

OS 演習教育用計算機 KERNEL2 の実装

1 Z B - 0 3

迫 謙太郎[†] 田中 康一郎[‡] 佐藤 寿倫^{††} 有田 五次郎[†]
[†]九州工業大学 情報工学部 知能情報工学科
[‡]九州工業大学 マイクロ化総合技術センター

1 はじめに

近年, 計算機は社会の情報化の影響を受け, いろいろな所で導入され一般的なものとなってきた. 計算機が我々の生活になくてはならない物になるにつれ, 計算機の基本的な動作の概念や仕組みなどを利用者が理解して使用する事が望ましい. そのためには, 早い段階から基礎的な教育を行う事が重要であると考え. そこで, 我々は KERNEL プロジェクトを提案している. KERNEL プロジェクトは, 本学で実績を挙げた KITE システムをベースとして, より初学者にハードウェアの仕組みを理解し易い KERNEL1 と, システムソフトウェアの設計・演習を対象とした KERNEL2 から構成されている. 本稿では, KERNEL システムの概要と, KERNEL2 の設計・実装について述べる.

2 KERNEL システムの概要

KERNEL プロジェクトを構成する 2 つのシステム (KERNEL1, KERNEL2) には, それぞれ「触れる計算機, 作る計算機」, 「使う計算機」というコンセプトがある.

「触れる計算機, 作る計算機」である KERNEL1 は, 初学者が計算機に慣れ親しむ事を重要視した入門的なシステムであり, マイクロプロセッサ, その制御・観測を行うコンソール, メモリ, I/O, 表示系を提供する. マイクロプロセッサ, メモリは, 本研究室で開発した FPGA/DIMM 搭載 PCI カード SHOKE2000[2] を用い, I/O, 表示系は, KERNEL1 専用のハードウェアを別途用意して実現する.

「使う計算機」である KERNEL2 は, KERNEL1 で学習した初学者がシステムソフトウェア・OS 演習を目的としたシステムであり, 前述の SHOKE2000 を搭載した PC によって実現され, ユーザは実際の PC のインタフェースを用いて演習を行う事が可能である. OS 開発に十分な命令セットおよび割り込み機能を持った K32 マイクロプロセッサ (以下, K32) を SHOKE2000 上の FPGA に実装し, メモリは同基板の DIMM を用いる. また, I/O, 表示系については PC を用いて実現する. 一部共通なハードウェアを用いる事により, KERNEL1 で作成したマイクロプロセッサを KERNEL2 用に拡張し, 実際に演習に使う事により, 効率良く学習を行う事ができる. KERNEL2 の利用形態を図 1 に示す.

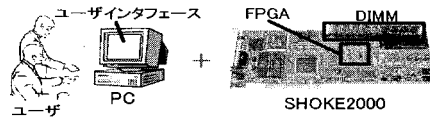


図 1: KERNEL2 の利用形態

2.1 マイクロプロセッサ K16 と K32

KERNEL1 および KERNEL2 では, マイクロプロセッサは VerilogHDL 言語で設計し, FPGA に実装して使用する. KERNEL1 では K16 マイクロプロセッサを使用するのに対し, KERNEL2 ではその拡張版である K32 を使用する. K16 および K32 の仕様を表 1 に示す.

機能	K16	K32
ワード構成	16 ビット	32 ビット
アドレスバス	16 ビット	20 ビット
データバス	16 ビット	32 ビット
アドレス方式	直接, PC 相対 即値	直接, 間接, PC 相対 BR 相対, 即値
レジスタ	acc, ixr	R0-R7:演算レジスタ R1-R7:index/base R7:stack pointer
ALU	16 ビット	32 ビット
命令形式	16 ビット 固定長	4 バイト命令 2 バイト命令
I/O アドレス	8 ビット	20 ビット
割り込み機能	無	有

表 1: K16 と K32 の仕様

3 KERNEL2 の設計

3.1 要求仕様

KERNEL2 は, OS 開発演習を行うためのシステムとする. そのためには以下の要求を満たす必要がある.

- KERNEL2 のメインメモリにユーザの作成したプログラムをロードする IPL 機能が必要である.
- KERNEL2 のユーザがプロセッサに対してプログラムの実行開始および制御を行える必要がある.

- KERNEL2はプログラムの動作の確認・テストのため実行中のプロセッサの内部状態の取得および変更が自由に行える必要がある。また、メモリに対しても同様に読み出しおよび変更が行える必要がある。
- プログラム実行中にレジスタを監視し、ユーザの指定した条件を満たすと、プログラムを停止させてユーザに制御を渡す。
- ディスプレイやキーボード等の PC に接続されている汎用周辺機器を KERNEL2 の入出力装置として利用する。

3.2 設計仕様

要求仕様を実現するため、KERNEL2 では、上記に示した機能を PC 上で動作するユーザインタフェースに持たせる。

上記の機能のうち K32 および DIMM に対する操作をコンソール機能としてユーザインタフェースに持たせる。

また、ユーザインタフェースの中に仮想的な入出力装置を作成し、K32 からの I/O 入出力に対して、以下のように動作させて、K32 の入出力動作をユーザにわかるように表示する。

キーボード ユーザインタフェースに対するキー入力を K32 に渡す

ディスプレイ 仮想的な VRAM を持っているとして、K32 からの出力をユーザインタフェース上に画像として表示する

ディスク PC のファイルを仮想的なディスクと見なして入出力操作を行う

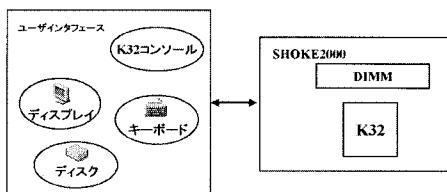


図 2: ユーザインターフェースが持つ機能

3.3 実装方法

ユーザインタフェースと SHOKE2000 間の相互通信を実現するため、ユーザインタフェース内にインタフェースコントローラを作成し、FPGA 上には K32・DIMM コントローラを実装した。PC 上のユーザインタフェースコントローラが SHOKE2000 のデバイスドライバが提供するレジスタ間転送を使って SHOKE2000 の FPGA に対してコマンドを送信する。コマンドには、クロック生成、レジスタ内容の取得、レジスタ内容の書き換え、メモリリード、メモリライト、周辺機器からの割り込み要求の発生等の種類がある。K32・DIMM コントローラはコマンドを受け取ると K32 に対する入力であるか、出力であるか、メモリに対するライトであるか、リードであるかを判断する。そして、要求された処理を実行した後、ユーザインタフェースコント

ローラに対して、戻り値が必要な場合はそれをレジスタに設定し、必要でないなら何も設定せず、ユーザインタフェースコントローラに割り込みを掛ける。コマンドを送信した後のユーザインタフェースコントローラは SHOKE2000 からの割り込み待ち状態を取り、K32・DIMM コントローラの処理の終了を知らせる割り込みを受けて制御を取り戻し、レジスタを調べて設定されていれば K32・DIMM コントローラからの戻り値を受け取る。

このような手順を踏むことでユーザインタフェースと K32 および DIMM 間のデータの相互通信を実現した。(図 3)。

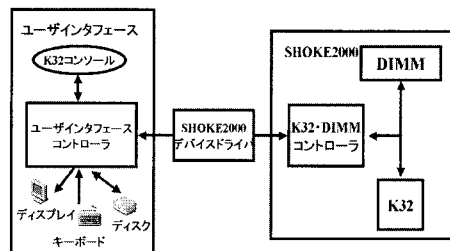


図 3: デバイスドライバを介したデータ送受信の実現

上記のデータ相互通信をユーザインタフェースから呼び出すことで、要求仕様の機能を実装した(図 4)。ただし、コントローラのメモリ操作機能に関しては未実装であり、今後対応する予定である。

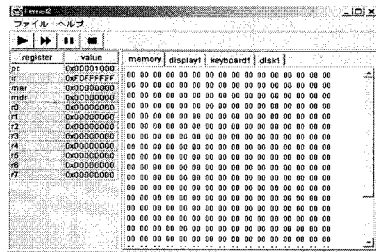


図 4: 実装したユーザインタフェースの実行画面

4 おわりに

本稿では、教育用計算機システム KERNEL の概要について述べた後、KERNEL2 の要求仕様を基に設計仕様を定め、その実装を行った今後は、コントローラのメモリ操作機能を実装し、KERNEL2 を完成させる予定である。

参考文献

- [1] 美馬 和太, 岩谷 祐一, 他: 計算機教育向けシステム KERNEL1 のユーザインタフェースの検討, 情報処理学会九州支部若手の会セミナー (2001).
- [2] 田中 康一郎, 有田 五次郎: SHOKE2000:PCI-Based FPGA Card の開発とその評価, 電子情報通信学会論文誌 D-I Vol. J84-D-I No.6, pp.540-547(2001).