

ものづくり教育訓練の実践事例

－応用課程 生産電子システム技術科について－

北陸職業能力開発大学校 滝 本 貢 悦
 中 澤 直 樹
 植 平 一 郎
 後 藤 誠

A practical case in the education and training of manufacturing

Kouetsu TAKIMOTO, Naoki NAKAZAWA, Ichiro UEHIRA, Makoto GOTO

要約 北陸職業能力開発大学校に平成12年度から応用課程が設置された。応用課程は、ものづくり現場を教育訓練の場に持ち込んで、できるだけ生産現場に近い体験をする中から、ものをつくる能力を養い、向上させることをねらっている。ここでのものづくりは、単に作るという作業ではなく、何を、何のために、どのようにして、を学習することが不可欠であり創り出すイメージを満たすものを目指している。

それらを具現化すべく、応用課程のカリキュラムは、大きく共通学科・専門学科・応用実習・標準課題・開発課題に分類され実習の割合を多くし体系的な教育訓練を実施することを特長としている。応用実習と標準課題（CAD/CAM応用実習、電子装置設計製作実習、標準課題実習）をこの1年半の間に実践した。応用実習は、基本的な技術・技能要素を再確認し、標準課題での課題を確実にこなすベースを身に付けることを第一義に指導に当たった。標準課題は、専攻学科の集大成という位置づけで、ワーキング・グループを構成し、製品の企画から製作・評価までの一連の生産活動を体験させた。今後の課題としては、実習と学科の融合、応用課程と専門課程の連携、企業現場との関係、評価のことがあげられる。

I はじめに

ものづくりの実行力と、生産現場のリーダーとしての素養を身につけた高度な実践技術者育成を目指した応用課程が北陸能開大に開設されて1年半を経過した。

応用課程では、企業での生産活動に近い教育訓練のシステムにより、産業界で必要とされている生産現場で役立つ素地を与えることを目的とする。その教育訓練のシステムの特徴は、第一に製品の企画から製作までの具体的なものづくり課題学習方式、第二に各人がそれぞれの専門性を生かし共通の課題に取り組むワーキング・グループ学習方式を取り入れていることである。

今回は、平成12年度に初めて実施した2つの実習および標準課題の実践事例について紹介をする。

II 教育訓練システムとカリキュラム概要

応用課程の生産システム系は、図1のように、主として1年次は各科の専門性をより高めることに重点を置き、生産現場での製品づくりを意識しながら、実習に重点を置いた授業を展開している。2年次は、異なる専門性をもつワーキング・グループが互いに協力しあい、製品としてのシステム構築を体験する。

生産システム技術系の一翼を担う、生産電子システ



図1 教育訓練の体系図

ム技術科においては、系としての仕上り像を実現すべく、電子回路の設計・製作を基本にした、コンピュータシステムにかかわるハードウェア・ソフトウェア活用技術、および制御技術の応用技術などに対応できる能力を養い、製品の企画・開発から生産工程の改良・改善・運用・管理等に対応できる高度な実践技術者の育成を目標としている。

図2に、1年次における応用実習と標準課題の時系列を示す。今回は、この中から、CAD/CAM応用実習、電子装置設計製作実習、標準課題Iの3実習を取り上げて報告する。

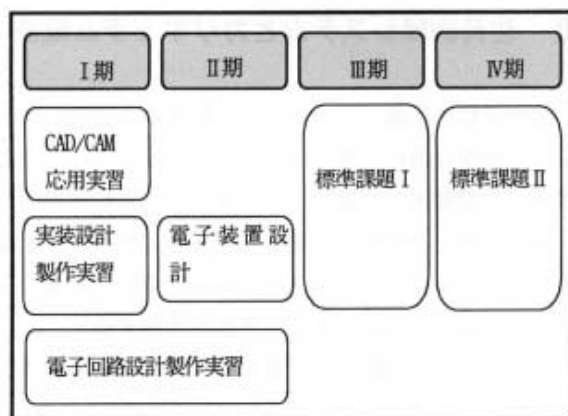


図2 1年次の実習の流れ

III CAD/CAM応用実習の概要

生産電子システム技術科におけるものづくりの重要な柱となるのが電子機器の設計と製作である。設計製作する過程においても応用課程は、実際の生産現場での製品の信頼性・コスト・保守性等を十分に意識した内容にすることが求められる。中でも電子CAD/CAM技術はそれらを実現するための重要な支援技術となっている。応用課程においても、電子関連の理論習得とあいまって、CAD/CAMを電子機器設計製作の有効な道具として位置付けている。幸い、近年の学生はコンピュータ操作においては比較的抵抗感はなく、ゲーム感覚で使いこなす状況にある。

当科においては、授業の流れを考慮した時間割編成や実習・学科間の協力体制がより学習効果を上げることと考え取組みを行っている。そこで、電子CAD/CAMは他の実習に大きく影響を与えることを考慮し、4単位(72時間)を第I期に集中して行い、以後の実習では学生が自ら操作でき回路設計の有効なツールとして利用出来ることを目指している。さらに、CAD/CAM応用実習で製作するプリント基板を実装設計製作実習の課題の中で使用し系統的な流れを早期に体験できるようにしている。

本大学校にはCAD/CAMシステムは専門課程に導入されているものを含め2システムがある。学生には、両方のシステムを早期に使って回路設計の有効な手段として今後の各種実習に生かしていくことをねらっている。開発ツールの違いにより操作面や機能には違いは見られるが、基本的な流れは同じである。2つのシステムを経験することも効果的であると考えられる。しかし、指導するにあたっては、必要最小限の機能にとどめ、あくまでツールであることを意識させ操作面にあまり深入りしないことが重要と考える。その上でも、わかりやすいテキストを工夫して作成していくことが大切である。

今回、実装設計製作実習において、デジタルマルチメータを実習課題として行うので、その中で使用する2枚のプリント基板を本実習で製作することとした。

本実習は、4時限連続(1日の授業)を9週間で実施した。学生を大きく2グループに分け、一方は主回路基板(CR5000システム使用)を、他方は表示基板(OrCADシステム使用)をそれぞれ4週間(週1日の4日間)で回路図入力から基板加工まで行う。後の4週間で、学生はツールを入れ替わり、両方を用いての製作を経験する。実装設計製作実習で、製作した基

板を実際に部品実装して、製品として組上げることを行う。

IV CAD/CAM 応用実習での事例

1. デジタルマルチメータ回路基板の製作

(1) 導入

CAD/CAM の操作面にとらわれることなく、どの CAD システムでも共通する流れを重視した進め方が心がけた。したがって、操作面は覚えさせるのではなく、常に手順をわかりやすく書いたテキストに沿った指導を行った。最初に簡単な回路を取り上げ、回路図入力、ネットリスト抽出、基板仕様、部品配置、配線設計、フォト・ドリルデータ吐き出し、CAM 加工の一連の作業を行う。次に、主基板と表示基板について、自らの力で加工までを行い基板を完成させる。

(2) 回路図入力

回路図を作成するにあたって、シンボルの整備が重要になる。CAD システムによっては標準シンボルを装備しているものと、基本的にユーザが構築していくが必要になるものがある。本校では、あらかじめ必要と思われるシンボルは事前に登録していく方法をとっている。

回路図が完成したら、回路図チェックを行い問題がなければ、基板作成に必要なネットリストを抽出しレイアウト設計に渡す。

(3) プリント基板設計

1) 部品配置

回路図エディタからのネットリストをもとに、レイアウト作業を行う。基板の外形を決定後、実際に部品や配線を行っても良い領域を決定する。その後、主回路基板は13cm×10cm、表示基板は15cm×6.5cmの基板外形の中に最短配線を考慮しながらすべての部品を配置する。

2) レイアウト事例

基板配線設計には、部品を配置後に自動配線・半自動配線・手動配線がある。教育的観点や回路の難易度等により使い分ける必要がある。初心者には、レイアウトをするときの約束事をしっかりと把握させるため自動配線は極力避けるほうが望ましい。今回は、主制御と表示回路の両方とも手動配線で行った。図3に主制御回路レイアウトの一例を示す。

3) 基板加工

レイアウトの完成したものを、実際の基板として作

り上げる。この際、フォトリソでを行う方法と試作用加工機で銅箔を削り取る方法等がある。本大学校では、後者の方法を選択し、専用加工機を2台整備した。

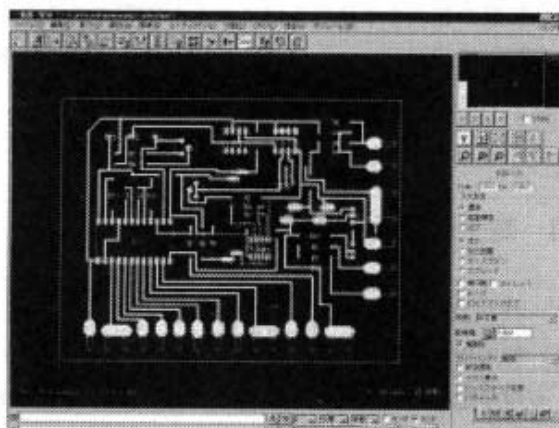


図3 基板設計の実例

加工機を使っての基板製作の際は、不要な銅箔をすべて削り取ることも可能であるが、時間がかかりすぎるので輪郭を2回削る方法で行っている。図4は、加工機用のCADデータを示したものである。

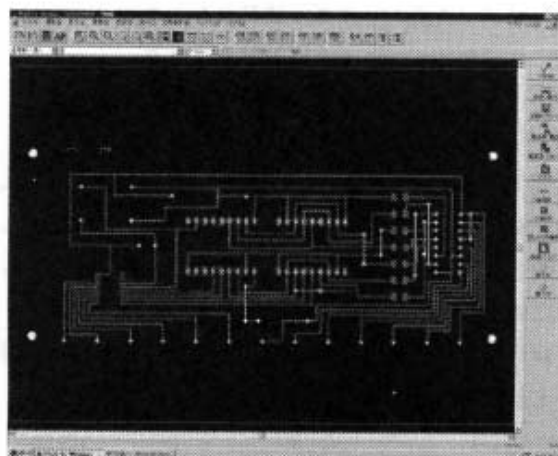


図4 加工機用のための設計実例

V 電子装置設計製作実習の概要

電子装置の設計から製作までの系統立てたものづくり手法について実習を通して習得することを目指している。測定装置は実習の課題として製作する。応用課程の実習として製作するので、当然カリキュラムの主旨にそったものでなければならない。今回、製作対象物を選定するに当たって特に下記の3点を考慮した。

- (1) A/D変換については他の実習でも十分な時間とって実施しており、実習内容が重複する部分があること
- (2) デジタル電圧計に相当する測定器は今年度十分

な数が整備され、実習で製作しても製作物が実際に活用される見込みがないこと

- (3) デザイン、精度、原価など総合的に評価した場合、市販品の相当する性能を得ることが困難であること
製作する装置は、以上3点を配慮して、ユニバーサルカウンタとした。

VI 電子装置設計製作実習の事例

1. ユニバーサルカウンタの製作

(1) 製作物の仕様

実習課題として実際に製作するには、価格の制限から市販のユニバーサルカウンタのように複数のファンクションを全て実現することは難しい。そこでプログラムを変更することにより同一の装置で、以下のファンクションに対応できるものとした。

- 1) ロジック用周波数カウンタ
- 2) ロータリエンコーダ用周波数カウンタ
- 3) ロジック用トリガブル積算カウンタ
- 4) ロータリエンコーダ用積算カウンタ
- 5) ロジック用パルス幅・パルス周期測定器
- 6) 回転速度計（ロータリエンコーダ入力）

実習では、まず1) について回路・筐体の設計、製作、動作確認、評価を行うことにした。時間的に余裕があった場合に、個別に2) 以下のいずれかのファンクションに対応したプログラムの変更に取り組ませた。

ロジック用周波数カウンタとしての仕様は以下の通りとした。図5に完成写真を示す。

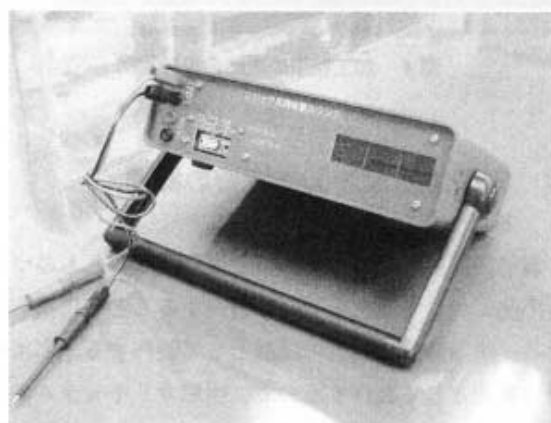


図5 ユニバーサルカウンタの完成写真

- 1) 測定範囲：1Hz～999.999kHz
- 2) 測定精度：±100ppm以内
- 3) 表示更新時間：1 sec.
- 4) 入力信号：5V CMOS出力、TTL出力、オープン

- コレクタ(オープンドレイン)の各信号に対応する
- 5) 誤接続に対して保護回路を有すること
- 6) 波形整形回路を有すること
- 7) 出力：外部ロータリエンコーダへの電源用に100mA程度の5V電源を外部へ供給できること
- 8) 表示器：7セグメントLED6桁
- 9) 電源電圧：AC100V ±10%
- 10)消費電流：0.1A未満

(2) 回路の検討

周波数の測定は回路をシンプルにするために、単純に1秒間に入力されるパルス数をカウントし、カウント値を保持して表示する方法とした。6桁の7セグメントLEDはダイナミック点灯とする。測定原理での測定を実現するための、現実的な回路の選択肢は2つあると考えられる。

1つは複数のカウンタを内蔵したワンチップマイコン（例：日立H8）を用いる方法である（必要なビット数のカウンタを内蔵していなければ実装面積に影響する。また測定周波数が1MHzまで必要なので、ソフト的なカウンタでは対処不可能）。入手性と価格面での折り合いがつけば非常に現実的な方法である。もう1つは、プログラマブルデバイスで実現する方法で、マイコンと比較して高速なアプリケーションに有効な特徴があり、今回のケースでは実現する機能がシンプルなこともあり、やはり入手性と価格面でのメリットが明らかであれば採用すべき方法となる。

今回はデバイスの選択にあたっては、入手性・価格より本校に整備されている開発環境と他の実習科目との関連性に配慮してプログラマブルデバイスの中からXILINX社のCPLD（XC95108）を使用することとした。基板を加工機で自作することになるので、CPLDはQFPやBGAといった高集積向けのパッケージを用いることは困難であり、採用可能なパッケージはPLCCとなる。サンプルする必要がある最大の周波数は約1MHzなので、ここではクロック周波数は4MHzとした。また、測定精度を満足する周波数安定度の水晶発振器を選定する。

(3) CADでの回路図入力

一般に電子回路用のCADはその使用に際して、シンボルや部品情報等の作成に時間を要することになる。今回の実習で実感したことは、基板作成のための回路図入力であれば、OrCADは非常にライブラリが充実していて、新規に作成が必要な部品が少ないことである。新規に作成したものは2桁の7セグメントLEDのみで、CPLDやドライバとして使用したトランジス

タアレイも新規に作成する必要がなかった。新規に作成した2桁の7セグメントLEDも既存の部品を変更することで短時間に作成することができた。

(4) CADでのパターン設計

パターン設計はCADに全てを任せてしまう方法もある。しかし、基板は両面基板で、さらに加工機による製作という制限もあり、手動配線で実習を進めている。電源とGNDには可能な限りベタを貼り、できれば電源とGNDの対向にも配慮して行うこととした。

回路図と同様にOrCADはフットプリントのライブラリも充実している。今回新規に作成する必要があった部品は、先の7セグメントLED、コネクタ4種類、スイッチ、電源基板のヒートシンクだけであった。

実習では学生が間違えたオペレーションなどで復帰が困難な状況に陥る場合がある。今回は5つのバックアップファイルを10分ごとに自動更新させており、万一の場合でも再度バックアップファイルから始めることでスムーズに作業を進めることができた。

Ⅶ 標準課題の概要

標準課題は、製品の企画開発等具体的なものづくり課題を設定して、課題を解決する行為の中からそれまでに学習してきた技能・技術を応用する能力を養うことをねらいとしている。したがって、標準課題は専門性を深める1年次の集大成としての位置付けでもある。

他方、実際のものづくり現場においては一人で物を作ることはまれである。そこで、グループを編成し、グループの中において役割を分担すること、相互に研鑽しあうことも大きなねらいとしている。

標準課題の実施は、Ⅲ・Ⅳ期に10単位(180時間)のテーマを2課題行う。本課題は、最初の1テーマとして実施した実用電子機器製品であり、回路構成がアナログとデジタルのいずれの回路も包含しており、グループ分担での製作や動作理解を配慮している。

Ⅷ 標準課題の実施事例

1. 電子負荷装置の基本仕様

本機は各種直流電源特性を測定する際に使用する負荷抵抗に相当するもので、比較的広い調整範囲が可能であるとともに、定格値以上の設定に対し制限機能を具備していることが要求される。

仕様決定に際しては、必要最小限を全グループの共通仕様としそれ以外は各グループで決定するよう自由度を持ったものとしている。

- 1) 入力電圧：19.9V以内
 - 2) 下限電圧リミッタ設定値：3.0V～12.0V (0.2V単位で設定可能)
 - 3) 設定電流：0.02A～1.98A (0.02A単位で設定可能)
- (結果として電力の最大値は約40W)

2. 回路構成

回路構成は大きく4回路からなっており、製作に当たっては4人のグループ編成を前提として設計されている。個別に製作した回路のみでも機能するので調整確認が容易である。また、製作に当たっては、いくつかの回路で基本的な回路と先端的な手法のいずれでも選択できるように柔軟な対応が可能となっている。回路構成を図6に示す。

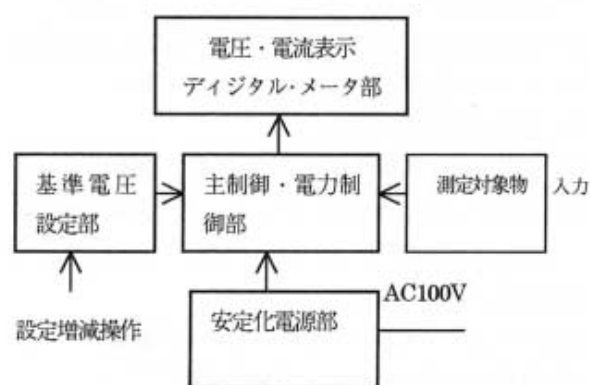


図6 回路構成

3. 標準課題を進めるに当たって

(1) グループ編成について

4名1グループで協力し、それぞれのメンバーに与えられた役割を推し進める。グループは、1つのプロジェクトチームもしくは中小企業のイメージと考える。試作された装置の改善版の開発・生産の依頼に取り組む。同じ仕事を任される可能性のある同業他社と、

- 1) 装置のコスト
- 2) 保守性
- 3) デザイン
- 4) 性能
- 5) 操作性
- 6) 製品安全性

など中から各グループ1項目以上を選んで差別化を図り、創意工夫された製品づくりを行う。

(2) 回路方式の選定とグループに与える予算

回路方式は、参考例は提示をするが各グループでの考えにより改良することは自由とする。また、マイコンなどの設計環境の新規購入も可能とする。ただし、グループに与えられた予算の6万円以内で部品購入を行うこととする。

(3) 課題製作の流れ

課題を製作するに当たって、最初に作業の流れを学生に提示する。これに沿ってグループ内でのスケジュールを立て、以下の順で実行していく。

- 1) 標準課題の意義・目的を説明（協調・協力、チームワークの形成、リーダーシップの育成、自発的な学習・日程管理）
- 2) 課題の取り組み方についての基本方針について説明（個人の評価方法、製作物の評価方法、日報について、グループ編成について、日程）
- 3) 電子負荷装置の概要と要求仕様の説明
- 4) 各グループごとに情報収集・回路方式の決定
- 5) 回路設計の開始、購入部品の洗い出し、発注
- 6) 中間発表会、回路設計、パターン設計、筐体設計
- 7) パターン設計、一部基板・筐体等の加工
- 8) 基板・筐体等の加工
- 9) 部品実装・基板単体でのデバッグ、調整
- 10) 内部ケーブルの加工、ドッキング、装置全体でのデバッグ調整
- 11) 試験、精度の確認
- 12) ドキュメント、プレゼンテーション準備
- 13) 発表会（図7にその様子を示す）



図7 成果発表会の様子

IX まとめ

応用課程は、ものづくりをキーワードとしている。授業形態も全体の8割を実習に充てている。生産電子

システム技術科においても、電子回路技術コースに基づいてこの1年半進めてきた。まだ、十分なノウハウと評価を出すための期間を経てはいないが、この時点での課題等を4点あげてみる。

- (1) 専門学科、応用実習、標準課題等とそれぞれの教科の目標に向けて実施に当たっているが、より効果を上げるためには教科間の連携を欠かすことが出来ない。中でも理論に裏づけされたものづくりが大切である。実習と学科間の整合性と、実習の中においてもいかに理論的な裏づけと融合していくかが課題であろう。
- (2) 能力開発大学校として専門課程と応用課程の教科内容の整合性を保ち、連携を図っていくことが重要である。そのためには、互いの情報を継続的に交換しながら問題点に対応していく取組みが必要であろう。
- (3) 応用課程は企業での製品化までの工程を意識し、実習の中に積極的に取り入れていくことが求められる。この際、一線で活躍されている現場の技術者にも適時アドバイスを受けながら企業での生産活動と遊離しない指導も有効と考えられる。
- (4) 実技を中心とした教科において、学生個人の評価をいかに客観的、かつ公正にしていくかという点が重要と考える。現在は、各実習の途中におけるグループと個人両面のチェックリストと、報告書やプレゼンテーションをもとに行っているが、評価項目や重み付け等を見直す必要がある。

X おわりに

今回は、応用実習の中から二つの実習と一つの標準課題実習について報告した。技術革新の激しい中で、職業能力開発大学校の応用課程がスタートした。設置間もないこともあり教育訓練の理念を具現化するには、実践とその評価のフィードバックが最も重要な時期と考えられる。その意味でも、平成12年度の取組みの中から浮かび上がった問題点を平成13年度以降の課題として、より充実した教育訓練へとつなげて行きたい。