

# 琉球大学学術リポジトリ

## 発光ダイオードの教具への活用： デジタルトレーナ

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2007-09-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新田, 保秀 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/1875">http://hdl.handle.net/20.500.12000/1875</a>

# 発光ダイオードの教具への活用

## — デジタルトレーナ —

新 田 保 秀

### An Application of Light Emitting Diode to Educational Tool for Digital Circuits

Yasuhide ARATA

(Received July 10, 1979)

#### I まえがき

文部省の指導書、技術・家庭編によると、中学技術科の電子の分野は、「増幅器を用いた装置の設計、ダイオード、トランジスタなど電気回路要素の働きと使用法、増幅器を用いた装置の製作」について指導することになっている。そのようなことで、多くの中学校で、増幅回路の応用として、ラジオ製作実習を行っている。ところが、最近、電子卓上計算機を始め、デジタル表示の種々の電子機器が私達の身のまわりに出現したことや、コンピュータを中心とした情報産業の発展により、中学校技術科でも情報教育を導入すべきだという意見も多くなっており、ラジオの組立実習に代って、電子卓上計算機の組立実習を導入している教科書も出版されている。そのほか、電子計算機のハードウェアの中心となる論理回路の製作実習を行い、それをを用いて二進による加算法を学習させるなど、電子計算機をどのようにして中学校技術科の教材として導入すべきかが模索されている<sup>1)</sup>。このような状況において、技術科教員養成課程でも、従来の増幅回路を中心とした授業だけでなく、デジタル回路まで修得させることが必要であろう。

デジタル回路に関する教具として、デジタルトレーナが市販されているが、とても高価なもので、それを購入して、実験・実習を行うのは予算的に無理なのが現状である。最近では、デジタルICが安価に入手でき、実験教具等が安価で容易に製作できるので、講義の後に手軽に実験ができるように、発光ダイオードを効果的に活用したデジタル回路トレーナを製作した。デジタル回路の入出力信号は“1、0”の2つの状態なので、入出力記号の“1、0”を発光ダイオードの“点、滅”に対応させるようにし、更に必要に応じて、信号電圧波形も観測できるようにした。デジタル回路トレーナは、基本から順次段階的に学習できるように、基本論理回路、マ

ルチバイブレータ、ゲート回路、フリップフロップ、シフトレジスタ、カウンタ、基準時間パルス発生回路、デコーダ、表示器の順序に、5つのパネルで構成してある。

#### II 製作したデジタルトレーナの概略

トランジスタに慣れ親しんでいる学生がICに抵抗を感じる理由は、IC内部の動作がよくわからず、ブラックボックス的であるという点であろう。このような抵抗感をなくする意味からも、デジタルICを使用するまえに、まず最初に、ダイオードやトランジスタで構成したAND、OR、NOTの3基本論理回路を実際に製作し、製作を通して、それらの回路を十分に理解させるべきであろう。この3基本論理回路が理解できれば、NANDやNORもそれらの組合せとして理解でき、ICを使用することに、何ら抵抗を感じることなく、スムーズにゆくものである。これら基本論理回路が十分理解できたものとし、その次の段階から効果的に実験ができるようにしたのが、今回製作したデジタルトレーナである。

本デジタルトレーナは、厚さ3mmの白色アクリル板に、黒色のレトラテープで配線図を描き、発光ダイオード(Light Emitting Diode: LED)と波形観測や電圧測定が行なえるようにターミナルを取付け、その裏面に部品を取付けた基板を配してある。ICを使用しているので厚さが5cmと薄く、縦50cm、横70cmのパネルになっている。本トレーナは次の5つのパネルから構成されている。

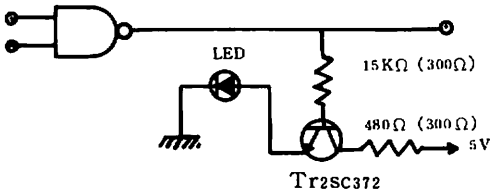
パネルI: 組合せ論理回路の練習

パネルII: 無安定マルチバイブレータ、単安定マルチバイブレータ、ゲート回路、無安定マルチバイブレータのデューティ比を変える実験

- パネルⅢ：RS-フリップフロップ(非同期型、同期型)、JKフリップフロップ、Dフリップフロップ
- パネルⅣ：シフトレジスタ、10進カウンタ(非同期型)
- パネルⅤ：クロック回路(基準時間パルス発生回路、分周回路、カウンタ、デコーダ、表示器)

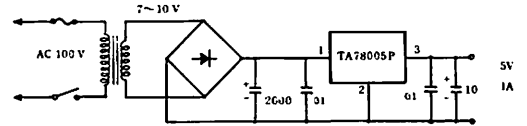
LEDはランプ等のように熱を発することなく、電流が流れると光を発するダイオードであり、その電流は数mAでよく、点滅の応答が早く、長寿命、安価、使用しやすいという多くの利点をもっている。LEDの“点、滅”をデジタル回路の入出力状態“1、0”と対応させることにより、回路の動作状態がLEDの“点、滅”を通して視覚的に把握することができるようにしてある。

LEDの接続によって回路に影響が生じないように、主回路と並列にLEDの接続を行い、トランジスタ2SC372を用いて電流増幅し、発光させてある〔図1〕。信号の



〔図1〕 LED点灯配線図。TTL ICを使用した場合の抵抗値とC-MOS ICを使用した場合の抵抗値(カッコ内)

入出力端子にはLEDを取付けるばかりでなく、電圧測定ができるようにターミナルを付けてある。使用したLEDはDB-14とDB-15で、使用したICは主として、安価なTTL ICであるが、パネルⅢではC-MOS ICを使用している。IC、トランジスタを動作させる電源は直流5Vであり、パネルとは別に製作してある。電源回路の回路図は〔図2〕の通りである。パネルに描かれ

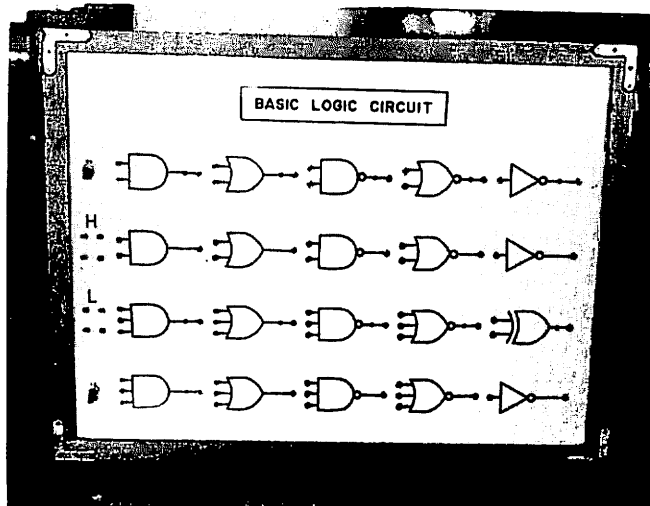


〔図2〕 IC、及びトランジスタを動作させる為の直流電源回路

ている回路はほとんど市販の書物<sup>2)3)</sup>を参考にしてある。以下に製作した5つのパネル(〔写真1〕~〔写真5〕)について簡単に述べる。

1) パネル I

このパネルには、5つの論理基本回路AND、OR、NOT、NAND、NORを3~4個ずつと、EX-OR(排他的論理和)を1つそろえてある。これらの基本回路をいくつか組み合わせることにより、ブール代数の諸定理の実験的証明が可能である。そのほか、それらを組み合わせることにより、半加算器、各種フリップフロップ回路を構成することができ、組合せ論理回路の練習に役立つものと思われる。なお、使用ICはSN7408N、



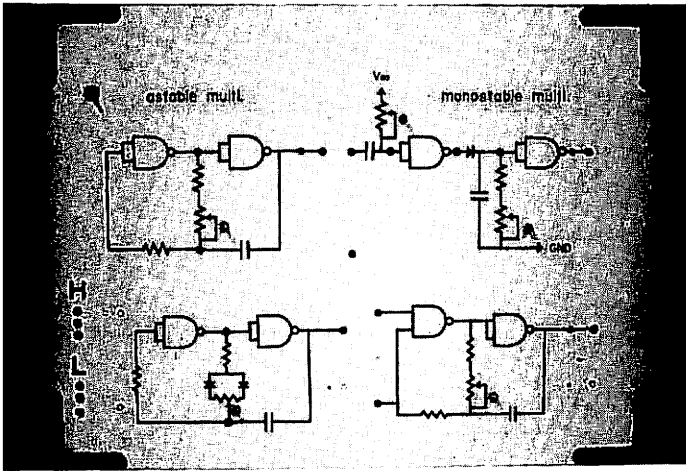
〔写真1〕 パネル I ; 基本論理回路

SN7402N, SN7400N, SN7410N, SN7427N, SN7404N, SN7486N, それぞれ1個ずつである。

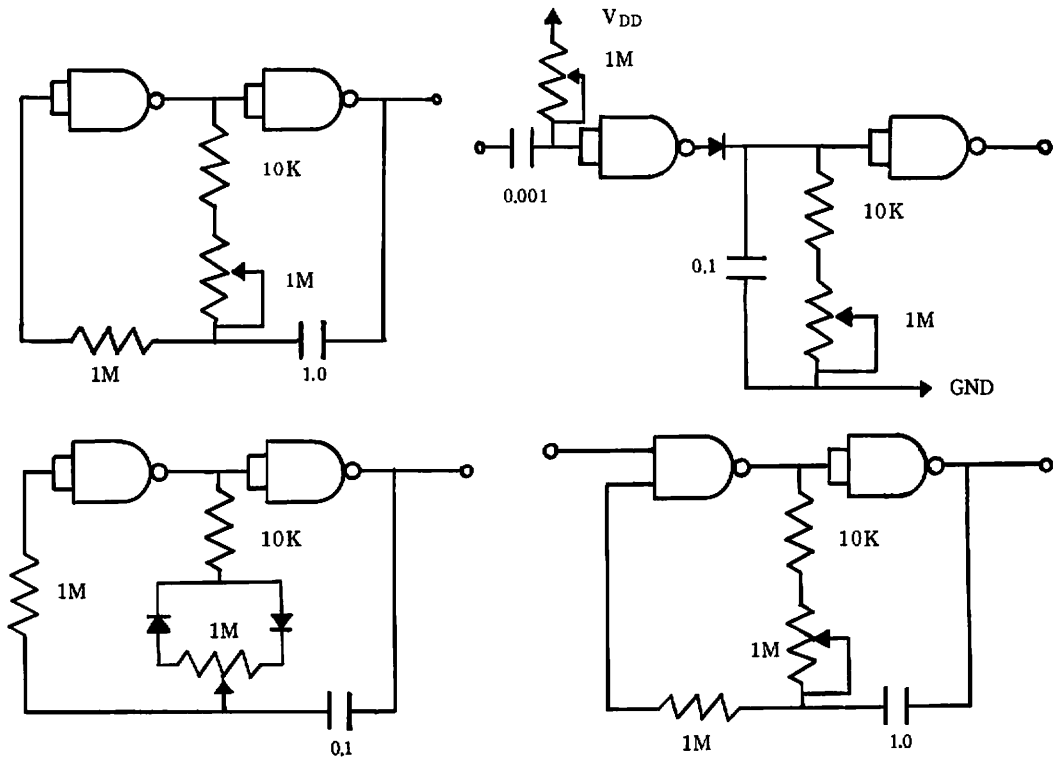
2) パネルII

デジタル回路では入力信号としてパルス波を必要と

することが多い。このパネルでは、代表的パルス発生回路である、無安定マルチバイブレータ、デューティ比が変えられる無安定マルチバイブレータ、単安定マルチバイブレータ、及びゲート回路の実験ができるようにしてある。デジタルICで構成したマルチバイブレータは、



〔写真2〕 パネルII；マルチバイブレータ、及びゲート回路



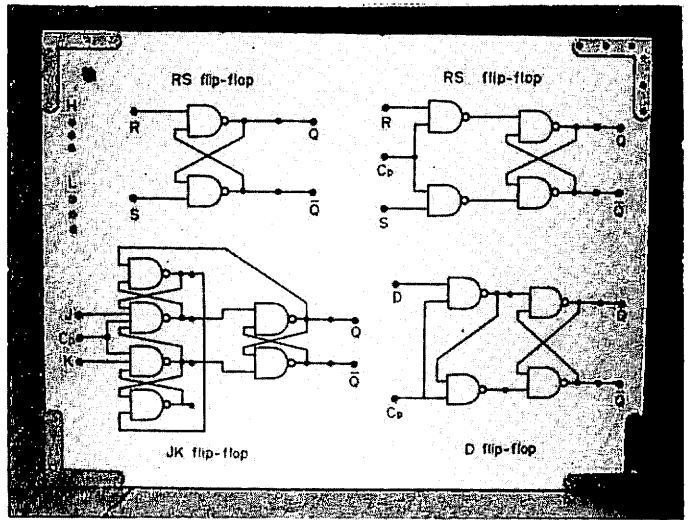
〔図3〕 パネルIIに使用した部品。ゲートICはTC7400P、ダイオードは1N4009である。図中において、コンデンサの容量の単位は $\mu\text{F}$ 、抵抗の単位は $\Omega$ である。

トランジスタで構成したそれよりも部品が少なくて済み、動作原理もとてもわかりやすいものである。無安定マルチバイブレータの実験では、LEDの点滅が十分知覚できるように、点滅の周期をととても長く、可変にしてある。単安定マルチバイブレータとゲート回路の実験を行う場合の入力信号は無安定マルチバイブレータの出力信号を使用する。使用部品は〔図 3〕に記入の通りである。

3) パネルⅢ

計数回路、シフトレジスタ、あるいはラッチ回路などの記憶回路に広く用いられているフリップフロップ回路を、このパネルにまとめてある。フリップフロップ回路といっても多種あるので、ここではNANDゲートだけで構成した、RSフリップフロップ（同期型、及び非同期型）、JKフリップフロップ、Dフリップフロップについて実験ができるようにしてある。NANDゲートの出

〔写真 3〕 パネルⅢ；フリップ・フロップ回路

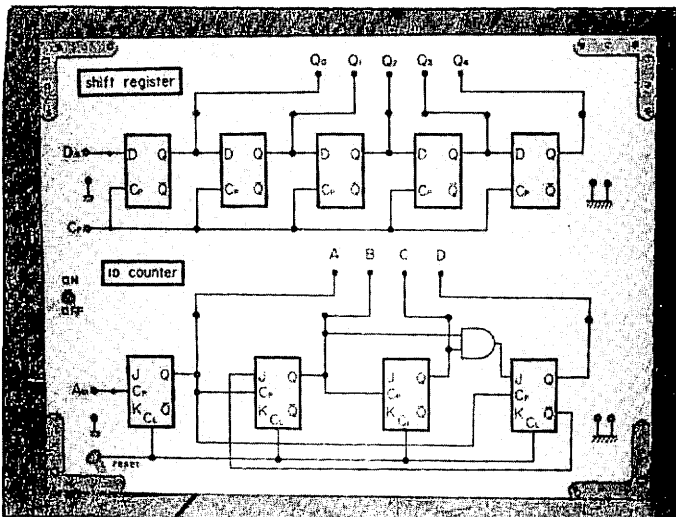


力端子にLEDを取付け、各NANDゲートの出力状態がすぐわかるようにしてある。入力信号として必要なクロックパルスは、パネルⅡの無安定マルチバイブレータの出力を使用する。使用ICはSN7400N、SN7410N、

SN7420Nである。

4) パネルⅣ

このパネルでは、Dフリップフロップで構成した、



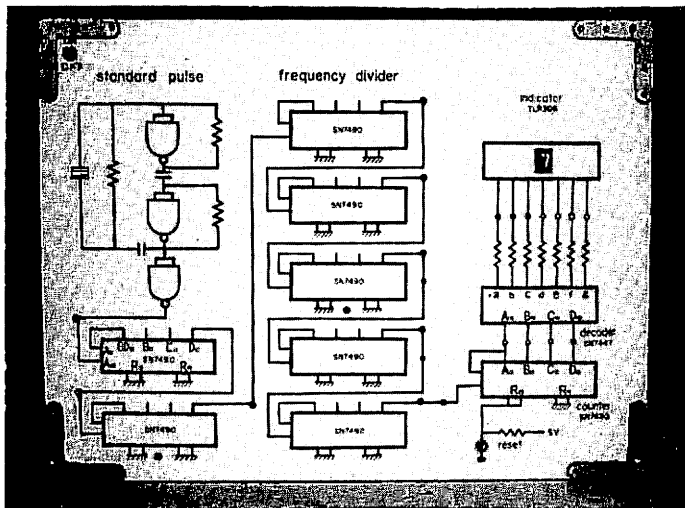
〔写真 4〕 パネルⅣ；シフトレジスタ及び10進カウンタ

シフトレジスタとJKフリップフロップで構成した、10進カウンタの実験ができる。シフトレジスタはクロックパルス $C_p$ に同期して、入力情報 $D_n$ が順次に、フリップフロップの $Q_n$ に記憶され、右方向( $Q_0 \rightarrow Q_4$ の方向)へ押し出されてゆく。ここでは5個のフリップフロップを使用しているので、5ビットの情報が記憶できる。クロックパルス $C_p$ を10Hz、入力情報 $D_n$ を1Hz(あるいは、クロックパルス $C_p$ を1Hz、情報 $D_n$ を0.1Hz)ぐらいにすると、入力情報が $Q_n$ に記憶され、順次 $Q_0 \rightarrow Q_4$ の方向へ押し出されてゆく様子が、LEDの点滅によってよく把握できる。

カウンタは、入力パルスを計数するもので、デジタル回路では欠くことのできない回路である。入力パルスの数を計数し、その数をBCD数で出力端子ABCDに出力する。入力信号 $A_n$ に1Hzから10Hzのパルスを入力すれば、A~Dの各出力端子にとり付けられたLEDの点滅で、BCD数がすぐわかる。使用ICはSN7447N、SN7473Nである。

### 5) パネルV

このパネルでは、デジタル回路の総合としてのクロック回路の実験ができる。基準時間パルス発振器で



〔写真5〕 パネルV；クロック回路

1MHz基準パルスを発振させ、10進カウンタでそれを分周し、0.1Hzまで周波数をおとしてある。更に、10進カウンタでこの入力パルスを数え上げ、BCD数に変換し、それをデコーダが受取り、BCD数を10進数に変換すると同時に、7セグメント表示器に10進数で表示させる。入力パルスの周波数を0.1Hzまで分周してあるので、LEDの点滅がゆるやかであり、各回路の動作が理解しやすい。なお、このパネルの基準時間発生回路において、水晶発振子に並列に接続してある抵抗の値は2K $\Omega$ 、残りの2つの抵抗の値は1K $\Omega$ 、2つのコンデンサの容量はともに0.047 $\mu$ Fである。使用ICはSN7400で、デコーダ出力側の7つの抵抗値はすべて330 $\Omega$ である。デジタルウォッチのキットが市販されているが、ここまで実験が進めば、その原理も十分理解できるであろう。

### III おわりに

デジタル回路は、むづかしく思われがちであるが、デジタルシステムを構成するに必要なのは、3基本論理回路AND、OR、NOTである。トランジスタで構成されたこれらの3基本論理回路を製作を通して理解すれば、デジタル回路にもなじみ、その後は、その他のデジタル回路についても、論理的に、意外と早く理解ができるものである。マルチバイブレータ、ゲート回路等はトランジスタで構成したそれよりも、デジタルICで構成した方が、回路的にはるかに簡単で、動作原理もわかりやすいので、基本論理回路を、むしろ回路素子と見なした方が、学習上効果的だと思われる。デジタル回路は、理論的な学習だけでも進めることはできるが、果して身についたかどうか不安を感じるので、確実にマスターするには、学習した理論を、手軽に実験できるよ

うな実験教具が必要であろう。

本教具はシンクロスコープや電圧計を接続し、波形の観測や電圧測定というわずらわしさや手間がはぶけ、軽量、持運びが便利で、手軽に実験でき、LEDの点滅で信号の伝播状態が視覚的に把握できるものであり、これを使用することにより、学習効果が増すものと思われる。本教具はLEDの活用例であり、デジタル関係の教具には、LEDを多いに活用すべきであろう。中学校技術科の実習に、デジタル回路や電子計算機を導入するような場合にも、LEDをうまく活用すれば、LEDの

点滅という視覚的效果も手伝い、楽しく実習ができるであろう。

#### 参考文献

- 1) 稲富和夫、成林健 中学校技術科のための論理回路実習装置の製作 産業技術教育学会誌 17号
- 2) 北川一雄 デジタルIC実験と工作マニュアル オーム社
- 3) 久保大次郎、一杉勝 デジタル回路設計スタディ CQ出版社