

# インバータ用カスタムLSIの開発

## Development of Custom LSI for Inverter

産業用電動機分野では、インバータにより電動機を可変速で駆動する用途が増大している。今回、インバータを小形軽量化、高機能化にするため、従来、複雑であった制御回路にマイクロコンピュータを適用し、周辺回路をカスタムLSI化した。

このインバータ用カスタムLSIは、マイクロコンピュータの周辺LSIであり、電動機を可変速駆動するために必要な入出力を処理する機能をもつものである。その機能は、不等パルス幅変調信号の発生、パワー素子の保護、A-D変換などデジタル処理だけでなくアナログ処理も行ない、多くの機能の集積化を図った。

森永茂樹\* Shigeki Morinaga  
武藤信義\* Nobuyoshi Mutô  
南藤謙二\*\* Kenji Nandô  
矢島幸一\*\*\* Kôichi Yajima

### 1 緒言

近年、家庭電気品用、自動車用に対するエレクトロニクス応用技術はかなり進んでいる。特に、制御回路のカスタムLSI化は著しいものがある。また、産業分野に対しても同様に大きな影響を与えている。

一方、インバータによる電動機の可変速駆動がファン、ポンプ、搬送機などへ適用される気運にあり、その需要は急速に増加しつつある<sup>1)</sup>。また、インバータの機能向上なども要望されている。

以上のような状況により、日立製作所ではインバータ用カスタムLSIを開発した。

本カスタムLSIは、電動機の可変速駆動に必要な入出力を処理するためのマイクロコンピュータ用周辺LSIであり、不等パルス幅変調信号の発生、回転数及び過電流検出、A-D変換、割込管理など多くの機能をもっている。

本カスタムLSIをインバータへ適用することにより、装置の小形軽量化、高機能を実現できる。

以下、インバータ用カスタムLSIの詳細について述べる。

### 2 インバータの制御とカスタムLSI

#### 2.1 インバータの概要

電動機を可変速で駆動するためのインバータは、商用電源を可変電圧・可変周波数電源に変換するものである。図1にインバータの一般的な構成を示す。商用電源は整流・平滑回路により一定の直流電圧に変換され、更に直流電圧はインバータ回路により、可変電圧・可変周波数の交流電源に変換される。

動作は周波数指令に基づき、発振回路により周波数を発生し、変調回路によりインバータ回路の各駆動信号を発生する。一方、電動機の周波数と電圧は一定関係であり、周波数を変化させるときはそれに伴って電圧を制御する必要がある。

現在、電圧制御手段としてパルス幅変調信号が広く採用されている。このパルス幅変調方式は、等パルス幅方式と不等パルス幅方式の2方式がある。このうち不等パルス幅方式は、インバータの出力電圧波形を正弦波に近づけることにより、電動機の効率、トルク脈動を向上させる点で優れている。しかし、その制御回路は複雑となる欠点をもっている。また、インバータに対する要望は小形軽量化、高機能化である。その要望にこたえるために、制御回路はカスタムLSIとマイ

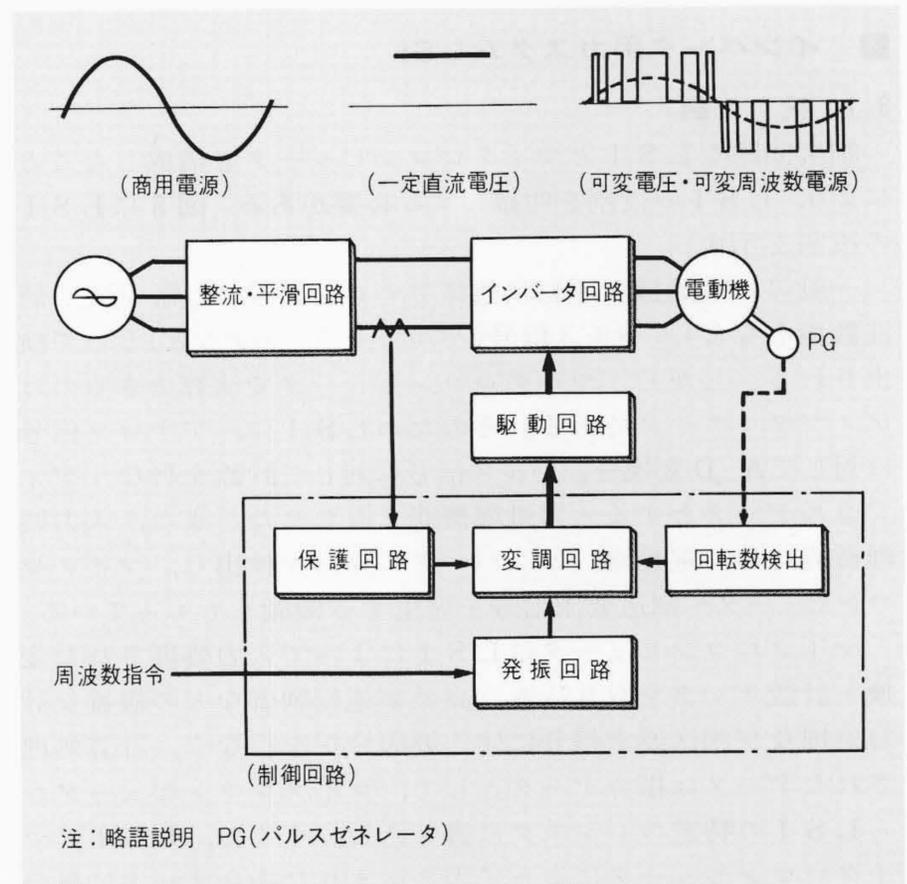


図1 インバータの構成 インバータの一般的な構成を示す。

クロコンピュータによって構成するようにした。カスタムLSIを適用することにより、機能の集積化、外付け部品の最少化を行なうとともに、マイクロコンピュータにより高機能化を図るものである。

#### 2.2 制御回路の構成

図2に示すように、制御回路は今回開発したインバータ用カスタムLSIとマイクロコンピュータ(HMCS6800)とによって構成した。

インバータ用カスタムLSIは、電動機を可変速駆動するために必要な入出力を処理するもので、デジタル信号及びアナログ信号を取り扱うことができる。以下、インバータ用カスタムLSIを単にLSIと称する。

また、このLSIはHMCS6800の周辺LSIであり、データバス、アドレスバス及びコントロールバスを直結することが可能である。

\* 日立製作所日立研究所 \*\* 日立製作所習志野工場 \*\*\* 日立製作所栃木工場

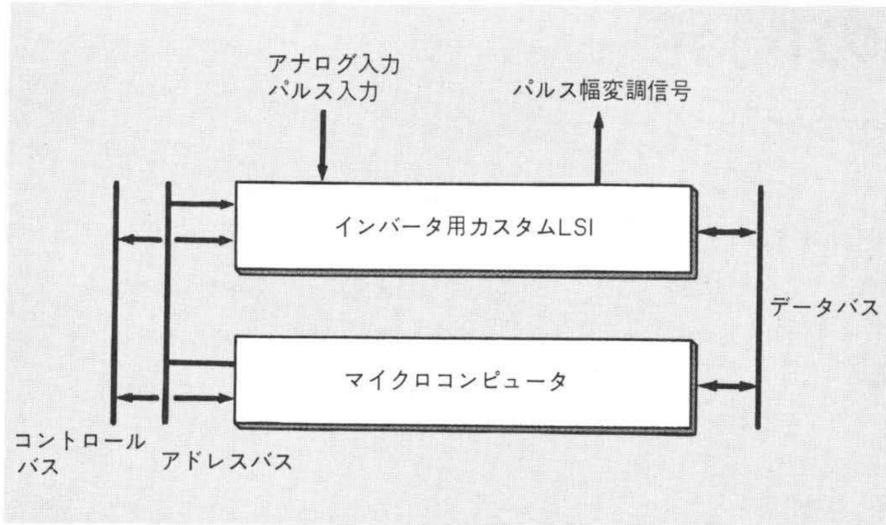


図2 制御回路の構成 制御回路は、今回開発したインバータ用カスタムLSIとマイクロコンピュータから構成される。

### 3 インバータ用カスタムLSI

#### 3.1 役割

制御回路をLSIとマイクロコンピュータで構成したことにより、LSIの役割を明確にする必要がある。図3にLSIの役割を示す。

一般に、電動機の運転状態はアナログ信号(電流、電圧、周波数指令など)、パルス信号(パルスゼネレータなど)として検出される。しかし、マイクロコンピュータで演算できるのはデジタルデータである。そのためLSIに、アナログ信号に対してA-D変換を、パルス信号に対して計数を行なうデジタルデータとする入力処理機能をもたせた。また、入力処理機能には、電動機、インバータの異常を検出し、マイクロコンピュータへ割込要求信号を発生する機能をももっている。

マイクロコンピュータはLSIによって入力処理された変換・計数データを取り込み、高効率運転制御などの複雑な計算処理及び割込要求信号に伴う要因分析を行なう。計算処理されたデータは指令データとして、マイクロコンピュータからLSIの特定のレジスタに書き込む。そこで、LSIにマイクロコンピュータによって書き込まれた指令データに見合ったパルス幅変調信号を発生する出力処理機能をもたせた。

以上述べたように、LSIでは速い処理速度を必要とする入出力を処理し、一方、マイクロコンピュータでは遅い処理速度となる複雑な計算処理、判断処理を行なうようにした。このように、LSIとマイクロコンピュータとの役割分担を明確にし、LSIの使用方法を簡単にするとともに、マイクロコンピュータの演算、判断機能を十分に活用することができる。

#### 3.2 機能

表1に機能を、図4に機能ブロックを示す。LSIの各部分はデータバスによりデータバスバッファを介して、マイクロコンピュータと接続され、種々のデータの受渡しを行なうようにし、LSIに多くの機能を集積化した。

LSIは次に述べるような機能をもっている。

##### (1) インバータ信号発生機能

インバータ信号発生機能は、電動機を可変速で駆動するための重要な機能である。インバータの駆動信号となるパルス幅変調信号は、不等パルス幅変調方式と等パルス幅変調方式の2方式を可能とし、インバータ周波数制御部と電圧制御部により発生される。これらの制御部は、アナログではなくデジタルで処理されるよう構成した<sup>2)</sup>。図5に示すように、イ

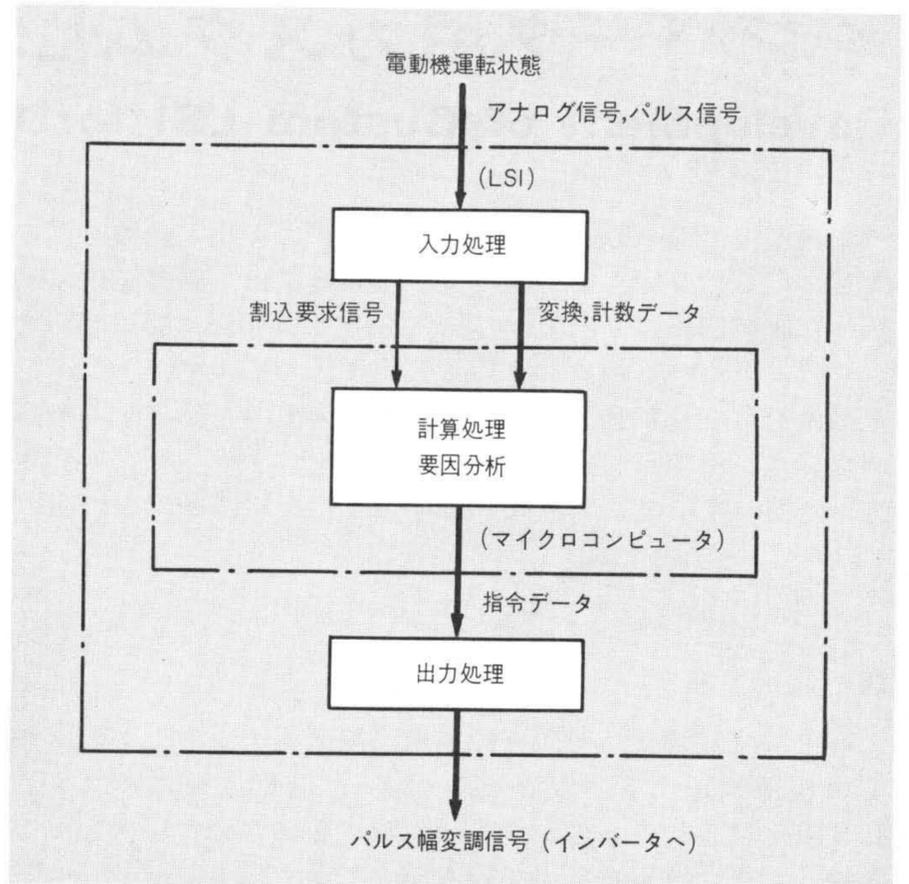


図3 LSIの役割 LSIは入出力を処理し、マイクロコンピュータでは計算処理、判断処理を行なう。

表1 LSIの機能 LSIは、電動機の可変速化に必要な多くの機能をもっている。

項目	内容
インバータ信号発生機能	不等パルス幅変調(周波数, 電圧可変)
	等パルス幅変調(周波数, 電圧可変)
パワー素子保護機能	電流制限(設定値可変)
	アーム短絡防止(時間可変)
	瞬時停電の判別(時間可変)
計数・変換機能	回転数検出
	A-D変換
オプション制御機能	直流制動, チョップ
割込機能	多要因の割込管理
運転モード	パルス個数切換, 緊急停止, 正転・逆転

ンバータの周波数は搬送波タイマと周波数指令レジスタのデータを、デジタル比較することによって制御される。更に、インバータの電圧は、搬送波タイマと変調波指令レジスタのデータをデジタル比較することによって制御され、パルス幅変調信号を発生する。発生方法から分かるように、インバータの周波数と電圧は独立にプログラムが可能であり、電動機の最適運転などが容易にできる。

##### (2) パワー素子保護機能

この保護機能は、パワー素子を保護するものである。図6に示すように、パワー素子のターンオン時の動作遅れに基づくインバータ回路のプラス側アームとマイナス側アームの短絡を防止することができる。しかも、このアーム短絡防止はパワー素子の特性を考慮して非ラップTLAPの時間をプログラムにより可変に設定できる。このことにより、種々のパワー素子に対してLSIを適用することが可能になる。

一方、パワー素子の破壊を防ぐために過電流を早期に検出して、パワー素子のしゃ断信号を発生させる必要がある。しか

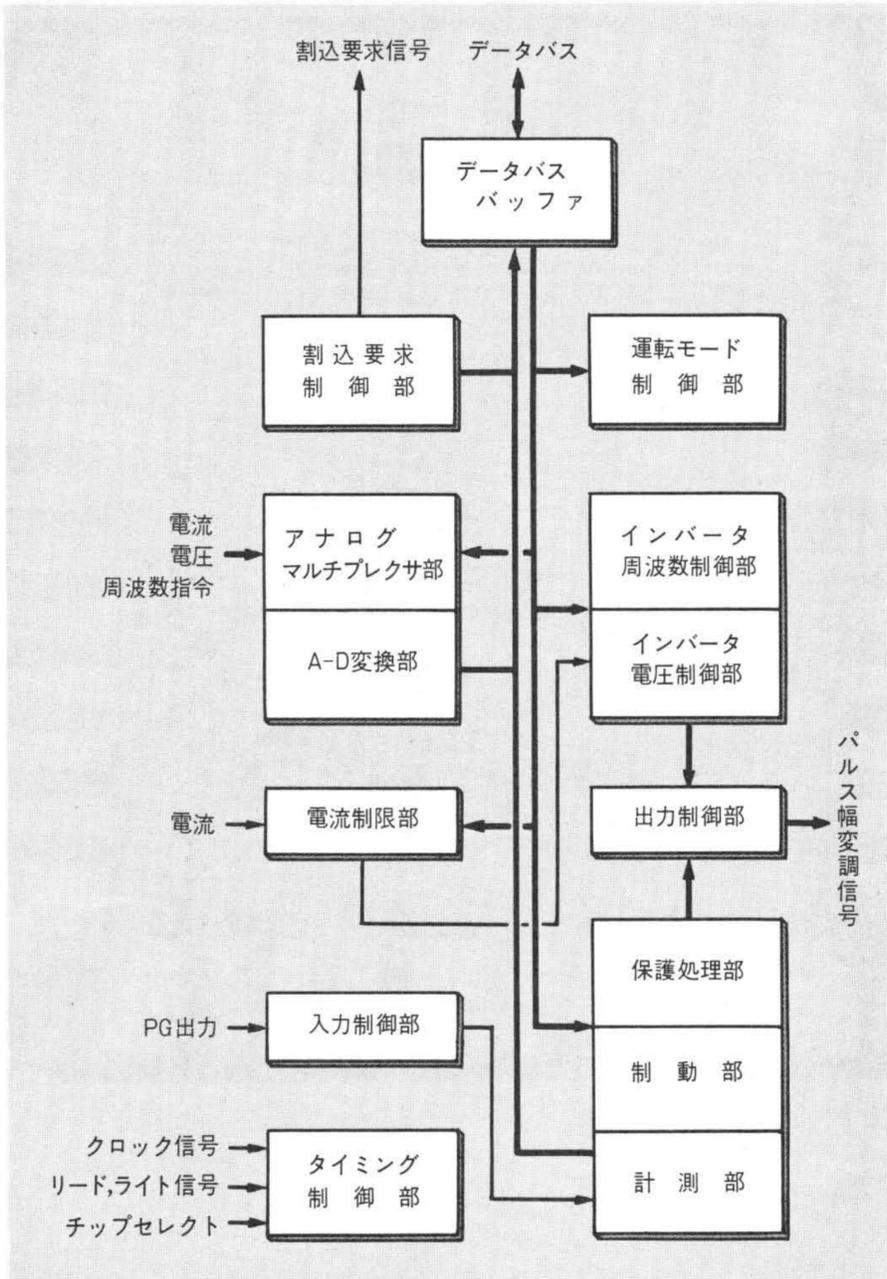


図4 LSIの機能ブロック LSIはマイクロコンピュータの周辺LSIであり、電動機の変速化に必要な入出力処理を行なう。

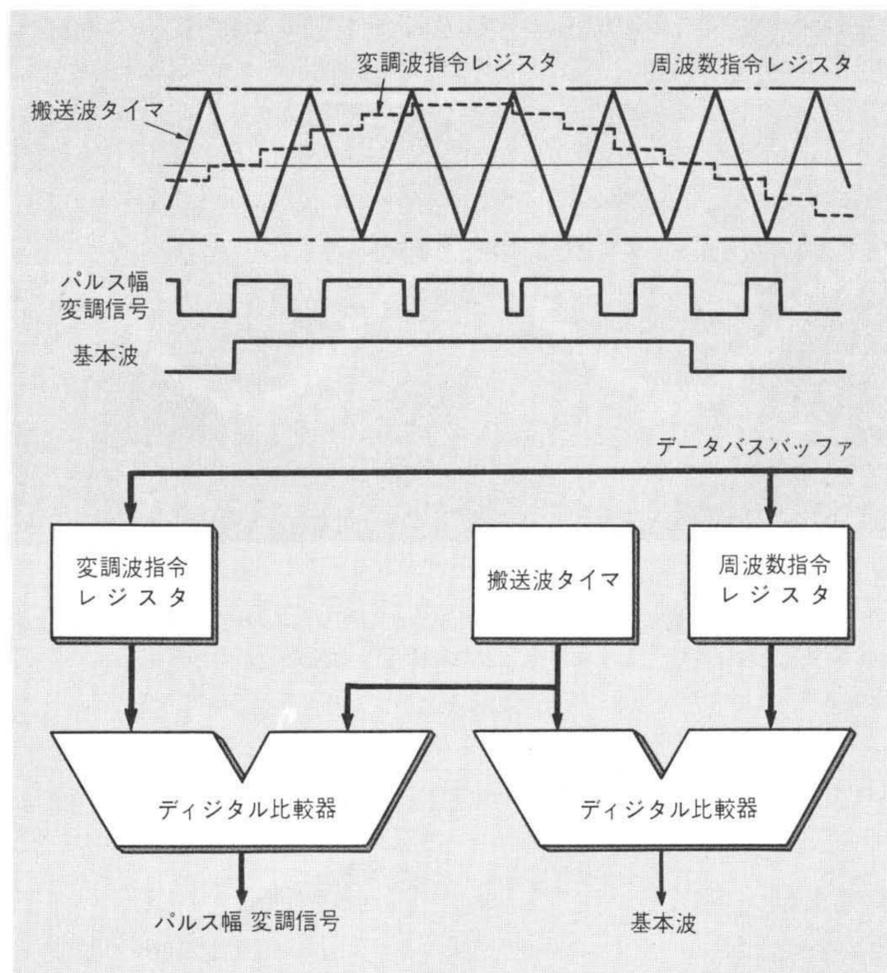


図5 パルス幅変調のデジタル発生方法 LSIの不等パルス幅変調信号は、デジタル処理で発生し、周波数と電圧を独立に設定することができる。

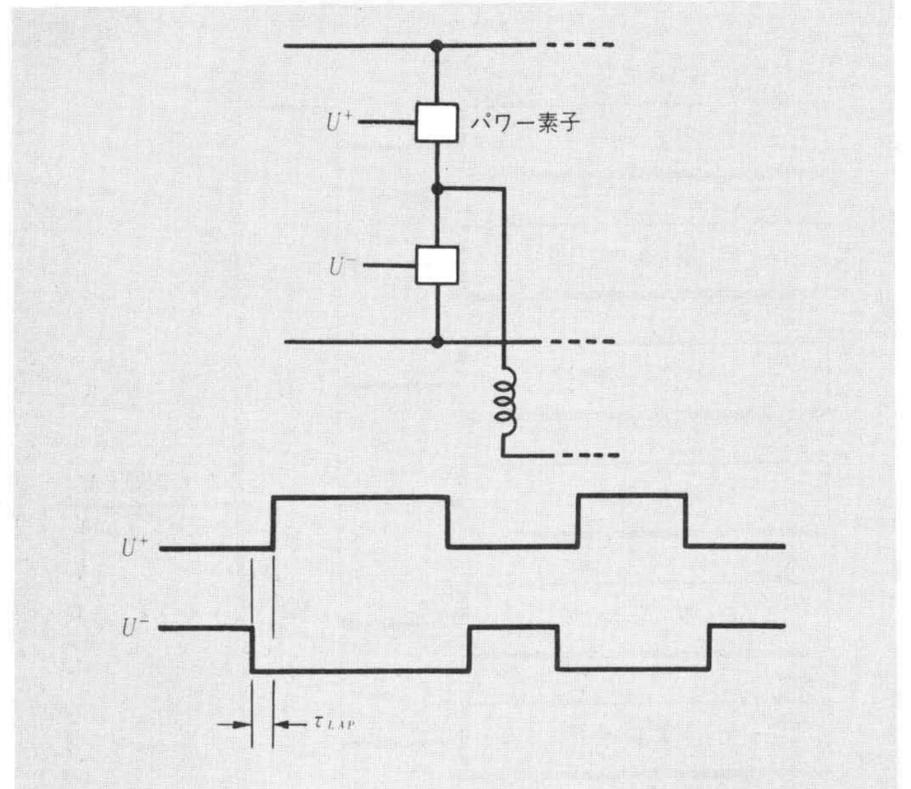


図6 アーム短絡防止 プラス側アームのゲート信号 $U^+$ とマイナス側アームのゲート信号 $U^-$ に $\tau_{LAP}$ の時間を設け、インバータ回路のアーム短絡を防止する。

し、プログラムにより過電流を検出する方法の判定時間は長くなり、早期に検出することが難しくなる。そのため、アナログ信号である電流をデジタルデータに変換せずに、LSIにD-A変換器とアナログ比較器を内蔵して、過電流を検出する方法とした。また、過電流の設定値は、電動機の運転状態に応じてプログラムにより可変にすることができる。更に、過電流を検出することによりLSI内部で自動的にパワー素子の電流を制限する機能をもっている。

以上の保護のほかに、LSIは瞬時停電の判定を行なうことができる。

### (3) 計数・変換機能

高機能化を図るためには、電動機の回転数を検出することが不可欠である。回転数検出は外部のPG(パルスゼネレータ)の出力を計数することにより行なうものであり、計数されたデータは、マイクロコンピュータによって読み出すことができる機能をもっている。

一方、他の入力は電流、電圧、周波数指令などのようにアナログ信号が多い。マイクロコンピュータではデジタル処理するために、LSIに多チャンネルのマルチプレクサ付A-D変換を内蔵した。

### (4) オプション制御機能

LSIではパルス幅変調信号の発生機能とは独立に、オプション制御機能をもっている。この機能は、直流制動時のデューティ制御やチョップ信号として使用できる。

### (5) 割込機能

LSIではソフトウェア構成を簡単にするために、割込機能をもっている。割込機能は図7に示すように、多くの割込要因を管理する機能であり、割込管理によって発生される割込要求信号は、各割込要因に対するタスクを起動するために役立つ。

### (6) 運転モード

LSIの運転モードとして、周波数指令に応じてパルス幅変調信号の分割パルス個数を切り換えることができる。また、異常状態の際、インバータを緊急停止させる機能をもっている。更に、電動機の正転及び逆転の指定がある。

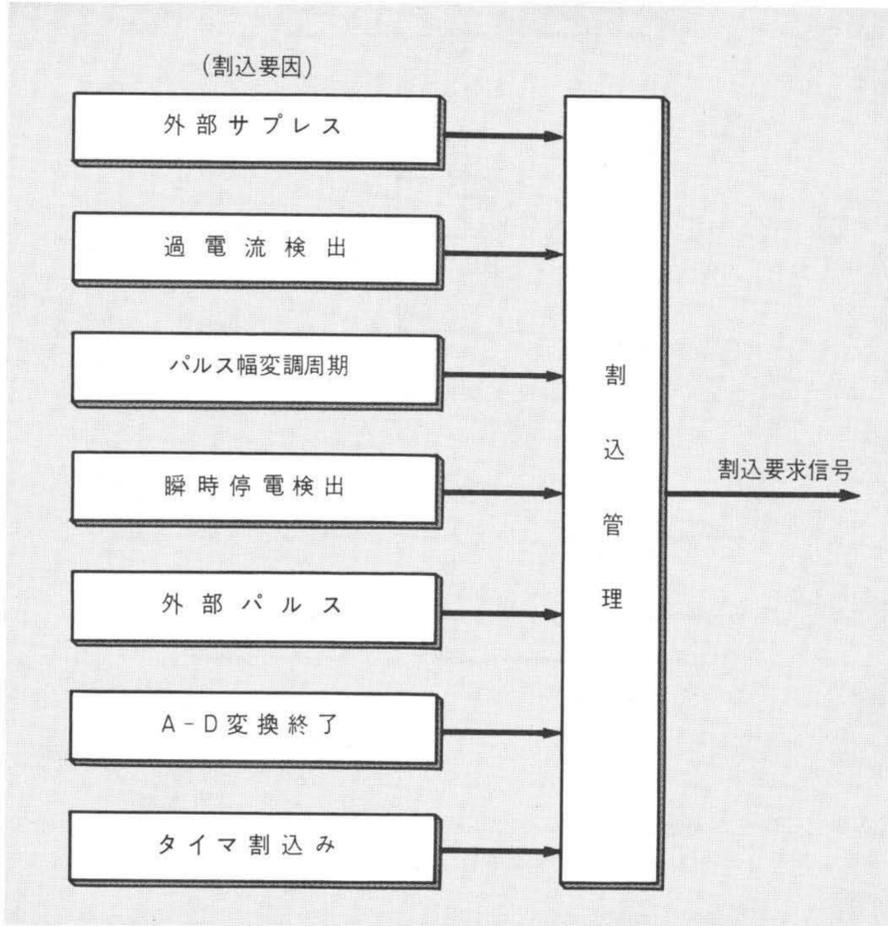


図7 LSIの割込管理 LSIは運転状態を示す多くの割込要因を管理している。

### 3.3 特長

LSIは次に述べるような特長をもっている。

- (1) LSIはマイクロコンピュータの周辺LSIであり、電動機を可変速で駆動するための入出力を処理することができ、使用方法が簡単である。
- (2) アーム短絡防止、電流制限、瞬時停電の判定など保護機能をプログラム可能とし、種々のパワー素子に適用することができる。
- (3) A-D変換器を内蔵したことにより、外付け部品を少なくすることができる。
- (4) パルス幅変調信号の発生方法は、アナログ比較でなくデジタル比較であるため、温度などに対する精度の影響がなく、安定した信号を発生することができる。
- (5) 多くの機能がプログラムにより可変であるため、広範囲の容量のインバータに適用できる。また、プログラム変更により各種応用運転が可能である。

### 4 実験結果

図8に、LSIのチップ写真を示す。LSIは42ピンパッケージに収められたMOS ICによって構成され、その内容は総ゲート数約4,350のLSIとなっている。このLSIとマイクロコンピュータにより、電動機を運転した電圧波形と電流波形を図9に示す。電流波形は正弦波状となり良好な結果を得ている。

### 5 結言

以上、インバータ用カスタムLSIの機能について述べた。本LSIは日立製作所の可変周波インバータHFC-10シリーズに適用され、所期の効果をもっていることが確認されている。

今後、省エネルギーのために電動機を可変速で駆動する用途が多くなり、インバータはますます高機能化及び高信頼性の方向に向かうものと思われる。このような観点から、日立

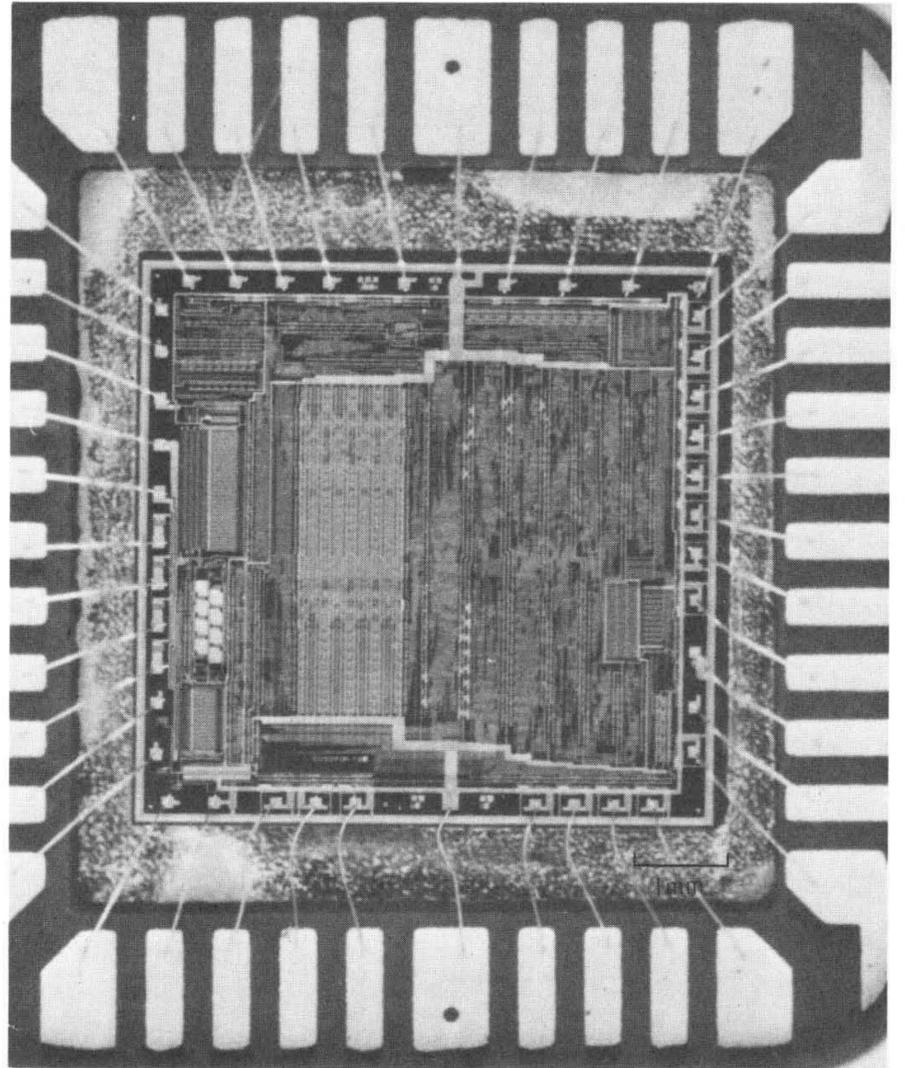
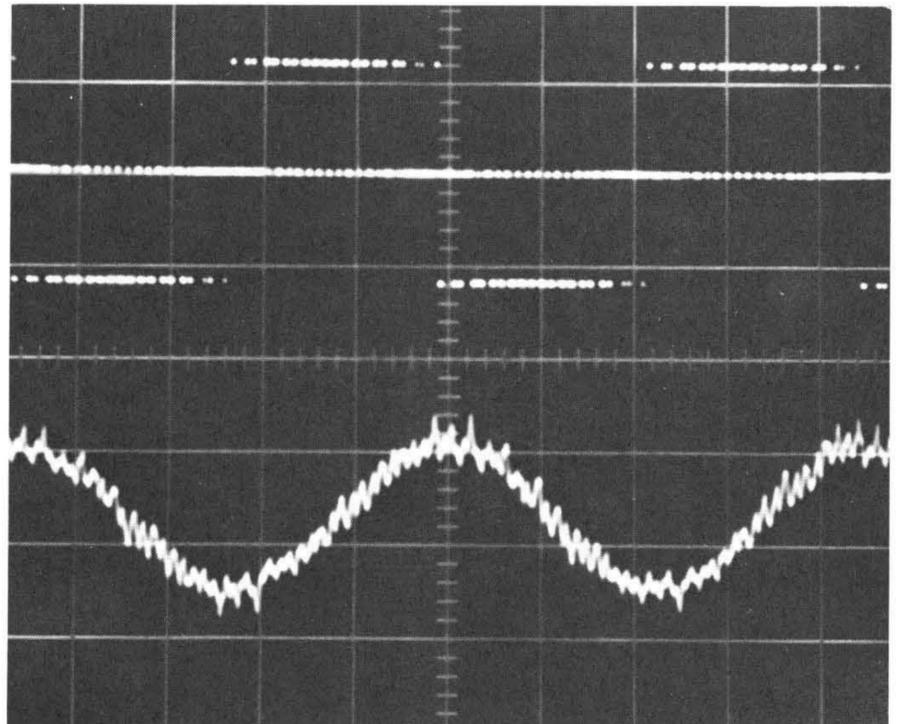


図8 LSIのチップ写真 LSIは総ゲート数4,350ゲートのNMOS LSIである。



注：上段(電圧)，下段(電流)

図9 電動機駆動波形 LSIを適用したインバータによる電動機の電圧波形と電流波形を示す。電流波形は、正弦波に近い波形となっている。

製作所はインバータの性能向上によりいっそうの努力を重ねてゆく考えである。

### 参考文献

- 1) 小池，外：パワーエレクトロニクスによる電動機制御の展望，日立評論，61，685～688(昭54-10)
- 2) 森永，外：不等パルス幅変調信号発生 of デジタル化，昭和56年電気学会全国大会，593(昭56-4)