

離職者訓練における教材「電子機器設計製作実習」の取組み

Action of The Teaching Materials "Practice of Design and Manufacturing of Electronic Equipment" in The Retired Employee Training

加瀬 昇*1 辻 隆志*2 樋 熊 正 人*3

Noboru KASE Takashi TSUJI Masato HIKUMA

要 約 離職者訓練のカリキュラムにおいて、「ものづくり」の一連の流れを疑似体験できる訓練教材として、高度職業訓練応用課程（以下、「応用課程」という）の標準課題の要素を組み込んだ。この取組みは、訓練生自らが創意工夫し独自性を発揮できることや、最終成果物がもたらされることから目的意識も高まり、さらに自信を得ることにより、求職活動も意欲的に行うなど大きな訓練効果が期待できた。本稿では過去5年間に渡って離職者訓練で実施した訓練内容を報告する。

1 はじめに

かつてポリテクセンター埼玉で実施された6ヶ月離職者訓練電子制御科（定員16名）における訓練内容は、電子回路理論等の学科、ブレッドボードによる実習、各種プログラミング言語を使った実習等、訓練内容が盛り沢山であったため、訓練生にとっては就職との関連性が明確には見出せず、結果としてあまり大きな訓練効果は得られなかった。そこで訓練意欲や就職意欲を引き上げるため、一連の「ものづくり」の流れを疑似体験できる応用課程における標準課題の要素を全面的に組み込み、実学一体型の訓練内容に改変した。

2 訓練教材の概要

本訓練教材は、前半2ヵ月半において15ユニット（270時間）からなる「電子機器設計製作実習」の課題実習とし、具体的には「ミニパワーアンプの設計製作」をテーマとした。課題を通して、電子CADの操作、電子回路基板の設計および製作方法、筐体の設計および加工方法、性能評価試験、ドキュメント作成技法等、一連の作業工程を疑似体験できるようにした。この訓練を今後の実習に生かすとともに、「ものづくり」の現場で必要とされる基礎知識や技術・技能を習得することを目的とした。カリキュラム項目と習得技術を表1に、作業工程を表2に、課題の設計仕様を表3に

示す。

表1 カリキュラム項目と習得技術

カリキュラム項目	習得技術
電子回路基礎理論	アナログ回路理論・設計法
アナログ素子	電子部品の特性・活用法、電子計測器取扱い
電子回路シミュレーション	回路図作成、回路解析手法
基板設計・製作・実装	電子CAD操作、部品配置配線設計手法、基板加工機操作、部品実装技術、調整、性能評価、トラブルシューティング法
筐体設計・加工・組立て	筐体加工技法、配線、総合組立て
まとめ・発表	ドキュメント作成、プレゼンテーション技法

表2 作業工程

ユニット	9月	10月	11月
	1st	1st	1st
電気基礎	2U		
Capture		2U	
Pspice		4U	
ブレッドボード		4U	
CAD操作		2U	
1ch製作		2U	
2ch本製作		3U	
性能評価試験		1U	
まとめと発表		1U	

製作するミニパワーアンプはエミッタ接地増幅回路、プッシュプル・エミッタフォロア回路、および温度安

*1 *2 電子情報技術科

Department of Electrical Information Engineering

*3 埼玉職業能力開発促進センター 電気制御システム科

Department of Electrical Control System, Polytechnic Saitama

定バイアス回路を含むアナログ回路で実現することを原則とした。

表3 ミニパワーアンプの設計仕様

項目	内容	
電氣的仕様	チャンネル数	1または2
	電圧増幅度	最大 10倍 (20dB) 程度
	出力電力	0.5W以上 (8Ω負荷) ×2
	周波数特性	50Hz~20kHz (-3dB帯域幅)
	ひずみ率	3%以下 (出力5Vpp)
	パイロットランプ	電源ONでLEDを点灯させる
	電源	電源にACアダプターを使用する 入力: AC100V 0.3A 出力: DC 15V 0.8A
回路の放熱手段	出力段のトランジスタからの発生熱を放熱板にて放熱させる	
回路基板の取り付け方法	配線はコネクタを使用し筐体から着脱できるようにする	
入力	3.5mmステレオミニプラグ(メス)	
出力	RCA端子(メス) ×2 推奨	
操作系	音量	調節は各チャンネルごとまたは同時に可変とする
	電源スイッチ	スイッチ付ボリュームまたは単独スイッチとする
外形寸法	幅120mm、高さ75mm、奥行き140mm以内 (ゴム足部分除く)	

3 課題の展開

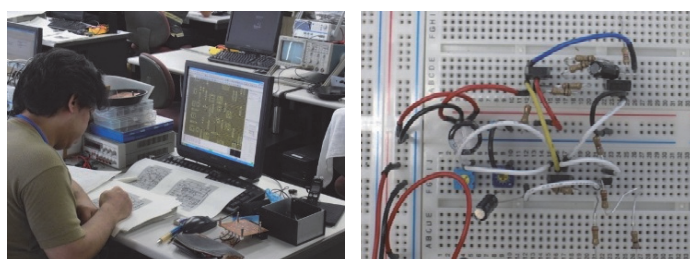
本課題の実施においては、各自がコンセプト(小型、軽量、薄型、操作性重視、スタイリッシュ、メンテナンス性重視、重厚感、高音質、低コスト、オプション追加等)を掲げ、オリジナリティのある「ミニパワーアンプ」となるように指導した。訓練生各人は個々に製作するが、協調・協同に重きを置き、発表会に向けては4~5名からなるグループを構成した。

まず、1ヶ月目にブレッドボードを使った1チャンネル回路の第1次試作、2ヶ月月中旬までに1チャンネル回路の片面基板による第2次試作、そして最終として2チャンネル回路の片面基板による本製作とからなる(自信のない者は1チャンネル回路でも構わないが、試作時の失敗を充分改善した設計変更とする)。電子回路基板としては加工性並びにコストを考慮して、紙フェノール基材の基板を使用することにした。

調整、動作確認後、全高調波ひずみ率、ゲイン周波数特性等の性能評価、作品の装飾、予稿作成、成果発表会に至る。

3-1 第1次試作

ミニパワーアンプの設計製作に着手する前に、電子回路理論、トランジスタ回路の基礎を学習し、並行して電子系CAD(OrCAD Ver16.3)による電子回路入力(Capture)、電子回路シミュレーション(PSpice)を実習する。課題となる「ミニパワーアンプ」をシミュレータによる回路解析結果と対比しながらブレッドボード上に部品実装し、回路動作を確認する。1ヶ月目末までには第1次試作(図1)を終える。



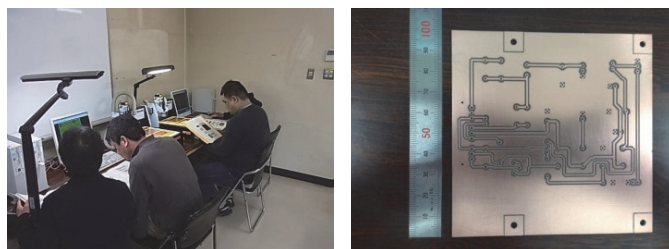
a 設計 b 部品実装

図1 第1次試作

3-2 第2次試作

図2、図3に第2次試作の様子を示す。

- ①部品配置配線設計 ②基板加工 ③部品実装・組立て ④検査・調整 ⑤性能評価試験



a 基板加工 b 片面基板

図2 基板製作



a 部品実装 b はんだ付け検査

図3 第2次試作

3-3 本製作 (最終作品)

図4に本製作の様子を示す。

- ①部品配置配線設計 ②筐体設計 ③基板加工
- ④筐体加工 ⑤部品実装・組立 ⑥検査・調整
- ⑦性能評価試験

部品の配置配線設計では各種部品のフットプリント及びデザインルール等の設定条件を提供し、効率的に作業ができるようにした。製作費用は試作・本製作を合わせて1人あたり10,000円以内とした。



a ヒートシンク加工 b 調整

図4 本製作

3-4 まとめと発表

表4に発表会次第例を示す。図5に成果物を、図6に成果発表会の様子を示す。

- ①予稿作成 ②発表資料作成 ③成果発表会

表4 発表会次第例

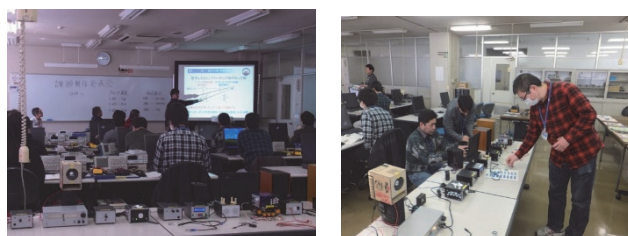
電子制御科 平成〇〇年 △月期生 課題製作発表会			
10:50	開会の辞		
	課題設定にあたって		1
11:00	グループ発表の部 回路の設計から製作品の性能評価まで		
11:00	製作品の構想と仕様決定	グループA ○○ ○○ ○○ ○○	2
11:09	回路の構成・設計	グループB ×× ×× ×× ××	4
11:18	基板と筐体の設計・製作	グループC △△ △△ △△ △△	6
11:27	性能評価	グループD ☆☆ ☆☆ ☆☆ ☆☆	8
11:45 ~12:30	昼休み		
12:35	個人発表の部 各自のサブテーマを中心にして		
12:35	低域周波数特性向上及び疑似ステレオ出力機能追加	○○ ○○	10
12:42	ソフトスタート回路の追加	×× ××	11
12:49	すっきりとした小型ミニパワーアンプ	▲▲ ▲▲	12
12:56	出力端子の切り替えが可能な2chのスピーカ内蔵アンプ	○○ ○○	13
13:03	2チャンネルアンプ(おまけ内蔵スピーカ付き)	●● ●●	14
13:10	可聴範囲の利得の向上	♡♡ ♡♡	15
13:17 ~13:27	休憩と製作品のデモンストレーション (10分)		
13:27	基板の小型化	◇◇◇ ◇◇	16
13:34	実用性のあるミニパワーアンプの作製	□□ □□	17
13:41	分かりやすい操作性を追求したスピーカ内蔵アンプ	▽▽ ▽▽	18
13:48	筐体に独自性を持たせたパワーアンプの作製	◆◆ ◆◆	19
13:55	スピーカ内蔵アンプ	◎◎ ◎◎	20
14:02	シンプルな実装と周波数特性の最適化	▲▲ ▲▲	21
14:09 ~14:19	休憩と製作品のデモンストレーション (10分)		
14:19	2つのステレオ入力と低域周波数特性の改善	☆☆ ☆☆	22
14:26	ユーザビリティの向上	♣♣ ♣♣	23
14:33	2chパワーアンプの製作とコスト計算	□□ □□	24
14:40	講評・閉会の辞		

成果発表会は、基本的には個人発表であるが、4~5名からなるグループを構成し、回路構成、回路シミュレーション、基板設計・製作、筐体設計・製作、グループ毎の評価結果の対比等、一連の作業工程を各グループ分担で説明する。15分間の休憩並びにデモンストレーションの時間を挟んだ後、各人のオリジナリティを全面に打ち出した個人発表会となる。



a 予稿集 b 完成品

図5 成果物



a グループ発表 b デモンストレーション

図6 成果発表会

4 作業工程における不具合

各作業工程における不具合を以下に記す。

4-1 回路図入力 (Capture)

- ①PC操作の不慣れによる入力間違い
- ②CAD取扱いの未習熟による設定間違い
- ③電子回路の理解不足による配線間違い (部品の端子番号が対応していない)

4-2 部品配置配線 (PCB Editor)

- ①配線幅が細い
- ②配線間のクリアランスが狭い
- ③実装密度を上げ過ぎたため部品同士が干渉する
- ④個々の異形部品における設定間違い
- ⑤配線の誤結線、誤断線、部品の誤配置

4-3 基板加工

- ①基板、加工刃の基準位置合わせ間違い
- ②加工刃の取り付け間違い
- ③初期設定間違い
- ④上記による加工刃、加工機の下敷き・台座の損傷

4-4 部品実装

- ①部品の向きや実装すべき部品そのものを間違える
- ②はんだ量が多く配線間でブリッジする
- ③はんだ量が少なくピンホールが開く

- ④はんだの剥がれ、喰われ、ツノ、イモ、艶なし
- ⑤基板外部のスイッチやコネクタへの接続間違い

4-5 動作チェック

- ①電源投入時にオーバーロードする
- ②トラブルシューティングの方針が立たない
- ③適正なのか不適正なのか回路動作が分からない
- ④誤搭載、部品実装向き間違い
- ⑤テスタ、オシロスコープ等の測定器の扱い方が分からない
- ⑥測定結果の判断ができない

4-6 筐体設計

- ①図面の知識がないし描けない
- ②寸法精度が分からない
- ③基板やスイッチ類の取り付け位置が割り出せない

4-7 筐体加工

- ①工具の扱い方が分からない
- ②寸法間違い、きちんと採寸してない
- ③切り過ぎ、削りすぎ
- ④仕上げが雑で汚い
- ⑤部品形状図が対応してない
- ⑥部品同士が干渉する

5 訓練指導のポイント

経験不足に起因する失敗は当然あるが、原因の大半は本人の不注意、確認不足である。早い段階から面倒がらずに一つ一つ丁寧に確認さえしていれば起こらなかったであろう失敗がほとんどである。「うまく行ってる」、「どんどん先に進めても大丈夫だ」という根拠のない曖昧な作業の進め方が、不確実な要因を複雑に絡ませて問題が更なる問題を生み出す。一度トラブルが発生すると何が何だか分からなくなってしまい、もはやパニック状態に陥ってしまう訓練生もいた。

必ず確認しながら作業を進めることを力説し、以下のような基本的なトラブルシューティング技法を訓練生一人一人に張り付けて指導した。

- ①トラブルが発生した場合は、まずは慌てずにどのような症状・現象が見られるのか現状を把握すること
- ②どうなればその現象に陥るのかを推測すること
- ③その症状・現象を生み出す根本原因を仮定し、洗い出すための方針・段取りを立てること
- ④今までの知識をフル動員させ理詰めで考えること
- ⑤とにかく諦めないこと

6 訓練実績

今回変更の訓練教材を適用した離職者訓練・電子制

御科 (16名定員 年4回実施) の平成23年6月入所から平成28年3月入所まで5年間の平均就職率は86.3%であった(平成23年度修了4クラスとも100%達成)。改変前年の平成22年度修了生の年平均就職率76.3%に比べ10ポイント増と大いに改善した。

7 おわりに

離職者訓練のカリキュラムに「ものづくり」の一連の流れを疑似体験できる訓練教材として応用課程の標準課題の要素を組み込んだ。訓練生の方々には、様々な問題が起こったとしても理詰めで一つ一つ問題を解決しながら「ものを完成させる」喜びを味わって頂いた。この訓練を生かし、知識・技能をさらに深め、職業人としての豊かな人生を送られることを陰ながら願うばかりである。この取組みが各ポリテクセンターにおける今後の教材開発のヒントになれば幸いである。



図7 平成26年3月期生の作品

8 謝辞

平成23年6月期入校から平成27年12月期入校の電子制御科の訓練生の方々に感謝申し上げます。また、共に指導に当たられた元埼玉職業能力開発促進センター電子制御科の田野英一先生、窪田政一先生、宮城職業能力開発促進センターの高橋哲也訓練課長、沖縄職業能力開発短期大学電子情報技術科の末富暢先生、秋田職業能力開発短期大学電子情報技術科の中村俊也先生、埼玉職業能力開発促進センターの細井先生をはじめとする電気電子系の諸先生方に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 電子機器設計指導書「プリント基板設計製作」
- 2) 電子機器製作指導書「電子機器製作実習」
- 3) 鈴木雅臣著 CQ 出版「定本トランジスタ回路の設計」
- 4) 棚木義則著 CQ 出版「電子回路シミュレータ Pspice 入門編」