

論理回路に関する教材の開発 ～構成から組み合わせまで～

久保田 絢香

津山工業高等専門学校 技術部

1. はじめに

発表者は論理回路やその応用例である加算回路に関する実習指導を行っている。この時、関連項目としてトランジスタやカウンタ回路等に関する口頭説明も行っているが、説明だけではトランジスタの組み合わせで論理回路が構成されることや、加算回路同様に論理回路の組み合わせでカウンタ回路も構成されることなどは意識できていないようであった。

指導を行っている実習うち、半加算回路は NOR 回路 IC を用いて NOR 回路 5 個で作成している。NOR 回路のみを用いる理由の一つとして、トランジスタの個数が少なくすむというメリットが挙げられる。しかし、トランジスタから組み立てる実習を行っていないため、そのメリットを体感することができない。そこで、論理回路をトランジスタで組み立てさせることにより NOR 回路や NAND 回路のメリットを認識させることにした。

また、論理回路から加算回路を作成しているが、この理由は動作を知るだけでなく、論理回路とのつながりを意識し論理回路の重要性を認識させるためである。そこで、論理回路から加算回路以外の回路も作成することにより、論理回路と様々な回路とのつながりを意識させることにした。

2. トランジスタを用いた論理回路の作成

2.1 開発した教材

トランジスタから論理回路を作成するアプローチは、以下の(1)～(3)の3種類の方法で行った。

なお、作成する論理回路は、「OR 回路」「AND 回路」「NOT 回路」「NOR 回路」「NAND 回路」の5つである。

- (1) 挿し込み式のトランジスタを用いてブレッドボード上から論理回路を作成する(図1)。

トランジスタを用いて一から作成するため、トランジスタから論理回路を作成するというイメージが一番つきやすいと考える。一方で、回路作成のための手間が非常にかかる。

- (2) 挿し込み式のトランジスタを挿し込むだけで論理回路が実現できる論理回路基板を製作し、論理回路を作成する(図2)。

トランジスタを挿すだけで論理回路が完成するため手軽に行える一方、トランジスタを挿し込むだけであるため、トランジスタから作成するというイメージが浅くなる恐れがある。

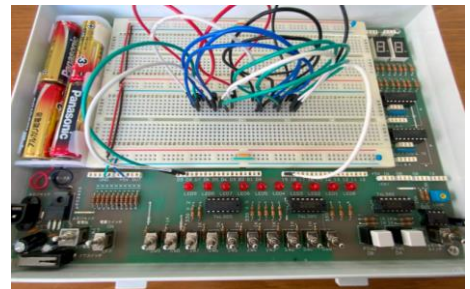


図1.トランジスタで作成した OR 回路

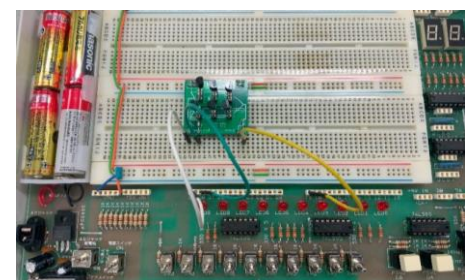


図2.論理回路基板で作成した OR 回路

(3) シミュレータ上で回路を作成し、動作シミュレーションを行う(図3)。

実際の組立作業がないため、手軽に行えると考ええる。一方で、実習でブレッドボードを用いて論理回路を作成しているが、シミュレーションソフトに関する実習は行ってないため、初学者にとっては操作が難しい恐れがある。

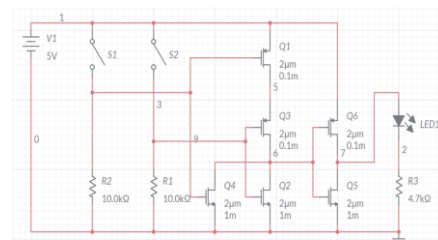


図3.シミュレータで作成した OR 回路

2.2 開発した教材に対する調査

開発した教材に関して 2 名を対象に調査を行った。「論理回路がトランジスタから作られていることは理解できたか」という問いではどちらも理解できたと回答しており、使用したトランジスタ数から NOR 回路および NAND 回路ではトランジスタ数が少なくてすむことも認識した。

また、(1)~(3)の方法に関して調査したところ、取り組みやすさについては両者(2)を挙げていた。所要時間も(1)が 1 時間、(3)が 1 時間 40 分かかった中、(2)は 30 分と最短だった。一方、トランジスタから論理回路が作成されていることを認識するために一番役立つのはどれかという質問では、1 名は予想通り(1)を挙げていたが、もう一人は(2)を挙げていた。このことから、(2)の方法は取り組みやすさだけでなく、理解度にも効果があることがわかった。

3. 論理回路を用いた順序回路の作成

「2.1 開発した教材」の(2)で用いた論理回路基板を用いて実施する。ただし、論理回路を組み合わせる順序回路を作成することが主眼であるため受講者がトランジスタを実装する必要はないと判断し、小型な表面実装タイプのトランジスタを使った論理回路基板を製作した。これにより基板サイズも小型化した。なお、「2.2 開発した教材に対する調査」からある程度規格化した部品を用いても効果があることがわかったため、論理回路 IC を用いて一から組み立てるのではなく、基板で規格化した教材でも論理回路とのつながりを意識させるために効果があると考えられる。

順序回路の一例としてカウンタ回路がある。カウンタ回路はカウント入力が入るたびに 1 ずつ加算されていく仕組みであるため、十分動作を確認させるために 4 ビットに設定して製作した。また、カウンタ回路は D フリップフロップにより構成されているため、D フリップフロップの基板を製作し、まず D フリップフロップの動作を確認させた後、カウンタ回路を作成することにした。この過程を経ることにより、D フリップフロップ自体を基板化でき、カウンタ回路基板の小型化も実現した。また、カウンタ回路は D フリップフロップの出力が 1 から 0 へ反転するタイミングで桁上りが発生する。一つ前の状態と現在の状態が重要だが、基板で表示できるのは現在の状態のみであるため、一つ前の状態を表示するための液晶も設置した。

4. まとめ

今回、「トランジスタを用いた論理回路の作成」および「論理回路を用いた順序回路の作成」に関して教材開発を行うことができた。今後、実習および調査を実施する予定である。

参考文献

- [1] 「トランジスタ技術 2020 年 5 月号」CQ 出版社
- [2] 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)

謝辞

本研究は科学研究費補助金(奨励研究：課題番号 21H04043、23H05123)の助成を受け、実施しました。