



第5章 演算を司るコンピュータの「神経」

[レベル3A]
組み合わせ論理回路の実験

■ 論理ゲートを組み合わせた回路

● その時点における入力だけで出力が決まる回路

本章では、いままで解説した基本的な論理ゲートをつなぎ合わせて「組み合わせ論理回路」(combinational logic circuit)を作ります。組み合わせ論理回路の代表例としては、足し算を行う「加算器」、引き算を行う「減算器」、信号の経路を切り替えるために使う「マルチプレクサ」や「デマルチプレクサ」、数値の変換を行う「エンコーダ」や「デコーダ」などが挙げられます。

組み合わせ論理回路は、「その時点における入力だけで出力が決まる回路」です。これに対して、後で解説する「順序回路」(あるいは記憶回路)は過去の入力の履歴にもとづいて動作します。

● デジタル回路を設計するための強力な道具

組み合わせ論理回路の動作は、「論理式」を使うと分かりやすく表現できます。論理式を扱うときは、「ブール代数」の考え方が非常に役立ちます。論理式やブール代数を使いこなせると、デジタル回路の動作解析が容易になります。本章では論理式やブール代数の基礎について解説し、これらを利用して論理ゲートの等価変換を行います。

● 組み合わせ回路の実現手法

所望の動作をする回路の構造を求めることを、回路の「実現」(implementation)といいます。設計者が意図したとおりの組み合わせ論理回路を実現するときは、「カルノー図」というものが威力を発揮します。本章では、カルノー図を使った設計の流れについても解説します。

● “1”と“0”だけの世界を考える

前の章までは、「デジタル回路ではアナログ的な動作が重要である」ということを強調してきました。これに対して、ここから先は「回路中に存在する信号レベルは“1”と“0”だけである」という、抽象化した世界を扱います。このように割り切ることで、論理式やブール代数を使った強力な設計手法を使えるようになります。

とはいえ、これはあくまで机上の設計手法であることを忘れないでください。実物の電子回路を作り上げる作業では、電気信号はすべてアナログであることを意識する必要があります。

■ 論理関数と論理式

● デジタル回路の動作を数式で表したい

本特集の最終目標は、「デジタル電子回路式のコンピュータ」を作ることです。「コンピュータ」すなわち「計算機」を作りたいのですから、デジタル回路の動作も「数式」の形で表現しておくのが自然でしょう。

ここでは、デジタル回路の動作を「論理式」によって表現する方法について考えます。これが、デジタル回路設計の第一歩となります。

● 論理関数の定義

まず、変数“*A*”および“*B*”を考えます。これらの変数は、“1”または“0”のいずれかをとるとします。このような変数のことを、「論理変数」(logic variable)といいます。

論理変数を使った演算を表す関数を、「論理関数」(logic function)といいます。次式は、引数“*A*”と“*B*”のOR演算(後述)をする、“*f*”という名前の論理関数を表しています。

$$f(A,B)=A+B\cdots\cdots\cdots(1)$$

上記のような式のことを、「論理式」(logic equation)といいます。

● 3種類の基本論理演算

論理式では“ \cdot ”、“ $+$ ”、“ $-$ ”という3種類の「論理記号」(logic symbol)を使います。以下、これらを使った論理演算について解説します。

▶ AND演算

次式のような、論理記号“ \cdot ”による演算のことを「AND演算」(論理積)といいます。

$$f(A,B)=A\cdot B\cdots\cdots\cdots(2)$$

上式の値“ $A\cdot B$ ”の真理値表を表1に示します。“ $A\cdot B$ ”の値は、「*A*と*B*が共に“1”のときだけ“1”」となります。

論理式で表される演算は、「集合」と対応づけて考えると分かりやすくなります。集合について考えるときは、図1のような「ベン図」(Venn diagram)を使うと便利です。AND演算は、「*A*かつ*B*」の値を抽出する操作です。すなわち、“ $A\cdot B$ ”の値は「“ $A=1$ ”かつ“ $B=1$ ”のときだけ“1”となると表現できます。実際に、AND演算の真理値表はこのベン図に対応し

【セミナー案内】CMOS、CCDイメージ・センサの基礎と応用
—— イメージ・センサの動作原理、機能、性能から信号処理まで [カリキュラム・リニューアル]
【講師】米本 和也 氏、4/17(金) 19,000円(税込み)、<https://seminar.cqpub.co.jp/>