

# IC

---

## 応用ハンドブック

---

IC 応用ハンドブック編集委員全編



# IC

---

## 応用ハンドブック

---

IC応用ハンドブック編集委員会編

（昭和57年12月20日現在）

編集委員長 柳 沢 健

昭 晃 堂

昭和52年4月20日 初版1刷発行

校 印

IC応用ハンドブック

◎ 編 者 IC応用ハンドブック編集委員会

委員長 柳 沢 健

発行者 阿 井 國 昭

東京都新宿区矢来町48

印刷所 育英印刷興業株式会社

東京都墨田区文花3-18-4

発行所 株式会社 昭 晃 堂

郵便番号162 東京都新宿区矢来町48

電話 03 (269) 3449 (代表)

振替口座 東京 3-136320 番

定価 7,500円

Printed in Japan.

日本書籍出版協会会員

自然科学書協会員

工学書協会員

三和製本

3055-220025-3080

本書の内容の一部あるいは全部を無断で複写複製すると、著作権および出版権侵害となることありますので御注意下さい。

## 序 文

戦後30年間のエレクトロニクスの発展は、技術的な進歩と工業としての拡大という両面から見て、他の工業にぬきん出たすばらしいものである。この発展を支える最大の支柱は真空管におき代わってトランジスタ-IC-LSIと急激に進歩して来た半導体技術であることは誰しも異論のない所であろう。

エレクトロニクスの基礎技術としてもっとも重要な電子回路の設計も半導体技術の進歩に合わせて大きな変化を見せている。真空管時代は真空管が高価で寸法も大きかったため、真空管のソケットを中心にしまわりに部品を並べ、真空管の数を最小ですませるような設計が行なわれた。小型化の努力はもちろん払われたが、真空管の寿命に限りがあることと発熱の問題から構造的な制約を受け、おのずから小型化、大規模化にも限界があった。

トランジスタが進歩するにつれて、小型、高信頼度、低電力消費という長所は十分に活かされ、電子計算機のように数千個以上能動素子を使うシステムが始めて実用になって来た。しかし、回路設計の立場から見ると真空管回路とトランジスタ回路には本質的な変化はなく、その状態は現在まで続いている。

回路設計の思想に根本的な変化を与えたのはICの出現である。真空管やトランジスタが基本的な増幅作用を与え、これに外部回路で味つけして種々の機能を持たせるという従来の方法に対し、ICはそれ自体が回路であり、特定の機能を持つ。ICでまず成功したのは機能の標準化が易しく、また同じ機能の回路を多数組合わせて使われるデジタル機器であり、TTLファミリの充実によって、電子回路の深い知識がなくてもデジタル機器の設計ができるようになった。現在ではTTL、ECL、CMOS等の各種のファミリーがあり、速度、電力の仕様に応じて適当な組合わせを選ぶことができる。またSSIからMSI、LSIと集積度が上がるにつれてその機能もますます拡大し、

数百個の IC で構成されていた機器が数十個から数個へと単純化されて来ている。

アナログ機器の場合はデジタル機器とくらべて個々の回路の仕様が微妙に異なり、機能の標準化による量産、低価格を生命とする IC に中々適合せず、IC 化のテンポははるかにゆるやかであった。この問題も三つの方向から解決されつつある。第一は演算増幅器、PLL のような多機能汎用アナログ IC の進歩であり、第二は民生機器のような量産品の専用 IC 化である。さらに第三の道は可能な範囲でアナログ信号の処理をデジタル処理でおきかえていく方向である。本書の中でもそれぞれの例を見ることができであろう。アナログ機器ではデジタル機器のように IC と配線だけでシステムを作り上げることは不可能で、IC に基本機能を受け持たせ、若干の外付け部品で仕様を決定する方式がさけられないが、IC が豊富になるにつれて、要求されるシステムをどのような組合わせで実現するかという選択は広がるばかりである。

IC の進歩が与えたもう一つのインパクトは高度のエレクトロニクスを専門の技術者の専有物でなく、他分野の技術者にも容易に使えるようにし、機械工業、化学工業、写真工業、医用等の各分野でエレクトロニクスが不可欠の基礎技術となったことである。エレクトロニクスの活躍する分野は今後ますます広がっていくことであろう。

本書はこのような視点に立って、ユーザがエレクトロニクスシステムを開発、設計しようとする場合、豊富なデジタルおよびアナログ IC をどのように使いこなして、もっともコストパフォーマンスのすぐれたシステムを作り上げていくかという問題の指針を与えることを目的として企画されたものである。エレクトロニクスの応用分野は広くかつ深いので、一人の著者でこれをカバーすることは不可能である。そこで、現在この分野の最先端で活躍しておられる方々に編集委員をお願いし、全体の構想をまとめていただくと共に、第一線で活躍しておられる執筆者の方々の御推薦をいただいた。

本書は3編で構成されている。第1編および第2編はデジタルおよびア

ナログ IC の特性と使い方の解説に向けられ、各種 IC のデータと豊富な回路例、それに使用上の注意がくわしく述べられている。第3編は応用システムにあてられ、エレクトロニクスが活躍する各分野から代表的なシステムをとりあげ、IC がどのように応用されシステムが構成されるかが説明されている。

本書はユーザ側から IC を見ることを目的としているため、IC の構造、製法、デバイス的な特徴については付録で必要最小限の解説を行なっている。また、他分野の技術者が利用することも考えて、説明はなるべく平易であるように注意し、数式は設計に必要なものだけにとどめた。回路図にはなるべく実際の数値例をいれ、応用に便利のようにしている。

IC の進歩はまことに急で、昨日最新の技術であったものが、今日には更に集積度の上った使い易い IC でおきかえられていくという例は限りがない。しかし、TTL、ECL、C MOS、演算増幅器といった標準品種は既に安定し、基本技術はほぼ完成の域に近づいていると見てよいであろう。本書がエレクトロニクスの専門、他分野の技術者のハンドブックとして折りにふれて利用していただき、IC を中心とするエレクトロニクスの進歩にいささかでも寄与することができれば、編者としての喜びこれに過ぎるはない。

終りに臨み、御多忙中本書の企画と執筆に御尽力いただいた編集委員および執筆者の方々に心から感謝の意を表する次第である。

昭和52年2月

柳沢 健

## IC 応用ハンドブック編集委員会

### 編集・執筆者一覧

(五十音順)

編集委員長	柳 沢 健	東京工業大学
編集委員	出 井 義 純	東京芝浦電気(株)
	小森田克比呂	松下通信工業(株)
	伝 田 精 一	サンケン電気(株)
	中 沢 修 治	日本電気(株)
	永 田 稷	(株)日立製作所
	柳 沢 健	東京工業大学

### 執筆者

安 藤 隆 男	静岡大学	伝 田 精 一	サンケン電気(株)
出 井 義 純	東京芝浦電気(株)	長 島 良 武	東京芝浦電気(株)
乾 知 次	(株)日立製作所	永 田 稷	(株)日立製作所
犬 塚 輝 雄	日本電気(株)	西 脇 耕 治	(株)日立製作所
大 城 伸 彦	東京電気(株)	波 間 哲 郎	(株)諏訪精工舎
小 川 光 雄	松下通信工業(株)	早 坂 昭 夫	(株)日立製作所
本 曾 武 陽	サンケン電気(株)	日 吉 昭 夫	日本楽器製造(株)
久 保 征 治	(株)日立製作所	藤 高 一 郎	日本電気(株)
小 西 忠 雄	(株)日立製作所	古 市 善 教	松下通信工業(株)
小 林 秀 樹	東京芝浦電気(株)	牧 本 次 生	(株)日立製作所
小森田克比呂	松下通信工業(株)	松 塚 武	トリオ(株)
桜 井 洋 次	東京芝浦電気(株)	的 崎 健	東京芝浦電気(株)
佐 藤 輝 義	東東電気(株)	丸 林 弘	立石電気(株)
鈴 木 英 昭	日本電気(株)	柳 沢 健	東京工業大学
高 橋 保 吉	東京電気(株)	油 井 透	(元)日本電気(株)
田 中 邦 道	東京芝浦電気(株)	鷺 塚 謙	シャープ(株)

# 目 次

## 第1編 デジタル IC

### 第1章 TTL

1.1	バイポーラ論理 IC の種類と特徴	出井	4
1.1.1	DTL		4
1.1.2	TTL		5
1.1.3	HTL		6
1.1.4	ECL		6
1.2	TTL の基本特性	出井	7
1.2.1	入出力特性		7
1.2.2	入出力レベルの定義		8
1.2.3	入出力電流特性		9
1.2.4	伝達時間特性		10
1.3	TTL のファミリ	出井	13
1.3.1	ゲート		13
1.3.2	JK フリップ・フロップ		28
1.4	TTL MSI	桜井	30
1.4.1	シフトレジスタ		30
1.4.2	カウンタ		36
1.4.3	デコーダ		42
1.4.4	データセレクタ		51
1.4.5	ラッチ		54
1.4.6	論理演算素子		55
1.5	バイポーラメモリ	桜井	61
1.6	TTL による論理システムの例	桜井	64
1.7	実装上の注意	桜井	67
	参考文献		68



## 第 2 章 ECL

2.1 ECL の基本特性	早坂	69
2.1.1 使用上の特徴		69
2.1.2 回路構成と電圧レベル		70
2.2 ECL ファミリ	早坂	72
2.2.1 回路ファミリ		72
2.2.2 論理品種ファミリ		73
2.3 ECL による高速論理システムの例	早坂	75
2.3.1 カウンタ		75
2.3.2 シフトレジスタ		76
2.3.3 ALU		76
2.4 実装上の注意	早坂	77
2.4.1 負荷抵抗と引張り電圧設計		78
2.4.2 アースおよび電源設計		79
2.4.3 温度上昇と熱設計		80
2.4.4 信号伝送線路設計		81
参考文献		83

## 第 3 章 MOS IC

3.1 MOS IC の特色と種類	久保	85
3.1.1 MOS IC の特色		85
3.1.2 MOS の種類		87
3.2 P チャネル MOS 回路の基本特性	久保	91
3.2.1 MOS FET の基本特性		91
3.2.2 基本インバータ回路の静特性		93
3.2.3 基本インバータ回路の過渡特性		95
3.2.4 消費電力と電力時間積		97
3.2.5 ダイナミック回路		97
3.2.6 論理ゲート回路とフリップ・フロップ回路		99
3.3 C MOS 回路の基本特性	久保	102

3.3.1	C MOS インバータの静特性	102
3.3.2	C MOS インバータの過渡特性	103
3.3.3	C MOS 回路の消費電力	103
3.4	E/D MOS の基本特性	久保 104
3.4.1	E D MOS インバータの静特性	104
3.4.2	E D MOS インバータの過渡特性	105
3.4.3	E/D MOS インバータの消費電力と電力・時間積	105
3.5	標準形 MOS IC	牧本 106
3.5.1	標準 P チャンネル MOS IC	106
3.5.2	標準 C MOS IC	110
3.5.3	ROM と PROM	112
3.5.4	PLA	114
3.5.5	RAM	115
3.6	カスタムデザイン MOS LSI の例	牧本 119
3.6.1	論理要素とユニットセル	119
3.6.2	レイアウト設計法	121
3.6.3	ワンチップ卓上計算機	122
3.7	MOS IC/LSI による論理システムの例	牧本 124
3.7.1	簡単なシステムの例	124
3.7.2	マイクロコンピュータ	128
3.8	実装上の注意	牧本 132
	参考文献	133

## 第4章 インターフェイス

4.1	MOS/バイポーラインターフェイス	油井 135
4.1.1	TTL→MOS のインターフェイス	135
4.1.2	MOS→TTL のインターフェイス	141
4.2	デジタル表示システム	油井 144
4.3	その他のインターフェイス素子	鈴木 153
4.3.1	フォトカプラ	153
4.3.2	ホール IC	158
	参考文献	160

## 第Ⅱ編 アナログIC

## 第5章 IC演算増幅器

5.1 IC演算増幅器の種類と特徴	犬塚	165
5.1.1 汎用演算増幅器(外部周波数補償形)		167
5.1.2 周波数補償内蔵形演算増幅器		168
5.1.3 高入力インピーダンス形演算増幅器		169
5.1.4 低ドリフト形演算増幅器		170
5.1.5 高速形演算増幅器		170
5.1.6 低消費電力形演算増幅器		171
5.1.7 高出力電力形演算増幅器		171
5.1.8 複合形演算増幅器		171
5.2 基本増幅回路	犬塚	171
5.2.1 入力差動利得段		173
5.2.2 中間利得段		173
5.2.3 出力段		173
5.3 演算増幅器の諸特性	犬塚	174
5.3.1 演算原理		174
5.3.2 理想演算増幅器		175
5.3.3 演算増幅器の諸特性		175
5.4 演算増幅器使用上の注意	犬塚	187
5.4.1 過大入力に対する保護		187
5.4.2 ラッチアップに対する保護		189
5.4.3 過負荷に対する保護		190
5.4.4 サージ電圧に対する保護		190
参考文献		190

## 第6章 IC演算増幅器の応用

6.1 計測用増幅回路	藤高	193
-------------	----	-----

6.1.1	基本回路	193
6.1.2	反転増幅回路	194
6.1.3	非反転増幅回路	196
6.1.4	ホロフ	197
6.1.5	差動増幅回路	197
6.1.6	オフセット電圧補償	198
6.1.7	バイアス電流補償	198
6.1.8	利得調節	199
6.1.9	高電流出力回路	201
6.1.10	高性能差動増幅回路	202
6.1.11	AC増幅回路	202
<b>6.2</b>	<b>演算回路</b>	藤高 203
6.2.1	加減算回路	203
6.2.2	積分回路	205
6.2.3	微分回路	206
<b>6.3</b>	<b>非線形回路</b>	藤高 207
6.3.1	出力電圧リミッタ	207
6.3.2	半波整流回路	208
6.3.3	全波整流回路	208
6.3.4	シュミット回路	209
6.3.5	対数変換回路	210
6.3.6	逆対数(指数関数)変換回路	210
6.3.7	乗算回路	211
<b>6.4</b>	<b>アクティブフィルタ</b>	藤高 212
6.4.1	ローパスフィルタ(LPF)	212
6.4.2	ハイパスフィルタ(HPF)	213
6.4.3	バンドパスフィルタ(BPF)	213
6.4.4	バンドエリミネートフィルタ(BEF)	214
<b>6.5</b>	<b>その他の各種応用</b>	藤高 214
6.5.1	非安定マルチバイブレータ	214
6.5.2	単安定マルチバイブレータ	215
6.5.3	正弦波発振回路	216
6.5.4	定電流回路	216
6.5.5	電圧電流変換回路	217
6.5.6	三角波発生回路	218

6.5.7 レベルシフタ .....	218
6.5.8 電流電圧変換回路 .....	219
6.5.9 定電圧発生回路 .....	220
6.5.10 電圧ブリーダ .....	220
参考文献 .....	221

## 第7章 種々のアナログ IC とその応用

7.1 オーディオ用 IC とその応用 .....	木曾	223
7.1.1 プリアンプ用 IC .....		224
7.1.2 ドライブ用 IC .....		226
7.1.3 メインアンプ用 IC .....		226
7.2 レギュレータ用 IC とその応用 .....	木曾	231
7.2.1 レギュレータ用 IC .....		231
7.2.2 レギュレータ用 IC の構成 .....		231
7.2.3 レギュレータ IC の応用例 .....		236
7.3 DA, AD 変換 .....	西脇	240
7.3.1 DA 変換器 .....		240
7.3.2 AD 変換器 .....		242
7.3.3 DA 変換器の構成 .....		242
7.3.4 AD 変換器の構成 .....		243
7.3.5 DAC, ADC の応用 .....		244
7.4 PLL .....	松塚	245
7.4.1 PLL の概論 .....		245
7.4.2 PLL の応用と IC の種類 .....		246
7.4.3 PLL IC の使い方 .....		249
7.4.4 PLL 応用回路例 .....		252
7.5 イメージセンサ .....	安藤	256
7.5.1 概 要 .....		256
7.5.2 MOS センサ .....		257
7.5.3 CCD イメージセンサ .....		261
7.6 特殊アナログ IC .....	木曾	266
7.6.1 トランジスタ IC .....		266
7.6.2 FET IC .....		267

7.6.3 ツェナ IC	269
7.6.4 B. B. D	271
参考文献	272

## 第Ⅲ編 IC 応用システム

### 第8章 デジタルシステム

8.1 電子式卓上計算機	鷲塚	277
8.1.1 ポケットブル電卓		277
8.1.2 事務用中級電卓		281
8.1.3 計算システムとして的高级電卓		281
8.2 電子時計	波間	283
8.2.1 水晶発振回路		284
8.2.2 変換器駆動回路		285
8.2.3 固体表示素子駆動回路		285
8.3 電子ばかり	丸林	286
8.3.1 AD 変換		286
8.3.2 演算回路		287
8.3.3 演算方法		291
8.4 在庫管理, POS システム	高橋・佐藤・大城	293
8.4.1 在庫管理システム		293
8.4.2 電子式キャッシュレジスタ, POS システム		297

### 第9章 民生機器

9.1 ステレオアンプ	田中	303
9.1.1 ステレオチューナ		303
9.1.2 プリメインアンプ		307
9.2 カセットテレコ	田中	308
9.2.1 カセットテレコに用いられる IC の種類		308
9.2.2 ラジオチューナ部の実例		310

9.2.3	ポータブルカセットテレコ	311
9.2.4	ホーム用カセットテレコ	313
9.2.5	テープデッキ	314
9.3	無線機器	長島 315
9.3.1	二重平衡型変・復調器	315
9.3.2	実際の応用回路例	316
9.3.3	シンセサイザ	318
9.4	TV, ビデオ機器	長島 321
9.4.1	映像中間周波回路	322
9.4.2	自動周波数調整回路 (AFC)	324
9.4.3	映像増幅回路	326
9.4.4	帯域増幅, 色同期回路	326
9.4.5	色復調回路	328
9.4.6	音声回路	329
9.4.7	同期分離, 分周回路	331
9.4.8	垂直増幅回路	332
9.4.9	TVカメラ・プロセス回路	333
9.5	電子楽器	日吉 334
9.5.1	はじめに	334
9.5.2	電子オルガンのIC化	335
9.5.3	ミュージックシンセサイザの	339
9.5.4	LSI の特徴を活かしたオルガン	341
9.5.5	将来の展望	343
	参考文献	343

## 第10章 計測器

10.1	電子式計数装置	小川 345
10.1.1	周波数カウンタ	345
10.1.2	周期測定カウンタ	352
10.1.3	時間間隔測定カウンタ	352
10.2	デジタル電圧計	小川 353
10.2.1	入力回路	354
10.2.2	積分器, コンパレータ	355

10.2.3	定電圧電源	356
10.2.4	発振回路	357
10.2.5	制御回路	357
10.2.6	計数表示回路	358
10.3	信号発生器	小川 358
10.3.1	低周波発振回路	359
10.3.2	電圧による周波数制御回路 (VCF)	360
10.3.3	指示計増幅, 検波回路	361
10.3.4	自動振幅制御回路 (ALC)	362
10.4	オシロスコープ	小川 363
10.4.1	プリアンプ	364
10.4.2	チャンネル切換回路	365
10.4.3	同期回路	366
10.4.4	時間軸信号発生回路	367
10.5	化学計測器のためのインターフェイス	小西 369
10.5.1	アナログ信号用前置増幅器	369
10.5.2	アナログ信号の取り扱い	372
10.5.3	アナログマルチプレクサ	373
10.6	記録装置	古市 373
10.6.1	チャップ・プリアンプ	374
10.6.2	リミット回路	376
	参考文献	376

## 第11章 産業応用システム

11.1	医用電子システム	的崎・小林 377
11.2	自動車用 IC 応用システム	乾 383
11.2.1	IC レギュレータ	384
11.2.2	イグナイタ	385
11.2.3	シートベルトインタロックシステム	387
11.2.4	その他の応用	388
11.3	制御機器, 制御システム	小森田 389
11.3.1	制御システムの概要	389



11.3.2 制御論理の構成	392
11.3.3 数値制御システム(例1)	392
11.3.4 交通管制システム(例2)	395
参考文献	399

## 付 録

A1 モノリシック IC の構造, 製法, 特性	永田	401
A1.1 モノリシック IC の構造		401
A1.2 モノリシックの製造工程		401
A1.3 モノリシック IC を構成する部品とその特性		402
A2 薄膜および厚膜 IC の構造, 膜法および特性	木曾	405
A2.1 薄膜生成技術		405
A2.2 薄膜回路素子		406
A2.3 厚膜生成技術		409
A2.4 厚膜回路素子		409
A3 パッケージ	出井	411
A3.1 TO-5 形パッケージ		411
A3.2 DIPパッケージ		411
A3.3 フラットパッケージ		417
A4 信頼性	出井	417
A5 論理記号とファンクションテーブル	柳沢	420
索引		423