

基礎的な情報システム教育のための論理回路学習キットの開発

Development of a logical circuit as learning materials for a subject about computer architecture

三池克明[†] 斐品正照[‡]
Katsuaki Miike[†] Masateru Hishina[‡]

† 日本工業大学 工学部 システム工学科
‡ 東京国際大学 商学部 情報システム学科

† Department of System Engineering, Faculty of Engineering, Nippon Institute of Technology

‡ Department of Information Systems, School of Business and Commerce, Tokyo International University

要旨

情報システム教育カリキュラムにおいて、論理回路はコンピュータアーキテクチャの基礎的な内容となっている。しかし、電子回路の理解が前提となるためか、文科系の学生にとっては難解に感じられるようである。一方、教員にとっては、文科系学生に適した教材が見当たらないために、表面的な解説に留めていることが多いようである。その結果、学生は論理回路の仕組みからコンピュータへのイメージ展開ができないために、コンピュータの本質を捉えられない可能性がある。そこで、電子回路の理解が浅くても、論理回路の動作を目で見て確認しながら、論理回路図と同じレイアウトで、そして簡単な手作業で安全に組み立てられる論理回路学習キットを、筆者らは開発した。

1. はじめに

情報システム教育カリキュラム^[1]において、論理回路はコンピュータアーキテクチャの基礎的な内容であるが、文科系の大学では内容が難解であり表面的な解説に留めてしまうことが多いのではないかと。しかし、このままでは学生は論理回路の仕組みをイメージできず、コンピュータの本質を捉えられなくなる可能性がある。

この原因はコンピュータアーキテクチャ自体が工学分野から始まった経緯もあり、論理回路に関する教材が、文科系の学生に適さないためだと筆者らは考えている。現在市販されている学習キットは、電子回路学習の一部として論理回路学習を位置づけており、論理回路そのものを理解するためには、電子回路の理解が前提としているものが多い。そのため文科系の学生はそれを難解と感じてしまい、また教員は彼らに適さない教材であると判断するのではないだろうか。

一方、本研究の対象とした T 大学は、いわゆる文科系の 4 年制大学であり、その中の情報システム学科では情報システム学系カリキュラムを踏まえた教育を行っている^[2]。この学科において筆者の一人でもある斐品は、1 年生を対象に開講している必修科目の「情報処理基礎」を担当している。この科目は、コンピュータ科学分野に関する入門的な科目であり、論理回路を用いたコンピュータ原理の解説が含まれる。文科系の大学生にとっては、親しみにくい内容のようであり、毎年、質問や相談を多くの学生から受けている^[3]。

そこで筆者らは、電子回路、特に半導体を使用したデジタル回路の理解が浅くても、論理回路図と同じレイアウトの論理回路を、簡単な手作業で組み立てられ、更にその動作を目で確認できるようにすることで論理回路の学習を助け、そして安全性も高い論理回路学習キットを開発した。

2. 論理回路学習キットの概要

工学系大学におけるデジタル回路に関する実験や演習では、論理回路学習はゲート IC やトランジスタなどの半導体部品をブレッドボードや専用キット上に配線し、出力端子 - GND 間の電位差、あるいは LED の点灯/消灯で動作確認をするのが一般的なようである。しかし、回路の配線や電圧の測定という作業は、それらの知識や経験が少ない文科系学生に適切とはいえない。そこで論理回路学習キットは、具体的には表 1 に示すように、MIL 記号での論理回路図と同じレイアウトで組み立てられるようにし、キットには要所々々に LED を置くことで、出力信号の状態を目で確認できるようにしている。これにより、動作確認が容易になり、スムーズに学習が進められるようになる。また物理的な工夫で誤配線が起きな

表1 論理回路学習キットの特徴

特徴	解説
論理回路図と同じレイアウトで組み立てられる (活用の簡便性)	指導の際に図示される MIL 記号の論理回路図とまったく同じレイアウトで組み立てられることで、学習者が自分で配置・接続・動作確認がスムーズに進められる。
動作を目で確認できる (直感的な理解)	組み立てた論理回路がどのような振る舞いをするのかを目でわかるようにする。また接続のミスがあっても、それが容易に見発見できるようにする。
配線ミスをしても故障しない (高い安全性)	学習者が自分で組み立てるため、誤配線の可能性は大いにある。そのため誤配線は極力、物理的に不可能な構造にし、それでも物理的に回避できない誤配線があっても、ショートなどの危険が全く無いようにする。

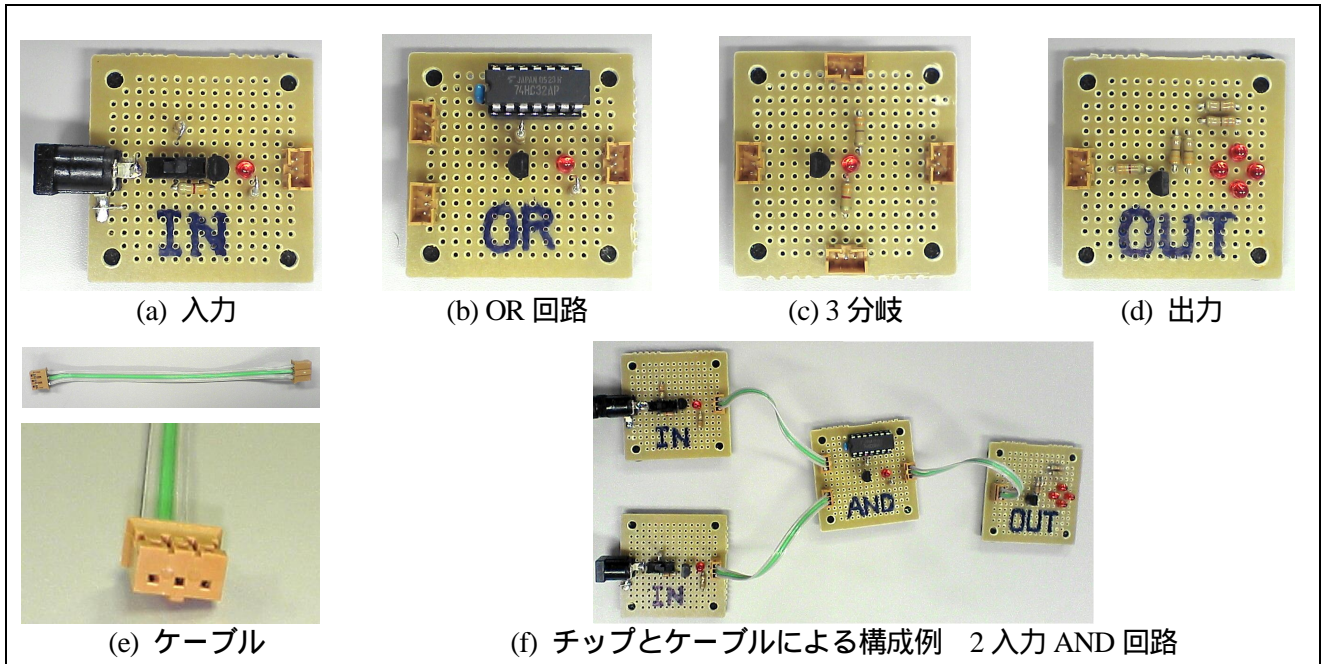


図1 チップ、ケーブルと回路の構成例

いように配慮し、万一誤配線があったとしてもショートなどの危険が全く無いように工夫している。

2.1. チップとケーブル

論理回路学習キットは論理演算を担うチップと、その入力と出力を接続するケーブルで構成している。

チップとは約4センチ四方の基盤にANDやORなどの各種ゲート回路や、入力・出力・分岐を担う回路を構成した部品である。今回、製作したチップは、AND、OR、NOTの基本ゲート回路と、NAND、NOR、XORの組み合わせゲート回路、入力、出力、三分岐の計9種類である。そのうちの入力、OR、三分岐、出力のチップの写真を図1(a)~(d)に示す。各チップにはケーブルを接続するコネクタやゲートだけでなく、出力信号の状態を確認できるようにLEDを配置し、全体としての動作だけでなくゲート単位での信号の状態を確認することができる。また入力チップには電源供給用のDCジャックと入力用のスライドスイッチを、出力チップには信号の状態が目立つように4つのLEDを配置し、ANDチップなどのゲート回路チップは論理ゲートICを使用している。

一方、ケーブルは論理回路図でいう配線にあたり、チップ間に接続することで信号の伝達を行う。長さは10[cm]、15[cm]、20[cm]の3種類で、図1(e)に示すように3本の導線をひとまとめにしている。これはそれぞれ電源のプラスとマイナス、信号で、これによりチップに接続することで信号線の接続だけでなく、各チップへの電力の供給も果たしている。

以上のチップとケーブルにより図1(f)のようにMIL記号と同じレイアウトの論理回路を構成できる。

2.2. 電力の供給

論理回路学習キットの電源は確保が容易な100[V]の交流電源とし、ACアダプタを通して5[V]の直流に変換し、入力チップのDCジャックに接続する。このように電源を入力チップから供給させるのは、

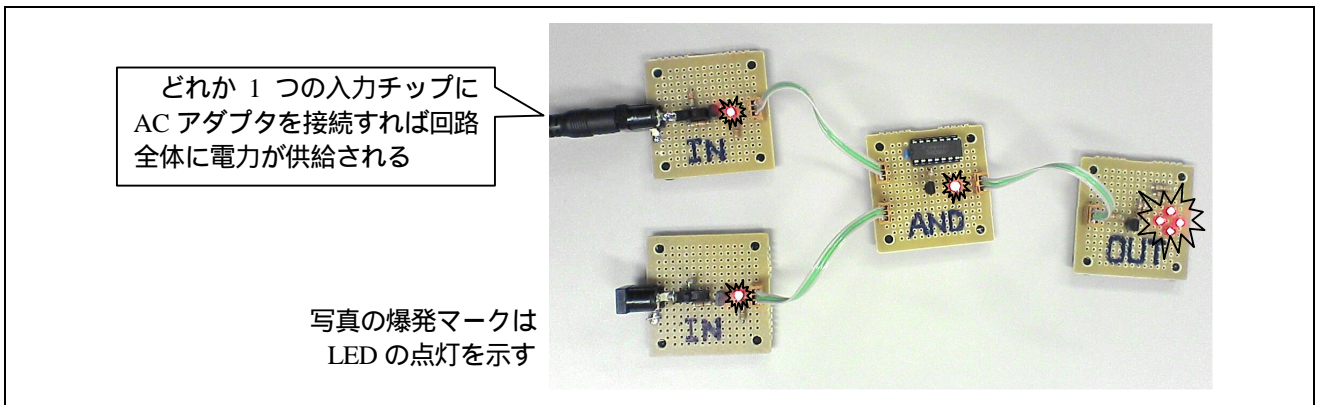


図2 電力の供給...2 入力 AND 回路にて

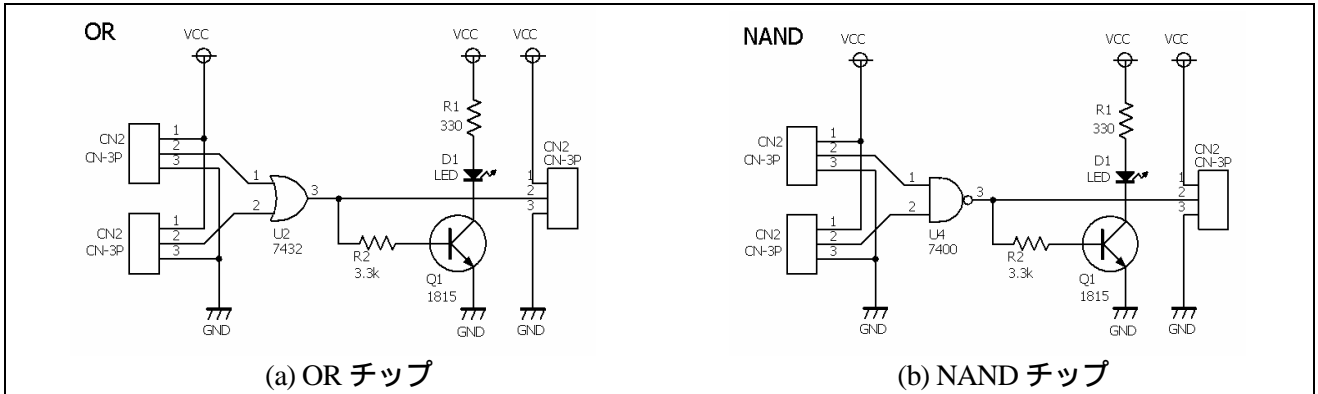


図3 OR チップと NAND チップの回路図

構成する回路には必ず入力チップを使用するためである。また論理回路学習キットは構成した回路のどれか一つの入力チップに電源が供給されれば、構成した回路全体に供給される。そのため図2に示すようにチップを配置し、ケーブルで接続し、そしていずれかの入力チップに AC アダプタを接続すれば動作を確認できる。

2.3. 誤配線の対策

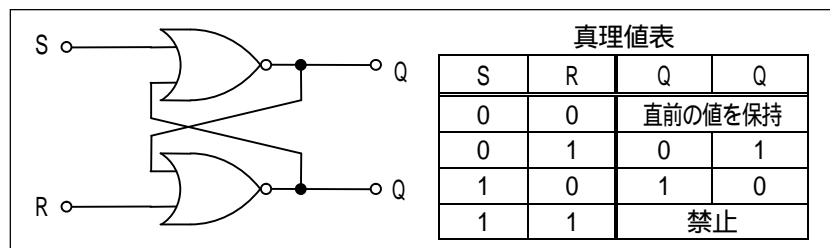
電子回路を学習したことがない文科系学生が論理回路学習キットを扱う可能性も踏まえ、以下の対策を施している。まずケーブルをチップに接続する際、その向きが逆になるとツメが引っかかるようにして物理的に誤った接続ができないようにしている。また、チップ間の配線において、入力同士や出力同士の接続があったとしても LED の点灯・消灯の状態を確認すれば、ある程度推測ができるようにしている。またそのような誤配線があっても電子回路的には何ら問題がないように設計した。

2.4. 使用した部品について

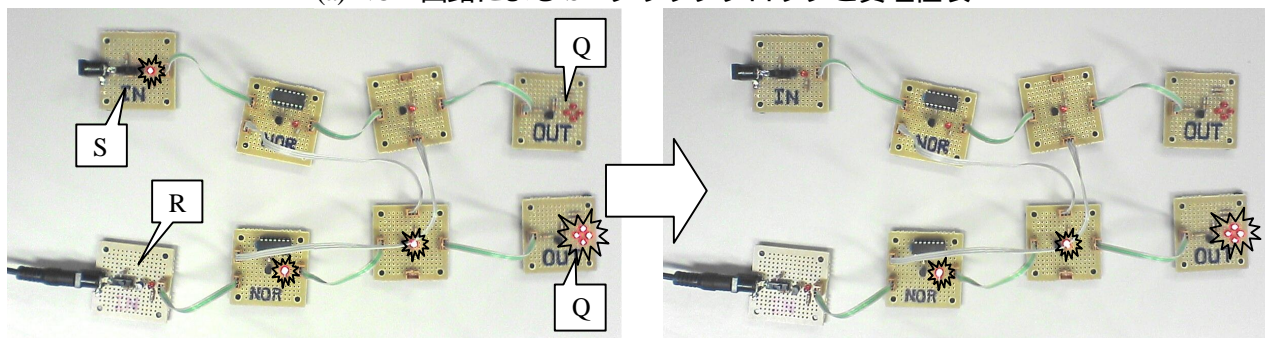
論理回路学習キットの開発にあたり、ゲート回路は IC を選択し、トランジスタは LED 用にのみ使用している。ゲート回路もトランジスタで構成可能だが、IC を選択することで部品点数を少なくし、更に部品代、開発時間などのコストを大幅に抑えている。これにより、製作時の動作確認やメンテナンスが容易になり、更には複製を容易にしている。特に NOT や NOR を除くゲート回路チップの回路図は、図3に示すように使用するゲート IC 以外は全く同じ回路なので、ゲート IC を交換するだけで機能を切り替えることも可能である。ただし NOT チップは入力1つのため、NOR チップはゲート IC の入力-出力端子の位置が他のゲート IC と異なるため回路図は若干異なる。

3. キットの使用例

現在まで AND, XOR などの各種ゲート回路, 半加算器・全加算器, SR フリップフロップの構成と正常な動作を確認している。図4は NAND 回路による SR フリップフロップでセット・リセット・保持が正常に機能していることを示したものである。その他のフリップフロップは入力チップのチャタリング

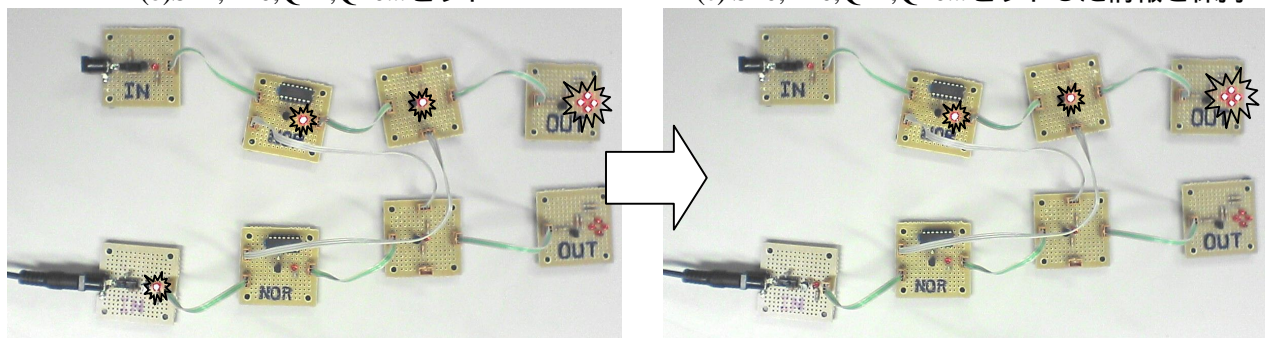


(a) NOR 回路による SR フリップフロップと真理値表



(b) S=1,R=0,Q=1,Q=0...セット

(c) S=0,R=0,Q=1,Q=0...セットした情報を保持



(d) S=0,R=1,Q=0,Q=1...リセット

(e) S=0,R=0,Q=0,Q=1...リセットした情報を保持

図4 SR フリップフロップの構成と動作

発生の問題や、構成に必要なチップの不足などの理由により構成、動作確認はしていない。

4. 終わりに

筆者らは電子回路の理解が浅くても論理回路を学ぶことができる教材として論理回路学習キットを開発した。現在、このキットにて AND, OR などのゲート回路や加算回路と SR フリップフロップの正常な動作を確認している。今後は 4 ビットの加減算回路や D フリップフロップなどの各種順次回路の動作確認を行う。更には文科系の学生が使用した場合の学習効果を検証する実証実験の実施を計画している。

謝辞：

本論文で報告した論理回路学習キットの開発プロジェクトに参加している東京国際大学商学部斐品研究室 2005 年度卒業研究生の中山慎治君に記して感謝する。

参考文献

- [1] 情報処理教育委員会情報システム小委員会, “大学の情報系専門学科のための情報システム教育カリキュラム ISJ2001 ”, 情報処理学会, 2001.
- [2] 河村一樹, 斐品正照, 佐藤英人, “商学部における情報システム学のカリキュラム編成とその教育計画”, 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No.49, pp.1-7, 2004.
- [3] 斐品正照, “コンピュータ科学分野に関する入門的科目のためのゲーム教材の試作”, 教育システム情報学会 30 周年記念全国大会講演論文集, pp.231-232, 2005.