

実践報告・資料

マイクロコンピュータ教育に関する一考察

青森職業訓練短期大学校 竹花洋次郎

An Educational Method for Applications of a Microcomputer

Yojiro Takehana

要約 ハードウェア教育を指向した情報処理関連学科においては、マイクロコンピュータを中心としたデジタルシステムの教育訓練が重要視されてきている。

本報告では、まず青森職業訓練短期大学校における電子情報系カリキュラムについて述べ、その柱となっているマイクロコンピュータ教育の実践例を示し、改善のための検討を加えている。

I はじめに

職業訓練短期大学校（以下、「短大」という）における情報処理関連学科のカリキュラムについては、多くの議論がなされてきた。^{(1), (2)}

教育体系を確立するためには、次の三段階の項目をクリアしなければならない。（１）教育訓練の目標をどこに設定するか、（２）その目標を如何にカリキュラムに反映させるか、（３）カリキュラム内容を如何に実践するかである。

教育目標は、大きく捉えて、地域の特殊性はあるにせよ、短大の設立目的からしてほぼどの短大でも同様のものとなると考えられる。「社会の多様なニーズに、或は急峻な技術革新に対応できる技術者を養成する」ことであろう。この目標達成のためには、工学基礎或は各分野における基礎を重視すべきである。すなわち、学科の担当する専門分野の考え方の規範となるものを与えるということが重要である。

カリキュラムの編成については、わずか二年間の教育期間内に多くの科目をこなすことは困難であり、如何にポイントを絞り、かつ系統だてられるかが問題となる。従来、大学における教育では理論と実験実習の関係をさほど重要視していなかったように思われる。学理と実験実習を有機的に結合することにより短大の特徴を出していけるものとする。

近年、半導体製造技術の発達によりマイクロプロセッサを応用した製品が広範に普及してきている。このような状況において、短大におけるハードウェアを指向した論文受付け日 1990.1.17

電子情報系学科にあつては、マイクロプロセッサ関連技術を必須の技術と位置づけカリキュラムに反映させることが求められてきている。

青森職業訓練短期大学校（以下、「青森短大」という）では、平成元年度に情報システム科を増設し電子システム科と２科により、電子情報系として一体運営をしている。青森短大電子情報系では、再編前の電子科当時から、マイクロプロセッサを応用したシステムの設計能力を養成することをカリキュラムの柱の一つに設定している。

本報告では、青森短大におけるマイクロコンピュータ関連のカリキュラムについて述べ、その柱となっているマイクロコンピュータ教育の実践例を示し、改善のための検討を加えている。

II 電子情報系のデジタルシステムに関するカリキュラム

昭和62年度（当時、電子科）及び平成元年度のマイクロコンピュータ関連のカリキュラムを中心に紹介する。

表1に昭和62年度のマイクロコンピュータ関連科目を示す。

まず、学科目の概要を述べる。「情報工学概論」では、情報科学の歴史、情報の表現と演算、デジタルコンピュータの構成、ソフトウェアの役割等の項目を設け、デジタルコンピュータを概観している。「電気回路Ⅰ・Ⅱ」では、直流回路、交流回路と回路素子の役割を講義する。「電磁気学Ⅰ・Ⅱ」では、荷電粒子と電界、電圧、電流、磁界等の関係を理論的に講義する。「電子回路Ⅰ・Ⅱ」

表 1 昭和62年度関連科目

学 科 目	開講期	単位数	実 験 ・ 実 習	開講期	単位数
情報工学概論	I	2	電子工学基礎実験	I	4
電気回路 I・II	I・II	6	電子回路実験 I・II	II・III	8
電気数学 I・II	I・II	6	マイクロコンピュータ設計製作実習	III	4
電子回路 I・II	II・III	6	電子工学応用実験	IV	4
電子回路設計 I・II	II・III	6	電子工学応用実習	IV	4
論理回路	I	2			
論理演算工学	II	2			
マイクロコンピュータ工学	III	4			

表 2 平成元年度系共通関連科目

学 科 目	開講期	単位数	実 験 ・ 実 習	開講期	単位数
情報工学概論	I	2	電子・情報・通信工学実験 I・II	I・II	17
電気回路 I・II	I・II	6	マイクロコンピュータ設計製作実習	III	4
電気数学 I・II	I・II	6	マイクロコンピュータ応用実習	IV	4
電子回路 I・II	II・III	6			
電気計測 I・II	I・II	4			
デジタル回路論	I	2			

では、電子デバイスの特性、増幅回路、発振回路等の基本回路を講義する。「電子回路設計 I・II」では、マイクロコンピュータとアナログ電子回路とのインタフェース回路及びセンサ回路について講義する。「論理回路」では、デジタル回路と TTL-IC による機能回路及びデジタル応用回路について講義する。「論理演算工学」では、デジタル論理回路の合成法とデジタル IC による機能回路の構成を中心に講義する。「マイクロコンピュータ工学」では、マイクロプロセッサについて概説し、具体的に Z80 マイクロプロセッサを取り上げ動作タイミングや命令体系、小規模システムの構成法までを講義する。

次に、実験実習科目について述べる。「電子工学基礎実験」では、講義によって修得した知識を実験を通じて検証する。また、電子回路の測定計測手法を修得させる。「電子回路実験 I・II」では、半導体阻止の静特性、動特性を測定し、素子の使い方や基本的な電子回路を実験により修得させる。マイクロコンピュータシステムを作成するのに必要な素子、回路、機器相互間のインタフェース技法を実験により修得させる。「マイクロコンピュータ設計製作実習」では、マイクロコンピュータの設計手法を解説し、設計製作を行う。「電子工学応用実験」で

は、マイクロコンピュータ設計製作実習で製作したワンボードマイクロコンピュータのソフトウェア開発法を解説し、各種実験用ソフトを作成し実験を行う。「電子工学応用実習」では、マイクロコンピュータを中核とした計測制御ボードの設計製作を行う。

昭和62年度と平成元年度(表2参照)のマイクロコンピュータ関連科目を比較すると、平成元年度では科目数が減少している。その理由としては、昭和62年度のデータは電子科の単独のカリキュラムであり、平成元年度のデータは電子情報系(電子システム科、情報システム科)共通のカリキュラムであることによる。情報システム科の新設により電子システム科電子専攻、情報システム科情報処理専攻、電気通信専攻の3専攻に分かれ、各専攻毎に専門性をより打ち出している。マイクロコンピュータ関連科目は必要最小限埋め込んでいる。情報処理専攻では、系共通科目に加えソフトウェア分野、ハードウェア分野の科目へと発展させている。

III マイクロコンピュータ教育の実践例

この章では、昭和62年度生(当時、電子科)を対象に実施したマイクロコンピュータ関連のカリキュラムとして、マイクロコンピュータ工学、マイクロコンピュータ設計製作実習、電子工学応用実験を中心に紹介する。

1 マイクロコンピュータ工学

マイクロコンピュータ工学では、まずマイクロプロセッサの歴史、マイクロコンピュータの構成を示し、マイクロプロセッサ及びマイクロコンピュータを概説した。次に、8ビットのマイクロプロセッサの中からザイログ社のZ80マイクロプロセッサを選択し、次のような項目で講義を進めた。

1) ハードウェア

a. 内部構成

内部機能ブロックの構成、Z80マイクロプロセッサのアーキテクチャ

b. ピン配置と機能

Z80マイクロプロセッサの有する信号とそのピン配置及び役割

c. 動作タイミング

クロック、マシンサイクル、命令グループ毎の動作タイミング

2) ソフトウェア

a. 命令体系

命令体系とコード、アドレッシングモード毎の命令

b. 機能ルーチン

簡単なプログラム、基本的な機能ルーチン

3) システム構成

小規模システムの構成法

2 マイクロコンピュータ設計製作実習

「マイクロコンピュータ設計製作実習」では、小規模システムを例にとり設計手法を解説し、次に要求仕様を提示し設計、製作、ドキュメンテーション、簡単なプログラムの作成の順に進めた。

まず、設計の段階では、基本的な仕様と回路のおおまかな構成を与え、数カ所を重点的に設計させる。例えば、メモリのアドレスでコード部、CPUを停止させてのメモリへのアクセス回路等。設計が終了したならば、回路全体の製図を行わせる。

製作の段階では、配線、チェックを考慮した回路内モジュールの製作順序、回路のデバッグ法、回路デバッグ用プログラムの作成等の指示を与える。

ドキュメンテーションでは、作製時のミス、最終的な回路の製図、作製したワンボードマイコンの仕様、使用方法等をまとめさせる。

作製課題は、CPUボードとI/Oボードである。各ボードの要求仕様を示す。

1) CPUボード

- a) CPU Z80相当、クロック4MHz
- b) メモリは8KB毎にデコード。
- c) マニュアルによるメモリのリード、ライトができること。
- d) アドレス、データ共にビット単位で指定できること。また、その表示もビット単位で行う。
- e) アドレス0000Hから8KBは簡単な切り替えによりROM、RAM共に設定できること。
- f) 24ビットの入出力に対応する。

2) I/Oボード

- a) 24ビットの入出力に対応する。
- b) 24ビットのデータ設定及び24ビットの表示は、共にビット単位で行う。
- c) 入出力の切り替えは4ビット単位で行えること。

以上の仕様で目指すシステムのブロック構成を図1に示す。これらの仕様の目標は、小規模なマイクロコンピュータの構成を会得し、設計製作能力を付与することは勿論のことであるが、特にビット毎の操作機能を要求している点は、ビット操作或は2進数、16進数の扱いに慣れさせる目的が大である。命令やデータを16進キーで入力するのではなく、2進或は16進をビットのパターンとして扱うことは、例えば命令語のフィールドを意識させプロセッサのより深い理解につながるものと思われる。また、はじめからROMを用いるのではなく、RAMを配置することにより、プロセッサとメモリの関係をより明確に把握できるものとする。

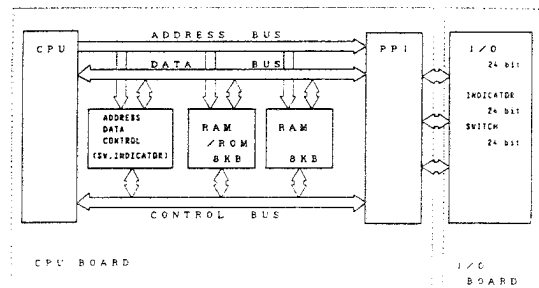


図1 仕様に基づくシステム構成図

1) の仕様によるCPUボードの回路例を図2に示す。仕様及び製作時の反省点としては、全ての配線を半田付けとしたために、配線不良が多かったこと及びビット単位でのデータ入力、表示機能実現のために配線量が多くなり過ぎ、配線の負担が多過ぎたことが挙げられる。

3 電子工学応用実験

「電子工学応用実験」では、一般的なマイクロコンピュータのソフトウェア開発法を解説し、「マイクロコンピュータ設計製作実習」で製作したワンボードマイクロコンピュータのソフトウェアを種々の方法で作成し、各種実験を行った。

実験課題は、プロセッサの命令の機能確認から製作したI/Oボードを用いてワンボードマイクロコンピュータ間の通信まで、数課題用意した。

実験用プログラムの作成は、ハンドアSEMBルによる方法、パソコン上のCP/Mによる方法をとった。

ハンドアSEMBルによる方法では、与えられた問題をニーモニックコードによりコーディングし、命令表により

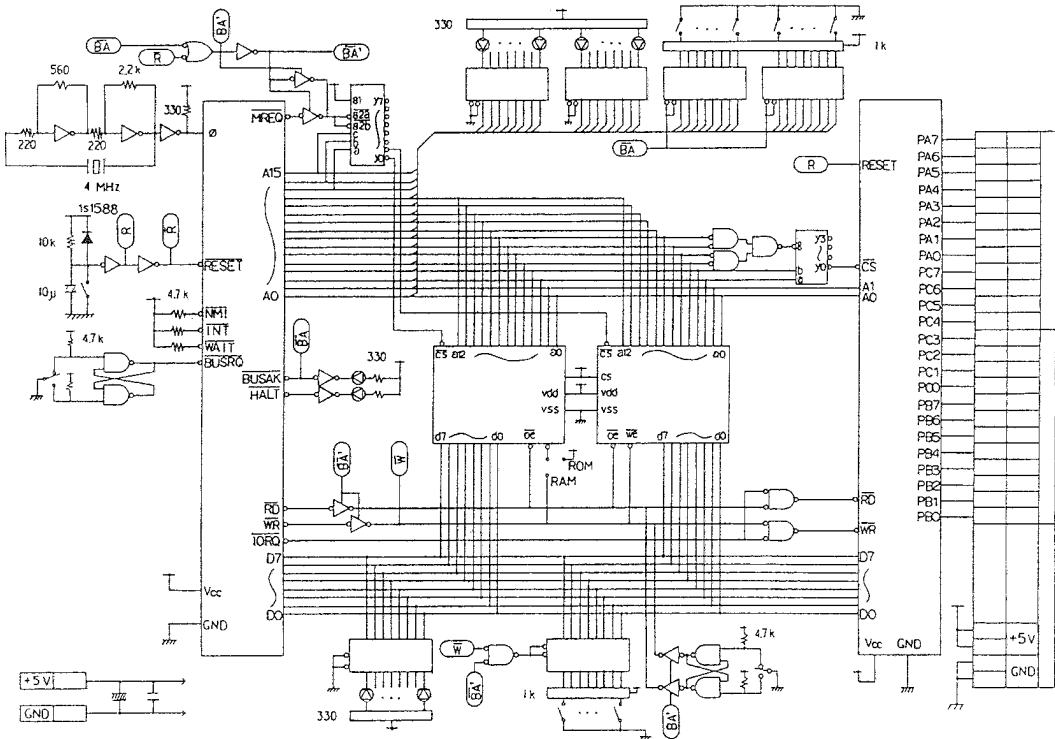


図 2 仕様に基づくCPUボードの回路例

機械語に変換する。変換した機械語は、スイッチによりアドレスとデータを1ビットずつ設定しRAMに書き込む。この操作の繰り返は、プロセッサとメモリの関係つまりストアプログラム方式の把握と2進数、16進数の理解に非常に有用である。また、ハンドアセンブルの後、機械語をROMライターを使用してROMに書き込みプログラムを実行する方法もとった。

CP/Mによる方法では、まずパソコン上のエディタを使用しソースプログラムを作成する。そのソースプログラムをアセンブラにより機械語に変換し、リンカを通してIntel-HEX形式に変換して、ROMライターに転送しROMに書き込む。学生は、この方法がハンドアセンブルに比して、非常に便利であることを痛感する。このことにより、ソフトウェア開発ツールの重要性を認識させる。

IV マイクロコンピュータ教育に関する検討

カリキュラムの中には、基礎科目として重要な多くの学科目が含まれており、その中にマイクロコンピュータ

関連の科目を系統的に配置することは困難な問題である。II章における青森短大の例は、この困難性の証明である。したがって、教育目標の中にマイクロコンピュータ教育を如何に位置づけるかにより、関連科目を取捨する必要がある。

図3にマイクロコンピュータ関連科目の必要最小限の構成案を示す。このフローの前提として、電気回路、電子回路、電磁気学等が含まれる。以下に各課目の概要を述べる。

「論理数学」では、ブール代数を基礎とし、デジタル回路を設計するために必要なデジタル代数を講義する。

「デジタル回路」では、ディスクリート素子による機能論理素子の原理や構成法、論理回路の合成法、順序回路、更に機能論理ICの種類と構成について講義する。「デジタル回路実験」では、「デジタル回路」の講義内容を実験検証する形で進める。

「計算機工学」では、最も基本的なモデルコンピュータを想定し、そのモデルコンピュータを構成するデジタル機能回路レベルで解説する。「計算機工学実験」で

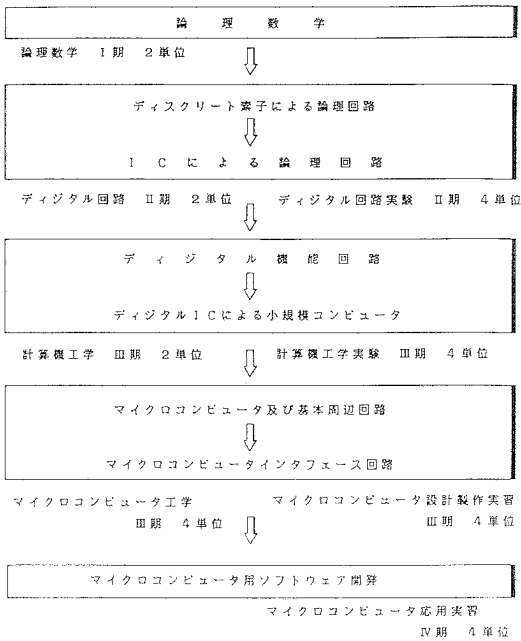


図3 マイクロコンピュータ関連科目の構成案

は、このモデルコンピュータを実験材料として、コンピュータの動作原理等を十分に修得させる。これらの講義と実験により、デジタル回路とコンピュータの関連を明確にする。

「マイクロコンピュータ工学」では、マイクロコンピュータについて概説し、基本的な汎用マイクロプロセッサを選択して、そのアーキテクチャや命令体系、動作タイミング、周辺LSI等、ハードウェア、ソフトウェア両面について講義し、小規模システムの構成法までを解説する。また、アナログ回路との基本的なインタフェースについても触れておく。「マイクロコンピュータ設計製作実習」においては、「マイクロコンピュータ工学」を受けて、ワンボードマイクロコンピュータ及びI/Oを設計製作させる。I/Oは、デジタルとアナログの2種類の実験に対応できるものとする。ソフトウェアについては、ワンボードマイクロコンピュータ及びI/Oの動作、機能チェックを行うテストプログラムをハンドアセンブルで作成させる。製作させる課題の規模は、適切なものとし、無闇に配線量等単純作業のみに時間を費やさないように配慮する必要がある。設計・製作という能動的

な行動によって学生は自己主張を反映し、デバッグに苦しみ、そして完成時の充実感を味わうことができる。

「マイクロコンピュータ応用実習」では、「マイクロコンピュータ設計製作実習」で製作したシステムを単独または複数使用して行う各種の実験課題を用意し、そのソフトウェア開発を行う。アセンブラを十分修得させた後、高級言語によるソフトウェア開発も行わせ、ソフトウェア開発の手順を修得させる。

マイクロコンピュータの教育に限らず、講義と実験実習の関係をより緊密にし、それぞれが遊離することなく有機的な結合を図るよう検討して行かなければならない。

V むすび

最近、ニューロコンピュータ、ファジィコンピュータ、光コンピュータ、バイオコンピュータ、第五世代コンピュータ等「コンピュータ」の前に様々な言葉のついた語を耳にする。しかし、これらの新しい方式によるコンピュータが発達しても、ノイマン型のコンピュータは存在し続けるものとする。何故ならノイマン型のコンピュータは、処理の逐次性により、処理速度の点では宿命的な欠点を持つが、逐次性故にアルゴリズムの記述という点に大きな長所を有するからである。マイクロプロセッサは、今後あらゆる分野に応用され社会の隅々まで浸透するであろう。

青森短大では、現在カリキュラムに関する検討を行っており、今後もマイクロコンピュータ教育に関する検討を進めていく予定である。

筆者の浅い経験から、マイクロコンピュータの教育という大きなテーマについて考えを述べさせて戴いた。多くのご指摘とご批判を戴ければ幸いである。

参考文献

- (1) 谷口忠勝：情報処理関連学科のカリキュラム構成について、実践教育, Vol.1, No.1, 1989, pp.30-35
- (2) 宮田利通：職訓短大情報工学科のカリキュラム、技能と技術, Vol.22, 1/1987, pp.48-52