

組込みシステムの制御対象となる硬貨返却教材の開発

澤田 直†

概要: 近年の学生はものづくりの実体験不足から、マイコンボードや論理回路を用いて機器の制御用システムを開発した際に、スイッチや LED での動作確認だけでは自分が開発したものが機器を制御できるという実感が湧きにくい傾向がある。本研究では学生の開発した組込みシステムや論理回路を接続することで実機のように動作する、制御対象となる教材として硬貨返却教材を開発した。硬貨返却教材は要求信号を受信するとメダルを1枚排出し、応答信号を返信するようになっている。この信号のやり取りの手順や論理を切り替えることで各種実験に対応可能である。

キーワード: 教材開発、制御対象、学生実験

A Development of Coin Return Teaching Material to be Controlled by Embedded Systems

Sunao Sawada†

Abstract: Recent students tend not to have the feeling that what they developed can control the devices, because of lacking real experience of manufacturing. In this research, we developed a coin return teaching material, which operates like an actual machine by connecting embedded systems or logic circuits developed by students. When receiving a request signal, the coin return teaching material discharges one medal and returns an acknowledgement signal. By changing the protocol and logic of exchanging these signals, it is possible to correspond to various experiments.

Keywords: Teaching material development, control object, student experiment

1. はじめに

大学における組込みシステム教育では実践的な実験が重要である。近年の学生はものづくりの実体験不足から、マイコンボードや論理回路を用いて機器の制御用システムを開発した際に、スイッチや LED での動作確認だけでは自分が開発したものが機器を制御できるという実感が湧きにくい傾向がある。

九州産業大学情報科学部では情報回路実験の中で自動販売機制御回路の制作実験の課題に対する実機検証教材として自動販売機演習機[1]を使用していた。この教材は学生が設計した自動販売機制御回路から出力される商品落下信号を受信すると空き缶を落下させるという教材であり、有効性が確認されていた[2]。しかしながら入力仕様が固定されていたため、発展課題

を設定することが困難であり、より実践的な組込みシステム演習課題の制御対象となる教材が必要となった。本研究では自動販売機演習機の後継機として硬貨返却教材を開発した。図1に硬貨返却教材の外観を示す。



図1. 硬貨返却教材の外観

†九州産業大学
Kyushu Sangyo University

硬貨返却教材は学生の設計したシステムからの要求信号に対して排出する対象をメダル(硬貨)とすることで1枚だけの排出から複数枚を連続的に排出する課題にも対応できるようにしている。また要求信号と応答信号の論理を正論理にも負論理にも設定可能としている。本稿では硬貨返却教材とその活用事例とその評価について述べる。

2. 自動販売演習機

硬貨返却教材の開発以前、九州産業大学情報科学部の学生実験では自動販売演習機[1]を使用していた。図2に自動販売演習機の外観を示す。これは正論理の商品落下要求信号を入力すると飲み物の空き缶を落下させるという教材である。

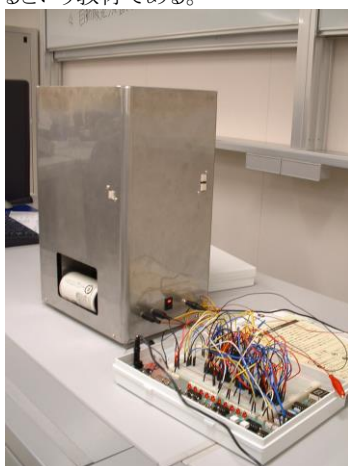


図2. 自動販売演習機の外観

旧カリキュラムの実験科目である情報回路実験の自動販売機制御回路の制作実験において、実機検証に自動販売演習機を活用し、実験に対する強い動機付けを行うことができていた[2]。しかしながら、商品落下要求信号は正論理のパルス信号に固定されており、応答信号の出力は行っていなかったため、発展課題を作成しにくいという欠点があった。

3. 硬貨返却教材

3.1. 要件定義

組込みシステムの制御対象としての実機演習教材を考えると確認応答方式を採用する必要がある。また、実際の制御信号には負論理の信号も多いので論理を切り替える機能も必要となる。これらの事を考慮して、新規教材の要件を検討した。

- ・ 応答信号の必然性を高めるために、商品をメダルと

し、複数枚数をまとめて排出するような課題にも対応できるようにすること。

- ・ 要求信号と応答信号に関して正論理負論理の論理を切り替えることができるようにすること。
- ・ 学生の製作した制御システムが手順通りの動作を行わない場合はエラーを通知し停止すること。
- ・ 厳密に要求信号と応答信号の確認応答を行う方式の課題だけではなく、自動販売演習機に入力していた課題にも対応できるようにすること。
- ・ 各種マイコンボードやFPGAボード、TTL ICを用いた実験などに対応できるように、入出力信号の動作電圧を3.3v～5vで変更できるようにすること。

3.2. 動作モード

3.1 節の要件を検討し、硬貨返却教材の動作モードとして確認応答モードと時間調整モードを設定した。

確認応答モードでは以下の動作を行う。

- (1)要求信号 **active** を受信する。
- (2)硬貨を排出する。
- (3)応答信号 **active** を発信する。
- (4)要求信号 **inactive** を受信する。
- (5)応答信号 **inactive** を発信する。

確認応答モードの硬貨返却教材で動作確認することのできる制御システムの動作は、要求信号を **active** にした後は応答信号が **active** になるまでは要求信号を **active** にし続け、応答信号が **active** になったら要求信号を **inactive** にするという動作である。要求信号を **active** にした後応答信号が **inactive** のときに要求信号を **inactive** にするとエラーになる。このモードでは硬貨が排出されたことを確認するため、複数枚数を連続して出力するような課題にも対応可能である。

時間調整モードは以下動作を行う。

- (1)1ms 以上のパルス幅の要求信号を受信する。
- (2)硬貨を排出する。
- (3)5 秒間応答信号 **active** を発信し、自動的に応答信号 **inactive** を発信する。

時間調整モードの硬貨返却教材で動作確認することのできる制御システムの動作は、一定の条件を満たしたら商品落下信号を1パルス **active** にするような動作である。応答信号が **active** になっている時に再度要求信号を **active** にするとエラーになる。

このモードでは必ずしも硬貨が排出されたことを確認する必要はないので、所定の条件を満足したら商品を1つ購入できるといった初級者向けの自動販売機の課題にも対応可能である。

3.3. 入出力論理設定機能

機器に対する制御信号には正論理だけではなく負論理が用いられる場合も多い。しかしながら同じ動作の課題で、正論理で動作する場合は理解できても負論理で動作する場合は正しく理解できない初学者も多い。入出力の信号それぞれの論理を個別に設定できる機能があると学習者の理解度に応じて課題を変更することができるため、硬貨返却教材では正論理と負論理を個別に設定できる機能を実現する。

3.4. 制御基板

以上の仕様を検討した結果、教材の可動部分に商用のスロットマシン等で使用されているメダルホッパーを利用し、その制御用に 18 ピンの PIC16F88 マイコン（以下、制御用マイコンと呼ぶ）を搭載した制御基板を制作した。

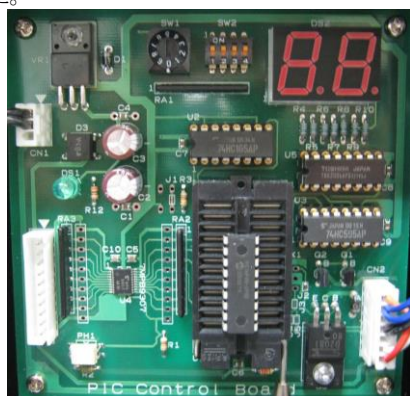


図 3. 制御基板の外観

図 3 に制御基板の外観を示す。基板上にはロータリースイッチ、ディップスイッチ、2 ケタの 7 セグメント LED が入出力デバイスとして搭載されており、メダルホッパーのためのコネクタと外部入出力のためのコネクタが搭載されている。ロータリースイッチはモードの切り替えに使用し、ディップスイッチは入出力信号の論理の切り替えに使用する。7 セグメント LED には、通常動作時には動作モードと入出力信号の論理を表示し、エラー時にはエラーの種類を表示する。制御用マイコンが RA7 端子に 1 を出力するとメダルホッパーは排出を開始し、0 を出力すると停止するようになっている。メダルホッパーが排出を行ったかどうかはフォトインタラプタで確認できるようになっており、制御用マイコンの RA6 端子に負論理のパルス信号が入力されるようになっている。

制御用マイコンの PORTB は学生の設計した制御システムのために 2 電源レベルシフトバススイッチを接続

して教材外部に出力している。このことにより、3.3v のボードでも 5v のボードでも利用できるようになっている。

4. 活用事例

4.1. 自動販売機制御回路

学部 2 年後期の実験科目である情報回路実験 I において自動販売機制御回路の実機検証教材として硬貨返却教材を活用している。学生は 3 枚のコインが入力されると商品を購入することのできる自動販売機制御回路をブレッドボード上に TTL IC を用いて実装する実験、同じ仕様の回路を FPGA ボード上に実装する実験、同じ仕様の制御システムを Arduino ボード上にソフトウェアで実装する実験を行う。図 4 に自動販売機制御回路の動作のタイムチャートを示す。その動作確認の際に、まずスイッチと LED を用いて単体チェックを行い、その後に硬貨返却教材に接続してチェックを行う。硬貨返却教材は時間調整モードの正論理に設定される。

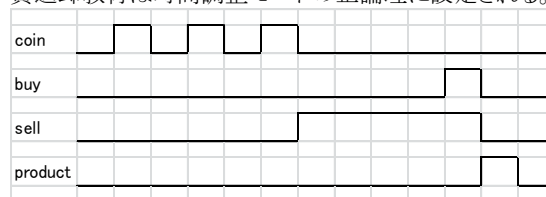


図 4. 自動販売機制御回路の動作のタイムチャート

4.2. 硬貨返却機制御回路

学部 3 年前期の実験科目である情報回路実験 II において硬貨返却機制御回路の実機検証教材として硬貨返却教材を活用している。学生が設計する回路は、スタートスイッチが 1 回入力されると硬貨を 2 枚連続して排出する仕様になっている。確認応答モードの負論理に設定された硬貨返却教材と接続することを想定している。図 5 に硬貨返却機制御回路の動作のタイムチャートを示す。この仕様の制御回路をブレッドボード上に TTL IC を用いて実装する実験と Arduino ボード上にソフトウェアで実装する実験を行う。動作確認はまずスイッチと LED を用いて単体チェックを行い、その後に硬貨返却教材に接続してチェックを行う。

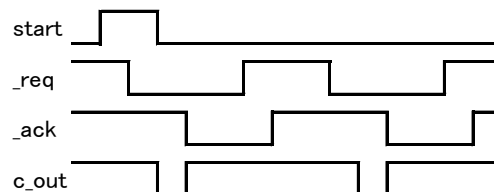


図 5. 硬貨返却機制御回路の動作のタイムチャート

5. 評価

情報回路実験Ⅰ、情報回路実験Ⅱで受講者に対してアンケート調査を行った。情報回路実験Ⅰでは回答数 154 名、情報回路実験Ⅱでは回答数 36 名である。

情報回路実験Ⅰの質問項目は、「動作確認に LED を用いるのと硬貨返却教材を用いるのとどちらが分かりやすかったか」であり、選択肢は「LED」「変わらない」「硬貨返却教材」である。結果を図 6 に示す。

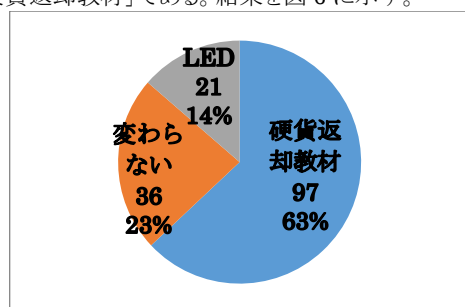


図 6. 情報回路実験Ⅰのアンケート結果

回答数 154 名のうち、「LED」が 21 名、「変わらない」が 36 名、「硬貨返却教材」が 97 名であり、63%の学生が硬貨返却教材での動作確認が分かりやすいと回答している。また、レポートや授業評価アンケートの自由記述欄に「自分の作った回路でメダルが出たときにとっても感動しました」等の記述も多数見られた。これらのことから、実際に制御対象を動作させることで学生に明確な動作の印象を与えられることが分かる。

情報回路実験Ⅱでは 2 つの質問を行った。最初の質問項目は「明確に動作の実感が湧いたのは実験のどの段階か」であり、選択肢は「設計段階」「単体テスト」「結合テスト」である。アンケートの結果を図 7 に示す。

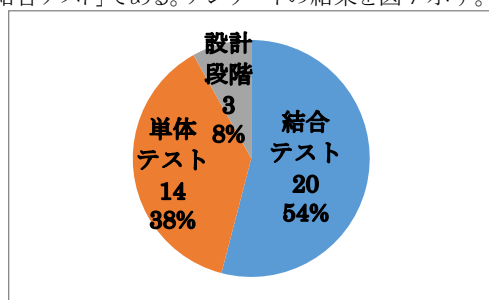


図 7. 動作理解の段階に関するアンケート結果

回答数 37 名のうち、「設計段階」が 3 名、「単体テスト」が 14 名、「結合テスト」が 20 名であり、54%の学生が硬貨返却教材と結合した時点で明確に動作の実感が湧いたと回答している。

2 つ目の質問項目は「情報回路実験Ⅰ 情報回路実験Ⅱを通じて硬貨返却教材を用いて動作確認を行うことについてどう思いますか。またその理由について自由にご記入ください」であり、選択肢は「とても良い」「用いても変わらない」「用いない方が良い」である。アンケートの結果を図 8 に示す。

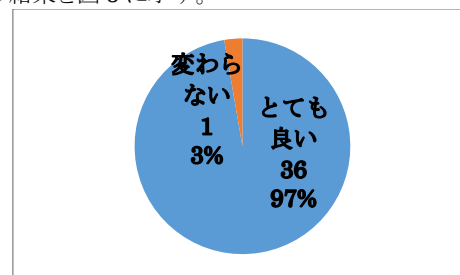


図 8. 硬貨返却教材をどう思いかのアンケート結果

回答数 37 名のうち、「とても良い」が 36 名、「用いても変わらない」が 1 名、「用いない方が良い」は 0 名であり、97%の学生がとても良いと回答している。

これらの事から学生実験の動作確認に硬貨返却教材を用いることで以下の効果を確認することができた。

- ・学生に実感を伴った達成感を与えることができる。
- ・負論理信号による制御に関して理解を深めることができる。

6. おわりに

本稿では、学生の開発した組込みシステムや論理回路を接続することで実機のように動作する、制御対象となる教材として開発した硬貨返却教材について述べてきた。また、実験科目で硬貨返却教材を活用し、自動販売機制御回路、硬貨返却機制御回路の課題に対して実機検証を行った。アンケートやレポート、学生の様子などから、本教材が学生の実験に関する動機づけやシステムの動作の時間を与えることに成功していることが確認できた。

参考文献

- [1] 澤田 直: 実機の制御を基にした論理回路実験教材の開発, 2004 年電子情報通信学会総合大会, D-15-16, p.171, 2004 年 3 月.
- [2] 澤田直, 有田五次郎, 花野井歳弘, 林悠平, 立川純: 実ハードウェア設計体験を重視した実践的教育カリキュラムの開発, 情報処理学会 DA シンポジウム 2004 論文集, pp.37-42, 2004 年 7 月.