

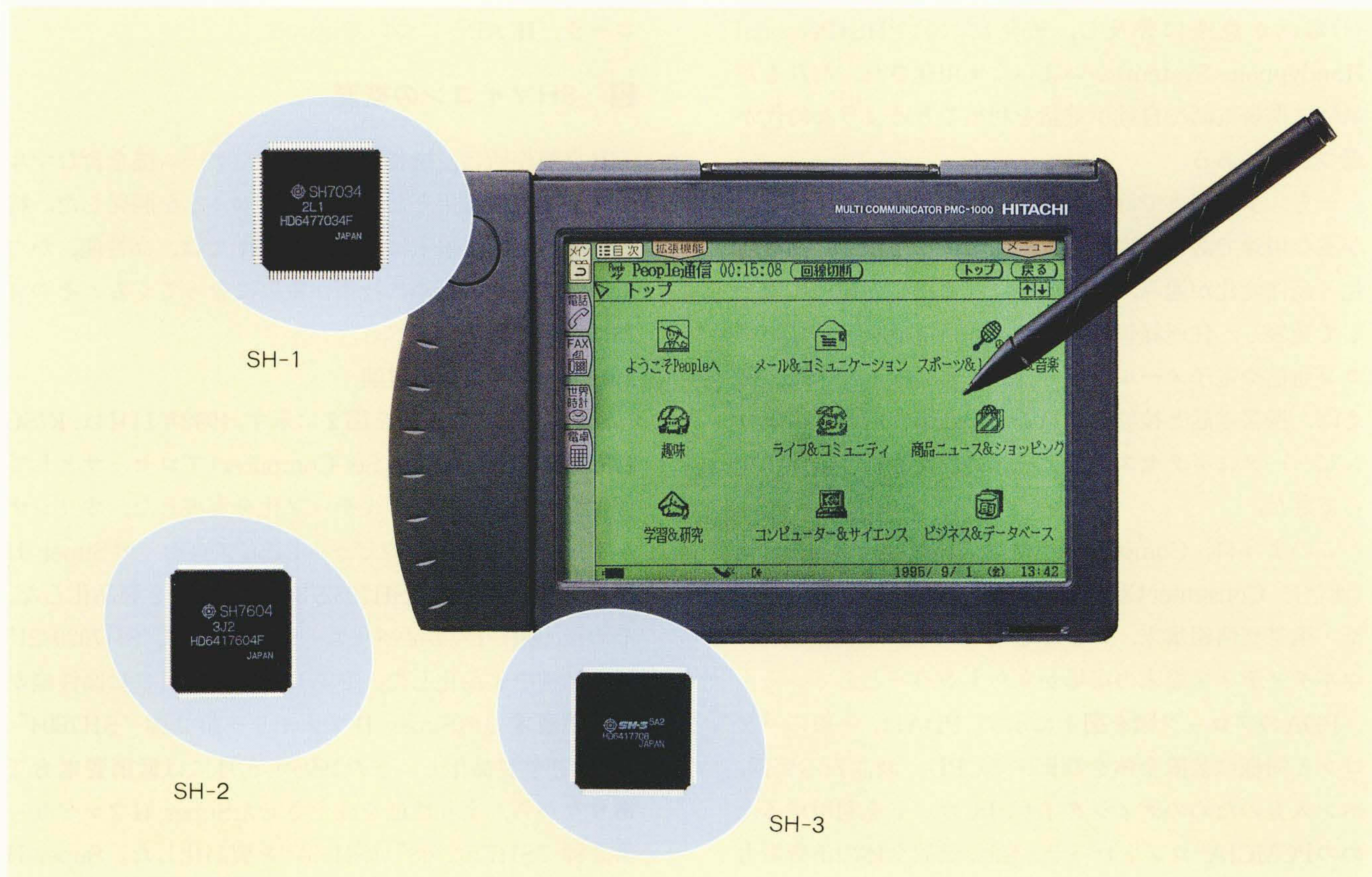
携帯型情報端末用低電力マイクロコンピュータ

Portable Information Terminal LSI for Nomadic Communication Age

舘内嗣治* *Tsuguji Tachiuchi*

川崎郁也* *Ikuya Kawasaki*

西村卓実* *Takumi Nishimura*



PDA(Personal Digital Assistant)とSHマイコン(マイクロコンピュータ)

携帯情報端末には、高性能で低消費電力の半導体デバイスが必須(す)である。SH-3マイコンでは、ローパワーキャッシュなどの低消費電力化のためのさまざまな工夫を図った。

半導体の進歩によってパソコン(パーソナルコンピュータ)は小型化が進み、通信分野では、携帯・移動電話が実用化されつつある。家庭電化製品の電子手帳も高機能化・高性能化が図られ、PDAと呼ばれる携帯型情報端末として発展しつつある。

このような携帯型情報端末では、小型、高性能、低価格、低消費電力が課題である。日立製作所は、これにこたえた半導体デバイスを開発している。Super H RISC engineファミリーマイコン(以下、SHマイコンと略す。)では、携帯型情報端末に使用す

るCPU(中央演算処理ユニット)で、高性能、低消費電力化のための技術を開発した。液晶ドライバチップセットでは、新しいタイプの液晶表示用LSIチップセットを開発した。このチップセットを用いることで、コンパクトな液晶表示システムを可能としている。また、キーボードの走査とデコードする機能に加えて、装置全体の消費電力を抑えるための省電力制御機能を持つキーボードコントローラ“IKAP”(Intelligent Keyboard and Power Management Processor)を開発した。

* 日立製作所 半導体事業部

1 はじめに

半導体の進歩によってパソコンはデスクトップ型からラップトップ型へ、そしてノート型、サブノート型へと小型化が進んでいる。

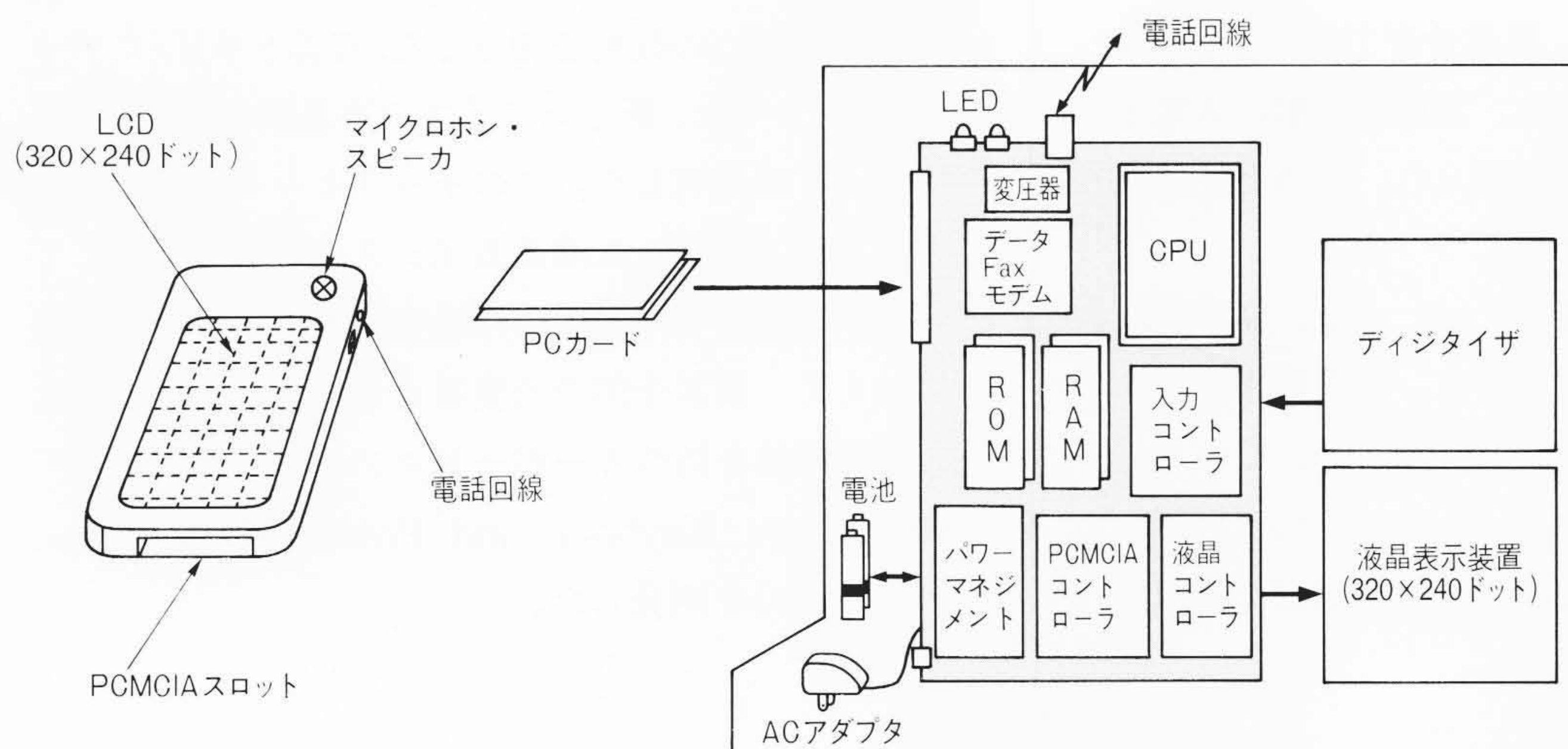
また、通信分野でも小型化が進み、携帯・移動(セルラー)電話が急速に普及し、'95年度にはPHS(Personal Handyphone System)がいよいよ実用化され、だれもが気軽に携帯電話や自動車電話を利用できるような時代が近づきつつある。

一方、少し前まではスケジュール管理や、住所録管理が主な用途であった家庭電気製品の電子手帳も、高機能化・高性能化が進み、PDAと呼ばれる携帯型情報端末として発展し、住所録管理のほか、通信機能を使ってパソコン通信や電子メールなどを行うようになってきた。例えば、携帯電話と接続し、出張先から事務所のホストコンピュータにアクセスしてデータの授受を行うようになってきた。

このように、Computer(パソコン)、Communication(通信)、Consumer(家庭電気製品)が融合した新しい小型・携帯型情報端末、いわゆる「ノマディック時代」^{※)}のマルチメディア端末の市場が立ち上がろうとしている。

PDAのブロック図を図1に示す。PDAは、一般のパソコンと同様に装置全体を制御するCPU、液晶表示装置、ペン入力のためのディジタイザ、PCカードを利用するためのPCMCIA[®]コントローラ、電池、装置全体の消費電力

※) ノマディック時代：ノマディックとは「遊牧民の」の意味で、「いつでも」、「どこでも」、「だれとでも」通信できる時代のことを意味する。



注：略語説明
 LCD (Liquid Crystal Display)
 LED (Light Emitting Diode)
 Fax (Facsimile)
 ROM (Read-Only Memory)
 RAM (Random Access Memory)
 PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association)

図1 PDAのブロック図
 PDAでは低消費電力化がポイントとなる。

を低減するためのパワーマネジメント機能などで構成する。

このような携帯型情報端末では、小型、高性能、低価格、低消費電力が課題であり、日立製作所はこれらを支える半導体デバイスの開発を進めている。ここでは、CPUとしてSHマイコン、液晶ドライバチップセット、およびパワーマネジメント機能を持つキーボードコントローラ“IKAP”について述べる。

2 SHマイコンの概要

日立製作所は、携帯型情報端末やゲーム機を含むマルチメディア機器用として「SHマイコン」を開発した。特に、携帯型情報端末に使用するCPUでは、高性能、かつ低消費電力化のための技術が重要になってくる。その詳細について以下に述べる。

2.1 SHマイコンの展開

SHシリーズの展開を図2に示す。1992年11月に、RISC (Reduced Instruction Set Computer)プロセッサとしては世界で初めてシングルチップ化を実現した、オリジナルアーキテクチャの32ビットRISCプロセッサSuper Hファミリー第1弾“SH7032/34”(SH-1)を製品化した。その後、SH-1の製品バリエーションとして“SH7020/21”の2品種を製品化した。さらに1994年1月には高性能かつ低消費電力のSuper Hファミリー第2弾“SH7604”(SH-2)を製品化し、また1995年5月には低消費電力でありながら、より性能を向上させたSuper Hファミリー第3弾“SH7702/08”(SH-3)²⁾を製品化した。Super Hファミリーはその高いパフォーマンスにより、次世代ファミリーゲーム機をはじめ、民生、OA、産業など広い分野で使用されている。

SH各シリーズは、今後もシリーズ展開を進めていく

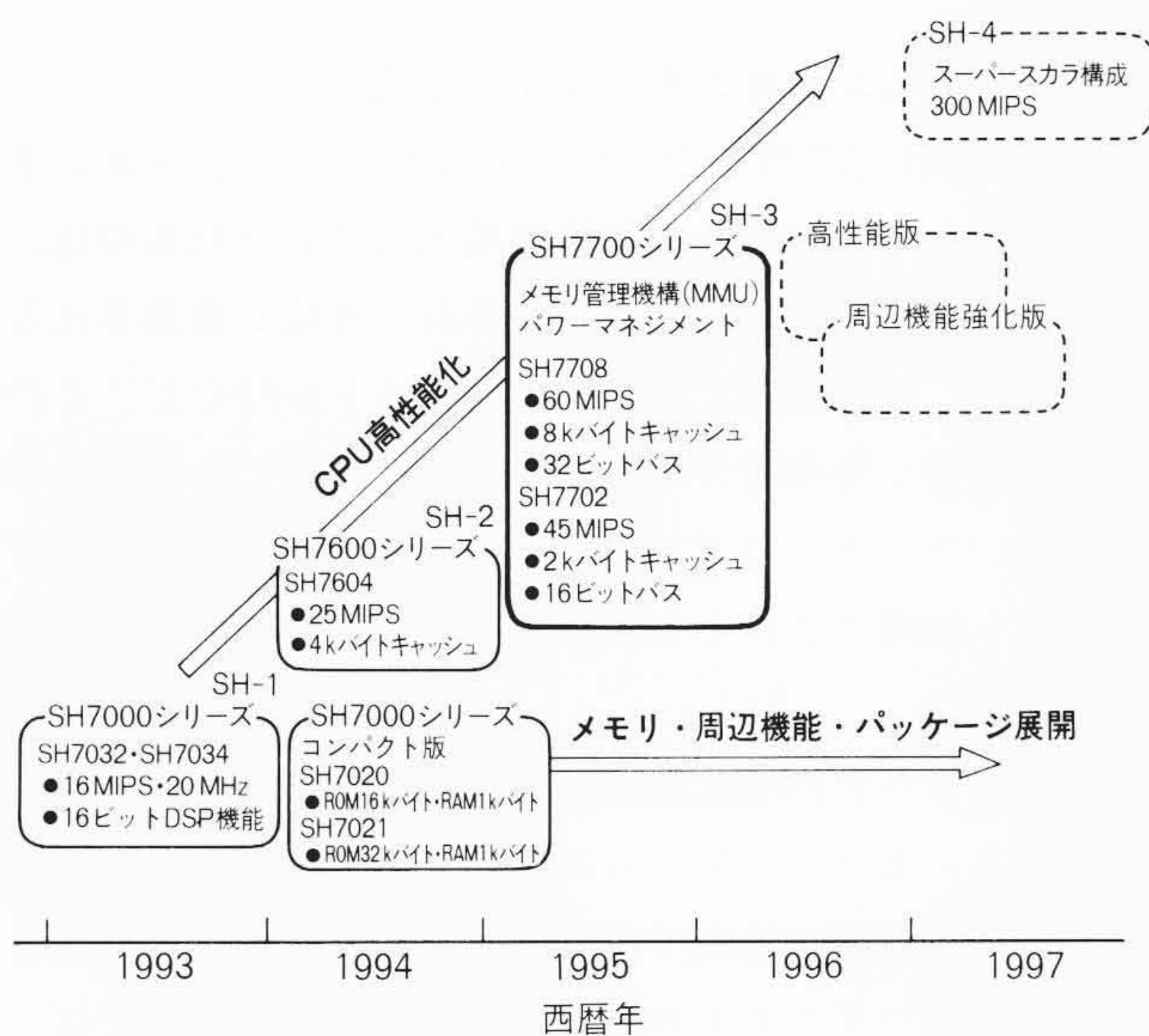


図2 SHシリーズ展開計画

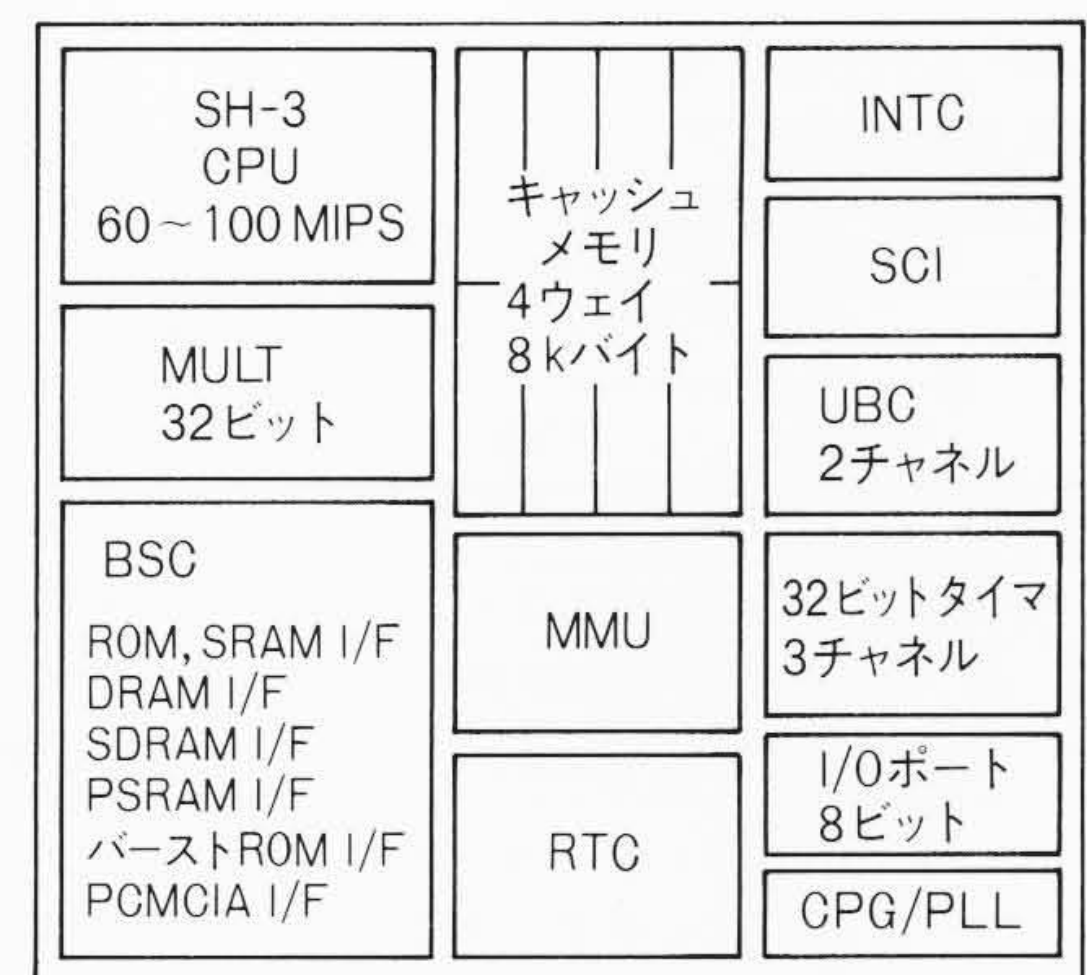
CPUの高性能化に加え、周辺機能の強化などを行う。

考えで、SH-3では周辺機能強化版や高性能版を展開していき、スーパースカラ構成を採用した、300MIPS (Million Instructions Per Second) の性能を目指すSH-4へとつなげていく計画である。

2.2 SH-3シリーズの特徴

SH-3は、携帯情報端末やマルチメディア機器分野をターゲットに開発したCPUであり、(1) SH特有の16ビット固定長命令体系により、携帯情報端末に適した高コード効率の命令セットや、(2) 低消費電力化のくふうなどを図ったものである。また、(3) SH-1, SH-2に対し命令上位互換性があり、さらに、(4) バレルシフトを使った高速シフト命令、キャッシュ操作命令などマルチメディアに不可欠な命令を強化している。

SH7708のブロック図を図3に示す。SH-3では、MMU (Memory Management Unit: メモリ管理機構) を内蔵した。これは、携帯情報端末や各種のマルチメディア機器では、扱うプログラムやデータが多種多様になっており、高速化の追求とともに、これらのプログラムやデータの保護が必要とされてきたからである。アドレス変換方式には、各種OS (Operating System) の移植容易性や、下記に述べるように、メモリ資源の有効活用の理由から、ページングを採用した。ページサイズは1kバイトと4kバイトの二つをサポートした。1kバイトをサポートした理由は、PDAなどの携帯情報端末で実装される主記憶の容量が数百キロバイトから数メガバイト程度と少なく、4kバイトページのマッピング以上に細かいマッピ



注：略語説明

MULT (Multiplier), BSC (Bus State Controller), I/F (Interface)
PSRAM (Pseudo Static RAM), RTC (Real Time Clock)
INTC (Interrupt Controller), SCI (Serial Communication Interface)
UBC (User Break Controller), CPG (Clock Pulse Generator)
PLL (Phase-Locked Loop), DRAM (Dynamic RAM)
SDRAM (Synchronous DRAM)

図3 SH-3のブロック図

低電力キャッシュメモリなど、低電力化を図っている。

ングを行い、メモリ資源を有効に活用できるようにするためである。特に、多数あるオブジェクト単位にページを割り当てるOSの場合、その単位は1kバイト以下であることが多く、4kバイトマッピングでは少量の主記憶をむだにマッピングしてしまうことになる。

さらに、パワーマネジメント機構の強化、各種メモリとの直結インタフェースサポート、リアルタイムクロックなど各種周辺モジュール、低電力キャッシュの内蔵により、携帯情報端末やマルチメディア機器に最適な仕様となっている。加えて、SH-3ではPCMCIAインタフェースの機能の一部を内蔵しており、わずかなハードウェアを付加するだけでPCカードを利用することができ、装置の小型化を可能としている。

SH7708とSH7702の仕様一覧を表1に示す。SH7702はSH7708に対しキャッシュ容量の削減、16ビットバス化を行い、仕様をスリム化したものである。

2.3 強力なパワーマネジメント

携帯情報端末では、低消費電力化が大きな課題の一つである。SH-3では、低消費電力化のために各種くふうしている。この詳細について以下に述べる。

CPUの低消費電力を実現するために、消費電力を抑える低電力キャッシュを開発した。まず第一には、メモリセルのワード線を電源電圧までフルスイングせずに出力振幅値を小さく抑え、センス増幅器の起動に必要な電位の変化分だけを発生させワード線の充電電流を低減させる、新しいワード線駆動方式を開発した。第二に、アド

表1 SH-3の仕様概要

SH-3は、携帯情報端末、マルチメディア機器分野を目標に開発した、低消費電力・高性能のマイコンである。

項 目	仕 様	
	7708	7702
電 源 電 圧	2.2～3.6 V(暫定)	同左
動 作 周 波 数	60 MHz@3.3 V	45 MHz@3.3 V
処 理 速 度	60 MIPS@60 MHz	45 MIPS@45 MHz
消 費 電 力	600 mW(最大)	450 mW(最大)
キャッシュ構成	命令・データ混在 4ウェイセットアソシ アティブ ライトスルー・コピー バック選択可 LRU方式	命令・データ混在 ダイレクトマップ ライトスルー・コピー バック選択可
CPU 命 令	SH2全命令 ダイナミックシフト命 令、MMU関連命令など 6命令追加	同左
内蔵周辺機能	MMU、シリアル×1、 タイマ×3リアルタイ ムロック、I/Oポート 8ビット、各種バスイ ンタフェース	同左
バ ス 幅	16ビット・32ビット選 択可	16ビット
パ ッ ケ ー ジ	QFPI44ピン	TQFPI20ピン
プ ロ セ ス	0.5 μm 3 層 アルミ CMOS	同左

注：略語説明

LRU(Least Recently Used)、QFP(Quad Flat Package)
CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)
TQFP(Thin QFP)

レスアレーでヒットしたデータアレーだけを駆動させ、ほかのアレーを駆動させない方式を採用した。その他のくふうも加え、従来の方式に比べ、キャッシュメモリの消費電力を60 MHz動作時には60%に、40 MHz動作時に

は20%に抑えた低電力キャッシュを開発した。

次に、SH-3の特長の一つであるパワーマネジメント機構について述べる。携帯情報端末に要求されるのは、手書き文字認識や音声認識などの高い性能が要求される処理時や、画面表示だけしているアイドル時など、その時々に必要な処理能力に応じて必要な分量しか電力を消費しないプロセッサである。SH-3は強力なパワーマネジメント機構でこれを実現している。その概要を図4に示す。

バスクロックの周波数は、バス駆動で消費される電力、接続するメモリ、システム設計のコストなどから選択される。目標性能の達成できる範囲で低周波数に設定するのが電力当たりコストの観点から有利である。例えば、手書き文字認識には40 MIPSの性能が、通常時には10 MIPSの性能が必要であると仮定すると、バスクロックの周波数を10 MHzに設定すればよい。高性能が要求される処理ではCPUのクロック周波数を40 MHz、通常処理ではCPUのクロック周波数を10 MHz、アイドル時にはスリープまたはスタンバイモード、と動的に切り替えることにより、余分な電力を消費せずに、処理に合わせた必要な性能を出すことができる。また各周辺機能、MMU、キャッシュも使わない処理では、制御レジスタへの書込みでオフにしておくことができる。

3 液晶ドライバチップセット
“HD66503T/HD66520T”の開発

従来のノートパソコンなど大型画面に対応した液晶表示システムは、専用の表示コントローラ、画面サイズ分のフレームメモリ、および専用のLCDドライバで構成し、多くの部品点数を必要としていた(図5参照)。さら

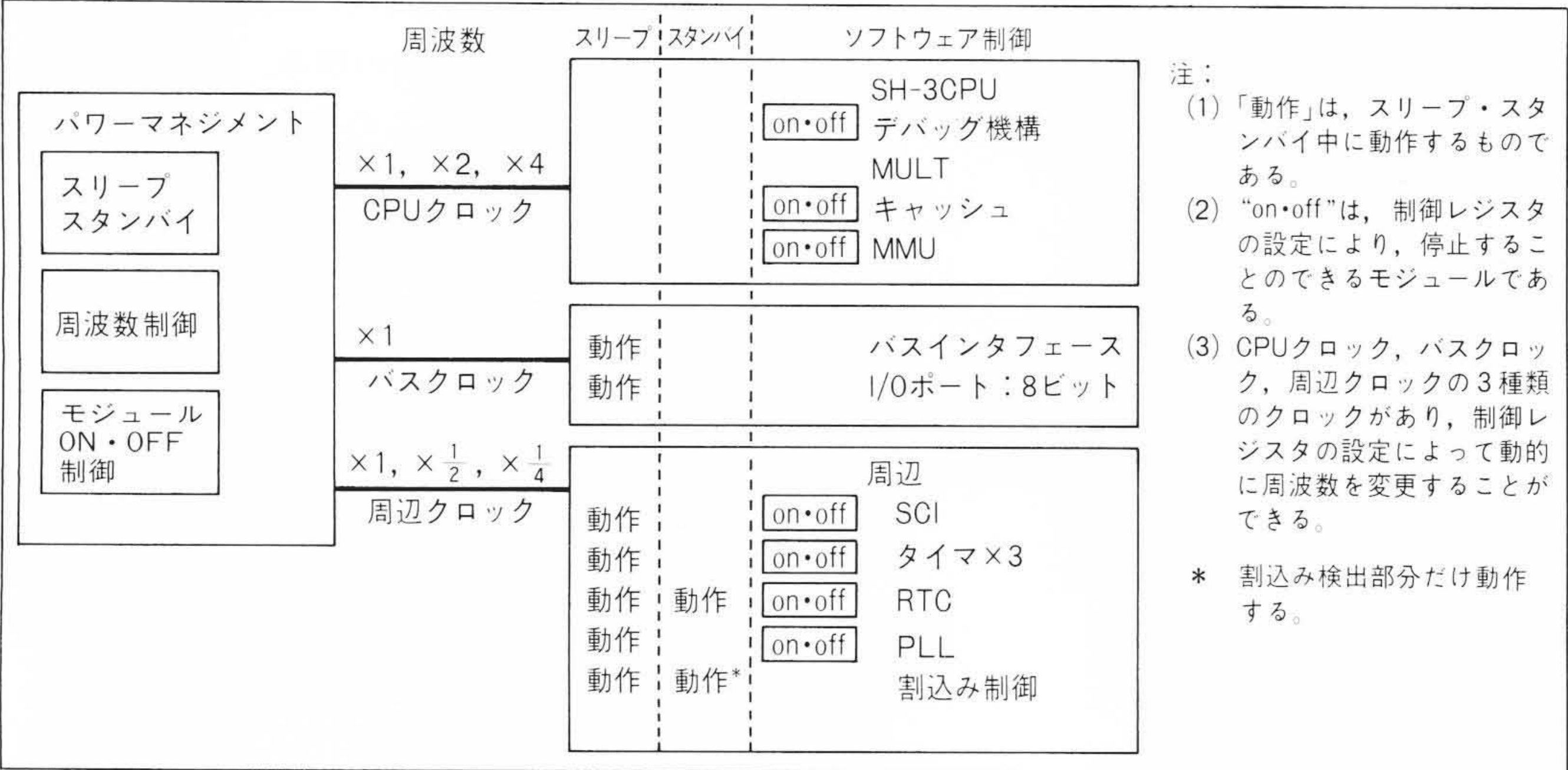


図4 パワーマネジメント機構
バスクロック周波数などのクロック周波数を、ソフトウェアによって動的に変更でき、必要な処理能力に応じて必要な分量しか電力を消費しないシステムが構築できる。

に、消費電力を低減しフレームメモリからLCDドライバへの表示データ転送を高速に行う必要がある。

そこで、部品点数が少なく低消費電力化のニーズにこたえるため、携帯型情報端末に適した新しいタイプの液晶表示用LSIチップセット“HD66503T/HD66520T”³⁾を開発した。このチップセットは、フレームメモリを内蔵したセグメントドライバと、液晶表示に必要な液晶表示コントローラを内蔵したコモンドライバから成っている。このチップセットを用いることで消費電力を、LCDドライバチップセットでは従来に比べ約 $\frac{1}{50}$ に、液晶パネル・フレームメモリ・コントローラ・ドライバなどを含めた表示システム全体では40%にそれぞれ低減(当社比)したコンパクトな液晶表示システムを可能としている。

また、上記フレームメモリとして76.8kビット(160ビット×240ライン×2プレーン)のメモリを内蔵するとともに、印加電圧の実効値で輝度に変化する液晶の特性を利用し、フレームごとに液晶のオン電圧とオフ電圧を交互に印加して中間調を発生させるFRC(Frame Rate Control)方式を採用し、4階調表示を実現した。これによって画面に濃淡が付けられるため、従来の単調なモノクロ表示から、より見やすく、情報量の多いグラフィック表示に対応できるようになった。

また、フレームメモリのインタフェースとして汎(はん)用のSRAM(Static Random Access Memory)インタフェースを採用しており、従来の汎用メモリと同じように扱えるようにした。そのため、このチップセットを搭載した液晶パネルをCPUのメモリマップ上に配置するだけで、メモリの内容が見えるメモリモジュールのように扱うことができる。そして、CPUから直接表示データを内蔵フレームメモリに書き込むだけで液晶表示が実現でき、その結果、ソフトウェア・ハードウェアともに液晶表示システムの設計が容易となる。

さらに、パッケージに折曲げTCP(Tape Carrier Package: 厚さ1mm以下の超薄型実装が可能な薄膜テープ上にチップをマウントしたパッケージ)を採用しており、コンパクトな表示システムを実現している。

4 キーボードコントローラ

“IKAP: H8/3332, 3334, 3434”の開発

ノートパソコンや携帯型情報端末を目標に、キーボードの走査とデコードする機能に加え、装置全体の消費電力を抑えるための省電力制御機能を持つキーボードコントローラ“IKAP”を開発した。この省電力制御機能として、(1)各種I/O(入出力)装置の消費電力を抑えるためのパワーマネジメント機構、(2)電池を効率よく使用するためのバッテリマネジメント機構を持っている。また、IKAP自身もキーボード走査やバッテリ監視要求があったときだけ稼動し、それ以外はスタンバイモードに入るイベント駆動の间断動作をさせることで、消費電力を40%削減可能とした。IKAPの省電力制御機能であるパワーマネジメント機構、およびバッテリマネジメント機構について以下に述べる。

4.1 パワーマネジメント機構

先に述べたように、マイコンやLCDドライバなど各種半導体、I/O装置で低消費電力化が進められている。しかし、装置全体として効率よく半導体を稼動させ、不要な電力を消費しないパワーマネジメント技術が重要となってきている。

IKAPを用いたパワーマネジメントの方法には大別して、(1)使用していないときは電源を切るI/O停止制御方式、(2)必要以上にCPUを稼動させないという方式の二通りが考えられる。IKAPには、上記コントロールを効率よく行うための時間監視タイマ、8ビット・16ビットフリーランタイマや58本の制御用I/Oポートを用意している。

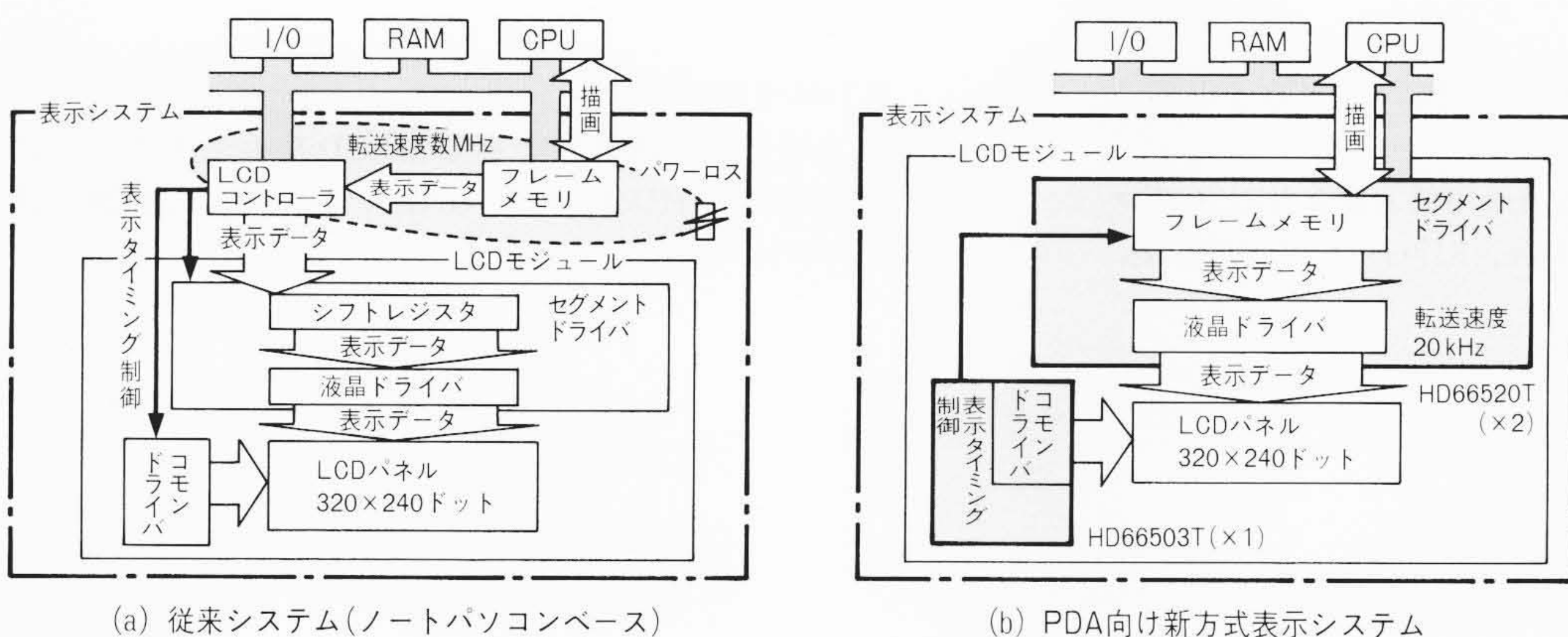


図5 液晶表示システムの比較

部品点数の削減に加え、大幅な低消費電力化を実現した。

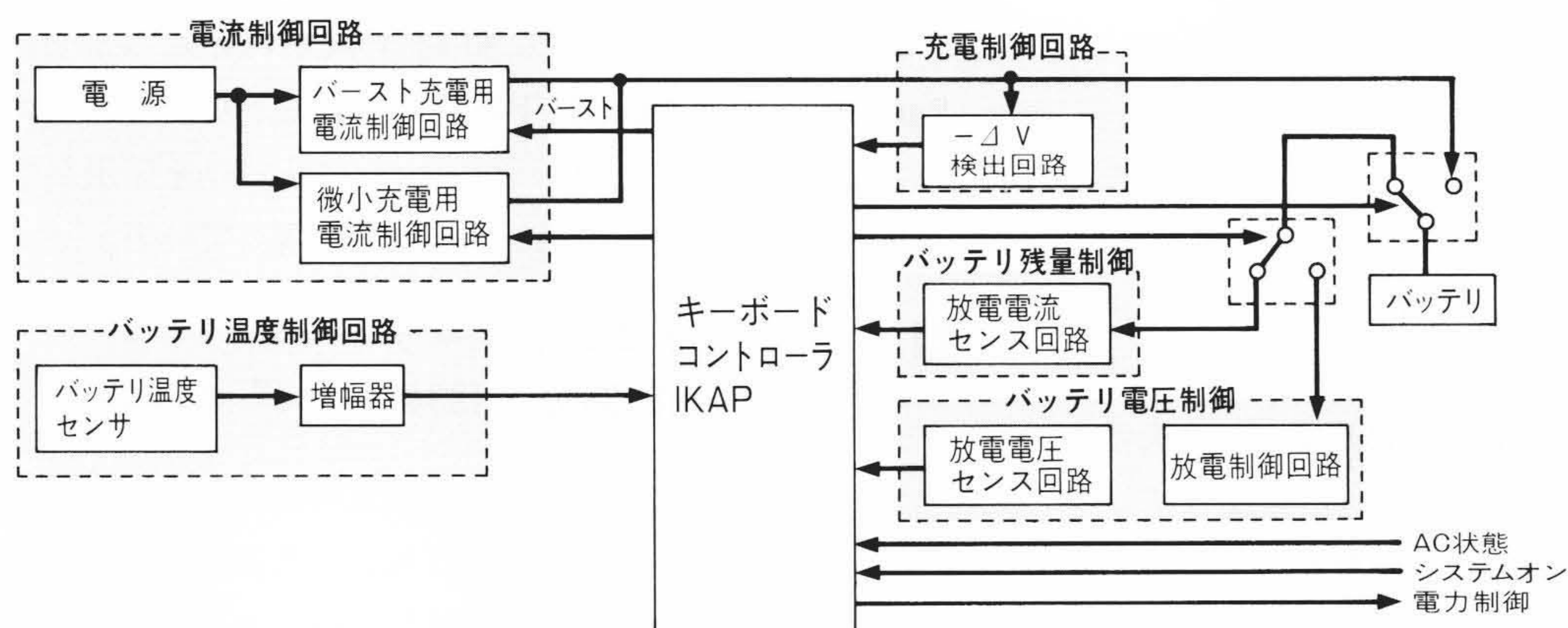


図6 バッテリマネジメントの応用例

IKAPを用いることにより、きめ細かな電池制御ができる。

これらを使って、さまざまなI/O装置の稼動状況やソフトウェアの動作状況を監視し、こまめに電力を制御し、装置全体を効率よく動作させることが可能である。

4.2 バッテリマネジメント機構

上記のパワーマネジメント技術を用いてPDAなど携帯型情報端末の実効消費電力を下げる一方で、電池を効率よく使用する、すなわち効率よく充放電することも装置の稼動時間を延ばすには重要なことである。IKAPを用いた電池の充放電制御回路(バッテリマネジメント)の1例を図6に示す。IKAPは8ビット(256解像度)のA-D(Analog-to-Digital)変換器を持っており、これを用いることによって電池電圧の変化を20 mV単位で検出できる。また、サーミスタなどの温度センサと組み合わせて毎分約1度程度の電池温度変化を検出することが可能となる。このように電池の降下変化電圧、電池電圧、電池温度などをIKAPでその大きさを検出し、充電電流や充電方式を制御することが可能である。

また最近では、電池パックそのものに電池電圧や電池温度などの状況を監視し、そのデータを装置に知らせる

高機能な電池パックも製品化されている。IKAPは、上記高機能電池とデータ授受のためのハードウェアプロトコルを持っており、簡単に上記高機能電池を使ってバッテリマネジメントを行うことができる。

5 おわりに

ここでは、携帯型情報端末に重要なSHマイコン、フレームメモリ付きLCDドライバに代表されるLCDドライバチップセット、キーボードコントローラ“IKAP”について述べた。

低消費電力化のためは、デバイスからシステムレベルまで、各レベルでのあらゆる努力が必要である。しかし、携帯型情報端末が本格的に普及するためには、小型、高性能、低価格、低消費電力などハードウェアの問題点の解決だけでなく、音声認識などのヒューマンインタフェースに関するソフトウェアの充実も不可欠である。

今後も、顧客にとって便利で、使い勝手が良い携帯型情報端末の開発に力を注いでいく考えである。

参考文献

- 1) 社団法人日本電子工業振興協会：PCカードガイドライン Ver.4.2(1993-10)
- 2) 西本，外：Nomadic Computing用低消費電力RISCプロセッサ，電子情報通信学会技報，ED95-57，SDM95-52，ICD95-61(1995-6)
- 3) 日立製作所：携帯情報機器用LCD表示システム向けHD66503T/HD66520T，GAIN，No.107，pp.20～21(1994-11)