

単元間連携を重視した教材の開発 ～トランジスタからマイコンまで～

久保田 絢香

津山工業高等専門学校 技術部

1. はじめに

本校の学生は、半導体、ダイオードの電圧・電流特性、ブール代数に基づいた論理演算、マイコンを用いた電子回路制御など電子分野に関する様々な単元の学習を行っている。しかし、これらの単元をそれぞれ独立して学習しており、つながりがあることはあまり意識できていない。そこで、それぞれの単元の連携を重視した実習を行い、学生が単元間連携を意識できるか及び実習による学習効果がみられるかという点に関して調査を行うことにした。

2. 開発した教材

トランジスタによる論理ゲートから、プログラムカウンタなどマイコンの内部ブロックまで作成する実習を行うことにした。最も単純な方法としては、ブレッドボード上でトランジスタから組み立てる方法がある。しかし、この方法は膨大な数のトランジスタを一から配線する必要があり、配線ミスリスクや作業工数の問題から現実的でないと考えた。そこで、単元ごとの基板を製作し、その組み合わせによりマイコンの内部ブロックまで実現することにした。単元ごとの流れは、論理ゲート→組み合わせ回路である加算回路・マルチプレクサ・4to16 デコーダ→順序回路であるフリップフロップ→マイコンの内部ブロックという順で行う構成にした。

論理ゲートは、スルーホール実装タイプのトランジスタを用いて、基本となる AND・OR・NAND・NOR・NOT・XOR の 6 種類を実現した。動作はブレッドボード上でを行い、入力信号はスイッチで与える。また、入出力端子にそれぞれ LED を接続し、基板上で信号レベルを確認できる仕様にした(図 1)。

組み合わせ回路は、トランジスタによる論理ゲート基板を 1 つの部品として利用する形式とした。論理ゲートからなる上層と論理ゲート基板間の配線を行う下層の 2 階建て構成である。ただし、スルーホール実装タイプを用いた論理ゲート基板はある程度大きさがあるため、必然的に下層の基板も大きくなってしまった。そこで、論理ゲート基板に表面実装タイプのトランジスタを用いて基板の小型化を図った。このように基板を階層化することで、トランジスタ→論理ゲート→組み合わせ回路というつながりを意識することが期待できる。

また、組み合わせ回路の一つである加算回路の中で基本となる半加算回路は、1 ビットの足し算を行うものである。学生が行う計算と回路動作を照合できるため、階層基板の使用方法理解への有効性が期待できる。製作した半加算回路基板を図 2 に示す。

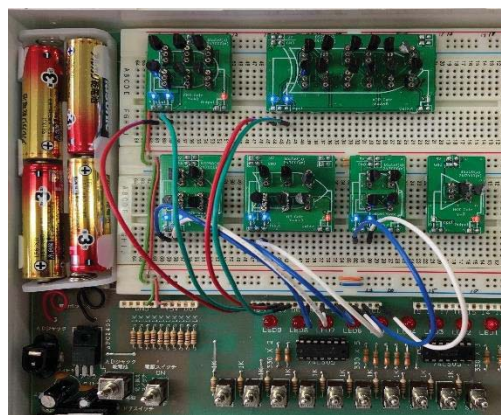


図 1 論理ゲート基板を使用した様子

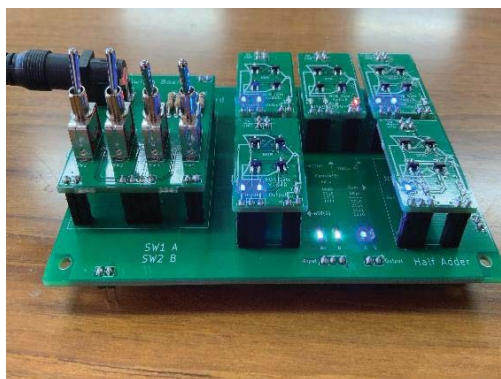


図 2 半加算回路基板

さらに、半加算回路基板と OR 回路基板を用いて全加算回路を実現する全加算回路基板も製作し、繰り上がりを考慮した 1 ビットの計算を可能にした。この基板では下位桁からの繰り上がり及び上位桁への繰り上がり信号をピンで取り出し、ピン部分で複数個連結することで多ビットでの加算処理を可能にした。4 ビット連結の例を図 3 に示す。



図 3 全加算回路基板による 4 ビット連結の例

また、マルチプレクサ・4to16 デコーダ・フリップフロップも論理ゲート基板を 1 つの部品として用いて実現した。

最終段階であるマイコンの内部ブロックは、プログラムカウンタを採用した。理由は、基本構成がカウンタであり、動作の理解が容易であると考えたためである。また、プログラムカウンタは次に実行する命令の番地を示すブロックであり、マイコン内部におけるプログラム実行動作理解への有効性が期待できる。プログラムカウンタ基板もフリップフロップ基板を用いて実現するが、こちらも基板サイズを考慮して小型化したフリップフロップ基板を階層化して使用することとした。

また、プログラムカウンタは、フリップフロップのほかにマルチプレクサや加算回路で構成されている。これらは基板サイズを考慮して階層化を行っていないが、構成要素ごとにまとめて線で囲むことで、区別できるように工夫した。また、各構成要素は前段階で動作確認を行うため、支障なく動作理解が可能であると予想される。さらに、4to16 デコーダやダイオードマトリックによるデコーダを用いて、番地を 7 セグメント LED に表示する仕様にした。これにより、プログラムカウンタの番地指示動作の確認を容易にした。

3. まとめ

今回、単元連携を重視した教材を開発することができた。このような基板の組み合わせや接続を可能にすることで手軽に動作を実現できるだけでなく、パズル感覚で意欲的に実習に取り組むことも期待できる。開発した教材を用いた実習は 2 月ごろ行う予定である。実習後、学生の単元間連携への意識・学習効果・学習意欲等の調査を行い、さらなる改良や学生への指導に生かしていく予定である。

4. 謝辞

今回の研究の実施にあたりご理解とご協力いただきました徳山工業高等専門学校の藤本技術専門職員及び本校教職員の皆様に厚くお礼申し上げます。

なお、本研究は科学研究費補助金(奨励研究：課題番号 21H04043)の助成を受け実施しました。

参考文献

- [1] 「トランジスタ技術 2020 年 5 月号」CQ 出版社
- [2] 後閑哲也「改訂版電子工作のための PIC18F 本格活用ガイド」技術評論社(2008)
- [3] 堀桂太郎「デジタル電子回路の基礎」東京電機大学出版局(2003)