

[事業報告]

“確かな学力”を育むための授業改善の検討と学習用システムの提案 ～工業高校教育「論理回路学習」を例として～

白濱 博¹⁾、谷口 このみ²⁾、村部 晃大²⁾、落合 隼哉³⁾、藤本 侑里³⁾

1) 非常勤講師（執筆責任者）

2) 山陽小野田市立山口東京理科大学 工学部 機械工学科（3年）

3) 山陽小野田市立山口東京理科大学 工学部 電気工学科（3年）

A Study on Class Improvement to Enhance “Academic Ability” and a Proposal of an Instruction System ～ Digital-Logic-Circuit Instruction at Technical High-Schools ～

Hiroshi SHIRAHAMA, Konomi TANIGUCHI, Koudai MURABE,
Junya OCHIAI, Yuri FUJIMOTO

要 約

次期学習指導要領では、“確かな学力”を育むことを目指し、“主体的・対話的で深い学び”のための創意工夫を施した特色ある教育の展開、及びそのための授業改善が求められている。本報は、筆者と、工業高校教員を将来目指す教職課程科目「工業科指導法」の受講生とが、初めて論理回路を学習する工業高校の生徒に対し、“確かな学力”を育むための授業改善を目標に、導入段階での学習効果を高めるために、パルス・パターン発生装置を中心とする学習用ボード及び学習用システムを提案し、実践を通してその有用性について検討したものである。

工業教育の論理回路学習、とりわけ実習は、メーカ製の実習装置を用い、付設されたスイッチ入力と LED 出力とによって真理値表を完成させるものが多い。しかしながら、それらには時間軸の情報が含まれていない。そこで筆者等は、論理回路の入出力動作を、時間軸の情報を有するタイミング・ダイアグラムとして観測する学習活動の導入が、生徒の理解をより深め“確かな学力”の育成に繋がると考えた。しかも種々のパターンのパルスを対象回路に入力することができればより効果が上がると考え、パルス幅や位相の可変機能を具備したパルス・パターン発生装置を考案した。

具体的な学習活動は、以下の通りである。1) 基本的な論理回路実習：工業高校で実際に使用されているメーカ製の実習装置を用いて、工業高校の論理回路実習の幾つかを体験する。2) 学習用ボードによる実験：各種基本論理回路及び各種フリップ・フロップを配置した学習用ボードとパルス・パターン発生装置を組み合わせ、タイミング・ダイアグラムを観測する。3) 学習用システムによる実験：メーカ製実習装置とパルス・パターン発生装置を組み合わせた学習用システムにより、課題の回路を構成しタイミング・ダイアグラムを観測する。4) 有用性の検討：提案した学習用ボード及び学習用システムと、これらを用いた一連の学習展開が“確かな学力”育成に有用であることを検討する。

キーワード：確かな学力、工業教育論理回路学習、授業改善、パルス・パターン発生装置、学習用ボード・学習用システム、タイミング・ダイアグラム

Abstract

Class improvement is more strongly required in the next high-school curriculum guideline from a viewpoint of enhancing academic ability.

We examine this issue in the context of introductory level of Digital Logic Circuit (DLC) instruction at technical high-schools. The DLC instruction has usually been implemented with commercially-available instruments such as DLC trainers. It provides the students only with static information such as truth-tables and logic function-tables. We think dynamic information such as input/output waveforms of DLC as a timing diagram, must be provided to the students just beginning DLC to enhance academic ability.

Then we propose an instruction board and system, which mainly consists of a pulse-pattern signal generator and a four-channel digital oscilloscope. It provides the dynamic information of the DLC as a timing diagram on the oscilloscope display. Through these real experiences, we found that the system proved to be very useful and effective to enhance understanding of DLC instruction at technical high-schools.

Key words : Academic Ability, Digital-Logic-Circuit Instruction at technical high- schools, Class Improvement, pulse-pattern signal generator, instruction board and system, timing-diagram

1. はじめに

論理回路は、コンピュータをはじめとする情報関連機器やデジタル機器・装置は言うまでもなく、従来のアナログ技術と統合された形で生産現場や身の周りのあらゆる機器・装置の主要な構成要素として利用・活用されており、工業高校や高等教育機関の技術教育においては学ぶべき重要な学習項目の一つとなっている。その学習は、例えば工業高校の電子・情報系学科においては「電子回路」や「ハードウェア技術」等の科目や実習で行われている。また、1989年改訂の学習指導要領で新設された科目「情報技術基礎」は、専門学科の枠を越え各科においても共通に学ぶ基礎科目として位置付けられ、その内容も技術の進展にともなって改訂されながら今日に至っている。この科目は、殆どの工業高校の教育課程では普通教科「情報」の代替となっている。高等教育機関においては更なる高位の教育が行われている。

本取り組み提案の装置やシステムは、工業高校の電気・情報系学科のみならず、他学科や高等教育機関における導入段階の学習支援用、及びメーカー製装置の補完用として座学や実習での活用を目指している。以下、次の事柄について検討しながら論を展開する。すなわち、

- 1) 論理回路学習の現状と“確かな学力”について：工業高校や大学における導入段階の論理回路教育の状況、とりわけ工業高校教育の実習（以下、適宜“実験”も使用）について問題点や課題を探り検討しながら、本取り組みにおける“確かな学力”について述べる。次に、本提案の学習用ボードや学習用システムを活用した一連の学習展開がその解決に有用であるという仮定のもと、
- 2) パルス・パターン発生装置について：将来の工業教員としての“ものづくり力”育成の観点から、パルス・パターン発生装置の構成及び主回路の動作と学習用システムの概要について述べる。併せて、一般的な論理回路設計用ツールの状況についても述べる。次に受講生は、
- 3) 論理回路学習の模擬授業について：通常の工業高校で行われている「論理回路学習」（座学と実習）の幾つかを体験する。さらに、
- 4) 入出力動作波形観測実験について：学習用ボードを用い、各種基本論理回路や各種フリップ・フロップ（以下、FF）の入出力動作波形（以下、タイミング・ダイアグラム（timing-diagram））の観測実験を行

い、真理値表や論理機能表（以下、真理値表（truth-table）に統一）と照合する。最後に、

- 5) 有用性について：提案する学習用ボードや学習用システム、及び一連の学習内容や方法（以下、学習展開）が“確かな学力”育成の観点から有用であることを検討する。
- 等である。

2. 論理回路学習の現状と“確かな学力”

2.1 論理回路学習（実習）の現状

論理回路教育に関しては、古くは例えば携帯用黒板にブレッド・ボードやスイッチやランプを配置し、パルス発振器やオシロスコープによる動作波形観測用を始めとする種々の端子を付設したものにICを装着し、回路図を描いてその論理動作を確認できるような工夫を施したものがある¹⁾。これは、米国の高等教育機関のものではあるが、導入段階の学生教育用教材・教具の開発と授業への導入という観点からは、その取り組みは現在の我が国の工業教育や高等教育機関においても参考になる。何よりも学生の教育のための研究に心血を注いでいる教師の姿を垣間見ることができ、筆者の取り組みと通底するものがあり共感する。

一般に、工業高校の実験・実習装置や設備は、産業教育振興法に基づきメーカー製の機材が投入され、一定の経過後は更新が可能となっている。しかしながら、教育現場の求めに応じ、時代の変化や産業技術の進展に呼応した設備の更新が即時的に行われることは珍しく、いつになるか予測のつかない次の更新まで既設機材を使用せざるを得ない状況もある。また運よく更新されたにしても新機材に伴う教員の研修の充実も十分とは言えず、担当教員の努力に委ねられることが多い。多忙化とも相俟って、新しい機材による教育の機会の提供にも影響が出てくるという現状がある。

本取り組みで利用するメーカー製論理回路実習装置は、およそ35年前に導入されたもので当時の先端技術であるTTL IC（Transistor-Transistor-Logic IC）をベースにしている。この技術自体は、1962年にテキサス・インスツルメンツ社が開発したものであり、今や時代遅れの感も甚だしく旧態依然とした取り組みといった批判は敢えて受けるが、基礎的・基本的知識の学習には十分に有効活用できるものと判断した。教育現場では、このように未更新や耐用年数を超えながらも、廃棄処分を待っている使用可能な機材を利用・活用した教育も展開されており、現場の課題でもある。

筆者等の取り組みもその域を出ないものと認識しており、お叱りを受ける覚悟はある。しかしながら、とりわけ原理・法則に関わるような不易な基礎的・基本的な知識や技術の教育は、必ずしも先端的装置・機器によるものである必要はない。

このようなメーカ製実験・実習装置は、定型のある意味画一的な学習には有用性を発揮し我が国の工業教育に大きく貢献してきた。しかしながら、生徒の実態に即した、しかも“確かな学力”を育成するにはメーカ製のそれでは十分とは言い難く、それなりの補助教材・教具や装置等の補完的なものの製作と導入が求められる。それは現場の教員の工業教育に対する情熱を基軸とした、想像力と工夫、及びそれらを具現化する“ものづくり力”に委ねられている。本取り組みでは、メーカ製の論理回路実習装置が現在も十分使用可能であることから、それを中心に据えながら補完的装置としてパルス・パターン発生装置や、ICを装着した論理回路学習用ボード、及びメーカ製の装置と組み合わせた学習用システムを提案している。これらは、これまで行われてきた学習に加え、より確かな学力を育成するための学習展開を提供できるものと仮定し、実践を通してそのことについて検討する。

そこでまずは、工業高校の論理回路学習の現状を長年の筆者の教育現場での取り組みを中心に、また幾つかの高校への聞き取り調査の結果を交えながら紹介する。

1) スイッチ入力とLED出力とによる学習：工業高校で行われている導入段階の論理回路実習は、まずは、AND, OR, NAND, NOR, Ex-OR等の基本論理回路やそれらを組み合わせたもの、また応用として半加算・全加算回路や各種フリップ・フロップ(以下、FF)、カウンタやシフトレジスタ等の真理値表や論理式に関する座学形式の学習が一般的である。次に、メーカ製実習装置を用い配線作業により回路を構成し、スイッチ入力とLED出力とにより入出力動作を確認する。いわゆる体験を通して基礎的・基本的な論理回路設計能力の育成を目指したもので、その知識の定着を図るものである。本取り組みでは、時間的制約上受講生はこれらの中の幾つかを体験する。内容的には「情報技術基礎」程度に上級学年のものを若干加えた。また、その他には、IC(Integrated Circuits:集積回路)をブレッド・ボード上に配置し、配線作業により回路を構成し、スイッチ入力とLED出力とによる論理の検証を行う学習も上級学年では行

われているようである。これらは、実際のICに触れながら行うもので、ハードウェア技術の学習も視野に入れたものと捉えることができる。しかしながら、配線作業の煩雑さや誤配線、接触問題等を伴うことも多く、それらの克服には時間を要することも多々ある。したがって、導入段階の学習ではメーカ製実習装置の利用が効率的で効果的である。また、

2) タイミング・ダイアグラム観測を導入した学習：基板やブレッド・ボード等に装着したICにパルスを入力し、タイミング・ダイアグラムを観測し論理動作を確認するものもある。しかしながら、そのパルスは固定されており本提案のものとは異なる。また、これらは配線作業やオシロスコープの取り扱い方、及び波形観測技術習得等の問題もあり導入段階には馴染まない。より上級の学習となる。本取り組みにおいては、導入段階であることに鑑みこれらの問題は回避している。

2.2 論理回路学習の課題と“確かな学力”

従来実施の学習展開は、我が国の工業教育に大きく貢献してきた。しかしながら、筆者等は“確かな学力”育成の観点からは次のような課題があると考えた。すなわち、例えば、コンピュータを始めとするデジタルの機器・装置等においては、一般的にはその論理状態は時々刻々と変化しており、本報で言うところのパルス・パターンも変化するものと捉えてよい。これに対して従来実施の殆どの学習とりわけ実習では、先述の如くスイッチ入力とLED出力とによる真理値表のみに関する学習である。工業高校や高等教育機関使用の教科書には、タイミング・ダイアグラムは必ず掲載してある。しかしながら、本提案のパルス幅可変や位相の異なるタイミング・ダイアグラムを提供する教材・教具による学習(座学や実験・実習)は、筆者等の知る限り無い。

そこで、筆者等は、工業教育の論理回路教育の目標が簡単な論理回路設計能力を育成することにあることに鑑み、“確かな学力”とはこの設計能力を身に付けることであるとした。この能力は、基礎的・基本的な知識や技術の確実な習得に加え、その深化や実戦・応用につながる知識や技術の確実な習得で身に付くものと考えた。そのためには、とりわけ導入段階の教育では、従来実施の学習に加え、シミュレーション・ソフトではなく、作業を伴う実験等、実際的でリアルな体験を提供するタイミング・ダイアグラムによる学習の

導入が、効果的で有用であると考えた。例えば、同一回路に様々なパターンのパルスを入力し、タイミング・ダイヤグラムによりその回路の名称を回答させる学習等の導入は、真理値表の記憶の定着を促すことになる。このことは、受講生等は体験を通し異口同音に述べている。

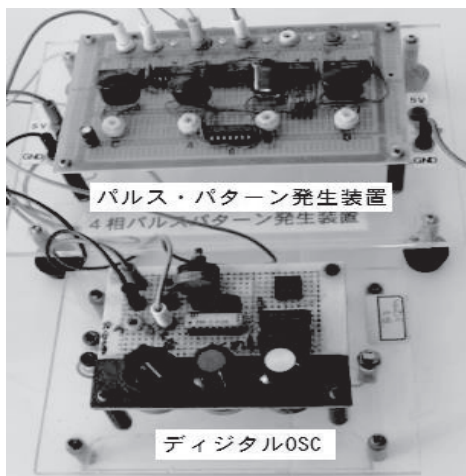
3. パルス・パターン発生装置と学習用システム

3.1 パルス・パターン発生装置の概要

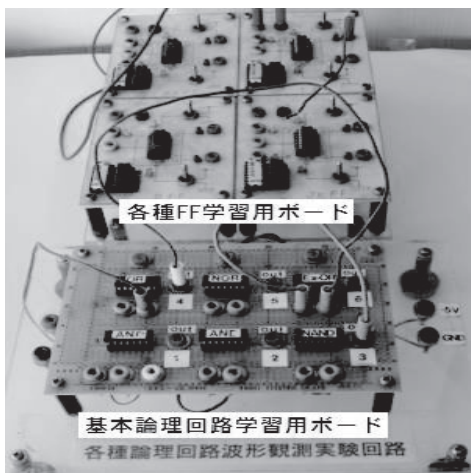
現在では論理動作の解説にはシミュレータによる図が多用され、シミュレーション・ソフトによる回路設計やパルス発生器、タイミング・パルスジェネレータの製作記事や活用例等、論理回路の開発用ツールや回路設計に関する資料は枚挙にいとまがない^{2) -14)}。タイミング・ダイヤグラムの観測例は、例えば資料¹²⁾を始め多くの書籍に見出すことができるが、種々のパ

ターンのパルス発生に関する情報は何等与えられてはいない。そこで本提案では、パルス幅を変化させることにより種々のパターンを発生させ、回路に入力しタイミング・ダイヤグラムとしてデジタル・オシロスコープ画面上で観測する学習用システムとした。また、各種基本論理回路や FF の学習用ボードも併せて提案している。

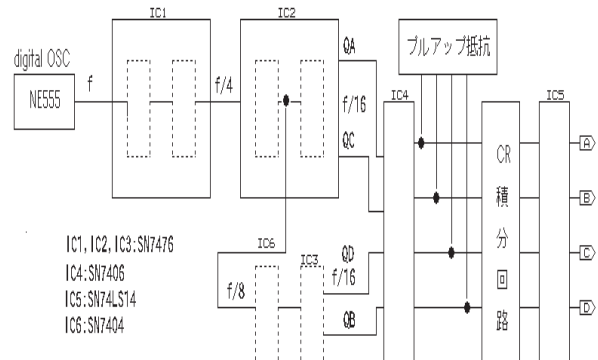
本提案のパルス・パターン発生装置¹³⁾と学習用ボードを図1に示す。パルス幅可変用の抵抗器を配置したパルス・パターン発生装置と、周波数可変機能を具備したデジタル発振器 (OSC) とを組み合わせ、新たにパルス・パターン発生装置としたシステムを図1(a)に示す。各種基本論理回路及び各種 FF の学習用ボードを図1(b)に示す。各種 FF にはプリセット、クリア用のトグルスイッチも設けている。また、それぞれのボードには波形観測用のピンやシステム構成用の接続端子を配置している。なお、幾つかの組み合わせ回路も可能である。



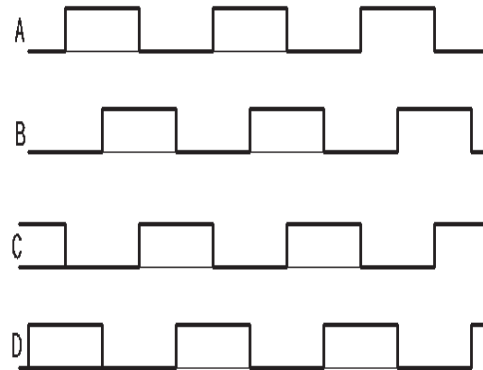
(a) パルス・パターン発生装置



(b) 学習用ボード



(a) 回路構成



(b) 基準パルス群

図2 回路構成と基準パルス群

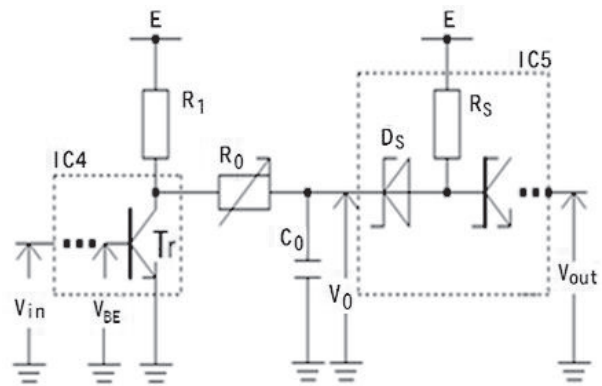
図1 パルス・パターン発生装置と学習用ボード

次に、パルス・パターン発生装置の回路構成とパターン生成のための基準パルス群を図2に示す。回路構成を図2(a)に、パターン生成の基準となるパルス群を図2(b)に示す。ICは全てTTLである。IC1～IC3はJK-FFでSN7476、IC4はオープン・コレクタ型インバータでSN7406、IC5はシュミット型インバータでSN74LS14、IC6は標準的なトータンポール型インバータでSN7404である¹⁴⁾。

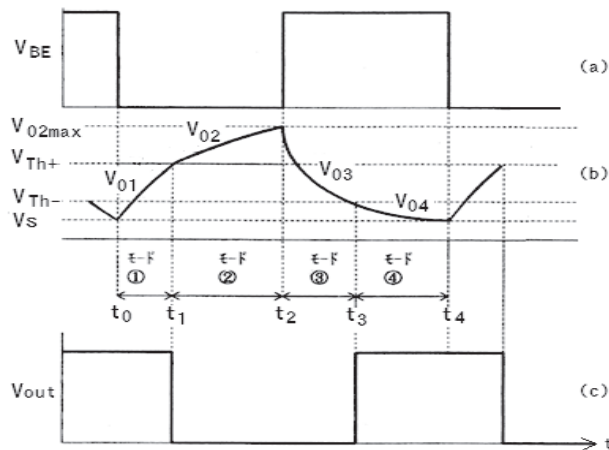
3.2 パルス・パターン生成の原理

パルス・パターン生成の原理を図3に、その主回路である充放電回路を図3(a)に、そして充放電特性とパターン生成の考え方を図3(b)に示す。動作原理の概要は、基本的には主回路に入力されるパルス V_{in} によるIC4の出力段トランジスタ Tr のスイッチング動作、プルアップ抵抗 R_1 及び R_0 と C_0 、そしてIC5の入力段抵抗 R_s で構成される充放電回路とIC5のスレッシュホールド電圧 (V_{TH+} , V_{TH-}) を利用するものである。抵抗 R_0 を可変することにより連続的にしかも独立してパルス幅と位相を変化させるもので種々のパターンのパルスを生成する。

具体的には、入力 V_{in} による Tr のベース電圧を V_{BE} 、充放電用コンデンサ C_0 の両端電圧を V_0 とした各モードのそれを $V_{01} \sim V_{04}$ 、最終的に得られる電圧 V_{out} をそれぞれ図3(b)に示す。例えば、モード① ($t_0 \sim t_1$, $Tr: OFF$) では、 C_0 は $E \rightarrow R_1 \rightarrow R_0 \rightarrow C_0$ と $E \rightarrow R_s \rightarrow D_s \rightarrow C_0$ の二回路で充電される。 $t = t_1$ で $V_0 = V_{TH+}$ となり V_{out} は“Low”となる。モード② ($t_1 \sim t_2$, $Tr: OFF$) では、 $E \rightarrow R_1 \rightarrow R_0 \rightarrow C_0$ のみの回路で充電は継続される。 V_{out} は“Low”のままである。 $t = t_2$ では、 $V_{BE}: ON$ となり $V_0 = V_{02max}$ となる。モード③ ($t_2 \sim t_3$, $Tr: ON$) では、 C_0 の電荷は $C_0 \rightarrow R_0 \rightarrow Tr$ の回路で放電する。 $t = t_3$ では $V_0 = V_{TH-}$ となり V_{out} は“High”となる。モード④ ($t_3 \sim t_4$, $Tr: ON$) では、モード③の放電回路に加えIC5の入力段、したがって、 $E \rightarrow R_s \rightarrow D_s \rightarrow R_0 \rightarrow Tr$ の放電回路も形成される。 V_{out} は“High”のままである。本回路では $R_s = 20k\Omega$, $R_1 = 10k\Omega$, $C_0 = 0.47\mu F$ であり R_0 は $10k\Omega$ の可変抵抗器を用いた。充放電回路の時定数の違いを積極的に利用することにより、 V_{out} のパルスの前段部を後段部に比し広く可変できるようにしている。



(a) 主回路(充放電回路)



(b) パルス・パターンの生成

図3 パターン生成の原理

4. 論理回路実習の模擬授業

受講生は、通常の工業教育の論理回路学習の幾つかを体験する。座学では「情報技術基礎」を使用し、理解度確認のために工業高等学校長協会の「2級情報技術検定試験」も採用した。さらに、基礎知識の学習の後、基本的な論理回路及び回路設計能力育成のための基礎的課題等の実習を行う。具体的には、以下の二つである。いずれも、まずはメーカ製実習装置を用い、配線作業により回路を構成し、スイッチ入力と7segLED出力とにより入出力の論理動作を真理値表として完成させる。次に、1) 各種基本論理回路と各種FFに対する実習：パルス・パターン発生装置と学習用ボードとを組み合わせ、タイミング・ダイアグラムの観測実験を行う。また、2) 課題の回路に対する実習：パルス・パターン発生装置とメーカ製実習装置とを組み合わせた学習用システムにより観測実験を行う。実験の様子を図4に示す。配線作業の様子とタイミング・ダイアグラムの観測を図4(a)に、課題とその観測結果を

図 4 (b) に示す。図中の A,B 及び C は入力、F は出力である。A,B はパルス・パターン発生装置からのパルスであり、C はデジタル発振器からのパルスを利用している。

5. 各種基本論理回路と各種 FF の観測結果

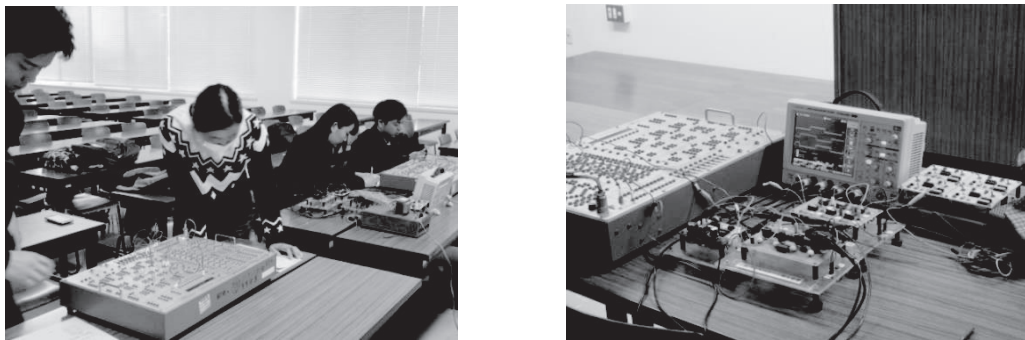
学習用ボードには、基本論理回路として 2 入力 AND, OR, NAND, NOR, Ex-OR と 3 入力 AND を、各種 FF として RS-FF, JK-FF, T-FF, D-FF を配置している。これらの観測結果を図 5 に示す。紙面の都合上、3 入力 AND と T-FF、及びプリセット、クリア機能の動作の観測結果は割愛している。クリップ接続による簡単な組み合わせ論理回路も提供可能である。A, B は入力、C は出力である。また、各種 FF においては、CK はクロックパルス、S, R, J, K, D は入力、Q は出力である。FF は全てネガティブエッジ・トリガ型である。なお、様々なパルスのパターンの観測結果については紙面の都合上割愛する。

6. 学習用システムの有用性

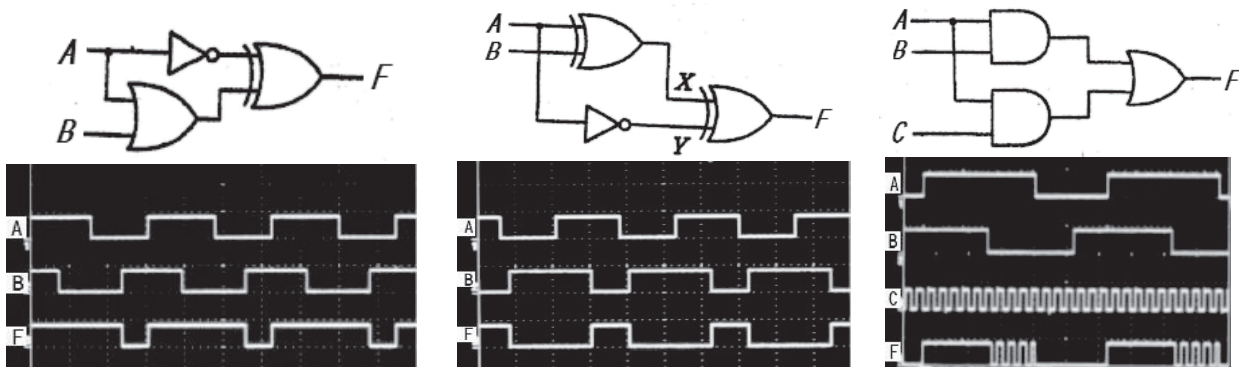
本提案の学習用ボードや学習用システムによる学習展開としては、パルス・パターン発生装置と学習用ボードとによる基本論理回路と各種 FF の学習、そしてパルス・パターン発生装置とメーカ製の実習装置とを組み合わせた学習用システムによる課題の学習を行った。その有用性について“確かな学力”育成の観点から検討する。なお、プレ・ポスト等のデータを元にした検討は、被験者数や授業時間数の制約によりできなかった。したがって、ここでは受講生の感想やアンケート調査、また取り組みの様子等に基づく検討にかえる。

まずは、受講生の意見や感想の幾つかを紹介する。
電気工学科受講生は、

(1) 論理回路は既習事項であるが、配線作業やタイミング・ダイアグラムの観測実験等の一連の学習活動により、これまでの知識や技術がより確かなものになった。とくに、同一回路で様々なパターンのタイミング・ダイアグラムを最初に目にした時は戸惑ったが、真理値表との照合のコツが徐々に掴め、容易に理解できるようになった。また、FF に関してもよく理解できた。



(a) 配線作業の様子とタイミング・ダイアグラムの観測



(b) 課題と観測結果

図 4 実験の様子と課題の観測結果

(2) 座学とは異なり、配線作業や波形観測等の体験を伴うことで、知識や技術が確かなものとして身に付いたようであり、よく理解でき楽しく取り組めた。

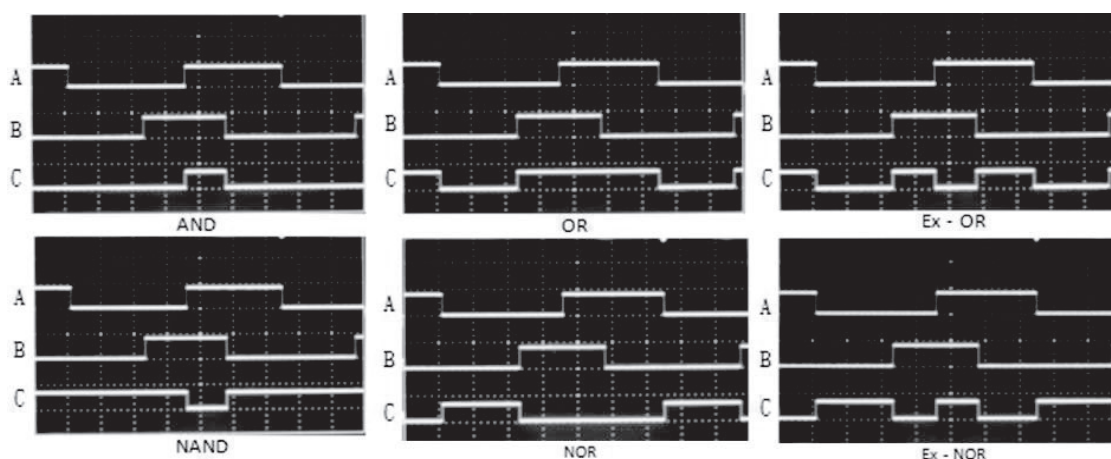
機械工学科受講生は、

(3) 論理回路は未習事項であったが、座学を受け基本的な知識や技術を学び、実験では配線作業による課題回路の構成と、その論理動作の検証をスイッチ入力と7segLEDとで行い真理値表を完成させた。さらに、実際に種々のパターンのパルスを入力しタイミング・ダイアグラムを観測した。初めての経験であったが、論理動作の確認を異なる形（真理値表とタイミング・ダイアグラム）で検証できたことで知識がしっかり身に付いたような気がする。また、取り組みの姿勢にも真剣さと積極性が増し、内容の理解も増すことができたようだ。

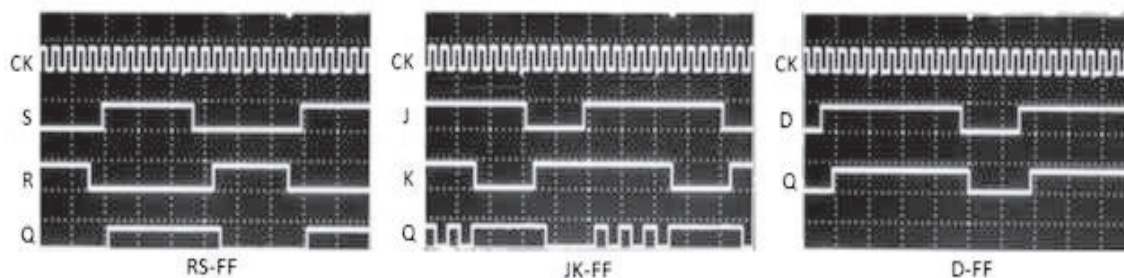
(4) とりわけ工業教育における知識や技術の定着には、座学と実験・実習（理論と実際の経験）との融合・連携が必要で重要であることが分かった。また、この体験を通して、生徒の理解を増すためには様々なアプローチが考えられ、工業教員としての想像力や“ものづくり力”の必要性がよく分かった。等である。

また、受講生は、例えばタイミング・ダイアグラムから論理回路の名称を回答させるテストや実験課題に対して、オシロスコープ画面のタイミング・ダイアグラムから得られる情報と、自らの記憶にある真理値表とを対比させながら注意深く真剣に取り組んでいた。

筆者等は、2.2 節で導入段階の論理回路学習における“確かな学力”を、工業教育の論理回路学習の目標を達成することで身に付く能力、すなわち論理回路設計能力であるとした。そのためには、確かな基礎的・基本的知識や技術を土台に、深化や実戦・応用につながる確かな知識や技術の習得が可能となる学習展開が重要で必要であるとした。またそのためには、従来の学習に加え、実際的でリアルな体験に基づくタイミング・ダイアグラムの観測による学習展開の導入が効果的であり、“確かな学力”の源泉になると考えた。学習用ボードによる学習展開の導入が、基本論理回路やFFの真理値表の記憶の定着を促し、学習用システムによる学習展開の導入が、基本的な論理回路設計能力の育成に寄与し“確かな学力”の育成に有用と成り得ることが、実践を通しての受講生の議論やアンケート調査及び取り組みの様子等から確認された。



(a) 各種基本論理回路



(b) 各種FF(フリップ・フロップ)

図5 観測結果

以上より、本提案のパルス・パターン発生装置及び学習用ボードは、今後も全ての学年・学科での座学や実習で共用可能な教材・教具として活用できることが分かった。学習用システムは、旧式で未更新の実習装置との組み合わせにより“確かな学力”の育成のための学習展開の導入も可能と成り得ることも分かった。

7. おわりに

従来実施の学習に、本取り組み提案の各種装置やシステム及び一連の学習展開を導入することにより、確実な知識や技術を身に付けることができ、“確かな学力”育成に効果的であることが分かった。しかしながら、その有用性を受講生の感想やアンケート調査、また取り組みの様子及びその感想等にも依拠せざるを得なかったことは心許なく、取り組みの限界を感じる。十分な被験者数や授業時間数の確保が課題である。

提案した各種装置やシステム及び学習展開が、工業高校や高等教育機関の論理回路学習の導入段階の教育に資すれば望外の喜びである。生徒や学生等は楽しんで取り組むことができ、“確かな学力”を身に付ける事ができると信じている。とくに、基本論理回路や各種 FF の真理値表はしっかりと記憶に定着させることができ、自信を持って論理回路設計の課題に取り組めるであろう。なお、その他様々なパターンのパルスや、各種の組み合わせ論理回路とそのタイミング・ダイアグラムの観測結果は紙面の都合上割愛せざるを得なかった。何らかの機会に紹介できればと思う。

謝 辞

本取り組みは、本学（山陽小野田市立山口東京理科大学）教職課程の実験費の助成を受けた。また、物品購入や教室使用に当たっては、円滑な授業遂行のためにご配慮・ご尽力頂いた事務部の福永氏に感謝する。さらには、本学の教育実習生を毎年快く受け入れご指導頂いている地元の県立小野田工業高校、とりわけ電子情報科からは、工業教育の実際を本学受講生に紹介することに深い理解を頂き、論理回路実習装置及びデジタル・オシロスコープの借用を快諾頂いた。ここに深謝する次第である。

参考資料

- 1) ANDREW LONGACRE, JR. : An Electric Blackboard for Use in Teaching Digital Logic, *IEEE Trans. Educ.*, Nov. 1975
- 2) E.SIGURDSON,N.RUMIN,E.RUBINOV, AND J.DALEY : A Modern and Efficient Approach to Equipping a Digital Electronics Laboratory, *IEEE Trans. Educ.*, vol. E-22, NO.3, Aug.1979
- 3) RONALD D.WILLIAMS : A Logic Simulator to Support Design Instruction, *IEEE Trans. Educ.*, vol. E-30, NO.4, Nov. 1987
- 4) 鈴木憲次:製作研究デジタル IC 回路の誕生、*トラ技 ORIGINAL*, No.2, 1990
- 5) 小林芳直:特集 論理回路設計のパラダイム、*トランジスタ技術*, May. 1996
- 6) 真鍋正幸:ロジック回路シミュレータの製作、*トランジスタ技術*, pp.453-464, Nov. 1990
- 7) Richard G.Swanton (勝秀徳 訳):ソフトウェア・ツールによるタイミング設計入門、*トランジスタ技術*, pp.388-396, Mar. 1992
- 8) 長谷川裕恭:ハードウェア記述言語 (HDL) を使ったロジック設計法、*トランジスタ技術*、pp.313-324, Nov. 1992
- 9) 小田靖:シミュレータを使ったデジタル回路設計ケース・スタディ、*トランジスタ技術*、pp.236-302, Jul. 1994
- 10) 金田一剛史:タイミング・パルス発生器の製作、*トランジスタ技術*、pp.378-382, Nov. 1992
- 11) 本田平八郎:パルス&パターン・ジェネレータの製作、*トランジスタ技術*、pp.295-306, Nov. 1998
- 12) 湯山俊夫:*デジタル IC 回路の設計*、CQ 出版社、pp.51-61, 1986
- 13) 白浜 博:4 相パルス・パターン発生装置の製作と論理回路学習への応用、*日本産業技術教育学会誌*、vol.43, No.2, pp.79-83, 2001
- 14) TEXAS INSTRUMENTS: *The Bipolar Digital Integrated Circuits Data Book*, 1985