

# 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 [4]



見本

CQ出版社

## 第1部 デジタル回路

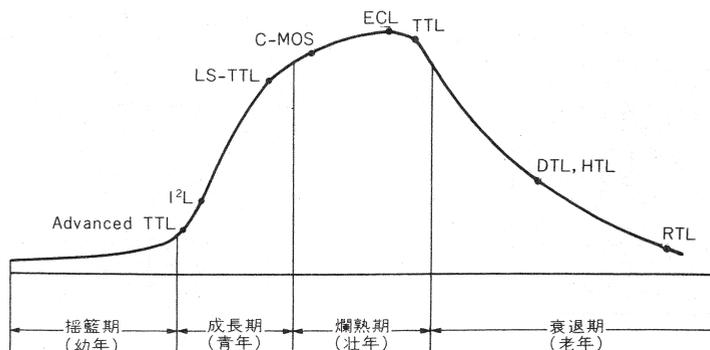
急速な発展を続ける電子産業をささえているのは、何と言っても半導体技術です。半導体技術の中でも、デジタル IC を中心とする LSI 群の進歩はめざましく、LSI チップの微細化と共にますます大規模化し、われわれの身近にも多く利用されるにいたっています。

一方、初期に開発されたスタンダードな論理素子の中には、今やその使命を果たし、忘れられたものも多くあります。図1-1はデジタル IC のライフ・サイクルにおける現状を示したもので、当初のRTLやDTLは忘れ去られた存在となっています。そして、TTLやC-MOS、あるいはLS-TTL ロジック IC が今や全盛ですが、今後はI<sup>2</sup>LやAdvanced TTLなどニュー・ファミリが徐々に浸透していくものと思われます。

また、専用 IC も複雑な機能を持った LSI が続々と開発されていますが、これらは全くの専用 IC であり、ほとんどが使用者の仕様で開発されるカスタム IC が主体となっています。カスタム IC は使用者としては最も適したシステムを構成できますが、IC の開発費を負担しなければならず、総合的に見れば使用数量の少ないシステムへの応用は結局高価なものとなります。

ところが、マイクロコンピュータ (MPU) の急速な普及により、広い分野にわたる応用

〈図1-1 半導体製品のライフ・サイクル〉



が、標準化された LSI で構成できるようになりました。つまり、標準化されたマイクロコンピュータ LSI を用いて、必要な I/O とソフトウェアを開発するだけでどのような装置にも応用ができ、しかも、大きな機能を持たせることも可能となったわけです。

### マイクロコンピュータとその I/O インターフェース

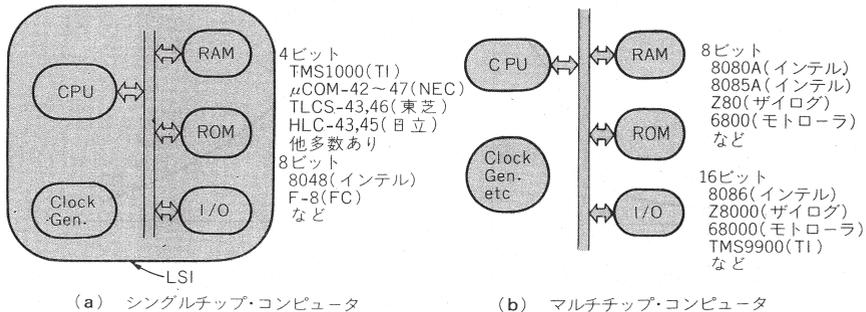
マイクロコンピュータ（以下マイコンという）は、最近ようやく本格的に実用化され、各種の電子機器の中で定着しつつあります。マイコンの応用分野には主として二つの方向があります。その一つは従来のミニコンの分野の仕事を容易に引き受けるもので、ちゃんとした OS (Operating System) のサポートがないと自由に使いこなせないレベルの用途と、他は従来ハード・ロジックで構成していた機能をマイコンにやらせたり、データのローカルな処理に使用するものです。

マイコンはその大きさ、内容の違ういろいろなタイプが発表されています。その中で、自分のシステムに最適のマイコンを使うようにする必要があります。大きく分けてシステムを構成する LSI チップの数により、(i)シングルチップと(ii)マルチチップの二つのタイプに分類できます。また、並列処理能力により4ビット、8ビットおよび16ビットがあります。

#### ◆シングルチップ・マイコン

シングルチップ・マイコンはコンピュータとして必要なプロセッサ(CPU)、メモリ (RAM, ROM)、I/O (入出力回路)、クロック発生回路などを一つのLSIチップ上に構成したもので、メモリとしてマスク ROM 方式をとるものが多く、これはプログラムを内蔵した一つの専用 LSI と言えます。つまり、内部はコンピュータ式の処理を行っています、プログラムされた

〈図1-2 シングルチップとマルチチップ・コンピュータ〉



機能を処理し、外部には普通の専用 LSI としての機能しかありません。そして、そのプログラムはユーザの仕様（プログラム・テープ）にしたがって、メーカーが書き込むわけです。したがって、用途としては機器組み込み用のマイコンとして利用されています。

シングルチップ・マイコンは4ビット並列処理の小型のものが多く、テレビをはじめ、洗濯機、クーラなどの家電機器など、大量生産される機器に多く利用され、メーカーにおける生産量も一番多いデバイスです。

さらに規模の大きい処理を必要とする場合には、8ビットのシングルチップ・マイコンが使用されます。8ビットの代表的な品種としてはインテル社の8048があり、CPU、RAM/ROM、I/Oポート、タイマなど、かなりの規模の内容を一つのチップ上に構成しており、汎用の8ビット・マイコンである8080Aに近い機能を持っています。そして、内部のROM/RAMにプラスして外部にもRAM/ROMあるいはI/Oポートを付加することが可能なシステム構成となっています。

いずれにしても、シングルチップ・マイコンはプログラムをマスクROMにするという関係で、量産品向きのコンピュータと言えるでしょう。

### ●マルチチップ・マイコン

マルチチップ・マイコンはCPU、メモリ、I/Oなどのチップが別々に作られ、それらを組み合わせることで一つのコンピュータを構成するものです。したがって、その構成方法によって機能の伸縮性（自由度）は高く、いわゆる汎用コンピュータと呼ばれています。つまり、バス・ライン、メモリ容量、I/O数などが自由に構成でき、拡張性が高い素子です。

最も代表的なマルチチップ・マイコンとしては8ビット並列処理型でインテル社の8080A、8085、ザイログ社Z80、モトローラ社6800などがあります。

これらの8ビット・マイコンは多くの用途に活用されていますが、その規模により二つに大別されます。

(i)量産機器に組み込み用として構成するもので、外部からはその機能をうかがい知ることができない用途に使用されるもの、つまり、1枚のプリント基板で構成され、専用化されたコンピュータで、シングルチップ・マイコンでも構成ができるものです。

(ii)コンピュータの機能をさらに強力にしないと解決できない場合に構成される機種で、1枚のプリント基板では構成しきれないため、何枚かに分割されるもの。この場合には、バス・ライン、I/O引き出し、機能分割などを標準化し、使いやすく、汎用性を持たせる必要があります。つまり、大量生産ではなく、単品物の装置に使いやすい構成を考えたコンピュータで、汎

用マルチボード・コンピュータと呼ばれます。

マルチチップ・マイコンの中にはさらに機能の大きな16ビット並列処理型があります。代表的な品種としてはインテル社 8086, ザイログ社 Z8000, TI社 TMS9900, モトローラ社 MC68000 などがあります。これらはいずれも従来のミニコン級の処理能力があり, 事務処理, 科学計算処理など比較的大きなシステム用として利用されています。

## マイコン回路のノイズ対策

われわれが IC や LSI を用いて装置を組み立て, いざ調整という段階にきて“回路図どおりに作った装置が動作しない”ということは多くの人が経験していることです。回路設計のミスは論外としても, ミスがないうのに動作しない場合は, いわゆる雑音による誤動作がその原因であることがしばしばあります。

ここでは, デジタル回路のうち, 主としてマイコン回路を構成する際に注意する必要がある, ノイズに対するノウハウについて考えてみます。

### ◆マイコンのロジック設計

マイコンだからといってノイズを特に恐れる必要はなく, むしろノイズ・マージン的には TTL より優れている点が多いのですが, ノイズを受けるとソフトウェアとの関係で, 何が起きているのかきわめてわからない現象が起これ, 設計者を悩ますこととなります。一方, 最近のマイコンはその周辺のデバイスも豊富にそろってきており, マイコンのロジックというのは, むしろその周辺のノイズを発生する回路からいかにノイズを消去して, マイコンと信号の授受を行うかということにかかっています。ここでは, そういう観点からノイズ対策を考えてみました。

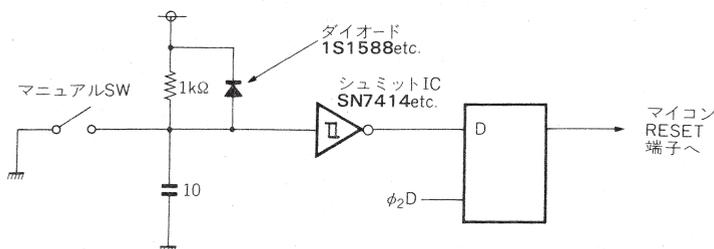
#### ①カタログ値と実際

マイコンに限ったことではありませんが, データ・シート上では, たとえば $\pm 5\%$ の電圧変動の下で $0\sim 70^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において, ある特性を保証していますが, 実際にはその特性より優れていることも多くあります。しかし, メーカーは, その優れた特性について何ら保証していないばかりか, この種のデバイスは一般に温度が上昇したり, プリント基板のパターンが長くなった場合遅延したりして, 誤動作の原因となります。したがって, 必ずカタログの範囲で使うことを守っていただきたいものです。

#### ②マイコンのスタート・アップ

8080, 8085, Z80などチップによって若干の差異はありますが、電源投入時にプログラム・カウンタやレジスタ類をクリアするため、パワーオン・リセットの回路が必要となります。したがって、一般的には CR による時定数回路を CPU の RESET 端子に入れます。しかし、MOS IC にとっては徐々に上昇する電圧は誤動作の原因となりますので、シュミット回路を中間に入れるようにします。図 1-3 のようにスイッチを入れておけば、マニュアルでもリセットが可能です。また、ここに使われているダイオードは、電源の ON/OFF 操作を早く行っても問題を生じさせないための、コンデンサの放電用です。こうすることにより、電源投入時においてノイズによる異常な動作をするという、トラブルは解決します。

〈図1-3 RESET 信号の作り方〉



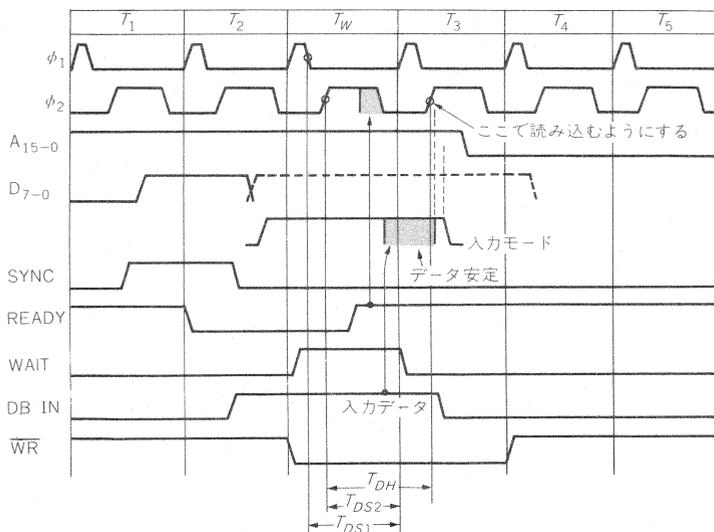
### ③マイコンの入力動作

8080の例をとりますと、図 1-4 のタイミング・チャートのように、まずアドレスがきて次に DB IN が出るため、データ・バスが能動になります。ところが、DB IN は各種のコントロールに使用しているため、この DB IN 信号が ON した時、ノイズが発生しやすくなります。DB IN は、 $T_2$  における  $\phi_2$  の立ち上がりから  $T_3$  の  $\phi_2$  の立ち上がりまでですが、DB IN が出ているときデータ・ライン上でデータを安定に保つ時間は、少なくとも  $\phi_1$  の立ち下がりから  $T_{DS1}$  (または  $\phi_2$  の立ち上がりから  $T_{DS2}$ ) 以上のセットアップ時間をとり、 $\phi_2$  の立ち上がりから  $T_{DH}$  以上のデータ・ホールド時間をとった幅が必要です。このように考えるとデータ・バスは、ROM などの周辺デバイスの出力が安定するまで、すなわち  $T_{DS1}$  の分だけ遅く開くことができますので、DB IN のノイズの発生から、タイミングをずらすことにより、確実なデータが取り込めるようになります。

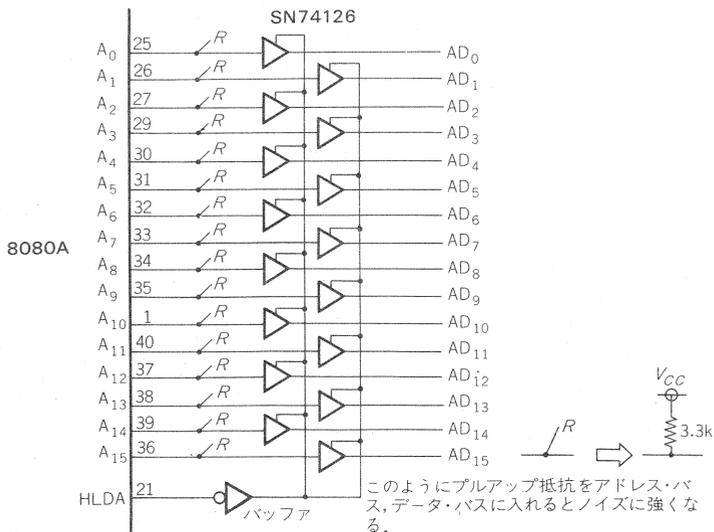
### ④アドレス・バス、データ・バスの処理

マイコンのチップは、直接 74LS シリーズの素子が接続できる場合が多いですが、このような場合でも図 1-5 のようにプルアップ抵抗を付けてやるのが、ノイズ対策上望ましいでしょう。

〈図1-4 8080Aの基本タイミング〉



〈図1-5 プルアップ抵抗〉



●マイコンに直結されるハードウェア

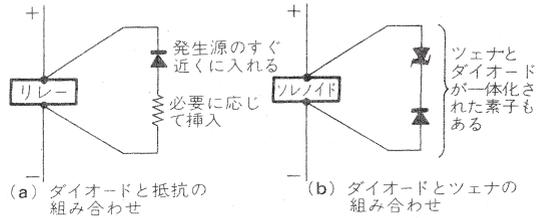
マイコンのロジック設計をする上で考えなければならないのは、マイコン・ボードと同時に接続または選択される周辺デバイスがノイズを出さない、あるいはノイズに強い設計をする技

術です。それらについて以下に述べます。

①リレー、ソレノイドなどの誘導負荷の逆起電力防止

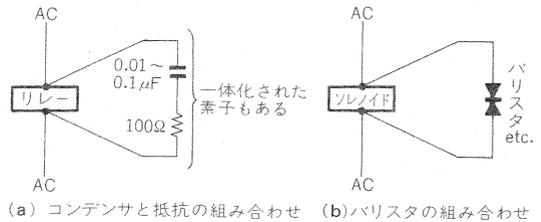
直流回路の場合 図1-6のように、発生源のできるだけ近くに、ダイオードを並列に接続します。なお、応答性を考慮してダイオードと抵抗、またはツェナ・ダイオードを組み合わせたものも有効です。最近では、これが組み合わされた素子も市販されています。

〈図1-6 直流回路のノイズ・キラー〉



交流回路の場合 図1-7のように直流のときと同じく、発生源の

〈図1-7 交流回路のスパーク・キラー〉

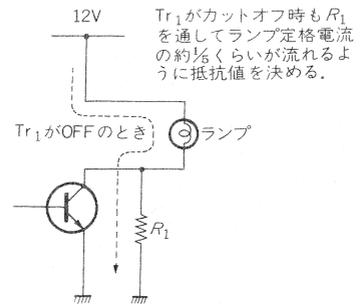


できる限り近くにCとR、あるいはバリスタなどのサージ・サプレッサを並列接続します。

②ランプの点灯ノイズ防止

フィラメント式のランプは、点灯時に突入電流が流れノイズの発生源となることがあります。したがって図1-8のように、消灯時にも暗電流を点灯時の約1/5くらい流すように抵抗を接続しておきます。

〈図1-8 ランプ点灯ノイズの防止対策〉



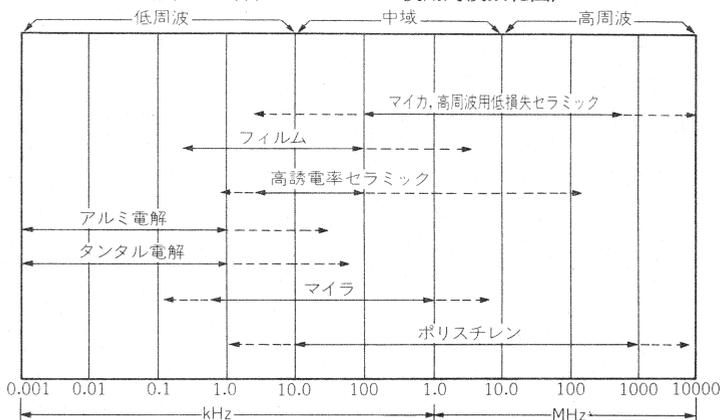
③受動素子の選択法

コンデンサ 構成する誘電材によって種類が多く、その選択には動作周波数、環境、価格などを考慮して行いますが、どのコンデンサもすべての周波数帯域をカバーするわけではありません。したがって、表1-1および表1-2をよく参照して、目的に応じたものを使用するよう心がけてください。

固定抵抗器 大別して巻線型、皮膜型、および固体型があり、定格電力、大きさ、使用個所によって使い分けます。抵抗自身の受けるノイズや発生するノイズは、その製法で左右されますが、抵抗のもつインダクタンスで外部磁界の影響を受けることがあります。インダクタンス分は、

巻線型>皮膜型>固体型

〈表1-1 各種コンデンサの使用周波数範囲〉



〈表1-2 各種コンデンサの特長〉

種類	特長	欠点	使用上の注意
アルミ電解	<ul style="list-style-type: none"> <li>容量の割に小型</li> <li>コストが安い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>インダクタンスが大(低周波にしか使えない)</li> <li>有極性である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>寿命の点で定格電圧の約80%程度で使用する</li> </ul>
タンタル電解	<ul style="list-style-type: none"> <li>インピーダンスが低く, アルミ電解よりやや高周波まで使用可能</li> <li>時間, 温度, 衝撃などに安定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コストが高い</li> <li>有極性である</li> </ul>	
ペーパー, マイラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>インピーダンスはタンタル電解より小さい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>数<math>\mu</math>Fのものしか入手不能</li> </ul>	
マイカ, セラミック	<ul style="list-style-type: none"> <li>インダクタンスおよび直列抵抗がきわめて小さい</li> <li>安定性も抜群</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>過渡電圧に弱い</li> <li>小容量のものが多く</li> </ul>	
ポリスチレン	<ul style="list-style-type: none"> <li>直列抵抗がきわめて低く一番すぐれている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コストが高い</li> <li>大容量は製作できない</li> </ul>	

の順となっています。また、抵抗自身が発生するノイズは、

固体型>皮膜型>巻線型

と逆になっており、巻線型が優れています。また同一種類の抵抗を同一の電力で使用したときは、電力定格が大きいほどノイズ発生は少なくなる傾向があります。このほか、最近ではレジスタ・アレイと称する印刷技術や蒸着技術による複合抵抗もあり、ロジック回路には比較的良好に使われています。

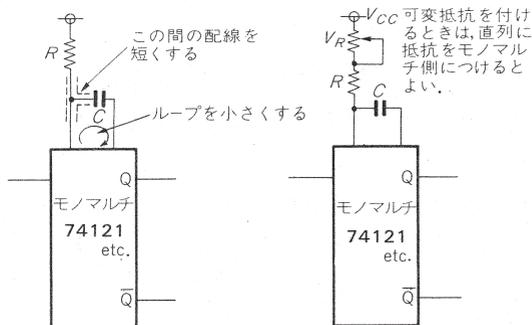
#### ④能動素子の使用法

**TTL** 最近では、通常の74シリーズの他に、74LS というシリーズが多く使われています。これは、スピードが速く消費電力も少ない上、ノイズ・マージンの点でも有利なので、今後の設計にはどんどん取り入れられるでしょう。回路の中にモノマルチ (SN74121) のような

素子を使うときは、図1-9のような注意をしないと誤動作をすることがあります。

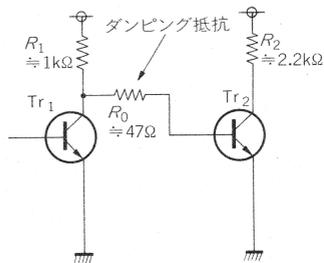
**トランジスタ** トランジスタもICと同じですが、配線やパターンが長いとインダクタンスによるリングングが発生します。こんなときは、ダンピング抵抗を図1-10のように入れます。

〈図1-9 モノマルチの使い方〉

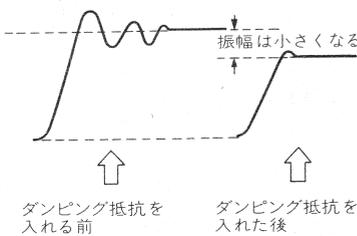


(a) 抵抗とコンデンサの取り付け (b) 可変抵抗の取り付け

〈図1-10 ダンピング抵抗の入れ方〉



(a) 抵抗の挿入法

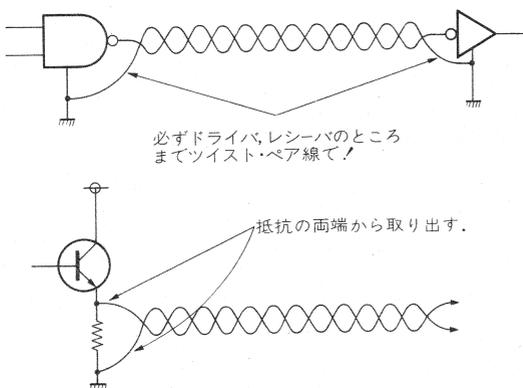


(b) 効果の波形

●マイコンとのインターフェース

システムを設計すると、必ずといって良いほどマイコンとTTYとかCRT、あるいはマイコンによって、制御すべきメカニズムといった具合に、インターフェース技術がともないます。インターフェースの適否によっては、回路そのものがいかに優れていても、外部装置と接続するとノイズの影響が出て誤動作をするなどということにもなりかねません。

〈図1-11 ツイスト・ペア線の使い方〉



そこで、ここではインターフェース上のノイズ対策について述べます。

①ツイスト・ペア線の使用

ツイスト・ペア線は、コモンモードに強いので、インターフェース用ケーブルとして欠かせません。図1-11にその使用例を示しますが、基本は途中でコンネクタがあろうがなかりながら、信号の根元まですべてツイスト・ペアであることが必要で、途中でアースしてはなりません。

②デジタル信号の送受法

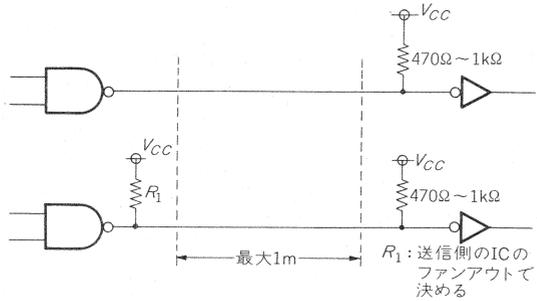
伝送する距離によって次のような方法に大別できます。

**ケーブル長 1 m 以下** 終端または送受端に、図1-12のようにプルアップ抵抗を付けます。

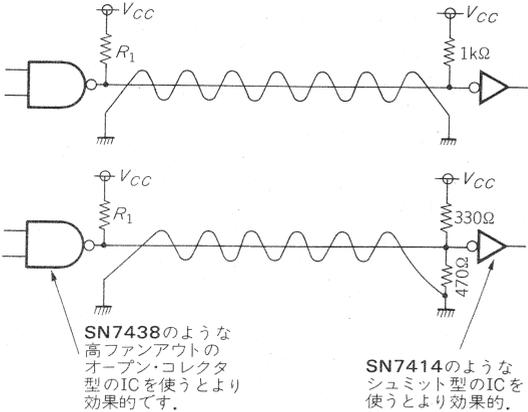
**ケーブル長 5 m 以下** 図1-13のように、送受端にプルアップ抵抗を付け、必要なら終端はプルダウン抵抗も付けます。また、送信側のICはオープン・コレクタ型を、受信側はシュミット型のものを使えば、より一層ノイズに強くなります。

**長距離伝送のとき** 長距離のデータ転送やノイズの大きい場所では、平衡出力のドライバ、平衡入力レシーバなどを使用し、送受信共に終端抵抗を付け、ツイスト・ペア線もインピーダンスのマッチングを

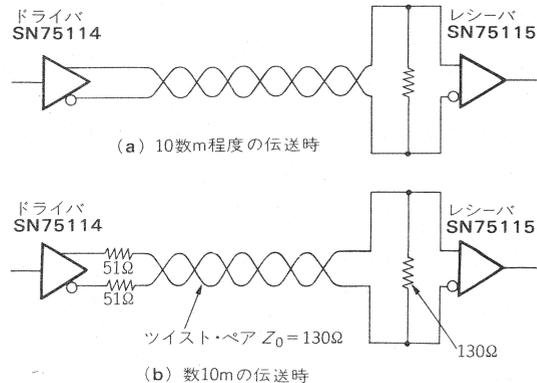
〈図1-12 ケーブル長 1 m 以下の場合〉



〈図1-13 ケーブル長 5 m 以下の場合〉



〈図1-14 長距離伝送のとき〉



取ることが必要です。図1-14(a)では10数m、(b)では数10mの転送が確実に行えます。

ISBN978-4-7898-5214-2

C3055 ¥3600E

**CQ出版社**

定価：本体3,600円（税別）



9784789852142



1923055036000

読者のみなさまへ

複製版「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、このたび原著作者の許諾を得て、複製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PDFは、CQ出版社発売の「実用電子回路ハンドブック 4[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/52/52141.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

……………この本はオンデマンド印刷技術で複製しました……………

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複製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