



第4章 生命誕生！コンピュータの「細胞」

[レベル2] 論理ゲート回路の実験

■ 論理ゲートはデジタル回路の最小単位

● 付録基板で論理ゲートの実験

「論理ゲート」(logic gate, ロジック・ゲート)は、デジタル回路における基本要素です。論理ゲートを組み合わせれば、さまざまなデジタル回路を構築することができます。本章では付録基板を使って実験をしながら、NOT、NAND、NOR、AND、OR、EXORといった基本的な論理ゲートの動作を解説します。なお、付録基板の作り方は第2章を参照してください。

● 出力を制御する“門”

論理ゲートは、略して「ロジック」や「ゲート」とも呼ばれます。「ゲート」すなわち“門”という名前が付いているのは、論理ゲートが入力の状態によって出力をON・OFFする“門”のように動作すること由来しているようです。

なお、単に「ゲート」と言ってしまうと「MOSFETのゲート端子」と「デジタル回路の論理ゲート」のどちらを指しているのかわかりづらくなるので、本特集ではMOSFETの「ゲート端子」、デジタル回路の「論理ゲート(回路)」という具合に略さず表記することにします。

● 電圧レベル

デジタル回路の動作は、「電圧が高い状態」(high level)と「電圧が低い状態」(low level)の2状態だけで記述されます。これらを“H”と“L”で表す方法と、“1”と“0”で表す方法がありますが、本特集では“1”と“0”による表記に統一します。

なお、付録基板に印加する“1”レベル、すなわち V_{DD} (電源)電圧レベルは、特に断らない限り「3V」とします。

● Verilog HDLによる記述例

本特集では論理ゲートの動作を詳しく理解するために、トランジスタ・レベルで回路を作ります。しかし、実際に製品を開発する現場ではFPGAを利用することが多いと思います。そこで、各論理ゲートの動作解説とあわせて、Verilog HDLによる記述例も紹介しています。なお、Verilogの詳細については他の書籍に譲ります。

■ NOTゲート

● NOTゲートの回路図

本特集では、nチャンネルMOSFET(NMOS)とpチャンネルMOSFET(PMOS)を組み合わせた「CMOS」(Complementary MOS)と呼ばれる構造の回路を使います。ここで紹介する「NOT」(ノット)ゲートは、CMOSとして構成されるすべての論理ゲートの基本となる回路です。

図1(a)にNOTゲートの回路図を示します。NOTゲートは、NMOSとPMOSを1個ずつ使った回路となっています。また、NOTゲートは三角形のシンボルで表されます。シンボルの出力端子のところに付いている“○”印は、出力信号の論理が反転していることを示すものです(後述)。

また、図1(b)に付録基板のNOTゲートを示します。付録基板の部品レイアウトは、回路図における部品配置と対応しています。

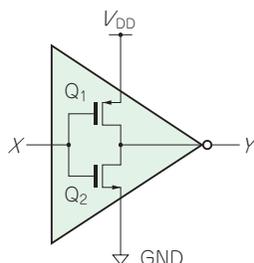
● NOTゲートの真理値表

論理ゲートに印加する入力電圧(“1”または“0”)と、それに対する論理ゲートの出力パターンを表にしたものを「真理値表」(truth table)といいます。

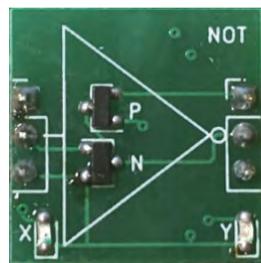
表1は、NOTゲートの真理値表です。この真理値表より、NOTゲートは入力信号を「反転」させることがわかります。このことから、NOTゲートは「否定回路」あるいは「反転回路」(inverter, インバータ)とも呼ばれます。

*

なお、電源回路にも「インバータ」という名前の回路があります。これは直流を交流に変換する回路のこ



(a) 回路図とシンボル



(b) 付録基板

図1 NOTゲート

【セミナー案内】 [ビギナー向け] [演習あり] シミュレータOctaveで学ぶミリ波レーダの基礎と最新動向

— 電波の物理現象・原理の理解から高分解能化技術の現状まで

【講師】 天野 義久 氏, 5/12(火) 27,000円(税込み), <https://seminar.cqpub.co.jp/>