

電気工学通論Ⅱ (12)

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

- ・ 講義の概要と予定
- ・ 入出力と周辺装置

はじめに

■ 本講義の目的

- デジタル回路とコンピュータアーキテクチャの基礎を学習する

■ 時間・場所

- 火曜日 8:30 – 10:15、工学部2号館213

■ ホームページ（ダウンロード可能）

- url: <http://www.mtl.t.u-tokyo.ac.jp/~sakai/tsuron2/>

■ 教科書

- 坂井修一 『論理回路入門』（培風館）
- 坂井修一 『コンピュータアーキテクチャ』（コロナ社）

講義の概要と予定 (1 / 2)

1. デジタル回路入門

デジタルとアナログ、2進数、補数表現、四則演算

2. 論理演算

論理演算とは、3つの基本論理演算、NORとNAND、完備性、デジタル回路の表現、ブール代数、標準形

3. 組み合わせ回路の構成法

真理値表と組合せ回路、組合せ回路の簡単化

4. 組合せ回路の実例

加算器、補数、減算器、ALU、デコーダ、セレクタなど

5. フリップフロップ

FF、SRラッチ、Dラッチ、非同期と同期、SR-FF、D-FF、マスタスレーブ形とエッジトリガ形、JK-FF、レジスタ

6. 基本的な順序回路

7. 一般的な順序回路の作り方

講義の概要と予定 (2 / 2)

8. コンピュータアーキテクチャ入門

計算のサイクル、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

9. 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

10. パイプライン

11. キャッシュと仮想記憶

12. 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

試験: 1月14日 8:30~10:00

成績: 出席(小テスト)+試験 4年生: 追試・レポート無し

12. 入出力と周辺装置

■ 内容

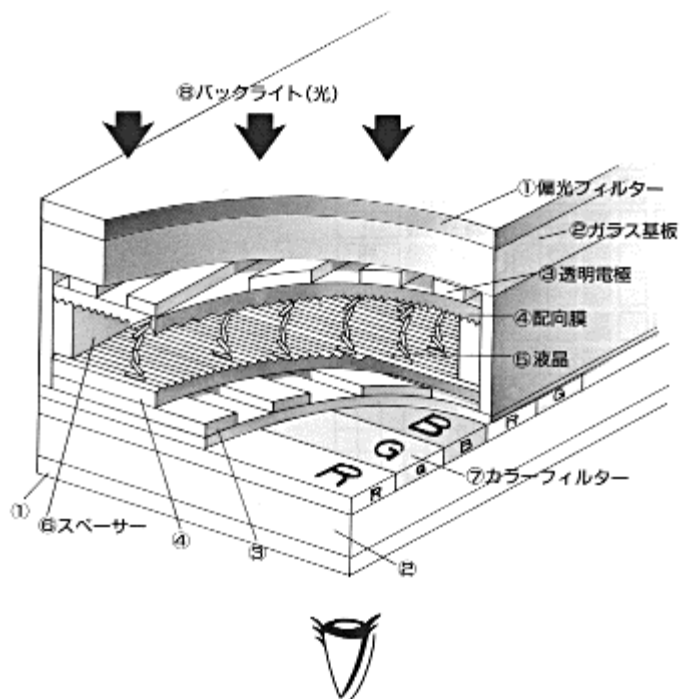
- 周辺装置
 - ・ 周辺装置の分類
 - ・ 液晶ディスプレイ
 - ・ 磁気ディスク
- 入出力の機構と動作
 - ・ ハードウェアインタフェース
 - ・ データ転送の手順
 - ・ 割り込みの調停
 - ・ DMA
- 例外処理
 - ・ 例外の要因
 - ・ 例外処理の手順

周辺装置の分類

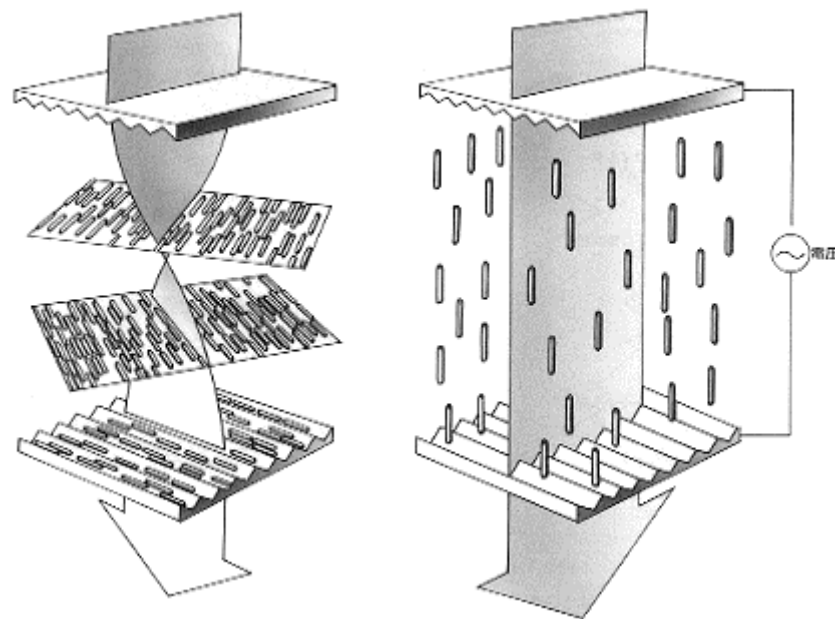
表 7.1 周辺装置

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	人間	静止画
	(デジタル)カメラ	人間	静止画
	(デジタル)ビデオ	人間	動画
	センサ類	環境	数値
	GPS 受信装置	人工衛星	数値
出 力	CD-ROM, DVD-ROM	機械	種々のデータ
	BD-ROM	機械	種々のデータ
	液晶ディスプレイ	人間	静止画・動画
出 力	プリンタ	人間	記号・静止画
	スピーカ(音声出力)	人間	音声
	入 出 力	磁気ディスク	機械
CD-RW, DVD-RAM		機械	同上
BD-RAM		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

液晶ディスプレイ



液晶ディスプレイの構造

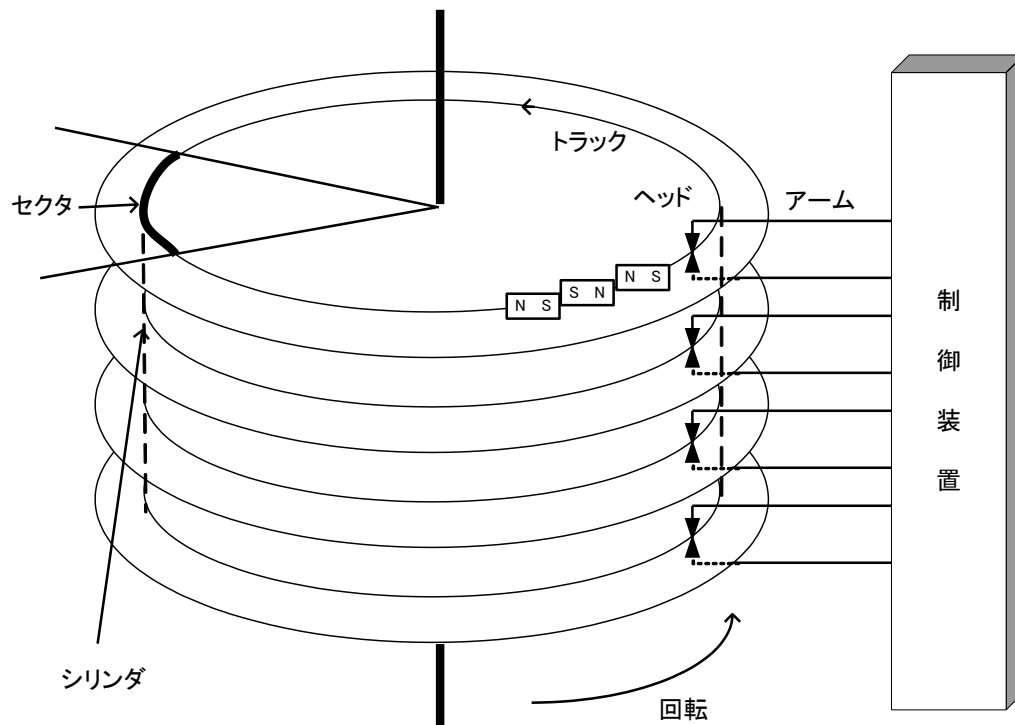


電圧なし = 光は通過 電圧あり = 光は遮断

液晶ディスプレイの動作

図はシャープ（株）提供

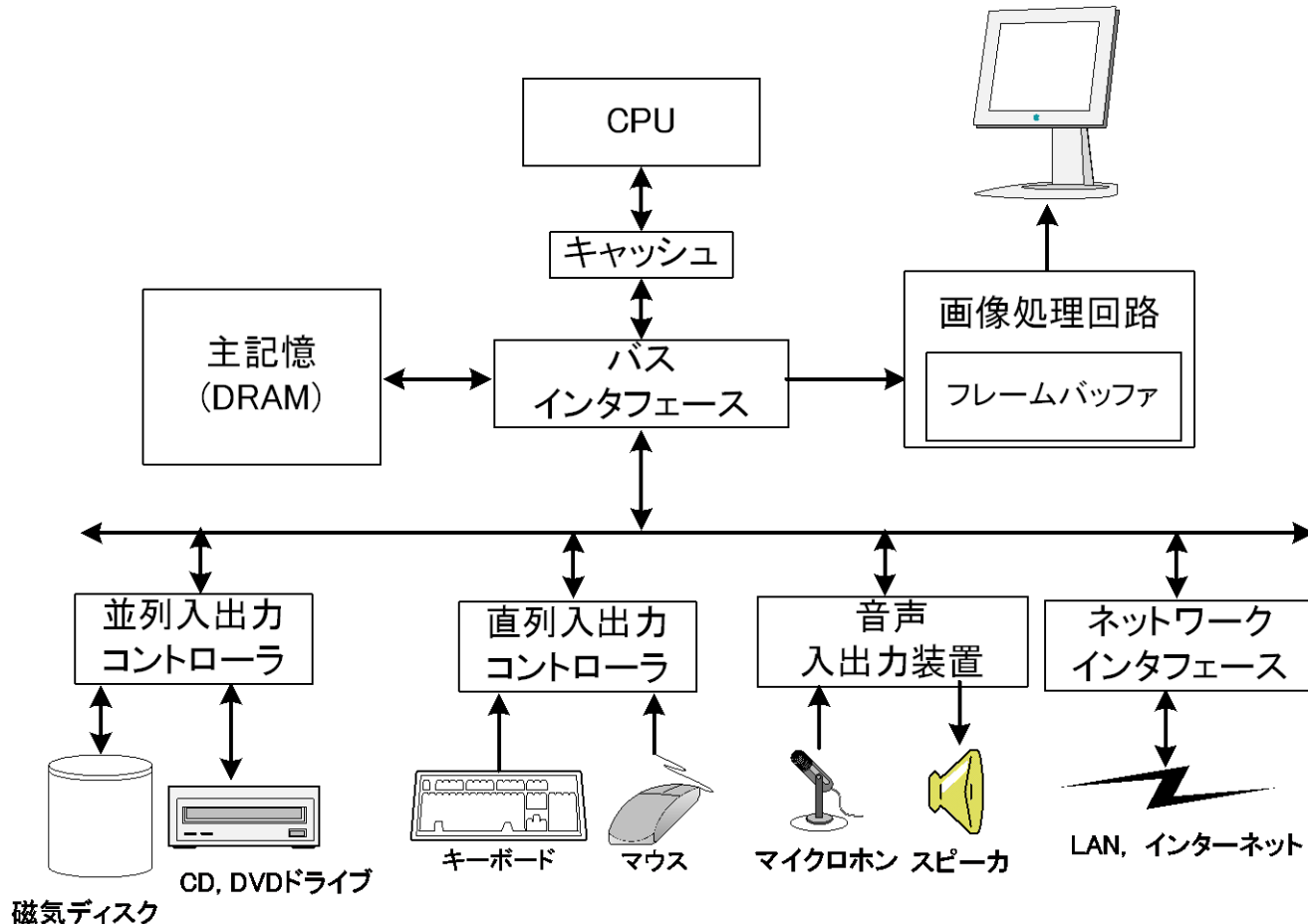
磁気ディスク



ディスクの操作

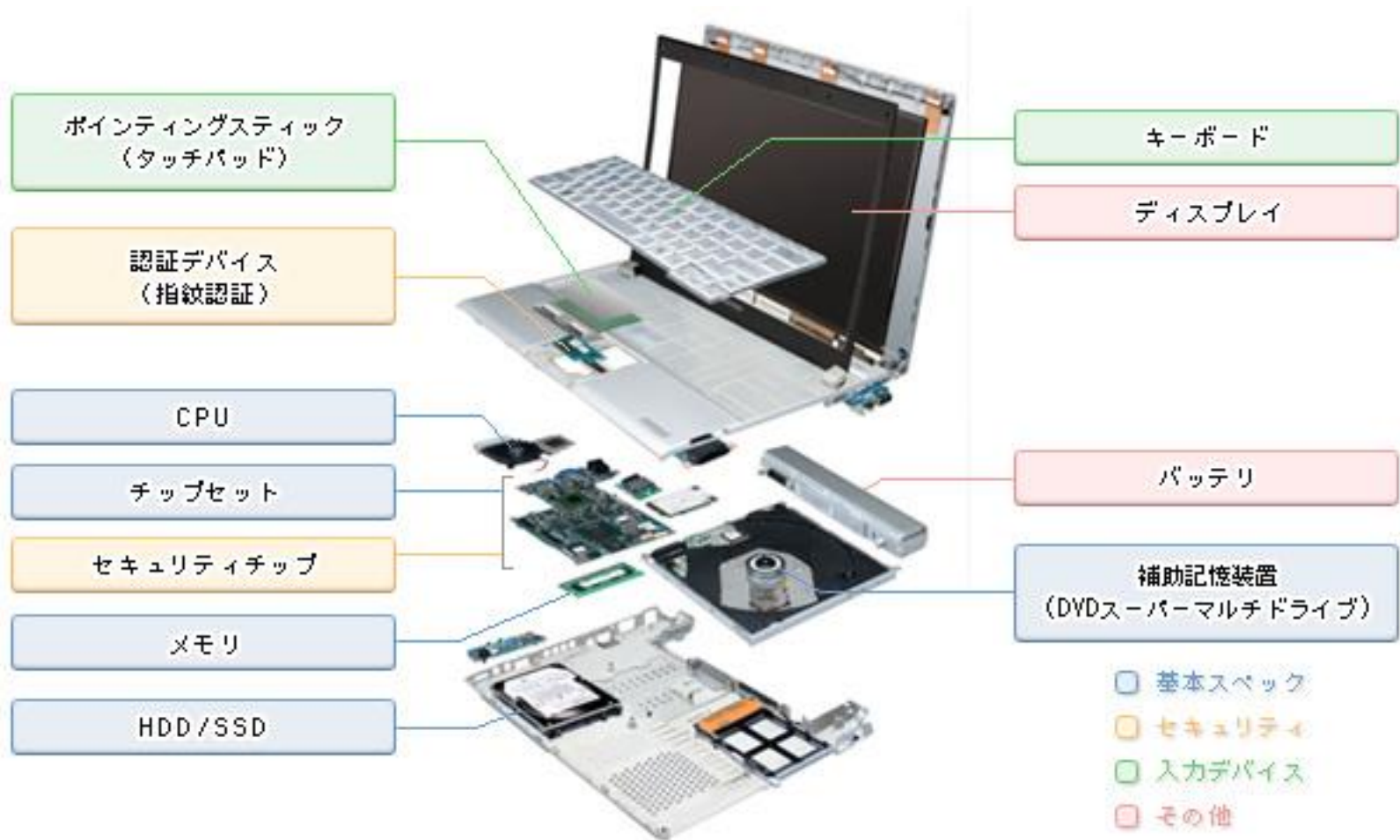
- ①シーク： 求めるトラックの位置までヘッド移動
- ②ローテーション： 求めるセクタの位置までディスクが回転するのを待つ
- ③読み出し／書き込み

入出力のハードウェアインタフェース



CPUと周辺装置の間の入出力： 非同期バスを介して行う

ノートPCの中



<http://www.keyman.or.jp/at/pcmob/display/30002426/>

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
- (2) 命令またはDMAによる主記憶・周辺装置間のデータ転送
- (3) 後処理

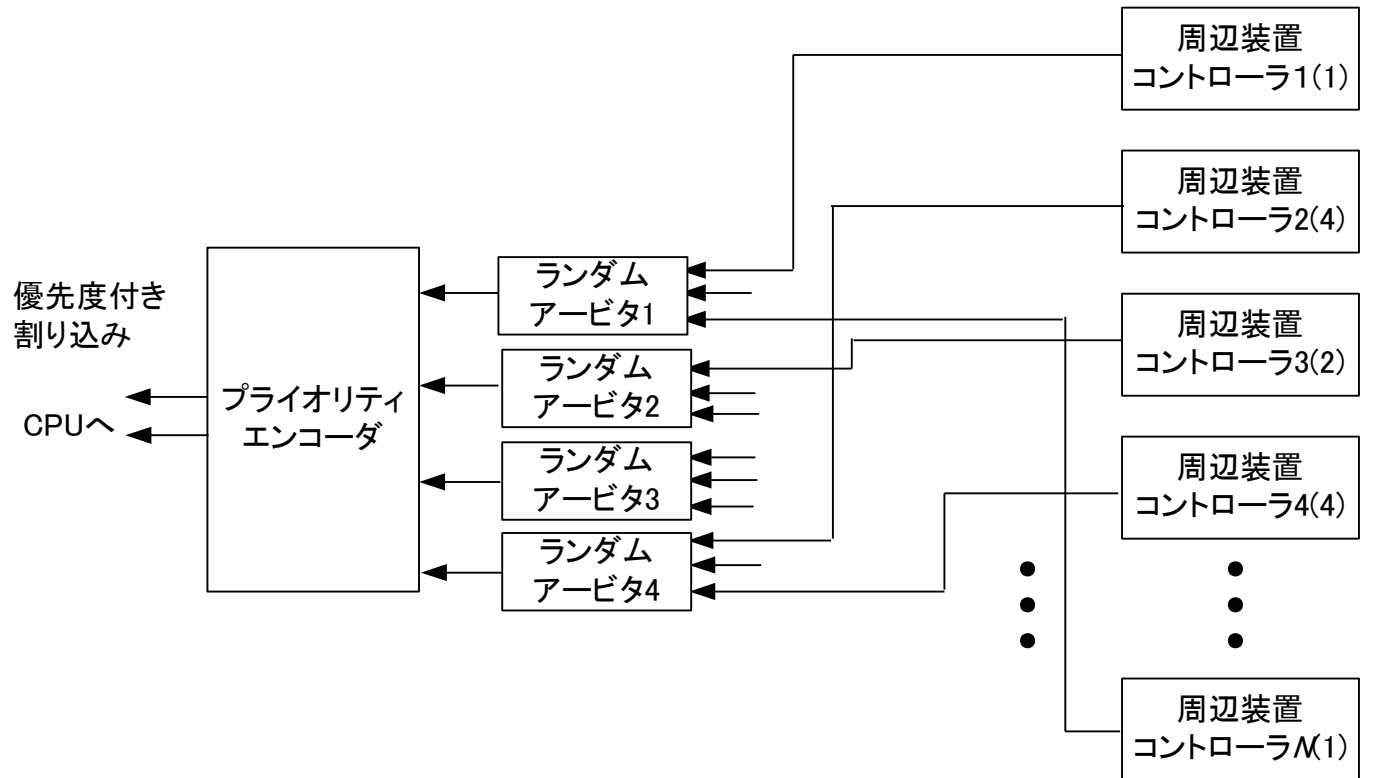
■ ポーリング

- 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
 - ×入出力が即時的に行えない
 - ×見回りのためにむだな時間が多く使われる

■ 割り込み

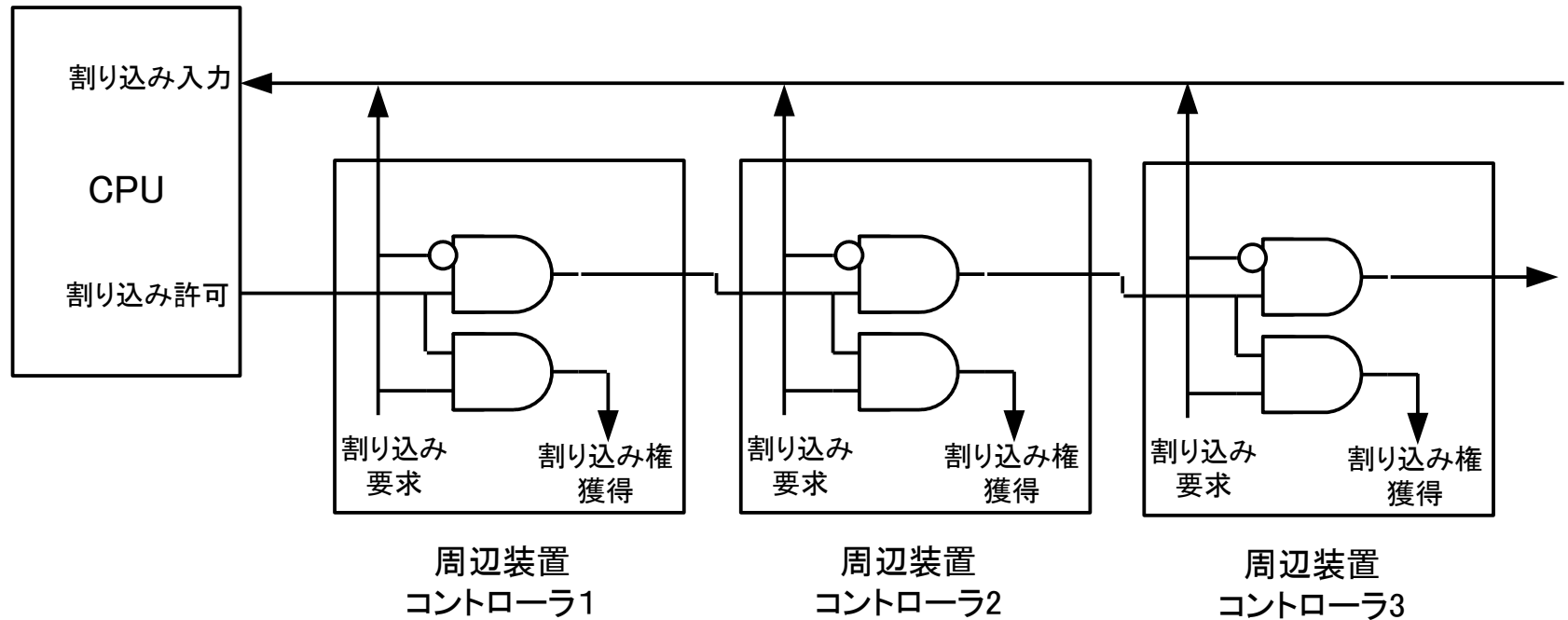
- 周辺装置(のコントローラ)からCPUに対して**割り込み信号を入れ、例外処理を要求して**、入出力を行わせる方式
 - ×CPUのハードウェアが複雑
 - ×レジスタ待避やキャッシュの書き戻しなどが必要となり、前処理・後処理のオーバーヘッドがかかる
 - 待ち時間や見回り時間の問題は解決する

割り込みの調停(1) 集中アービタ方式



()内は優先度

割り込みの調停(2) デイジーチェーン方式

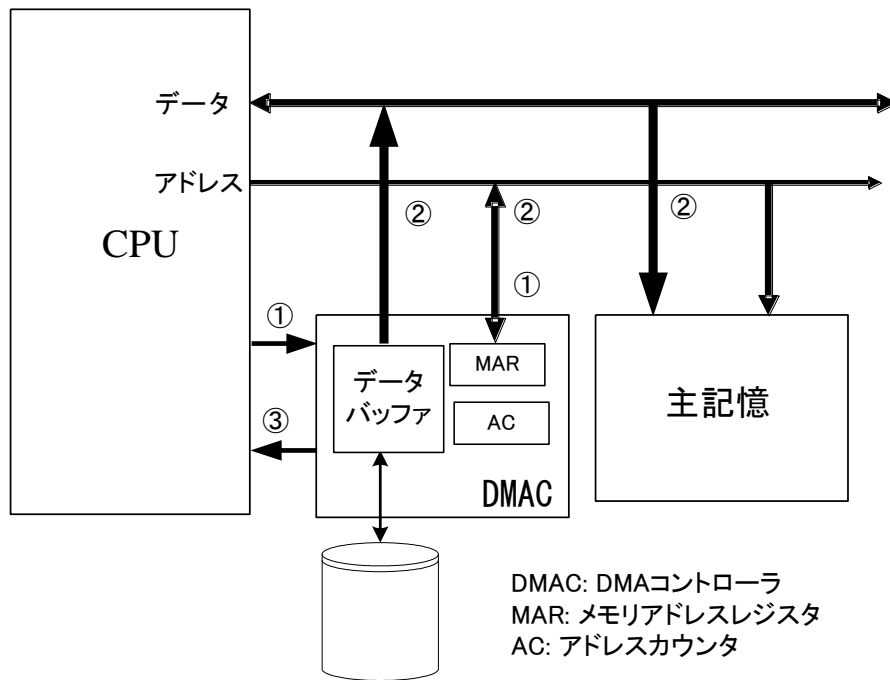


- 集中型アービタ不要。簡単
- × 優先度がCPUに近い順で固定される

データ転送

- (1) 入出力専用命令を使ってデータ読み出した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)

DMA



①CPU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。

②CPU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。

③AC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。

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 ページフォールト 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	データ転送の後復帰 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

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