K×8ビット)が作成できる。

オブジェクトプログラム編集のサンプルリストを図5.に示す。

### 7.3 ハードシミュレータ HS1400

これはMN1499，インストラクションメモリとしてのRAM，キイスイッチ，ディスプレイランプより構成され，次の機能を有している。

- ①ストップ，シングルステップ，ブレークポイントの各動作機能。
- ②キイスイッチフェリインストラクションの書き込み，読み出し，番地指定の各動作機能。
- ③①②の表示機能。
- ④紙テープ入力インタフェイス。

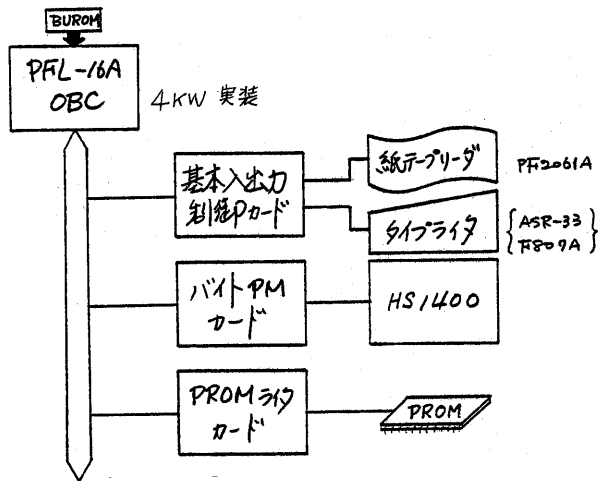


図4. Lサポート1400の基本ハードウェア構成

\*\*\* OBEL \*\*\*

```

=RD
.01C C0
.BOT
=TO
.TOP
=N 3
.002 2D
=C 2C
.002 2C
=P 00
.000 68
=TA 8
.000 68 LY 8
.001 16 RCO
.002 2C ICY
.003 E300 EZ 000
.005 11 OTMD
.006 17 SCO
.007 14 INA
  
```

PTRよりオブジェクトを読む

ポインターをオブジェクトプログラムの先頭にセット

3ライン目にポインターをセット

ここを機械語2Cに変更

ポインターを00にセット

先頭から，8ラインの逆アセンブルリストを出力

=WT

オブジェクトをPTPに出力

```

S
000: 68: 16: 2C: E3: 00: 11: 17: 14: E2: 10: 4B: A0: 4B: A0: 40: 01:
010: 4B: A0: 14: E3: 01: D8: E3: 1A: 49: 4A: D4: 4A: C0:
0
  
```

.01C C0

.BOT

=

図5. オブジェクトプログラム編集のサンプルリスト



## 8. 応用例

ここでは、応用例として松下電子工業、松下電器の開発したPLLシンセサイザ方式テレビ電子チューナについて紹介する。これはアメリカ国内の82チャンネルに対して、直接選局、自動選局と自動ファインチューニングを行なう。プリセットの必要はなく、チャンネル番号はデジタル表示する。このブロック図を図6.に示す。

制御用マイクロコンピュータMN1401は、ほぼMN1402と同一規模で、768バイトのROM、32語のRAM、入力端子10本、出力端子13本、制御端子2本、電源発振端子3本よりなる。MN1401の動作としては、82チャンネルの直接選局はまず14回のキイよりなるキイボードより、チャンネル番号をキイインする。そのデータにもとづいて計算と判別を行なって、PLLシンセサイザ用LSIへ9ビットのテレビ局周波数に相当するコードを送出する。もちろん同時にLEDにチャンネル表示を行なう。自動探局の場合は、キイボード

のチャンネルUPまたはDOWNキイを押すと、一定の受信レベルのあるチャンネルまできて探局を止める。自動ファインチューニングは、自動と手動スイッチを自動にし、ファインチューニングUPまたはDOWNキイを押すと、局部発振周波数を微小変化させるコードを出かし、微調整を行なう。

PLLシンセサイザ用LSI MN6044は、CMOS、16ピンDIPで、プログラマブルカウンタ、3.58MHzの水晶から基本周波数を作る基準カウンタおよび位相比較器が内蔵されている。PLLループは、このMN6044と、ローパスフィルター、可変容量ダイオードチューナ、1/256分周器より構成される。直接選局の場合、MN1401から9ビットのテレビ局周波数に相当するコードをMN6044に送り、プログラマブルカウンタの分周比が決まり、この周波数に相当する電圧がローパスフィルターを経て可変容量ダイオードに印加される。これによりチューナの局部発振周波数が増減する。これは1/256分周器により分周されてプログラマブルカウンタに入力され、位相比較器の出力が0になるまでPLLが動く。自動ファインチューニングでは、このキイを押した時、MN1401の出力は基準カウンタに入り、このコードにより、3.58MHzの分周比を変える。これにより、局部発振周波数が増減し、実放送周波数に電子同調できる。

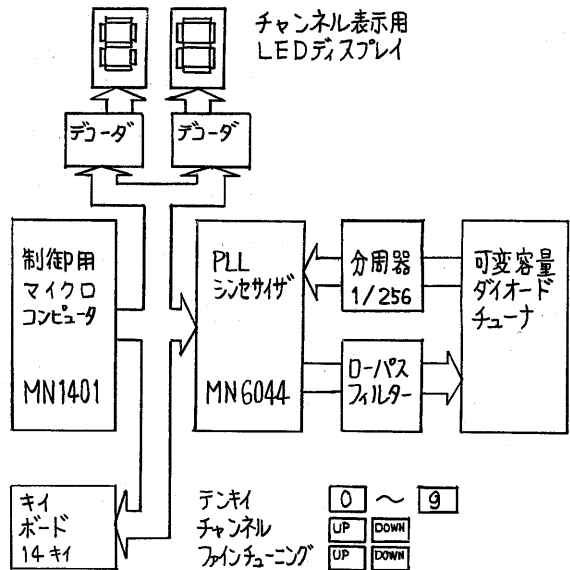


図6. デジタル電子チューナシステムのブロック図

## 9. おわりに

昨今のLSI技術の進歩、および応用の多様性を考えるとき、4ビット1チップマイクロコンピュータも、ニーズにあった仕様に改革を重ねていくことであろう。その方向として、一方はマイクロコンピュータをより安い価格でかつ高機能なものに開発していくことと、他方応用にマッチした専用LSIを開発していくことの2つの方向が両極の考え方であろう。またその中間として、周辺のLSI、たとえばADコンバータ、PLL用LSIなどを充実していく方向と、これらの周辺のLSIをマイクロコンピュータのチップ上に集せ半専用化をめざす方向、またデバイステクノロジーによるバリエーションなどが考えられる。今後の動向を予想することは難しいが、いづれにしても、ニーズを深く追求し、開発すべきLSIを大きな思想のもとに体系化していく努力が肝要だと考えられる。

MN1400は、松下グループ内の関係の方々に意見を聞き、松下電器、松下電子、松下技研の開発を担当して生まれえたものである。これら関係各位および日頃ご助言を頂いている技術本部R&Dセンター近藤部長、中央研究所真弓室長、松下電子工業河崎次長、久保部長、技術助成センター杉田所長、本田室長、共同で作業をしている上川氏、浦島氏に謝意を表す次第である。