

コンピュータハードウェア (11)

坂井 修一

東京大学大学院 情報理工学系研究科 電子情報学専攻
東京大学 工学部 電子情報工学科 / 電気工学科

- はじめに
- 入出力と周辺装置

コンピュータハードウェア

東大・坂井

はじめに

- 本講義の目的
 - コンピュータアーキテクチャの基本を学ぶ
- 時間・場所
 - 火曜日 10:15 - 11:45、I3 - 31
- ホームページ (ダウンロード可能)
 - url: <http://www.mtl.t.u-tokyo.ac.jp/~sakai/hard/>
- 教科書
 - 坂井修一 『コンピュータアーキテクチャ』 (コロナ社、電子情報レクチャーシリーズC-9)
教科書通りやります
- 参考書
 - D. Patterson and J. Hennessy, Computer Organization & Design, 2nd Ed. (邦訳 『コンピュータの構成と設計』 (第2版) 上下 (日系B P))
 - 馬場敬信 『コンピュータアーキテクチャ』 (改訂2版)、オーム社
 - 富田真治 『コンピュータアーキテクチャ』 a、丸善
- 予備知識： 論理回路
 - 坂井修一 『論理回路入門』、培風館
- 成績
 - 試験 (+ 出席)

コンピュータハードウェア

東大・坂井

講義の概要と予定 (1 / 2)

1. コンピュータアーキテクチャ入門
デジタルな表現、負の数、実数、加算器、ALU, フリップフロップ、レジスタ、計算のサイクル
2. データの流れと制御の流れ
主記憶装置、メモリの構成と分類、レジスタファイル、命令、命令実行の仕組み、実行サイクル、算術論理演算命令、シーケンサ、条件分岐命令
3. 命令セットアーキテクチャ
操作とオペランド、命令の表現形式、アセンブリ言語、命令セット、算術論理演算命令、データ移動命令、分岐命令、アドレッシング、サブルーチン、RISCとCISC
4. パイプライン処理 (1)
パイプラインの原理、命令パイプライン、オーバヘッド、構造ハザード、データハザード、制御ハザード
5. パイプライン処理 (2)
フォワードリング、遅延分岐、分岐予測、命令スケジューリング
6. キャッシュ
記憶階層と局所性、透過性、キャッシュ、ライトスルーとライトバック、ダイレクトマップ型、フルアソシティブ型、セットアソシティブ型、キャッシュミス

コンピュータハードウェア

東大・坂井

講義の概要と予定 (2 / 2)

7. 仮想記憶
仮想記憶、ページフォールト、TLB、物理アドレスキャッシュ、仮想アドレスキャッシュ、メモリアクセス機構
8. 命令レベル並列処理 (1)
並列処理、並列処理パイプライン、VLIW、スーパスカラ、並列処理とハザード
9. 命令レベル並列処理 (2)
静的最適化、ループアンローリング、ソフトウェアパイプライン、トレーススケジューリング
10. アウトオブオーダー処理
インオーダーとアウトオブオーダー、フロー依存、逆依存、出力依存、命令ウィンドウ、リザベーションステーション、レジスタリネーミング、マッピングテーブル、リオーダーバッファ、プロセッサの性能
11. 入出力と周辺装置
周辺装置、ディスプレイ、二次記憶装置、ハードウェアインタフェース、割り込みとポーリング、アービタ、DMA、例外処理
12. コンピュータの歴史と展望

試験： 7月後半

コンピュータハードウェア

東大・坂井

1.1. 入出力と周辺装置

■ 内容

– 周辺装置

- 周辺装置の分類
- 液晶ディスプレイ
- 磁気ディスク

– 入出力の機構と動作

- ハードウェアインタフェース
- データ転送の手順
- 割り込みの調停
- DMA

– 例外処理

- 例外の要因
- 例外処理の手順

コンピュータハードウェア

東大・坂井

周辺装置の分類

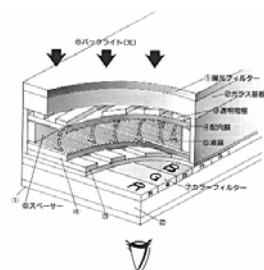
表 7.1 周辺装置

入出力	装置	相手	データ
入 力	キーボード	人 間	文字(毎秒 1-8 字程度)
	マウス、ジョイスティック	人 間	数値(移動距離)
	マイク(音声入力)	人 間	音声
	イメージスキャナ、OCR (デジタル) カメラ	人 間	静止画
	(デジタル) ビデオ	人 間	静止画
	センサ類	環 境	動画
	GPS 受信装置	人工衛星	数値
出 力	CD-ROM、DVD-ROM	機 械	数値
	CRT/液晶ディスプレイ	人 間	種々のデータ
	プリンタ	人 間	静止画・動画
入 出 力	スピーカー(音声出力)	人 間	記号・静止画
	フロッピーディスク	機 械	音声
	磁気ディスク	機 械	種々のデータ
	CD-RW、DVD-RAM	機 械	同上
	光磁気ディスク(MO)	機 械	同上
	磁気テープ	機 械	同上
	モデム	機 械	同上
LAN(有線・無線)	機 械	同上	

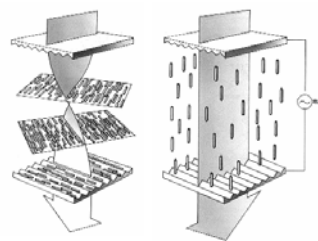
コンピュータハ

坂井

液晶ディスプレイ



液晶ディスプレイの構造



電圧なし = 光は通過 電圧あり = 光は遮断

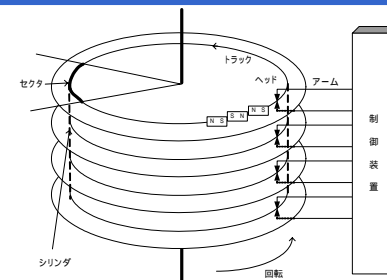
液晶ディスプレイの動作

図はシャープ(株)提供

コンピュータハードウェア

東大・坂井

磁気ディスク



ディスクの操作

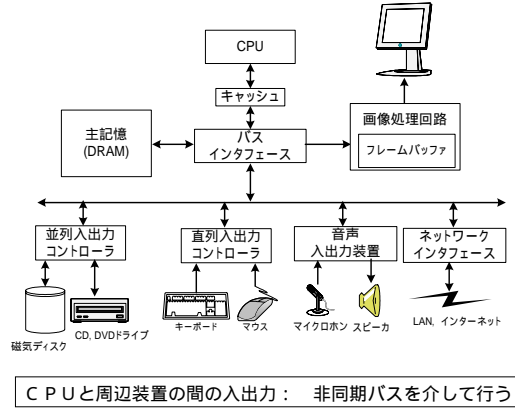
シーク： 求めるトラックの位置までヘッド移動

ローテーション： 求めるセクタの位置までディスクが回転するのを待つ
読み出し / 書き込み

コンピュータハードウェア

東大・坂井

入出力のハードウェアインタフェース



コンピュータハードウェア

東大・坂井

データ転送の手順

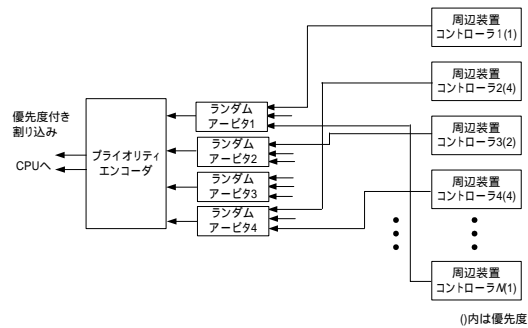
- (1) ポーリングまたは割り込みによる入出力の起動
- (2) 前処理
- (3) 命令またはDMAによる主記憶・周辺装置間のデータ転送
- (4) 後処理

- ポーリング
 - CPUが定期的に順番に周辺装置を見回って、入出力の要求があるかどうかを確認する方式
 - 実装が簡単
 - CPU側の前処理・後処理も軽くてすむ
 - × 入出力が即時に行えない
 - × 見回りのためにむだな時間が多く使われる
- 割り込み
 - 周辺装置(のコントローラ)からCPUに対して割り込み信号を入れ、例外処理を要求して、入出力を行わせる方式
 - × CPUのハードウェアが複雑
 - × レジスタ待避やキャッシュの書き戻しなどが必要となり、前処理・後処理のオーバーヘッドがかかる
 - 待ち時間や見回り時間の問題は解決する

コンピュータハードウェア

東大・坂井

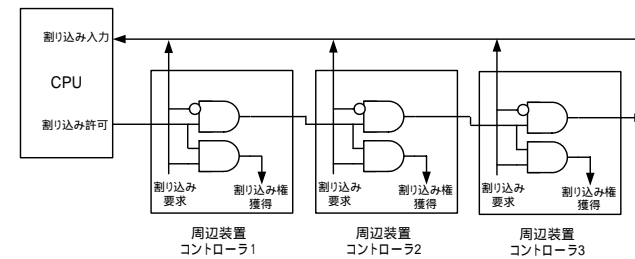
割り込みの調停(1) 集中アービタ方式



コンピュータハードウェア

東大・坂井

割り込みの調停(2) デイジーチェーン方式



集中型アービタ不要。簡単
× 優先度がCPUに近い順で固定される

コンピュータハードウェア

東大・坂井

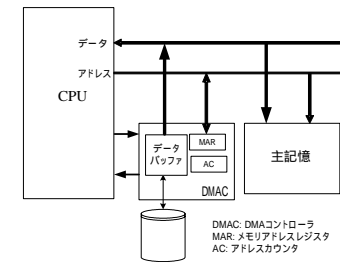
データ転送

- (1) 入出力専用命令を使ってデータ読み出しまたはデータ書き込みを行う
- (2) 周辺装置にメモリアドレスを割り振り、メモリのロード・ストア命令でデータの読み書きを行う(Memory Mapped I/O)。
- (3) データ転送専用のハードウェアを使って、CPUを介さずに周辺装置と主記憶の間で読み書きを行う(DMA, Direct Memory Access)

コンピュータハードウェア

東大・坂井

DMA



CPUがDMAコントローラ(DMAC)のメモリアドレスレジスタ(MAR)、アドレスカウンタ(AC)にそれぞれDMAの開始アドレス、転送量を書き込み、DMA転送を指示する。

CPUはバスアクセスをやめ、DMACがバスの主導権をとってデータ転送を行う。DMACはアドレスバスにMARの値を、データバスにデータバッファの値を載せ、値を主記憶に書き込む。値を書き込むたびにMARの値を一つ増やし、ACの値を一つ減らす。

ACが0になったところでDMACは転送を終了し、バスの制御をCPUに返す。

コンピュータハードウェア

東大・坂井

例外処理： 例外の要因

表 7.2 例外の要因と処理

分類	要因	処理
ハードウェアエラー	電源エラー バスエラー	プログラムの終了 プログラムの終了
命令実行による例外	オーバフロー ページフォルト TLBミス アドレスエラー メモリ保護違反 未定義命令実行 システムコール(トラップ)	プログラムの終了など ページスワップ TLBエントリ読み込み プログラムの終了 プログラムの終了 未定義命令処理ルーチンの実行 カーネルプログラムの実行
プログラム外割り込み	入出力要求 タイマ割り込み	データ転送の後制御 プロセススイッチなど

ハードウェアエラーが優先度が最も高く、次に命令実行による例外、最後にプログラム外割り込み、という順番になる

コンピュータハードウェア

東大・坂井

例外処理の手順

- (1) 例外処理の要因が発生したら、CPUはこれを受け付けるかどうか決める。複数の要因が重なった場合には、最も高い優先度の要因を選択一つ選択する。
- (2) 受け付けることが決まった場合、現在実行中のプログラムの状態を待避する。具体的にはデータレジスタ、PC、状態レジスタなどをメモリ上の適切な場所に待避する。
- (3) 例外処理のカーネルプログラムを起動する。カーネルプログラムは例外の要因を知って、必要な処理を行う。
- (4) 例外処理が終わったら、必要に応じてPCなどの値を復帰し、もとのプログラムの実行に戻る

コンピュータハードウェア

東大・坂井