

① integrated circuit

集積回路 (IC)^①は、コンピュータをはじめいろいろな電子機器に利用されている。

ICは、一つのチップに多数の回路素子（トランジスタ、ダイオード、抵抗、コンデンサなど）を組み込んだ複合素子である。ICは、個別の半導体素子と比べると、1) 小形である、2) 低価格、3) 信頼度が高い、4) 回路設計や組立ての手間が省けるなどのような長所がある。この節ではICの概要、アナログIC、デジタルICについて学ぶ。

1 ICの種類

ICは、機能で分けると、アナログICとデジタルICがあり、その他、集

積度・構造・機能で表1のように分類される。

表1 ICの種類

区分	名称	内容
集積度	SSI ^②	素子数 2 ～ 100 個の小規模IC。
	MSI ^③	素子数 $10^2 \sim 10^3$ 個の中規模IC。
	LSI ^④	素子数 $10^3 \sim 10^5$ 個の大規模IC。
	VLSI ^⑤	素子数 $10^5 \sim 10^7$ 個の超大規模IC。
	ULSI ^⑥	素子数 10^7 個以上の極超大規模IC。
構造別	モノリシックIC	すべての集積回路構成部分が、シリコンの一つの基盤上に組み込まれたもの。
	ハイブリッドIC	個々のトランジスタやダイオード・抵抗・コンデンサなどをアルミナなどの絶縁基板上につくったもの。
機能別	デジタルIC	論理値を電圧の高低で表現するIC。
	アナログIC	正弦波交流のように、電圧が連続的に変化する信号を扱うIC。アナログICは、いろいろな電子機器に利用されており、入出力の関係が直線的（リニア）になることが多いので、リニアICともいう。

② small scale integration

③ medium scale integration

④ large scale integration

⑤ very large scale integration

⑥ ultra large scale integration

⑦ monolithic IC

2 ICの構造

スタやダイオード、また抵抗やコンデンサを半導体の結晶の中で構成し、数mm角の基板の上に多数の素子を組み込み結線したもので

図1は、モノリシックIC^⑦の構造例である。モノリシックICは、トランジ

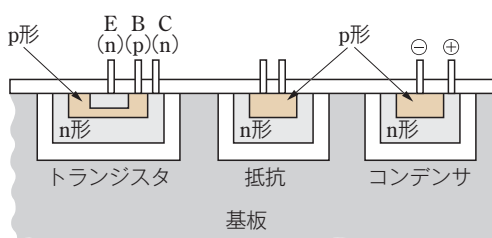


図1 モノリシックICの構造例

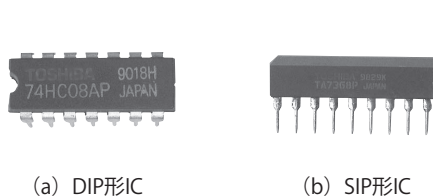


図2 ICの外形

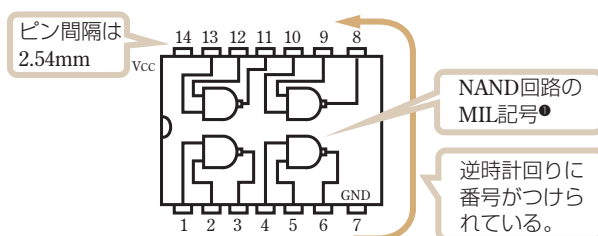


図3 DIP形ICのピン配列例(上から見た図)

ある。

図2は、デュアルインラインパッケージ^②(DIP)とシングルインラインパッケージ^③(SIP)とよばれるICの外形の例である。DIP形IC(図(a))は、コンピュータをはじめとして、いろいろな電子機器に利用されている。SIP形IC(図(b))は、一般にアナログICに利用されている。図3にDIP形ICのピン配列例を示す。DIPのピンの数は、8、14、16、20、24、40などの種類がある。

① 論理回路の図記号は、JIS規格とANSI/IEEE規格で定められており、本書では、ANSI/IEEE規格のうちの一般に広く用いられている記号を用いる。

② dual in-line package

③ single in-line package

1 アナログIC(オペアンプ)

代表的なアナログICである演算増幅器(オペアンプ)^④の外観と図記号を図4に示す。

④ operational amplifier

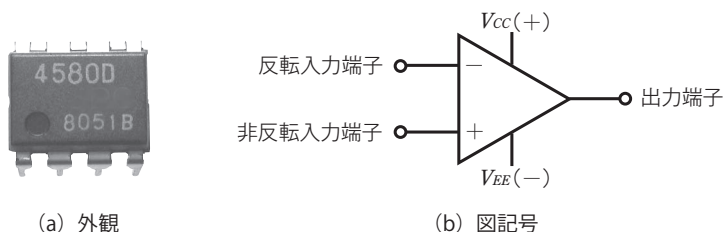


図4 オペアンプの外観と図記号

オペアンプは、直流から高周波までのアナログ電圧を増幅するのに適したリニアICであり、増幅度が数千倍以上とひじょうに大きく、入力インピーダンスも数MΩ以上とひじょうに大きい。それに対して出力インピーダンスは数十Ω以下と、きわめて小さいという特徴をもっている。オペアンプを利用することによって、回路の増幅度の設計が簡単にできるようになった。図(b)の図記号の- (マイナス) 端子を反転入力端子、+ (プラス) 端子を非反転入力端子という。

1 基本動作

図5にオペアンプの基本動作を示す。

オペアンプは電圧増幅度がひじょうに大きく、そのままでは不安定になるので、抵抗やコンデンサを通し

て出力の一部を入力側に戻す帰還回路を構成して利用される。

入力端子の－端子に電圧 V_1 、＋端子に V_2 を加えると、出力電圧 V_o は次のようになる。

$$V_o = A_v V_i = A_v (V_2 - V_1) \quad (1)$$

A_v はオペアンプの電圧増幅度で、 $10^3 \sim 10^6$ 程度である。

5

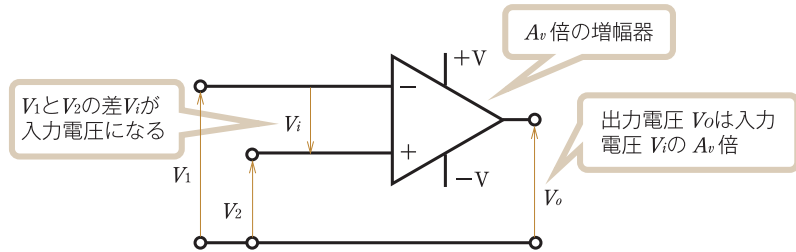


図5 オペアンプの基本動作

図6は反転増幅回路といい、電圧増幅度 A_v' は次の式で求めることができる。

●反転増幅回路の電圧増幅度
$$A_v' = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_f}{R_s} \quad (2)$$

負の符号は、入力信号 V_i と出力信号 V_o の位相が反転していることを示す。

10

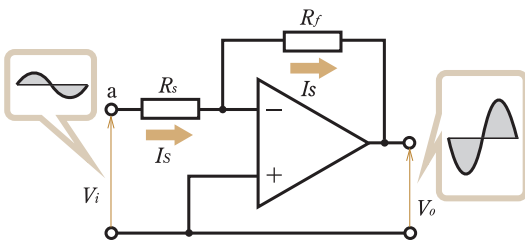


図6 反転増幅回路

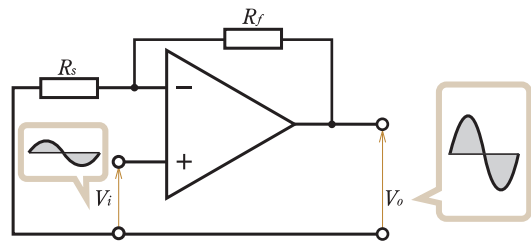


図7 非反転増幅回路

図7のような回路をつくり、入力信号を＋端子に加えれば、入力信号は同相増幅されるので、出力は入力と同極性の電圧が得られる。このような回路を非反転増幅回路といい、回路全体の増幅度は次の式のようにになる。

●非反転増幅回路の電圧増幅度
$$A_v' = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_f}{R_s} \quad (3)$$

15

正の符号は、入力信号 V_i と出力信号 V_o の位相が同相になることを示す。

2 デジタルIC

コンピュータでは、「0」と「1」で表す2進数を利用していろいろな演算を行う。0と1を扱う回路を論理回路^①またはデジタル回路^②といい、これらの回路が集積回路化されたものをデジタルICという。

- ① logic circuit
- ② digital circuit

1 NAND回路

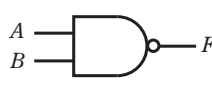
広く使われているNAND回路^③は、AND回路にNOT回路（後見返し参照）

- ③ NAND circuit

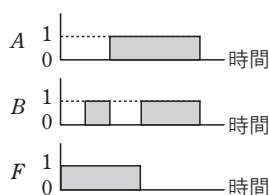
を組み合わせた回路で、入力がすべて1のとき、出力が0になる。図8にNAND回路の真理値表、図記号と論理式およびタイムチャートを示す。

入力		出力
A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(a) 真理値表



(b) 図記号と論理式



(c) タイムチャート

図8 NAND回路

また、NAND回路を使うことで、図9のように他の論理回路NOT, OR, ANDと同じ動作をすることができる。

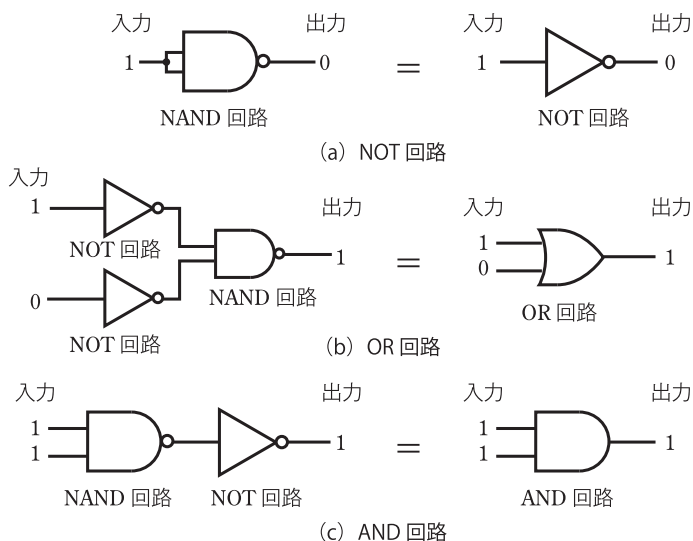


図9 NAND回路を用いた他の基本回路の例

2 NAND形フラッシュメモリ

NAND形フラッシュメモリ^④は、書き換え可能で電源を切ってもデータが消

- ④ flash memory

① universal serial bus

えない半導体メモリである。NAND形フラッシュメモリには、図10のようなフラッシュメモリとUSB^①メモリがあり、USBメモリは図11のような構造になっている。

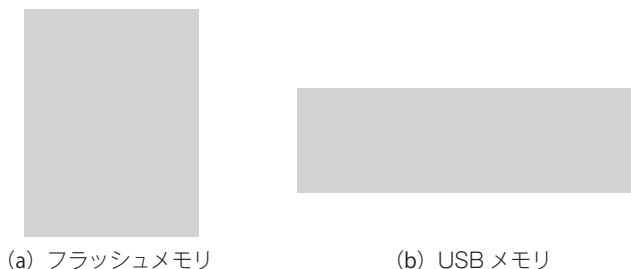


図10 NAND形フラッシュメモリ



図11 USBメモリの構造

試してみよう

NOT回路の入力電圧と出力電圧の関係を調べてみよう

【測定回路図】

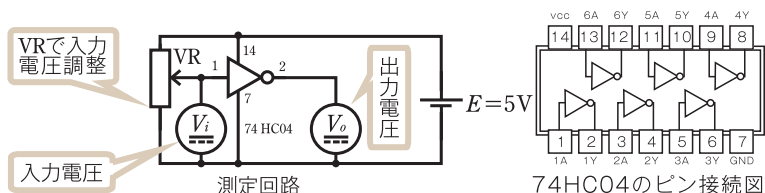


図12 回路図とピン接続図

【測定順序】

- 1 直流電源、直流電圧計、可変抵抗器、ICの74HC04を、図のように接続する。このとき可変抵抗器VRは、アース（-側）に回しておく。
- 2 出力側の直流電圧計 V_o を見ながらVRを回して入力電圧を上げていくと、 V_o の指示値が5Vから急に0Vに変化する。そのときの入力電圧 V_i を記録しておく。 V_i は約2.5Vになる。このときの値を、スレッシュホールド電圧という。
- 3 VRを調整して V_i と V_o の値を記録する。

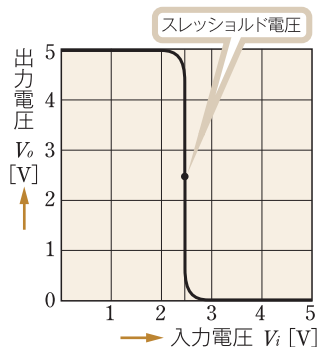


図13