

デジタル世界での 数字や文字の表現方法

大貫 徹

この章では、アナログとデジタルの違いについて説明した後、0と1だけでいかにして数値や文字などの情報を扱うのかについて解説する。論理演算はソフトウェアであろうがハードウェアであろうが、デジタルの世界では常に出てくる演算である。

(編集部)

はじめに

● パソコンも基本は同じ

今では、一家に1台必ずパソコンがあると言われるほどコンピュータが普及しています。また、家電製品にもマイクロコンピュータ(マイコン)が組み込まれており、車の中には数十個のマイコンが入っています。

これらのコンピュータは、キーやボタンを押すと用途に合わせた処理を行います。パソコンや携帯電話であれば、画面に文字や絵が出てきます。では、キーボードのキーを押した瞬間に、キーボードの中ではどのような処理がなされて、パソコンの中では何が行われるのでしょうか？ また、画面上には小さな点の組み合わせで作られた文字が表示されますが、どのような処理が行われて画面上に文字となって現れるのでしょうか。

現代のパソコンは、その中身を完全に理解しようとする、あまりに複雑です。しかし、計算の基本原理は最初に作られたコンピュータから変わっていません。何であろう

と技術が未熟であった最初は非常に簡単なおところから出発したのです。この章ではその単純なおところから出発して解説していきます。これからコンピュータの技術を身に付けようと思っている方や、何だかわからずに使っていて疑問を感じている方には一つの回答となるでしょう。

● 計算するための電子回路

そもそも計算するというのはどういうことでしょうか。子供の頃を思い出してみましょう。まず数を数えることから勉強を始めたのではないのでしょうか。幼少の子供なら指折り数えたかもしれません。少し大きくなると、物差しで物の大きさを測ったりしましたね。そして指の数から10までの数の足し算ができました。また、物差しを用いて長さを足したり引いたりもできました。

「一体全体、何の話を始める気だ」と思われたでしょうか。ここには今から話を始める「計算する電子回路」の基本が隠れているのです。

1. アナログ回路とデジタル回路

● かつて計算機はアナログだった

1960年代というと、昔々の話に聞こえる方もおられるでしょう。まだ、世の中にトランジスタが出てきたばかりのような時代で、ラジオといえば真空管でできていた時代です。しかし、世の中には「電子計算機」と呼ばれる計算する機械がすでに2種類ありました。一つは生まれたてのデジタル計算機で、もう一つはアナログ計算機でした。生まれたてのデジタル計算機はずいぶん大掛かりなものでしたが、それに比べアナログ計算機は部品点数も少なく、



写真1 真空管

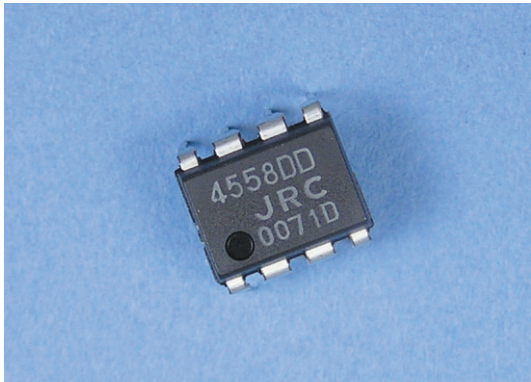


写真2 OPアンプ

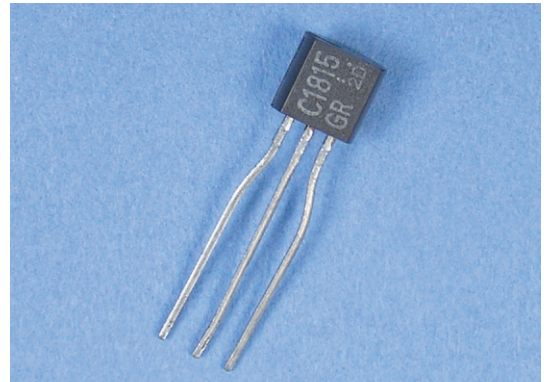


写真3 トランジスタ

安く作れたためそれなりに使われました。アナログ計算機は加減算よりも、掛け算や、積分/微分といったずいぶんと高度な計算をするのが得意でした。

半導体技術が進歩するにつれ、真空管(写真1)で作っていたアナログ計算機はOPアンプ(写真2)と呼ぶ演算増幅器というICで簡単に作成できるようになりました。デジタル計算機も真空管からトランジスタ(写真3)やダイオードの時代を経て、TTL (Transistor-Transistor Logic, 写真4)と呼ぶIC群を接続するだけで簡単に作られるようになったのです。こうしてようやく1970年代を迎えることとなりました。では、その当時の技術で足し算回路を構成して、どのように計算していたのか見てみましょう。

● 電圧 $7V + 3V = 10V$ の加算回路

図1は電圧 V_1 と電圧 V_2 を足し合わせて V_x という電圧にする回路です。三角形の形をしたものが演算増幅器(OPアンプ)という理想に近い特性をもつ増幅器で、+端子がアースに接続されていますが、これをグラウンドあるいは基準電位(0V)といいます。この回路は- (マイナス) 端子

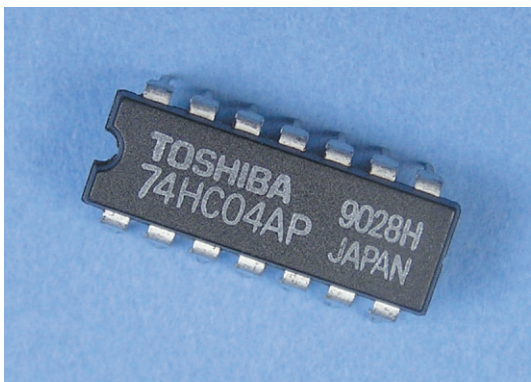


写真4 TTL (Transistor-Transistor Logic)

が常にアースと同じ電位になるよう、バランスを保つような動きをします。つまり-端子はグラウンド電位と考えてよいので、 R_1 と R_2 (ギザギザは抵抗) に流れる電流はオームの法則に従って、 V_1/R_1 と V_2/R_2 になります。

ところで理想の演算増幅器というのは入力インピーダンス(抵抗のこと)が無限大なので、-端子には電流が流れません。そのため R_1 と R_2 の二つ抵抗の電流はすべて R_3 に流れるのです。+と-の端子間に電位差が出ないように演算増幅器が R_3 に流れる電流の「釣り合い」をとるのですが、イメージ的にはてんびんばかりを想像してもらおうとわかりやすいでしょう。そうして釣り合いをとったとき R_3 の両端の電位差はどうなるかという、

$$V_x = I \times R_3$$

ただし、 I は R_1 に流れる電流 (V_1/R_1) と R_2 に流れる電流 (V_2/R_2) の合計値なので、

$$V_x = ((V_1/R_1) + (V_2/R_2)) \times R_3$$

で表されます。これを展開すると、

$$V_x = V_1 \times (R_3/R_1) + V_2 \times (R_3/R_2)$$

となります。

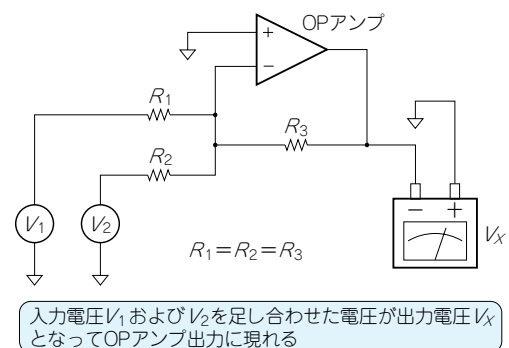


図1 アナログ加算回路