

## モデル計算機 KERNEL I/O システムの開発

的野 恵太 †

九州産業大学大学院 情報科学研究科†

澤田 直‡

九州産業大学 情報科学部‡

## 1. はじめに

組み込みシステムの開発規模は著しく増大しており、今後も規模は増加する傾向にあると言われている。現在も組み込み技術者の需要は増加し、組み込みソフトウェア開発を担う人材の育成が急がれている。組み込みシステム開発に携わる技術者にはソフトウェアの知識だけでなく、CPU やメモリの構成・動作、入出力機器の制御方法などのハードウェアの知識も必要になると考えられる。

九州産業大学情報科学部では「ハードウェアを怖がらないソフトウェア技術者の育成」を目標にハードウェア教育を中心としたカリキュラムを実施している。モデル計算機 KERNEL はカリキュラムの中心を担っている。

モデル計算機 KERNEL 及び、実装用 FPGA ボードである KERNEL ボードは同じモデルを用いてアーキテクチャからシステムまでを教育する目的に九州工業大学で開発された[1]。KERNEL ボードはモデル計算機 KERNEL を動作させる時に計算機内部のレジスタやメモリなどの動作や信号の流れなど普段は見えない部分を視覚的に捉える事ができるように設計されている。そのため、学生がプログラムを製作し実際に実機を動作させることで計算機の構成や内部の動作の理解を促す事が出来る。また、回路の再構築が可能である FPGA を中心に構成されているため、ハードウェア記述言語 (HDL) を用いて内部のアーキテクチャを変更する事もできる。組み込みシステム設計教育に KERNEL ボードを活用することを考えると組み込みシステムによく用いられている入出力機器が十分ではないことが問題となる。そこで、本研究では組込システム設計教育を目的としたモデル計算機 KERNEL I/O システムの開発を行っていく。

## 2. モデル計算機 KERNEL I/O システム開発

KERNEL I/O システムとは計算機の基本的な入出力機器の制御や入出力装置を組み合わせたシステムの設計といった組み込みシステム設計教育を実機で行えるように製作されたものである。I/O システムとは KERNEL ボードにキーボード、LCD、ドットマトリクス LED、AIN(アナログ入力)、DOUT(デジタル出力)、USB の 6 つの入出力機器を搭載した I/O ボードを接続させたものである。I/O ボード上に搭載されている 6 つの入出力機器はマイコンによる制御プログラムによって行う。

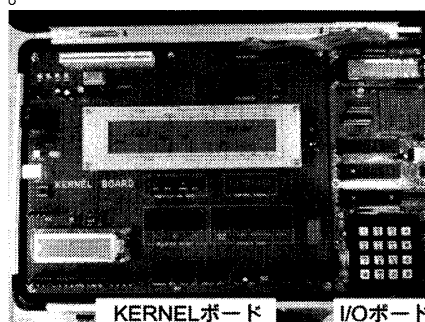


図 1. モデル計算機 KERNEL I/O システム

## 2.1 システム構成

図 2 にモデル計算機 KERNEL I/O システムの構成図を示す。モデル計算機 KERNEL I/O システムは 1 ワード 16 ビット長の K16CPU とメモリ (SRAM) とコントロール部の 3 種類で構成される。

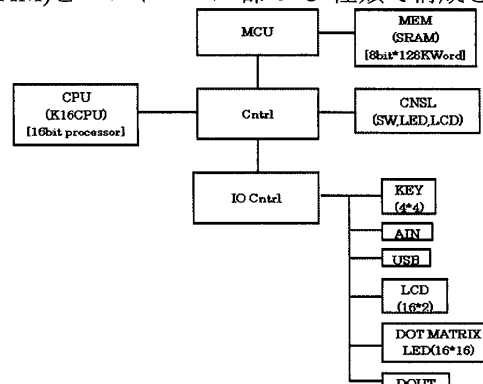


図 2. KERNEL I/O システム構成図

## A Development of I/O System for Educational Model Processor KERNEL

† Keita Matono · The Graduate School of Information Science, Kyushu sangyo university

‡ Sunao Sawada · The Faculty of Information Science, Kyushu Sangyo University

## 2.2 入出力機器の制御

K16CPU から入出力機器を制御する方法としてメモリマップド I/O 方式を利用する。各入出力機器には CMD(コマンド)、STS(ステータス)、R(リード)、W(ライト)の 4 種類の I/O レジスタを用意し、それぞれのレジスタの読み書きを行うことによって制御させる。

## 3. KERNEL I/O システムを用いた演習と予想される教育効果

モデル計算機 KERNEL および KERNEL ボードは計算機教育用に開発されたものであり、実機を用いた学習に適している。KERNEL I/O システムを用いて新たに学習できる内容は以下のように考えられる。

### a) 計算機の基本的な入出力機器制御の学習

ドットマトリクス LED を用いたビットマップディスプレイの動作原理と画像データの表現法、キーパッドを用いた入力機器の動作原理、LCD を用いた文字コード出力と文字データの表現法といった計算機の基本的な入出力機器の制御について学習ができる

### b) メモリマップド I/O を用いた制御の学習

入出力機器の制御を伴うプログラム製作を行うことによってメモリマップド I/O を用いた入出力機器の制御方法について学習できる。

### c) 入出力機器を組み合わせたシステムの開発

KERNEL ボードに搭載されている FPGA を用いて学生にハードウェア記述言語(HDL)を用いて電卓や電子錠などのシステムの開発演習を行うことによって、入出力機器を利用したシステム設計の学習を行うことができる。

### d) I/O ボードのファームウェアの製作

I/O ボードに搭載されているマイコンを用いてファームウェア製作を体験させる。ファームウェア製作を通して組込システムに必要となる割り込み処理やリアルタイム処理、そして各入出力機器の制御原理について学習ができる。

## 4. 通信モジュールの製作

通信モジュールは KERNEL ボードと I/O ボードとの間に位置し、それぞれのボード間の通信制御を行うモジュールである。通信モジュールの機能を変える事によって、K16CPU のプログラム量や制御方法も変わってくる。学習内容に応じて通信モジュールの機能を変える必要がある。

### a) メモリマップド I/O の学習の場合

- ・メモリマップド I/O を用いた入出力機器制御の学習が目的
- ・入出力機器へのコマンド送信、ステータスチェック、データ送受信の手順についての学習を重視する。
- ・通信モジュールは CPU からの 1 回のコマンドに対して I/O ボードへの 1 回の通信を行うようにする。このことによって細かい制御の学習ができる。

### b) 入出力機器を組み合わせたシステム開発の場合

- ・I/O ボード上の入出力機器を複数組み合わせたシステムの開発が目的
- ・入出力機器の制御方法の学習よりも、システム全体の設計の学習を重視する。
- ・複数の入出力機器を組み合わせるとプログラム量が膨大になり、学習者が製作するシステムのプログラムと混同する可能性がある。
- ・通信モジュールは CPU からの 1 回のコマンドに対して I/O ボードに対してコマンド送信、ステータスチェック、データ送受信を一括して行わせる。このことにより学習者の負担を軽減させる。

## 5. おわりに

現在、モデル計算機 KERNEL I/O ボードのファームウェアを製作している段階である。KERNEL ボードと I/O ボードとを結合させた動作検証、3 章で述べた内容について学習させるための、モデル計算機 KERNEL I/O システムを用いたカリキュラムの開発とカリキュラムの検証実験をこれから行っていく。また、I/O ボードからの割り込み信号を用いた I/O システムの製作も検討していく。

## 参考文献

- [1] 美馬, 田中, 佐藤, 有田: 計算機教育向けシステム KERNEL1 の設計, 情報処理学会第 64 回全国大会予稿集, pp. 43-44 (2002).
- [2] 永尾, 有田, 田中, 重松: 教育用計算機 KERNELII の実装, 情報処理学会第 68 回全国大会講演論文集, pp. 3A-4 (2006).