

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

いかに小部品で高信頼化を図るか

デジタル回路設計ノウハウ

中野正次^[著]

見本

CQ出版社

第1章

最適デバイスの選択が設計の 決め手になる

近年ニューファミリが流行しているそうですが、汎用デジタルICにもニューファミリが続々登場してきています。数年前までは、コンピュータ周辺にC-MOSのICを混用することはスピード、ドライブ能力、保護対策、ロジックの共通性など、わずらわしい問題点が多く、どちらかといえば避けられる傾向にありました。ところが、現在この状況は変わりつつあり、スピード、ドライブ能力などで、TTLの主流であるLSシリーズ相当の仕様をもつ、C-MOSのHCシリーズの登場となりました。

一方、TTLはASシリーズでECLの10Kシリーズをしのぐスピードになり、ALSシリーズではLSより速く、かつ小電力となっており、TTLの標準はALSシリーズに移行していくものと思われます。

また、既存のファミリにも新設計のものが続々追加されており、従来の設計様式をそのまま踏襲していくと、大きなロスを産み出してしまいます。ただ、ここで注意しなければならないのは、スタンダード・ファミリにあってLSファミリに無いものや、同一番号で機能の違うものがあることです。さらに、ファミリ名そのものが紛らわしいものもあり、安易に変更するわけにはいきません。

これらのロジック・ファミリとは別に、専用LSIにも応用範囲の広いものがあり、利用法によっては大きなメリットを出すことができます。

❖1.1 ロジックIC

1.1.1 ファミリに共通でないIC

7406, 7407, 7416, 7417, 7423, 7425, 7470, 74110, 74111, 74121, 7497, 74167などは、スタンダードにしかありません。この他にもMSIではスタンダードのみのものが多くあ

ります。7401と74H01ではピン接続が違います。また、7451と74LS51は機能が違います。7454と74LS54も同様です。74ALS133, 74S260, 74LS11, 74LS21, 74LS15, 74LS18, 74LS19, 74LS24, 74LS31, 74S140などはスタンダードにないICです。LSIではスタンダードにない品種が数多くあります。NS社の“74Cシリーズ”は、もともとTTLのファミリのロジックをC-MOSに置き換えるという趣旨で作られたものですが、このうち74C9××の番号のものは、本家TTLにはありません。

東芝の高速C-MOS“TC40Hシリーズ”は、一見RCAのC-MOS“CD4000シリーズ”

図1-1 74型ロジック・ファミリの系図

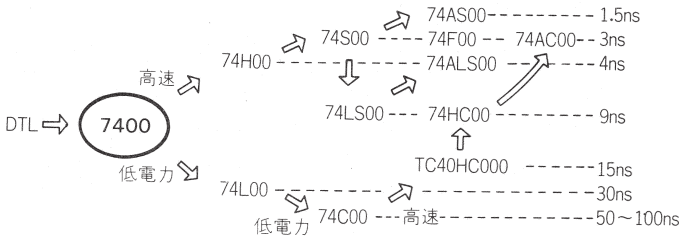
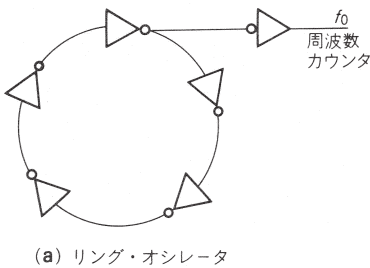


図1-2 各種ファミリのスピード (実測)



LS19が入手できずLS24 (7400型)を使用した

IC名	周期5段オシレータ(ns)	平均 t_{pd} (ns)
SN7404	47	4.7
SN7414	150	15
SN74LS04	55	5.5
SN74LS14	140	14
MC14069UB	230	23
MM74C14	1730	173
MM74C901	190	19
MM74C914	1500	150
TC40H004	85	8.5
MC74HCU04	40	4.0
MM74HC14	100	10.0
SN74ALS04	42	4.2
74F04	16	1.6
SN74S04	27	2.7
SN74LS24	100 (3段)	16.67
F74AC04	19.6	1.96
SN74AS04	14.9	1.49

この表は左図のようにファンアウト (FO) が1または2で、短い配線のもののである。実用回路では遅くなる。

(b) リング・オシレータによる実測値

の高速版のようなファミリ名ですが、後の番号は TTL 74 シリーズのロジック型式を表しており、4000 シリーズの高速版の型名を使えなくしてしまいました。

図 1-1 と表 1-1 に 74 型ロジックファミリの系図と各ファミリの特徴を示します。また、図 1-2 には各種ファミリのスピードの実測比較例をまとめておきます。

表 1-1 各種 74 ファミリの特性比較

74	特 長	問題点
LS	現在の標準 ファミリ品種多い セカンド・ソース多い (pt 積 = 19pJ)	
ALS	TTL のポスト LS として標準になり得る (pt 積 = 4pJ)	まだファミリ品種が少ない セカンド・ソースも多くない
AS	最高速の TTL MSI LSI が中心 高速プロセサのサブ・システム	ゲート・ファミリは多くない
S	ALS よりわずかに速い ファミリは比較的そろっている	高電力 → 発熱対策
H	H にしかない品種がある	高電力 → 発熱対策
L	低電力だが C-MOS には負ける	
F	S と同程度の速さ 入力負荷が軽い MSI, FF は高速	ゲートが主 MSI は今後
スタン ダード	何といってもファミリが多い ドライブ電流が LS より大きい	消費電力の面から LS に代わりつつある
C	低電力・高電圧 (3~18V)	低速 (カウンタでは数 μ s) セカンド・ソースは多くない 4000, 14500 シリーズが主流
TC 40H	低電力・中電圧 (2~8V) 中 速 (15ns)	ファンアウト 0.8mA (対 TTL) セカンド・ソースなし
HC	低電力・低電圧 (1.4~6V) 高 速 (8ns) ファンアウト 4mA (対 TTL) セカンド・ソース多い MC14500, CD4000 シリーズのゲート, MSI も含む	
AC	HC の高速版 ファンアウト 24mA	ファミリ品種は多くない セカンド・ソースは少ない

1.1.2 TTL か C-MOS か

現在 NS とモトローラから供給されている 74 HC シリーズは、LS TTL と同等のスピードで C-MOS の低電力の特徴をもっており、今後のロジックの主流になる可能性が出てきました。4000 シリーズや 14500 シリーズでは、TTL との混用も不可能ではないとはいえ、常にファンアウトとディレイを考えて使用しなければならず、設計ミスも多く発生しました。ところが、HC シリーズではほとんどこの心配がなくなります。現在供給されているものはまだ品種も少ないようですが、今後急速に充実していくと思われます。また供給予定の IC メーカーも多くあり、安定供給→低価格化が期待されます。

ということは、もはや TTL か C-MOS かを考える必要は設計時点ではなくなり、C-MOS を付けてだめなところを TTL に置き換えるという手法もとれるようになるわけです。

ただし、これはあくまでも TTL コンパチブルな、または TTL オリエンテッドな回路についてであって、C-MOS オリエンテッドな回路の場合には、C-MOS ならではの設計はもちろん可能で、この方がスマートに仕上がることが多いのです。C-MOS はどのファミリでも、

- (1) 入力インピーダンスが高い
- (2) 出力振幅が電源電圧近くまで出る
- (3) 電源電圧範囲が広い
- (4) 消費電力が少ない

などの面で TTL よりも極めて有利で、回路設計の自由度もそれだけ高くなります。

1.1.3 ロジック・ファミリの特殊 IC

さりげなくファミリに含まれている IC にも特殊な伝達特性や機能をもったものがあります。これらの中から、特に筆者の愛用しているものを紹介します。

● 74 C 914 (図 1-3 参照)

NS 社の TTL にない 74 C ファミリに属する IC で、入力信号レベルが正負とも電源電圧を越えてもよい唯一の品種です。セカンド・ソースはありませんが、現在は供給に問題はないようです。モトローラの MC 1489 A (RS 232 C ライン・レシーバ) とほぼ同等の伝達特性でピン配置は 74 C 14 と同じです。MC 1489 A は最大 130 mW の電力 (4 回路あたり) を消費しますが、74 C 914 は通常のボーレートでは最大 1.5 mW (6 回路あたり) です。出力ドライブは LS TTL 1 個です。

RS 232 C の他に OP アンプ、P-MOS ロジックその他大レベルの信号を C-MOS/TTL レ

図 1-3 両方向オーバー・レベル可能なシュミット・インバータ

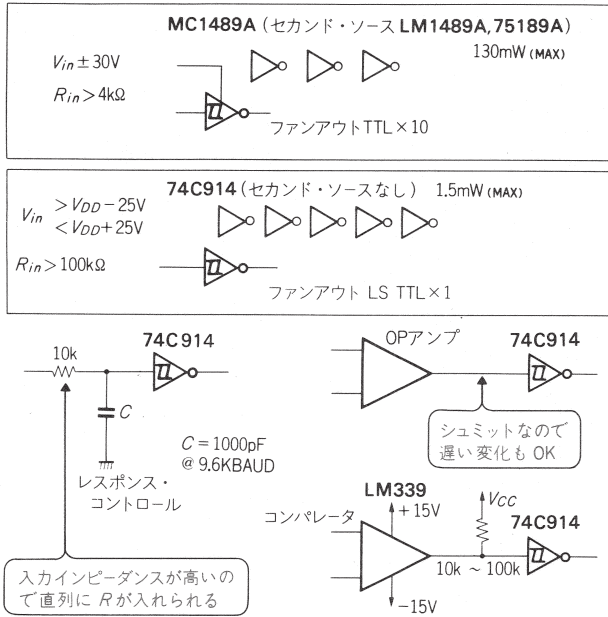
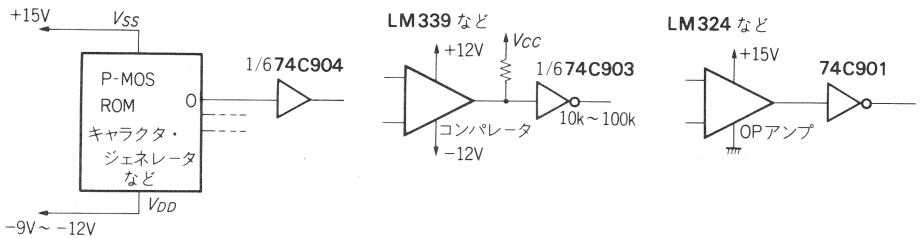


図 1-4 片方向のみオーバー・レベル可能なバッファ、インバータ



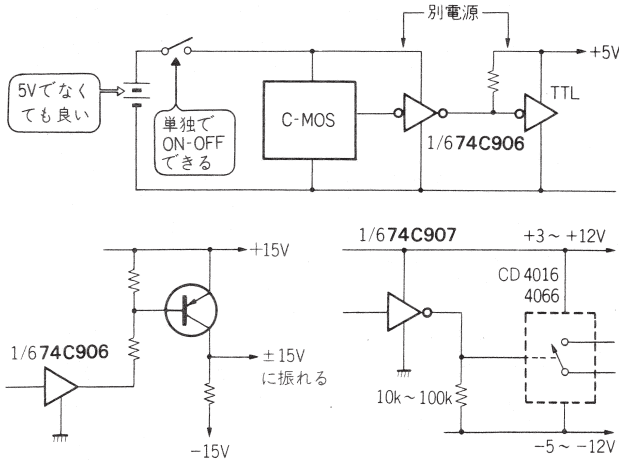
ベルに変換するのに最適な IC です。

● 74 C 901～4 (図 1-4 参照)

前項と同じく電源電圧を越えても入力が可能な IC ですが、片方向のみはクランプされています。74 C 901 と 902 はそれぞれ CD 4049, 4050 と回路的にはほぼ同じです (ただしピン配置は違う)。

74 C 903, 904 は GND 側がクランプされていないので、 $V_{CC} - 17V$ までの負電圧が入力で

図 1-5 オープン・ドレイン出力の C-MOS



きます。スピードが問題にならないければ、74C914で代用できます。

● 74C906, 907 (図 1-5 参照)

C-MOS では数少ないオープン・ドレイン出力のバッファです。この IC は電源が 0 V になっても、出力に電圧がかかっているような使い方ができます。74C906 の方は、機能としては 7417 に近いと考えられますが、74C907 の方は Pch トランジスタがオープン・ドレインなので TTL には全くない使い方ができます。

● 74C909

C-MOS ファミリの型番でありながら、C-MOS 回路は全く入っていない C-MOS モドの IC です。実は LM 339 とほぼ同じバイポーラのクワッド・アナログ・コンパレータ (オープン・コレクタ出力) です。74C909 は値段が LM 339 より高いので LM 339 を使います。

● 74LS18, 19, 24

74LS13, 14, 132 のバージョンアップの IC です。74LS14 その他のシュミット・トリガ IC は便利なのですが、他の TTL と違って V_{IL} の最小値が 0.5 V です。これを無視して通常の TTL レベルで設計されている回路も数多く見受けられますが、ロットや電源電圧、温度変動などで動作しなくなる可能性が多分にあり、推奨できません。

74LS18, 19, 24 はこの困難をすべて解決するばかりではなく、入力インピーダンスが高くなっており、ディレイ、フィルタなどのアナログ的回路や、図 1-6 に示すようにヒステリ

図 1-6 74 LS 24 の特性 (実測)

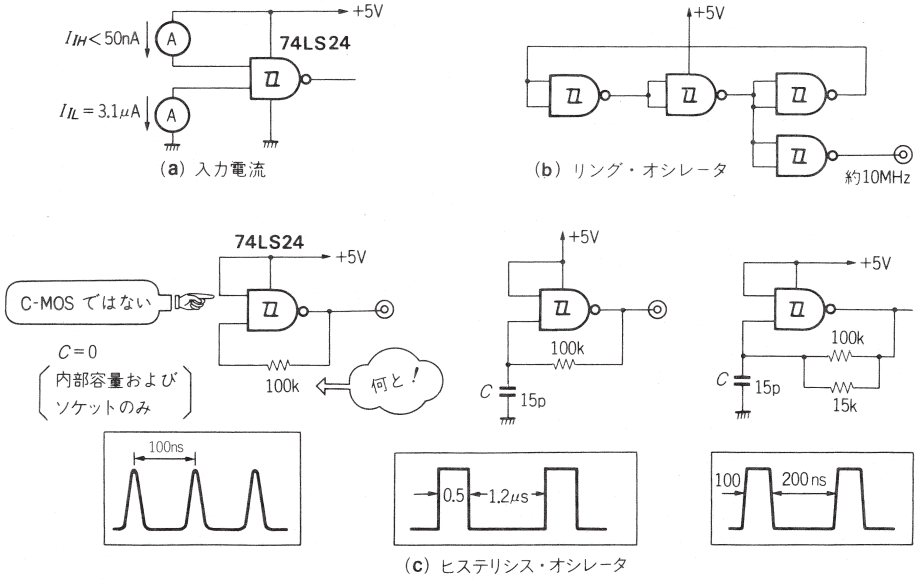
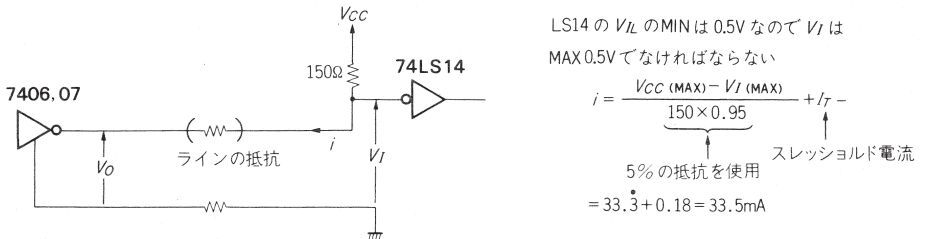


図 1-7 74 LS 14 の困苦 (フロッピー・ディスク・コントローラに見られる例)



7407 の V_O は、

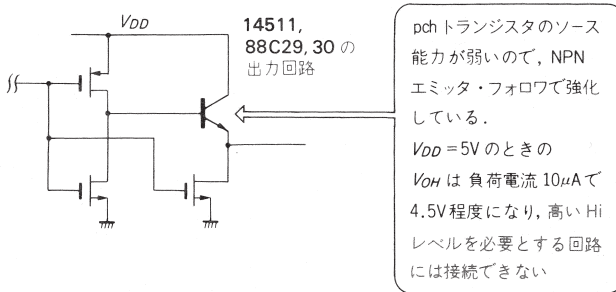
$I_O = 16\text{mA}$ MAX 0.4V

$I_O = 40\text{mA}$ MAX 0.7V

この間直線として、

$$\frac{0.7 - 0.4}{40 - 16} \times (33.5 - 16) + 0.4 \approx 0.62\text{V} \Rightarrow \text{ラインの抵抗を 0 としても、Low レベルは 0.62V にしか下がらない。LS14 では受けられない！}$$

図1-8 バイポーラ・トランジスタを内蔵した C-MOS の例



C-MOS ファミリでもバイポーラ・トランジスタを混用している

シス・オシレータにも使いやすくなっています。

図1-7は、7407と74LS14を使ったフロップ・ディスク・コントローラに見られる例ですが、この場合すべての条件に対して動作は保証されていません。一般的には、74LS14の V_{IL} (V_{T-})が最小0.5Vであることが認識されていないようです。7407も出力電圧0.4Vは16mAの時であり、40mAは取り出せるとはいえその時の電圧は0.7Vしか保証されず、150Ω負荷ではラインの抵抗、コネクタの接触抵抗を考え合わせると、通常の0.8VのICに対してさえもノイズ・マージンがありません。解決策はドライバを7438にするか、レシーバを V_{T-} の高いものに変えるしかありません。7407は7438とはピン接続が違いますから、74LS14を74LS19に変えるのが最も近道ということになります。

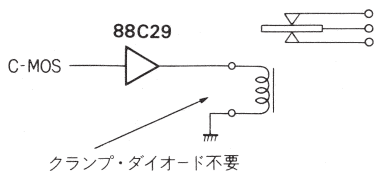
● MC 14511 (図1-8 参照)

LEDドライバで、内部にバイポーラ・トランジスタのエミッタ・フォロフが入っています。一般のC-MOSファミリとしては、バイポーラを内蔵しているタイプは多くありません。LEDドライバでは、電流負荷が大きいためこのような構造をとっているのですが、出力のHiレベルが無負荷でも電源電圧まで上がりません。変わった使い方をする時には要注意です。

● 9368

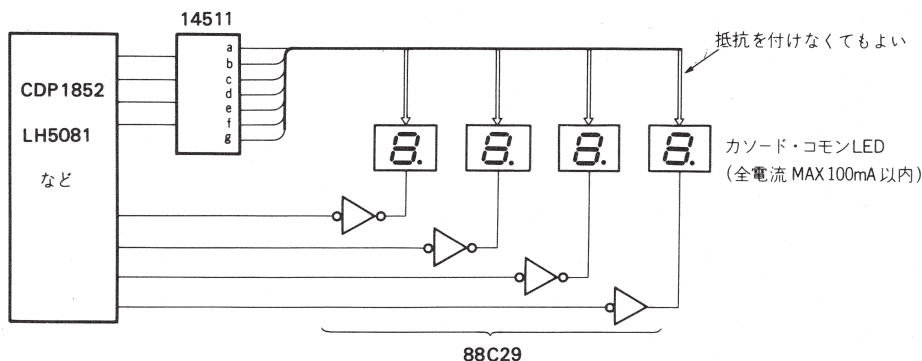
HEXA DECIMALのLEDドライバとして有名です。回路集には、ゲートやP-ROMを使った表示法など出ていますが、9368を使えば他には何も必要ありません。ただ少々電気を食うので、スタチックの多桁ドライブには適しません。国産では三菱のM54405があります。これはラッチなしの7447タイプです。

図 1-9 C-MOS ドライバ



連続 ON の用途では C-MOS 化のメリットはあまりない(平均 ON 電流は最大 25mA)

(a) C-MOS で直接リレー・ドライブができる



(b) 消灯時無電力の LED ドライブ回路

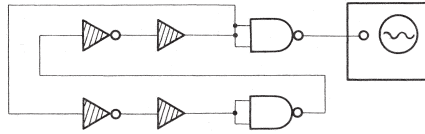
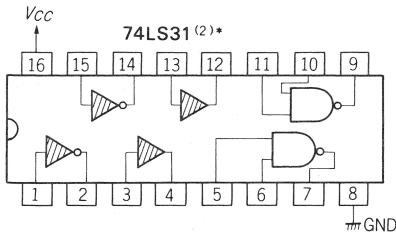
● 88C29, 30 (図 1-9 参照)

NS 社の C-MOS ドライバで、ライン・ドライブ用に設計されたものですが、パワー・トランジスタのドライブ、リレー・ドライブなど電流の大きな負荷がドライブできます。出力は 14511 と同様、バイポーラ・エミッタ・フォロワ回路です。オン抵抗は $V_{CC}=4.5V$ で、Hi/Low とともに最大 50Ω 、標準で 20Ω となっており、強力なドライバとして多用途に使えます。

● 74LS31 (図 1-10 参照)

ゲート IC は高速化しているだけではありません。低速特性を保証した IC も作られています。高い精度を要しないディレイをゲート 2~3 段で得る回路はよく見かけます。74LS31 は二つのインバータと二つのノンインバータがディレイ素子として作られており、最小遅れ時間が規定されています。通常のゲートは最小遅れ時間の規定がありませんから、ゲート何段かの遅れを使う回路は保証されないこととなりますが、この IC を使えば確実な保証が得られます。ただし、精度は高くありません。LS31 には、この他に 74LS37 相当の NAND BUFFER が 2 ゲート内蔵されています。また入力電流は小さくなっていて、使いやすくなっ

図 1-10 74 LS 31 の特性 (実測)



<リング・オシレータ>

$T \approx 350\text{ns}$

NANDの遅れを10nsとすると、
ディレイの平均は42.5ns

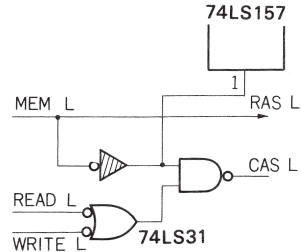
PIN No	I_i	
	$V_i=0\text{V}$	$V_i=5\text{V}$
1	11.2 μA	<50nA
3	4.7	<50
5	11.8	<50
6	14.5	<50
10	12.8	<50
11	13.9	<50
13	5.1	<50
15	12.3	<50

斜線はディレイ・ゲート
斜線なしは
NAND BUFFER
(74LS37相当)

入出力 ピン No	ディレイ	時間 (ns)
1→2	t_{pHL}	25
1→2	t_{pLH}	46
3→4	t_{pLH}	55
3→4	t_{pHL}	45

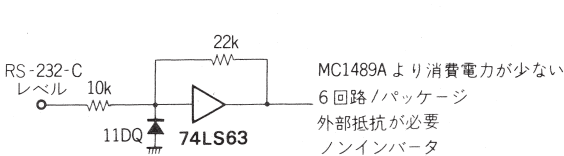
<各ピン入力電流実測値>

< t_{pd} 実測値>

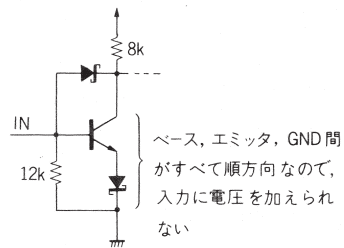


<ダイナミックRAMのタイミング>

図 1-11 74 LS 63 電流検出ノンインバータの応用

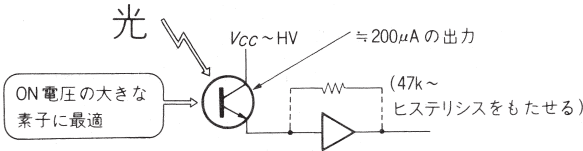


MC1489Aより消費電力が少ない
6回路/パッケージ
外部抵抗が必要
ノンインバータ



ベース、エミッタ、GND間
がすべて順方向なので、
入力に電圧を加えられ
ない

<入力段の等価回路>



ON電圧の大きな
素子に最適

$V_{CC} \sim \text{HV}$

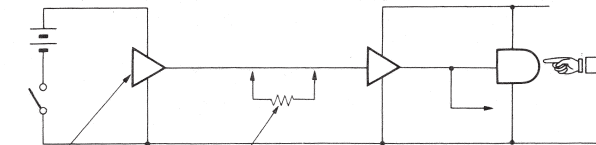
$\approx 200\mu\text{A}$ の出力

(47k~
ヒステリシスをもたせる)

C-MOS システム $V_{DD} = 3 \sim 15\text{V}$

74LS63

TTLシステム ($V_{CC} = 5\text{V}$)



通常のC-MOS
4000, 14500 シリーズ

C-MOSの V_{DD} が高い時入れる
3Vでは直結

C-MOSシステム, TTLシステムとも
電源の単独ON-OFFができる。
 V_{DD} と V_{CC} の大小もかまわない。

ISBN978-4-7898-5218-0

C3055 ¥2100E

CQ出版社

定価：本体2,100円(税別)



9784789852180



1923055021006

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、少部数での印刷・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、過去多くのお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「デジタル回路設計/ノウハウ[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/52/52181.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

*本書は2色印刷だった原本を1色印刷にしています