

E

復刻版

エレクトロニクス
実務シリーズ

E l e c t r o n i c s

実用電子回路ハンドブック [3]

このPDFは、CQ出版社発売の「実用電子回路ハンドブック3[オンデマンド版]」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。
内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/52/52131.htm>
購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

見本

CQ出版社

第1章 デジタル回路

最近のデジタル技術は集積回路 (IC) の進歩と共にめざましい発展をとげ、私たちの身近にも多く利用されています。もっとも身近なものとしては電子卓上計算機がありますが、今や卓上ではなく手上計算機といった感じで、LSI の進歩と共に小型化、低消費電力化が進められています。

半導体技術の発展は、より複雑な IC を作ることを可能とし、この成果を何に結集させるか、どのような論理回路が適するか、という点から多くのデバイスが世に出ています。

しかし、それらの一部はすでに消滅し、現在におけるデジタル・デバイスとして、バイポーラ型では TTL, MOS 型では P or N-MOS および C-MOS ロジックがその主流になっています。

特に、MOS IC 技術の進歩は MSI や LSI に拍車をかけ、複雑な機能を持った IC が続々と開発されています。これらの中でスタンダードなロジック・デバイスとしてはバイポーラ型の TTL, MOS 型として C-MOS ロジックがあり、いま最も安く、品種数も多く、かつ入手しやすいファミリといえます。TTL と C-MOS に関して特性比較は本章で解説します。

一方、このようなスタンダード・ロジックは集積度を上げ LSI 化すると、その用途 (市場性) は狭くなるばかりです。つまり専用 IC となるわけです。専用 IC の代表的な品種としては、たとえば電卓用 LSI とか、時計用 LSI がありますが、これらのチップは他への流用はほとんど不可といえます。電卓や時計は需要が大きく、専用 LSI 化することに意味はありますが、市場規模の小さい機器に使用するデバイスは、経済的に LSI 化することは得策ではありません。

このような問題点の解決策の一つとして、広い市場を持つ機器の複雑なランダム・ロジックを経済的に処理できるマイクロプロセッサが生まれたわけです。マイクロプロセッサは、IC 製造メーカーの作ったハードウェアを、ユーザーの独自のソフトウェアにより自らのシステムに組み込むことが可能であるという柔軟性を持っており、IC 製造メーカーおよびそのユーザーが共に有効といえます。これらについては後述します。

見本

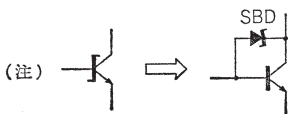
TTL と C-MOS ロジック IC

現在、最も多く使用されているスタンダード・ロジック IC としては TTL があります。しかしながら、一般の産業用機器では C-MOS がかなり普及し、すでに TTL と肩を並べるまでになっています。TTL は Texas Instrument 社がオリジナルとなり、現在では各社で製造されていますが、その種類も標準 TTL (74シリーズ) の他にハイスピード型の 74H、ローパワー型の 74L、ショットキー・ダイオードによる高速化を図った 74S、さらに 74S のローパワー型の 74LS と 5 系統があります。

一般に TTL と呼ばれているのは標準型 TTL 74シリーズで、それぞれ使用する装置の特質

〈図1-1 TTLシリーズ

パラメータ	74シリーズ	74Hシリーズ	
特長	標準型のTTLで品種数が多くポピュラー	74シリーズを高速化したもの	
基本ゲートの回路			
ゲート当たりの伝達時間	10nS	6nS	
ゲート当たりの消費電力	10mW	22mW	
入力電流 I_{IL}	-1.6mA	-2mA	
出力電流	I_{OL}	-400 μ A	-500 μ A
	I_{OH}	16mA	20mA



ショットキー・クランプド・トランジスタは左図のようにNPNトランジスタのコレクタ・ベース間にショットキー・バリアダイオード(SBD)を挿入しトランジスタが飽和状態になるのを防いでいる。

見本

に合わせて使えるように、高速化あるいは低消費電力化を図っています。図 1-1 はこれらの TTL シリーズの特性比較を示します。

一方、C-MOS は RCA 社と Motorola 社がオリジナルとなり、RCA は CD4000 シリーズ、Motorola は MC14500 シリーズとして発売、日本においても東芝、沖、NEC などから発売され、それぞれのオリジナル製品を揃えるに至っています。

C-MOS と TTL を比べると、C-MOS の特長はいろいろあります。それらの特長を列挙すると、

- (1) 消費電力が極めて少ない
- (2) 使用電源電圧範囲が広い
- (3) ノイズ・マージンが大きい

の種類)

74Sシリーズ	74Lシリーズ	74LSシリーズ
ショットキー・ダイオードによるクランプ回路を用いた超高速型 TTL	74シリーズを低消費電力化したもの	74Sシリーズを低消費電力化したもの
<p>(注)</p>	<p>(注)</p>	<p>(注)</p>
3nS	33nS	9.5nS
19mW	1mW	2mW
-2mA	-0.18mA	-0.36mA
-1000 μ A	-200 μ A	-400 μ A
20mA	3.6mA	8mA

見本

〈図1-2 TTLとC-MOSの特性比較〉

種類 パラメータ	標準 TTL	標準 C-MOS
基本ゲートの 等価回路		
動作電源電圧範囲	5V ± 5 ~ 10%	3 ~ 16V (18V)
ゲート当たり 消費電力	10mW/Gate	2 ~ 10μW/Gate (typ)
入力特性		
出力特性		
ファンアウト	10	静的には無限大, 動的に50程度
伝達特性		
伝達時間	(10 + 0.06CL) nS typ	(30 + 2CL) nS typ
F.Fの動作周波数	≈ 30MHz	≈ 10MHz
ノイズ・マージン		
その他	標準TTLの他に高速型, 低電力型などがある。	オリジナルはRCA CD4000シリーズやモトローラMC14500シリーズがある。

見本

(4) ファンアウトが大きい

などを掲げることができます。図 1-2 はこれらの特性を比較したものです。

C-MOS の最大の特長は何といっても(1)の消費電力が小さいということです。消費電力が小さいことは、小さい電源で動作し、メモリなどを保持する場合、バッテリー・バックアップが可能となるばかりでなく、発熱量が小さくなるため集積度を上げることが可能となります。つまり、TTL では集積度が MSI 止まりですが、C-MOS では LSI が標準品種の中に含まれており、使いやすいといえます。

また、(2)の電源電圧範囲についても、TTL では $5\text{V} \pm 5 \sim 10\%$ ですが、C-MOS では一般に $3 \sim 16\text{V}$ と広く、特に厳しい安定化電源を必要としないわけです。しかも、消費電力が小さいですから、簡単な電源で済むという大きな利点があります。

図 1-2 の比較図でもわかりますが、TTL と C-MOS の入出力特性の違いから、TTL ではノイズ・マージンが 0.4V であるのに対し、C-MOS では約 1.5V と大きくなり、C-MOS は TTL の約 4 倍の余裕があります。

次に、(4)のファン・アウトについても、図 1-2 に示すように、TTL のファンアウトは普通 10 と規定されています。これに対し、C-MOS では出力インピーダンスが数 100Ω であり、入力インピーダンスは約 $10^{12}\Omega$ と非常に高いですから、スタティックなファンアウトはほぼ無限大といえます。

このように C-MOS は非常に有利な点が多いわけですが、すべて良いわけではありません。それは伝達遅延特性で、いかに高速で動作するか、という点です。標準 TTL の伝達遅延時間 t_{pd} は負荷容量の影響が少なく、 100pF 当たり 6nS の遅れにすぎません。つまり、

$$t_{pd} = (10 + 0.06C_L) \text{ (nS)}$$

[C_L = 負荷容量(pF)]

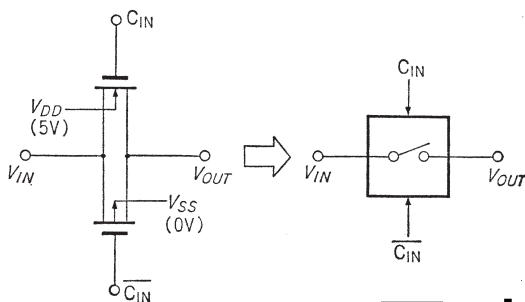
と表わせます。

これに対し、C-MOS の t_{pd} は負荷容量の影響が大きく、概略の計算式で示すと、

$$t_{pd} = (30 + 2C_L) \text{ (nS)}$$

となり、 t_{pd} が大きいだけでなく、負荷容量の影響を受けやすいといえます。つまり、TTL は高速動作が可能ですが、C-MOS は

〈図1-3 トランスマッション・ゲート〉



見本

動作スピードが遅いといえます。

C-MOS のもう一つの特長として、トランスミッション・ゲート (Transmission Gate) が構成できるということがあります。図 1-3 はトランスミッション・ゲートを示しますが、入出力は双方向性であり、アナログ信号の双方向性スイッチをはじめ、インバータと組み合わせて遅延回路 (シフトレジスタなど) としても利用できます。

以上のように、TTL はその利用がピークを越した感があり、それに代わって C-MOS が侵食しつつあり、新分野開拓の速度がますます速まるものと思われれます。

マイクロコンピュータ

マイクロコンピュータまたはマイクロプロセッサは、最近われわれの身近に現われ、電子機器の花形となっています。われわれの身近なものとしては、電子レンジ、ミシン、ビデオ・ゲームあるいはテープレコーダなどの機器に組み込まれつつあります。また、マイクロコンピュータはホーム・コンピュータあるいはホビー機器として個人で楽しむ人が増えています。

前に述べたように、従来使用されてきたランダム・ロジックによる専用 LSI は、他の用途に転用できないという傾向があるため、標準化が極めてむずかしいといえます。この解決策の一つとして、広い市場をもつ複雑なランダム・ロジックを経済的に処理できるマイクロコンピュータが生まれました。

マイクロコンピュータの用途は無限といっても過言ではありません。つまり、IC 製造メーカーが作ったハードウェアを、ユーザーの独自のソフトウェアにより自らのシステムに組み込むことが可能です。したがって、マイクロコンピュータのプログラム如何で、どのような用途にも応用でき、開発コストや機能変更が比較的容易にできるという大きな利点があります。

マイクロコンピュータは 1971 年末にインテル社が 4004 型ワンチップ CPU (中央処理演算装置) を発表してから急速に進歩をとげ、現在ではいろいろな種類のマイクロコンピュータが発表されています。現在のマイクロコンピュータのチップ集積度は 2 年ごとに 4 倍に増加しているといわれ、LSI 製造技術の進歩と共に、より高性能で、使いやすく経済的になりつつあります。

マイクロコンピュータは一般のロジック LSI と比べると、応用面ではむしろトランジスタやサイリスタと似たところがあります。トランジスタやサイリスタ (ディスクリート素子) は外部条件の設定でいろいろな用途に使用できますが、マイクロコンピュータもまたプログラム次第で広い用途に使えるからです。マイクロコンピュータは演算、判断、データ処理、

時などの能力を持ち、これらをプログラムで行なうという特色があります。

したがって、マイクロコンピュータを用いることによって、次のようなメリットがあります。

- (1) プログラムによって機能が容易に変更、追加でき、広い分野に利用できるため標準化しやすい。
- (2) 多くの機能を持たせることが可能であり、部品点数の削減、小型化が容易である。
- (3) 保守が簡易である。

といった利点があります。つまり、製品ごとの仕様の違いをプログラムのみで変更できるため標準化しやすく、開発コストや実装コストが軽減されます。

最近のマイクロコンピュータの一つの動向として、ワンチップ・マイクロコンピュータがあります。コンピュータとして必要なプロセッサ (CPU)、メモリ (ROM, RAM)、I/O (入出力)、クロック発生回路を一つの LSI チップ上に構成したものです。ワンチップ・マイクロコンピュータの大半はメモリとしてマスク ROM方式を取っており、プログラムを内蔵した一つの専用 LSI として大量生産に適するようになっていきます。つまり、従来のランダム・ロジックによる LSI を標準化されたマイクロコンピュータで実現することにより、製造メーカーの開発費はソフト開発のみ

で仕様変更でき、経済的に有効といえます。

マイクロコンピュータには、4ビット並列処理型、8ビット並列処理型、12ビット並列処理型、16ビット並列処理型などさまざまですが、このうち最も普及しているのは、1バイト (8ビット) のデータが扱える8ビット並列処理型です。表 1-1 は、現在市販されているマイクロプロセッサを簡単に分類したものです。

〈表1-1 マイクロコンピュータの分類〉

ワンチップ マイコン	4ビット	TMS1000シリーズ(テキサス) MN1400シリーズ(松下) SMI(シャープ) PPS411(ロックウェル)	μ COM42~47(日電) TLCS-43, 45(東芝) HLCS-43, 45(日立)
	8ビット	MCS48(インテル) 1 chip F-8(フェアチャイルド) 3870(モステック)	M6801(モトローラ) T3444(東芝)
	4ビット	4040(インテル) PPS412(ロックウェル)	μ COM41(日電) TLCS-41(東芝)
	8ビット	8080(インテル) 8085(インテル) M58710(三菱) μ COM-80(日電) TLCS-80A(東芝) F8(フェアチャイルド)	M6800(モトローラ) HMCS6800(日立) MB8861(富士通) S-2650(シグネティックス) MCS650X(モステック/ロジエ) Z-80(ザイログ)
	12ビット	TLCS-12A(東芝) IM6100(インターシル)	
	16ビット	TMS9100(テキサス) MCP1600(ウェスタンデジタル) L-16A(パナファコム) PACE(NSC)	CP-1600(GI) T-40L(東芝) μ COM-16(日電)

見本

ワンチップ・マイクロコンピュータを別にすれば、8ビット並列処理型の品種が多く、この中でインテル8080をオリジナルとした日電 μ COM-80、三菱M58710、東芝TLCS-80Aが最も代表的な品種といえます。この他、モトローラ社M6800系として日立、富士通が発表しています。この8080と6800の系列が汎用プロセッサとしては標準品として定着しつつあり、当分の間は主流を占めるものと思われます。

最近、低価格のマイコン・トレーニングキットが各社から発売され、好調な売行を示していますが、これらのマイクロコンピュータは1枚の基板上にCPU、I/O、メモリ、入力キー、表示装置などが構成され、これだけで独立してコンピュータとしての動作をするようにしたものです。

トレーニング・キットはアマチュアばかりでなく、企業内でも教育用や実装用として利用されており、マイコン普及の一役を果たしています。表1-2は主なトレーニング・キットの一覧表を示します。

以上、マイクロコンピュータの概要について述べましたが、マイクロコンピュータに関しては多くの書籍が発売されていますので、詳しくはそれらを参照ください。

A-D, D-A コンバータ

上述したように、マイクロコンピュータは急速に普及していますが、世の中の形態はほとんど

〈表1-2 マイコン・トレーニング・キット一覧表〉(価格は昭和53年3月現在)

MODEL	メーカー	マイクロプロセッサ	ROM		RAM		キット/完成品	価格	
			標準	最大	標準	最大			
TK-80	日本電気	μ PD80A (8080A相当)	768B	1KB	512B	1KB	キット	88,500円	1B(バイト)=8ビット
EX-5	東芝	TLCS-12A (T3190)	0	1KB	256W	1KW	キット	77,000円	1W(ワード)=12ビット
LKIT-16	パナファコム	L-16A	1KW	2KW	512W	1KW	キット	98,000円	1W=16ビット
LKIT-8	富士通	MB8861 (6800相当)	1KB	2KB	768B	1.28KB	完成品	88,500円	
H68/TR	日立	HMCS6800	4KB	4KB	1KB	3KB	キット	99,500円	
SDK-80	インテル	8080A	1KB	4KB	256B	1KB	キット	81,000円	
MEK6800D	モトローラ	M6800	4KB	4KB	1KB	3KB	完成品	79,000円	
KIM-1	モス・テクノロジー	MCS6502	2KB	2KB	1KB	1KB	完成品		
SC/MP	ナショナル セミコンタクタ	SC/MP	512B	512B	256B	256B	キット	73,500円	

見本

どが連続的な量，すなわちアナログ量であり，これらの量の検出に使用されるトランスジューサの出力は連続的な電気信号として取り出されます。

これらのアナログ量の集録や処理，制御あるいはその計測量の通信などにコンピュータを適用するとなると，デジタル・コンピュータではアナログ量を直接扱うことができませんから，A-D変換が必要となります。さらに，コンピュータで処理，判断したデジタル信号で，アナログ制御系にフィードバックする際には，やはりデジタル量をアナログ量に変換する必要があります，D-A変換が必要となってきます。

このように，D-A，A-D変換器はコンピュータ化と共に重要な役割を果たすことになり，今後その用途はますます広がるものと思われます。このようなD-A，A-Dコンバータは従来モジュールあるいはハイブリッドICで構成されていましたが，最近ではOPアンプICやデジタルICのモノリシック技術の急速な発達にともなって，1チップ・モノリシックIC化されつつあります。

A-D，D-Aコンバータの応用は前述のように，アナログとデジタルのインターフェース部分には必ず必要となりますが，用途によって必要とする特性が異なります。たとえば，デジタル・ボルト・メータやサーモ・メータなどの計測器では，高精度・高分解能を要求されますが，処理速度は低速でよいといえます。しかし，波形記憶装置やPCM通信あるいは画像処理などの用途では高速処理を要求され， $1\mu\text{S}$ 以下の変換時間を要求されます。

現在市販されているモジュール型やIC型のA-Dコンバータを，その基本的な原理に基づいて分けると，計数方式と比較方式とに大別できます。

応用される分野が数mS以下の低速領域では，計数方式のものが主として用いられており，数百nS～数百 μS の中速領域では，比較方式のうち逐次比較型のものが圧倒的な優位性を誇っ

〈表1-3 各種A-Dコンバータ〉

A-D変換の方式		出力コード	2進n桁の変換に必要なステップ数	精度	回路の簡単さの度合	用途
計数方式	電圧/時間変換型	B I N, B C D S M B S M B C D, etc.	1 (min) 2 ⁿ (max)	高	簡 単	デジタル・ボルトメータ デジタル・マルチメータ パルス波高分析器
	電圧/周波数変換型	B I N, B C D etc.		高	簡 単	デジタル・ボルトメータ デジタル・パネルメータ
掃還比較方式	逐次比較型	B I N, B C D O B N, 2 S C etc.	n	高	やや複雑	各種計測器，ハイブリッド・コンピュータ P C Mレコーディング データ集録装置，各種プロセス制御
	追従比較型	B I N, B C D etc.	1 (min) 2 ⁿ (max)	高	やや複雑	信号の最大値，最小値計測 デジタル・ボルトメータ
	パルス循環型	B I N etc.	n	低	簡 単	デジタル・ボルトメータ デジタル・パネルメータ
無掃還比較方式	並列比較型	B I N C B I N, etc.	1	中	非常に複雑	P C M通信，波形記憶装置，画像処理
	直並列比較型	B I N C B I N, etc.	1	中	複 雑	P C M通信，画像処理
	縦続比較型	B I N C B I N, etc.	1	中	複 雑	

見本

〈図1-4 計数型A-Dコンバータのブロック・ダイヤグラムと動作原理〉

<p>ランプ型</p>		<p>ランプ型A-Dコンバータは左図のような回路で、いま S_1がOFF、S_2がONとすると、S_2によりCの電荷が放電されます。次に、S_1をON、S_2をOFFとすると、Cはチャージを開始し、積分器の出力にのこざり波のランプ電圧が得られます。このランプ電圧はコンパレータA、Bに入力され、Aは0電圧、Bは V_i と比較されRS F/Fを動作させます。このようにすれば、RS F/Fの出力Qは入力電圧 V_i に比例した幅のパルスを得ることができ、この時間をカウンタを用いて計測すれば、V_i に比例したデジタル出力が得られます。</p>
<p>デュアル・スロープ型</p>		<p>二重積分型A-Dコンバータとも言い、最も多く利用されている方式です。いまRS F/Fがリセットされていると、Qは“H”となり、ゲート G_1は開かれ、カウンタが動作し一定時間後に出力パルスが出てRS F/FをセットしQが“H”となります。同時にスイッチSが V_{ref} 側に入りそれまで負方向に直線的に増大していた積分器は正方向に積分をはじめます。そしてゼロにクロスしたときコンパレータの出力は反転し“H”となります。そこでRS F/Fはリセットされ再び同じ動作をします。クロックパルスを G_2で開閉すれば、入力電圧に比例したパルスを得ることができ、</p>
<p>電荷平衡型</p>		<p>電荷平衡型A-DコンバータはモノリシックICに多く利用されており、高精度を得ることができ、入力電圧 V_i は積分器の入力に加えられ、コントロール・ロジックによりSをクロックに同期させてON/OFFします。積分器のCにチャージされた電荷が入力 V_i と断続している定電流源 I_{ref} としてちょうど打ち消し合うようにこの操作を繰り返します。そしてSのON/OFFの回数を一定時間カウンタすれば、V_i に比例したデジタル出力が得られます。</p>

見本

ISBN978-4-7898-5213-5

C3055 ¥3600E

CQ出版社

定価：本体3,600円(税別)



9784789852135



1923055036000

読者のみなさまへ

復刻版「エレクトロニクス実務シリーズ」につきまして

●小社は1964年の雑誌「トランジスタ技術」創刊以来、半導体ならびにエレクトロニクスの応用技術に関する書籍を多く発行してまいりました。しかしながら過去においては、限られた印刷技術により、相応の部数を確保できないと見なした書籍につきまして、採算面の都合から重版を行わず、「重版未定」といたしました。

●近年になってデータのデジタル化および印刷技術の進歩により、少数数での印刷・製本がある程度可能となりました。オンデマンド印刷と呼ばれております。

●一方、ご存知のようにエレクトロニクス技術の進歩は著しく、「トランジスタ技術」創刊のころ主流であったトランジスタやICによるアナログ回路技術、デジタル回路技術は、マイコンの登場以来、ブラックボックス化したり、抽象化して扱う傾向が多くなりました。扱うシステム規模が大きくなってきた所以でもあります。結果、近年の読者の方には、エレクトロニクス創生の頃にあったアナログ回路やデジタル回路技術などの詳細を説明する書籍がたいへん少なくなり、説明不足のお叱りを受けるケースもございました。

●以上のことから、過去多くの好評をいただいた書籍の中から、現代においても十分有用と思われる記事を収録しました書籍に関してのみ、このたび原著著作権者の許諾を得て、復刻版として発行することいたしました。みなさまにご活用いただけると幸いです。

……………この本はオンデマンド印刷技術で復刻しました……………

本書は、過去に小社が発行・販売いたしました書籍を光学式スキャナで読み取り、デジタル化したのち、オンデマンド印刷技術によって復刻版として用意したものです。諸々の事情により、一般書籍としての刊行時とは装丁や価格が異なり、印刷が必ずしも明瞭でなかったり、左右頁にズレが生じていることがあります。また、一般書籍最終版を概ねそのまま再現していることから、記載事項や文章に現代とは異なる表現が含まれている場合があります。事情ご賢察のうえ、ご了承くださいませようお願い申し上げます。

見本