

学習者が容易に結線できる論理回路教具の開発

遠矢 守*・山下 義信**

(1995年10月16日 受理)

The Development of Instructional Aids for Logical Circuit easily wired

Mamoru TOYA and Yoshinobu YAMASHITA

第1章 開発主旨と本研究の概要

コンピュータの仕組みの基礎である「論理回路」について、それを学校教育現場において教授学習させるための教具を開発したので、以下に報告する。

ここで、論理回路の一例として、半加算回路の図面の場合で考えるとする。この回路を、従来から利用されている「ラグ基板上でハンダ付けする方式」で結線したり、あるいは、「ブレッドボード方式」などの方法で結線してみると、元の論理回路図面の配線とは似てもつかない、複雑に入り交じった配線となってしまふ。また、市販あるいは自作教具の中には、「ピンボード方式」のものや「ブロック（モジュール）方式」のものもあるが、これらの方式によって結線した結果を見ると、やはり、その配線状態は込み入って初心の学習者にとって理解しにくいものであったり、あるいは、教師自身による教具の自作が困難であったり、それらの教具で実習できる回路に自由度がなかったりなど、教具としての問題点¹⁾が残っている。

さらに加えて、半加算回路のような単純な回路の場合でさえ、学習者の前で論理回路を組みながら種々の演示実験を行うような目的には、上記の方法が適しているとは言えない。

これらの諸点を満足してくれるような教具は、筆者らの知る範囲において、市販品や自作教具の中には見あたらなかったもので、以下に示すような3種類の教具の開発を試みた。

〔1〕スチール黒板（または白板）上で演示実験が可能な論理回路教具

本教具は、簡単な回路から「ある程度複雑な論理回路」までについて、その回路を学習者の前で構成しながら「スチール黒板上で演示実験をするための論理回路教具」である。

* 鹿児島大学 教育学部 技術科

** 鹿児島大学 工学部 電気電子工学科

筆者らの教具で、例えば先ほどの半加算回路を組んでみると、後述するように、論理回路図面の配置に近い形で論理素子を配置でき、配線も図面とほぼ相似になるので、学習者にとって配線が理解しやすく（教授者にとって結線しやすく）なっている。

例にあげた回路以外も、比較的簡単な論理回路であれば、参考書などの回路図面に描かれている配置どおりに、各論理素子を配置でき、かつ、手軽に配線できる。しかも、学習者の見ている前で、黒板上に回路を構成しながら、種々の実験を演示することができ、さらに、黒板上に補足説明も書き加えられるという特徴を有している。

これらの詳細について、第2章で製作法を含めて述べることにする。

〔2〕実習用論理回路教具

言うまでもなく、教授者による演示実験を学習者に見せるだけではなく、学習者自身の手により、論理回路に触れ親しみながら、それに対する技能・知識を体得させることも、より重要なことである。

この際、配線に慣れていない初心の学習者にとって、教授者が与える回路図面の配置と実際の電子部品の配置が異なっていると、かなりの学習者が結線に苦勞するという実態がある。また、実際の教育現場においては、この教材について割り当てられる時間にも制限があるという実態もある。

そこで、与えられた論理回路図面とほぼ同じ位置に論理素子を配置でき、しかも、短時間で簡単に結線できるような教具が必要と考え、そのような「生徒実習用教具」について、次の2種類の教具を開発した。

(1) 論理素子の配置を固定した教具

(2) 論理素子を自由に配置できる教具

これらの詳細については、それぞれ第3章、第4章で述べることにする。

第2章 スチール黒板（または白板）上で演示実験が可能な論理回路教具

§ 2. 1 本教具の主旨

講義の際、学習者の前で教具の提示や演示実験などを加えることは、学習者にとって学習内容の理解を助けたり、興味・関心・意欲を引きおこすなど有益なことが多い。

そこで、論理回路に関する演示実験を行おうと、実習基盤上で各論理素子間を結線してみると、その回路が比較的単純な場合であっても、その結線状態は、参考書などに描かれている論理回路図とはほど遠い「込みいった配線状態」になってしまうことが多い。これでは、学習者の理解を妨げてしまったり、学習者の意欲をそいでしまったりする原因になることも考えられる。

すなわち、演示用教具としては、書籍等に描かれている図面の配置どおりに、論理素子を配置で

き、しかも、その結線状態が論理図面と、なるべく近い形で配線できることが望ましい。

この際、演示実験を黒板上で行うとすれば、チョークを用いて図や文字を黒板上の適切な位置に自由な大きさと色で書いて補足説明することができ、黒板の融通性のある特性を生かしながら演示実験を行うことができるので大変都合がよい。

§ 2. 2 本教具の全体像

本教具は、写真1および図1に示すように、

- (a) 実習基盤 = 電源供給盤 (= スチール白板を利用)
- (b) 論理素子盤
- (c) 入力素子盤
- (d) 出力素子盤

から構成されている。

なお、同写真は、半加算回路を組んだ例であり、白板上に描いた論理回路図面に近い形で、各素子

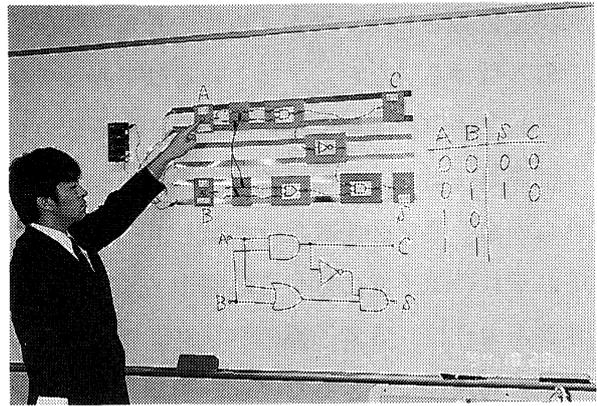


写真1 スチール白板を利用した演示用教具

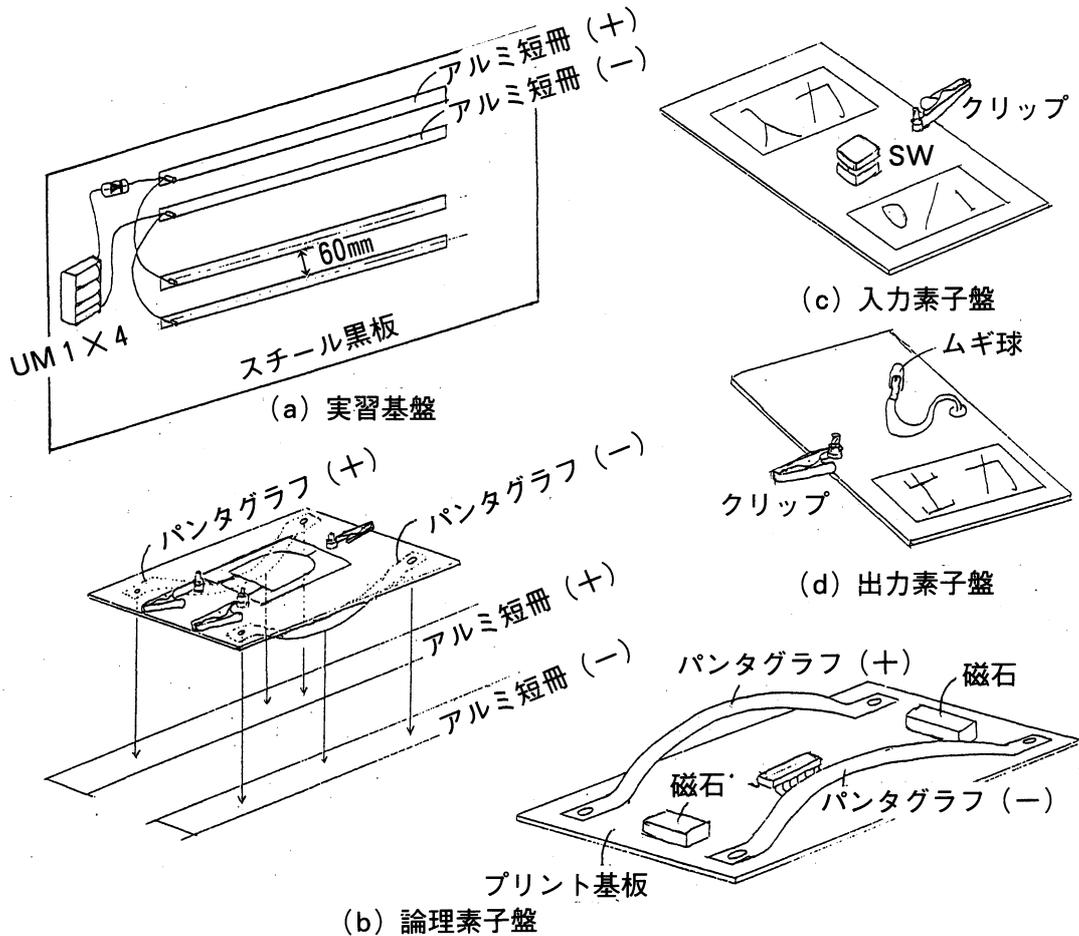


図1 演示用教具

を配置し結線ができていることを示している。

本教具の全体像をつかむため、この教具を使う手順を以下に示すことにする。

【取り扱い手順】

(1) 実習基盤を黑板上に作成する(図1a参照)

スチール製の黑板または白板を利用してこれを実習基盤とする。同図に示すように、ICへの電源供給母線として、アルミ板製の短冊(900×20×3mm)を地面と水平になるように黑板面に磁石で取り付ける。なお、アルミ短冊はアルミテープでも代用できる。

(2) この実習基盤上に、回路素子盤を取り付ける

回路素子盤としては、論理素子盤(図b)、入力素子盤(図c)、出力素子盤(図d)がある。これらの素子盤を必要数だけ準備し、それらを論理回路図面に描かれている配置に近い形に配置する。それぞれの素子盤に対しては図b左に示すように取り付ける。すなわち、各素子盤へ電源が供給されるように、各素子盤のパンタグラフをアルミ短冊上で接触するように取り付ける。

(3) 回路図にできるだけ近い形で、リード線を用いて結線する

(4) 種々の演示実験を行う

§ 2. 3 回路素子盤の製作手順

各素子盤の中から、論理素子盤を例として、その製作手順を以下に示す(図b参照)。入力素子盤、出力素子盤についてもほぼ同様にして製作する。

(1) プリント基板上に論理素子基盤の回路を構成する

試作程度であればユニバーサル基板でもよいが、感光基板などを利用する方が、回路パターンに共通性があり都合がよい。

(2) 黑板に吸着させるための磁石を取り付ける

図b右に示すように、フェライト系の磁石を(1)のプリント基板の銅箔面に接着する。この際、金属系の磁石では回路と接触する可能性があるため、身近で入手しやすいフェライト系磁石を利用する。

(3) パンタグラフ(=電源供給線)をプリント基板に取り付ける

短冊状のりん青銅板を準備し、その両端をプリント基板の銅箔面にハンダ付けし、これを図bのようにしてパンタグラフとする。このパンタグラフとアルミ短冊を経由して、素子盤へ電源が供給される仕組みとなっている。

なお、ベタのプリント基板の場合はこのままでも良いが、ユニバーサル基板を利用した場合はパンタグラフが銅箔をはがしてしまう可能性もあるため、プリント基板の銅箔面に銅板テープを張り付け補強してから、これにパンタグラフをハンダ付けする。

(4) 素子の入力端子、出力端子を取り付ける

ここでは、図 c のように、クリップをビスどめしたものを、端子として流用している。

(5) 回路素子盤の機能を示すパターン紙を貼り付けておく

§ 2. 4 黒板上で演示実験できる教材例

論理回路教材として実際に製作してみたもののうち、黒板上で利用できる教材例を以下に示す。

- ①基本論理素子に関する実験（たとえば、AND, OR, NOT, NAND, XOR など基本素子の実験, JK-FF, D-FF などの順序回路基本素子の実験, 7セグメント LED ドライバ素子の実験など)
- ②ダイオードやトランジスタなどで構成される AND, OR, NOT 素子などの仕組みを調べる実験
- ③AND, OR, NOT 素子を組み合わせた回路（たとえば、半加算回路 (HA), XOR, 一致回路, 半減算器, 2ビットのエンコータ/デコータ, 1ビットデータセレクタ, デマルチプレクサ, RS ラッチ, マルチバイブレータなど)
- ④NAND 素子のみで構成する回路
- ⑤AND と XOR で構成する HA
- ⑥2組の HA で構成した「全加算器 (FA)」
- ⑦3組の FA で構成した「3ビット全加算器」
- ⑧NOT と FA で構成した「補数による減算器」
- ⑨XOR と FA と NOT で構成した「1ビット加減算器」
- ⑩JK-FF で構成する RS-FF, D-FF, T-FF
- ⑪4組の JK-FF を用いた「16進カウンタ」
- ⑫チャタリングとその防止回路
- ⑬3組の JK-FF と AND を用いた「5進カウンタ」
- ⑭3組の D-FF を用いた「3ビットデータの記憶」
- ⑮4組の D-FF を用いた「4ビットシフトレジスタ」
- ⑯その他

§ 2. 5 本教具の特徴と限界

- (1) 回路図面に描かれている配置どおりに、各論理素子を配置でき、しかも、図面の結線状態に近い形で、手軽に配線できる。
- (2) 学習者の見ている前で、スチール黒板上に論理回路を構成しながら、種々の実験を演示し、黒板とチョークを用いて補足説明ができる。
- (3) 身近な部品を用いており比較的容易に自作できる。
- (4) 「単純な論理回路の実験」から、ある程度「複雑な回路の実験」まで幅広く演示できる。

- (5) その他、収納・保管、運搬が便利であり、操作性もよく信頼度はほぼ100%であり、誤使用や、かなりの乱暴な取り扱いにも耐えるなど、教具としての必要条件を満足している。
- (6) 黒板面という限られたスペースのため、前節に述べた程度の回路等は演示実験可能であるが、これ以上に論理素子数が増えた複雑な回路になった場合、学習者にとって分かりにくいものになってしまう。

第3章 実習用論回路教具(1)

………論理素子の位置を固定した生徒実習用教具………

§3.1 本教具の主旨・考え方

前章の教具は、主として教授者が学習者の前で演示実験するためのものであったが、学習者自身が実際に手にとって実習するための教具も必要と考え、第1章で述べた開発主旨のもとに、2種類の教具を開発した。このうち、本章では、論理素子の位置を固定した方式の「論理学習入門用教具」について述べることにする。

従来からある市販あるいは自作教具では、AND、OR、NOTなどの論理素子を実習基盤(=パネル)上に整然と配置してあり(すなわち同種類の論理素子を集めて揃えるように配置してあり)、その入出力端子間をバナナピンジャックなどで配線する方法を採用している。

しかし、この方式では、半加算回路程度の簡単な回路の場合でさえも、その配線した結果の状態は込み入ったものになってしまうことが多い。

そこで、本稿では、その開発に当たって次のように考えて見ることにした。すなわち、論理回路について学習すべき教材としては様々なものが考えられるが、これらの中から、

- ① コンピュータの演算機能の基礎である「半加算器」
- ② 1ビットの記憶機能がある「フリップフロップ」
- ③ 発振を体験できる「マルチバイブレータ」

などの概念が、論理回路を体得させる上で重要で精選した教材であると考え、本教具ではこれらの回路に教材を限定してしまうことにする。

このことにより、これらの3つの回路について、回路図面に近い形で結線できるように、実習基盤(パネル)上の論理素子の配置を工夫すればよくなる。図2が、そのように工夫した論理素子の配置図であり、実習基盤の論理回路図でもある。なお、同図において黒丸は入出力端子である。

これにより、上記の回路①~③については教授者が与える回路図面に近い形で各論理素子が配置されているので、学習者は苦勞することなく結線できることになる。

写真2は、RSフリップフロップを結線した場合であり、このように、図面に近い形の配線状態になり、学習者にとって分かりやすく容易に結線できることを示している。なお、半加算回路やインバータを利用したマルチバイブレータの場合でも、同様の結果が得られている。

