

# 電気・電子計測

【第13回】

## 第8章 デジタル計測制御システムの基礎

<http://cobayasi.com/keisoku/13th/13th.pdf>

# 今日の学習の要点

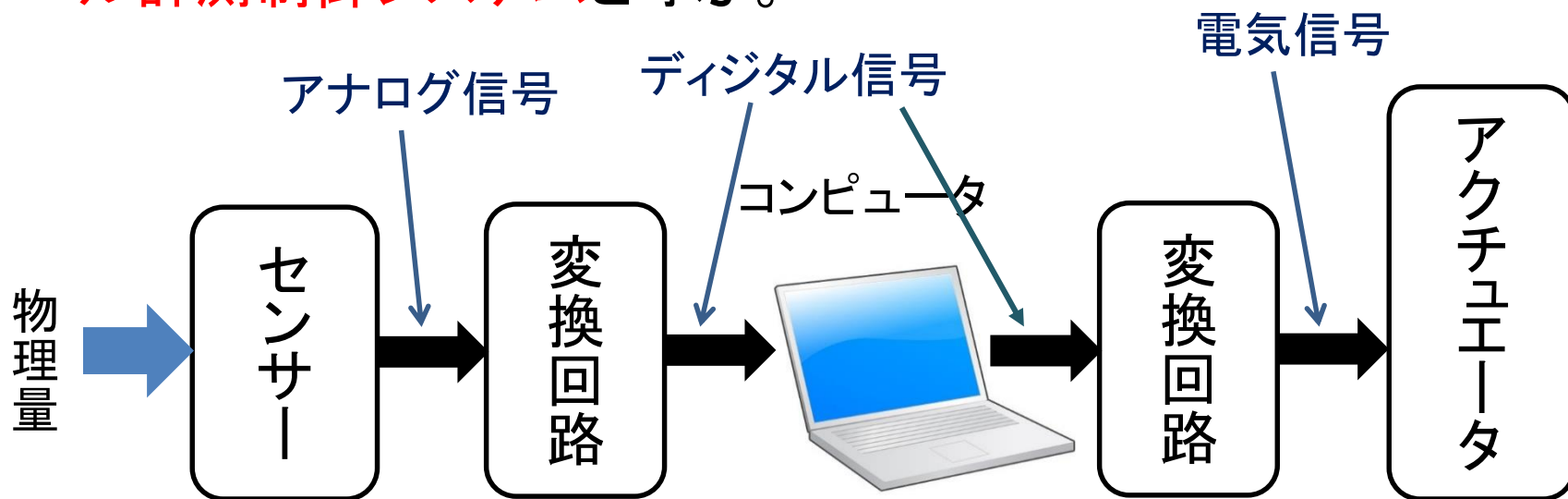
(テキストP85～P94)

1. 計算機の基本的なしくみを学ぼう
2. 外部機器とのデータのやりとりについて知ろう
3. 計算機によるデジタル計測制御システムの構成法

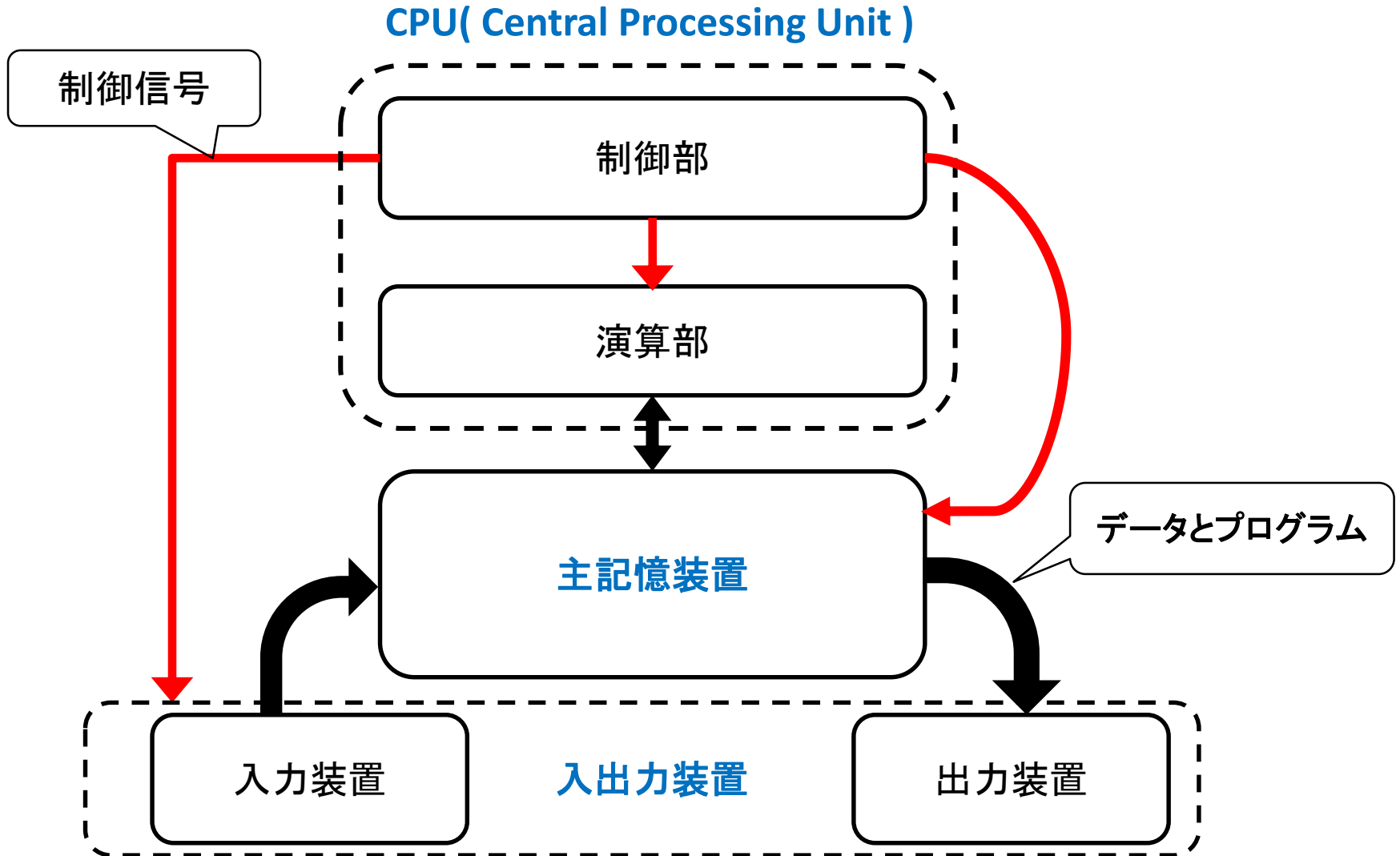
# 1. 計算機の基本的なしくみを学ぼう

## ● デジタル計測制御システム

センサから得た情報を、コンピュータへ数値化して入力できれば、この情報を様々に処理することができ、また、コンピュータからの数値情報を電気信号に変換できれば、モータなどのアクチュエータを制御することもできる。こうしたシステムを**デジタル計測制御システム**と呼ぶ。

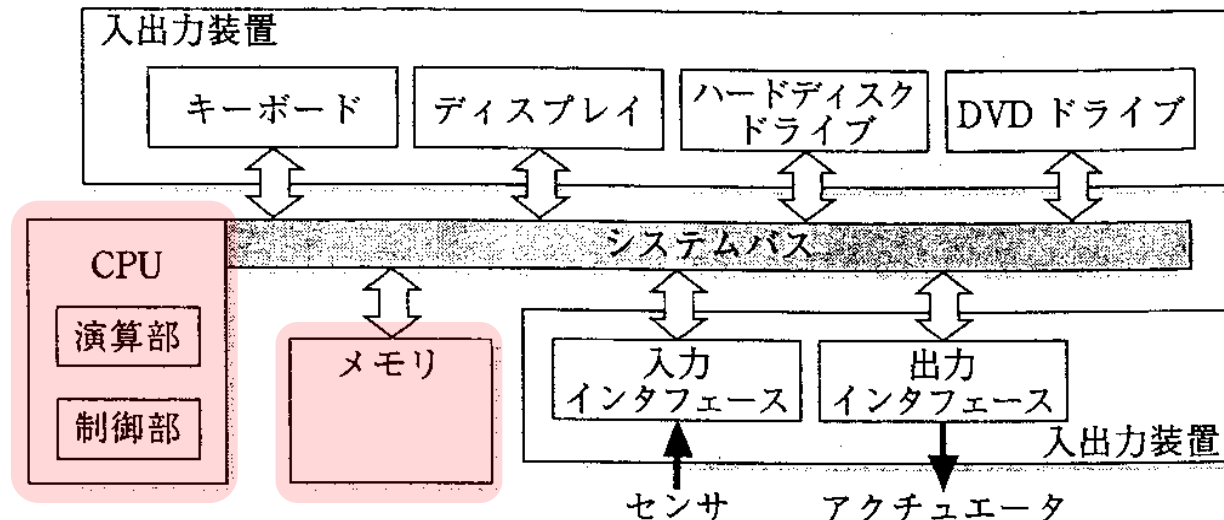


# 計算機の構成(五大)要素



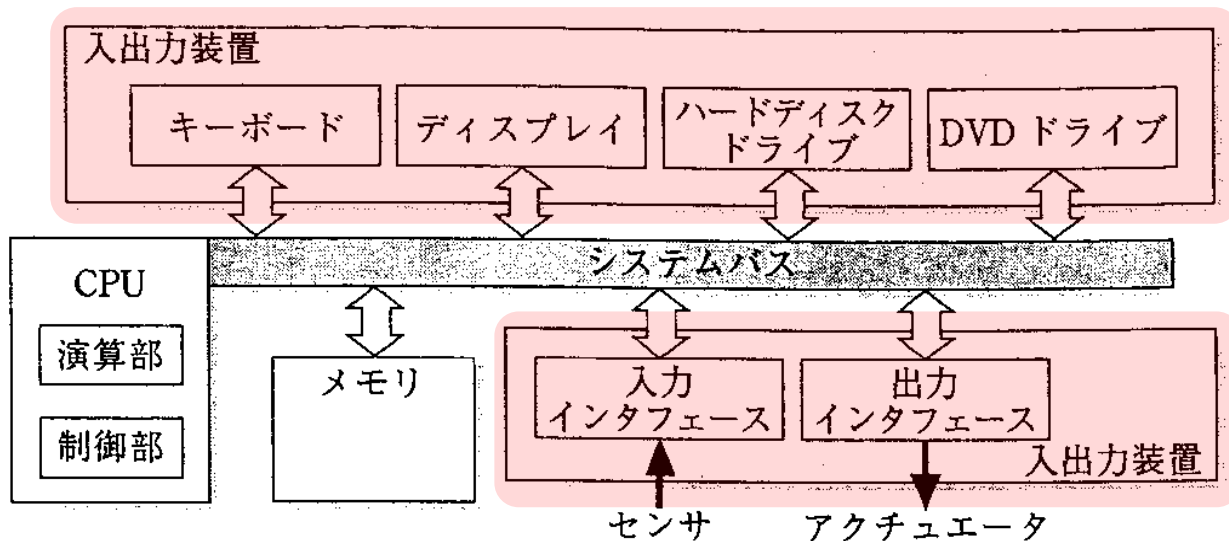
# [1] 計算機の構成要素

- 中央処理装置(CPU : Central Processing Unit)
- 制御部:プログラムの命令を解釈し、解釈した内容に従って他の装置を制御する
- 演算部:プログラムの命令に従って、データを演算処理する
- 主記憶装置(メモリ):データやプログラムを保存する



● 図 8・1 計算機の構造 ● (教科書P86)

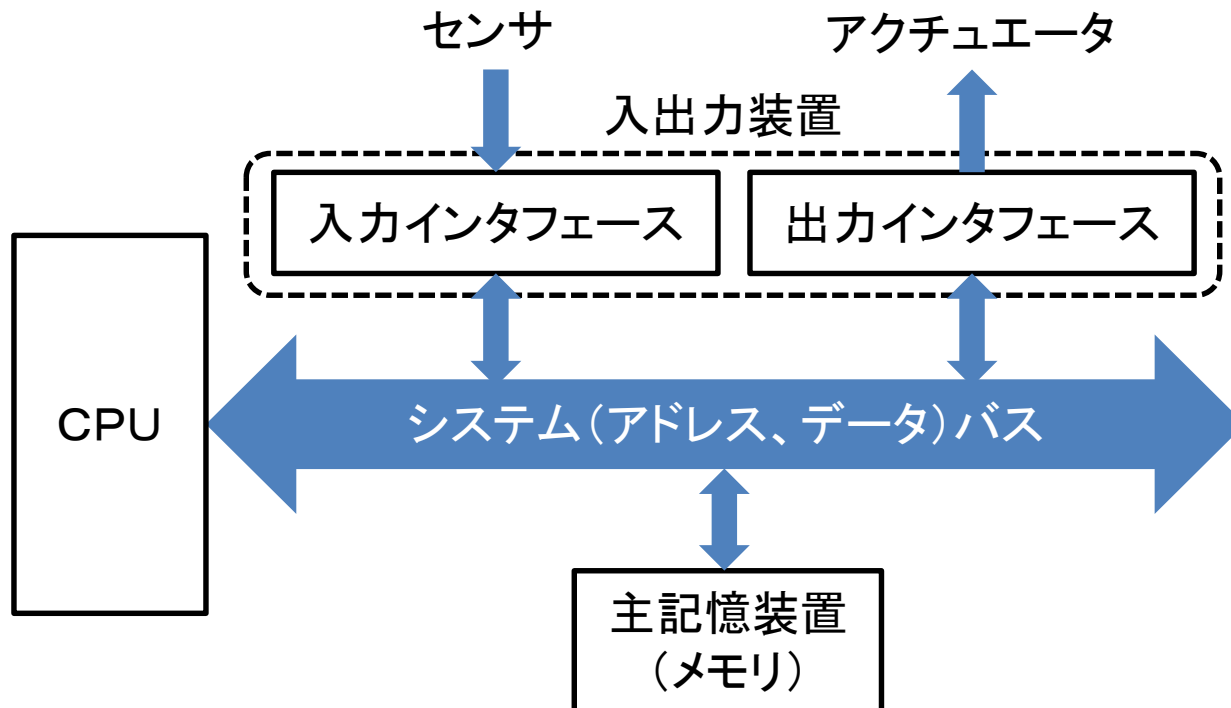
- 入出力装置：データを入出力する装置全般
  - 入力装置（キーボードやマウスなど）  
計算機へデータやプログラムを入力する
  - 出力装置（ディスプレイ、プリンタなど）  
処理されたデータを出力する
  - 外部記憶装置（ハードディスクや光ディスク装置など）  
計算機から出力したデータを保存し、保存したデータを計算機本体に入力する



● 図 8・1 計算機の構造 ● (教科書P86)

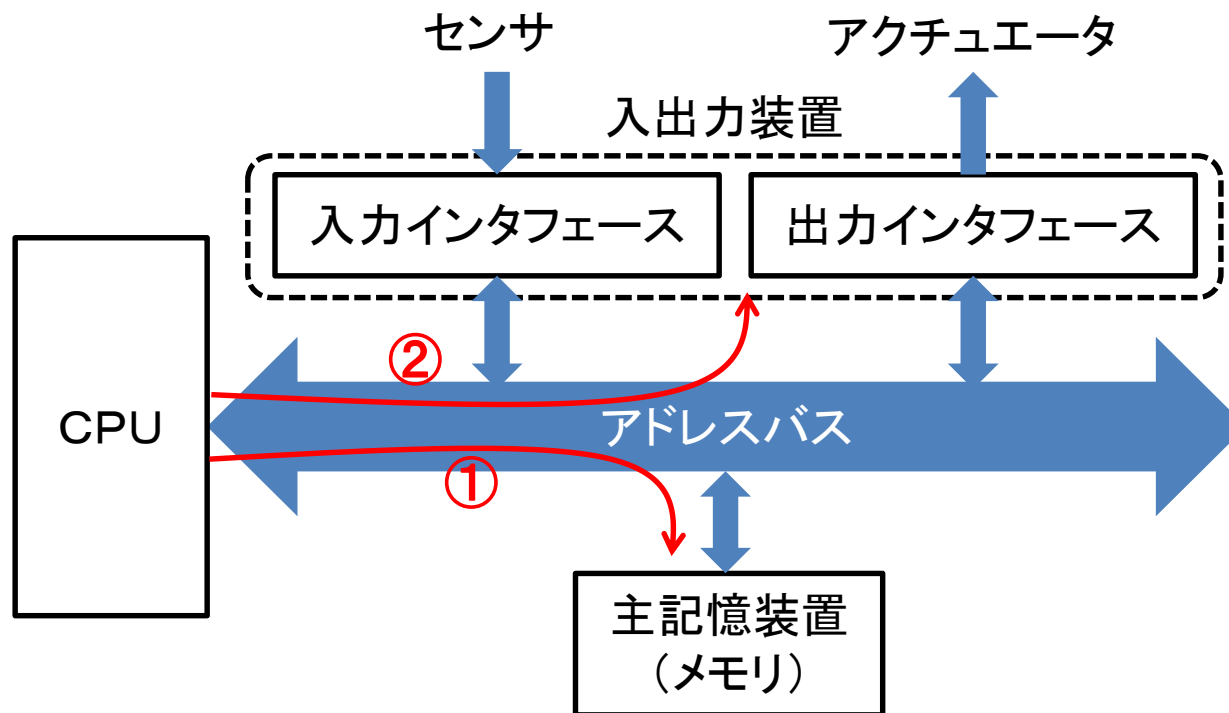
## [2]システムバスと番地(アドレス)

- CPUや入出力装置などの計算機の各要素の間で、データやプログラムを転送するには、**システムバス**を使用する
- システムバスは、アドレスを指定するために使用する**アドレスバス**とデータ転送に使用する**データバス**から構成されている(アドレス数やデータ数は、CPUによって異なる)



CPUが、メモリや入出力装置とデータをやり取りするときには、

- ① メモリ内のデータの記憶場所を、アドレスとして指定する
- ② 入出力装置のデータの送受信場所(入出力ポート)を、アドレスとして指定する



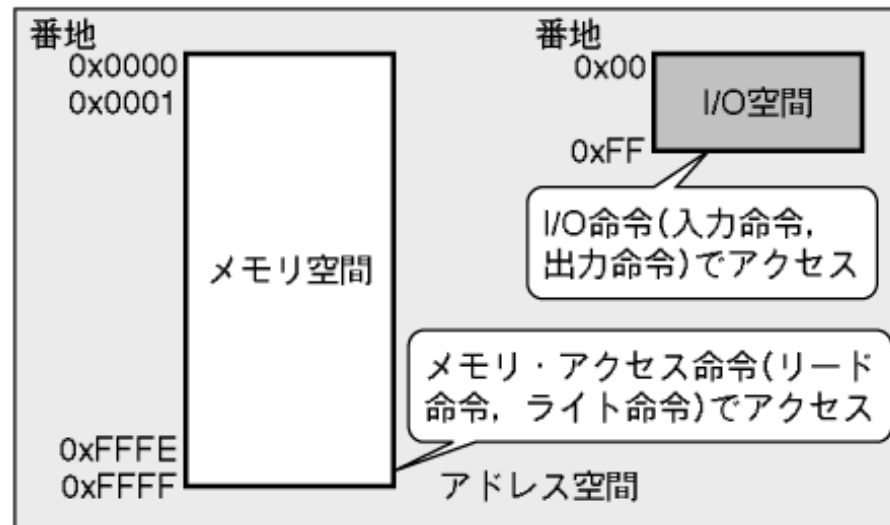


# ● CPU-入出力装置のデータのやり取り

## • I/O mapped I/O (またはPort mapped I/O)

入出力のための**専用命令 (IN/OUT命令)**と**専用信号**を使って、**メモリ空間 (メモリとやり取りするためのアドレス領域)**とは**別のアドレス空間**からシステム (データ) バスに直結されている入出力装置を制御する

入出力装置を制御するアドレス空間とメモリのアドレス空間が異なるために、CPUのアドレス空間のすべてをメモリ空間として使用できる



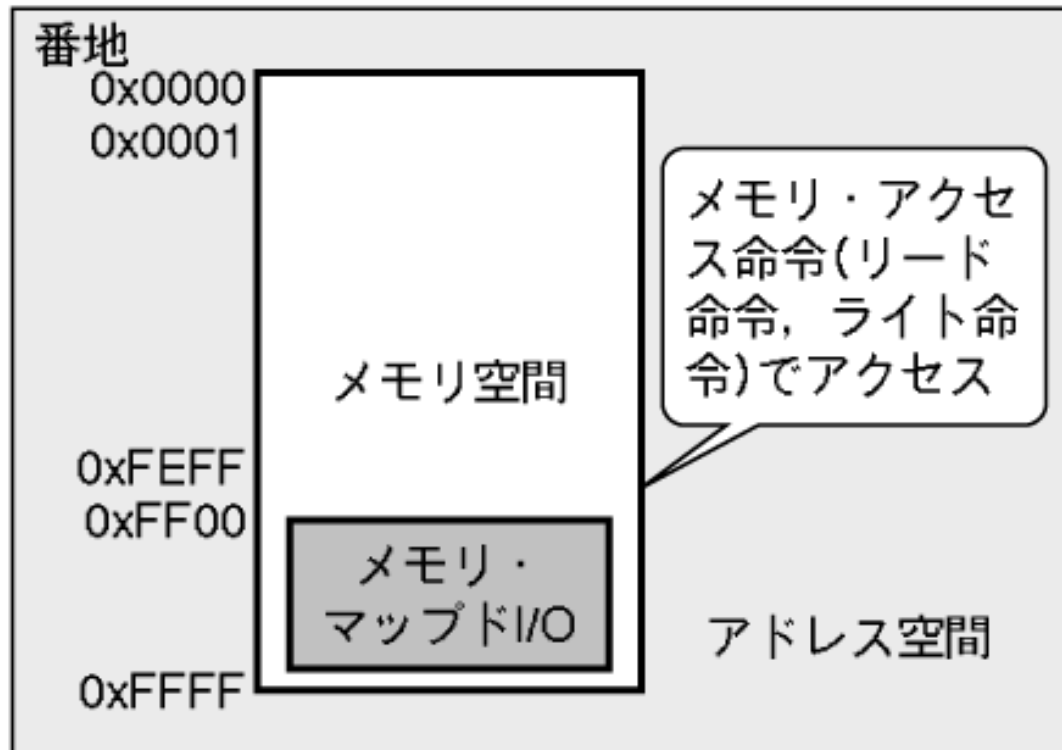
I/O mapped I/O (またはPort mapped I/O) の仕組み

現在主流

- Memory mapped I/O

メモリと同じアドレス空間から、入出力装置を制御する。メモリのread/write命令を入出力装置のデータ転送に使用する。

入出力装置を制御するために特別な命令を使用しないため、CPUの回路が簡略化でき、高速化や低価格化が容易である。



Memory mapped I/Oの仕組み

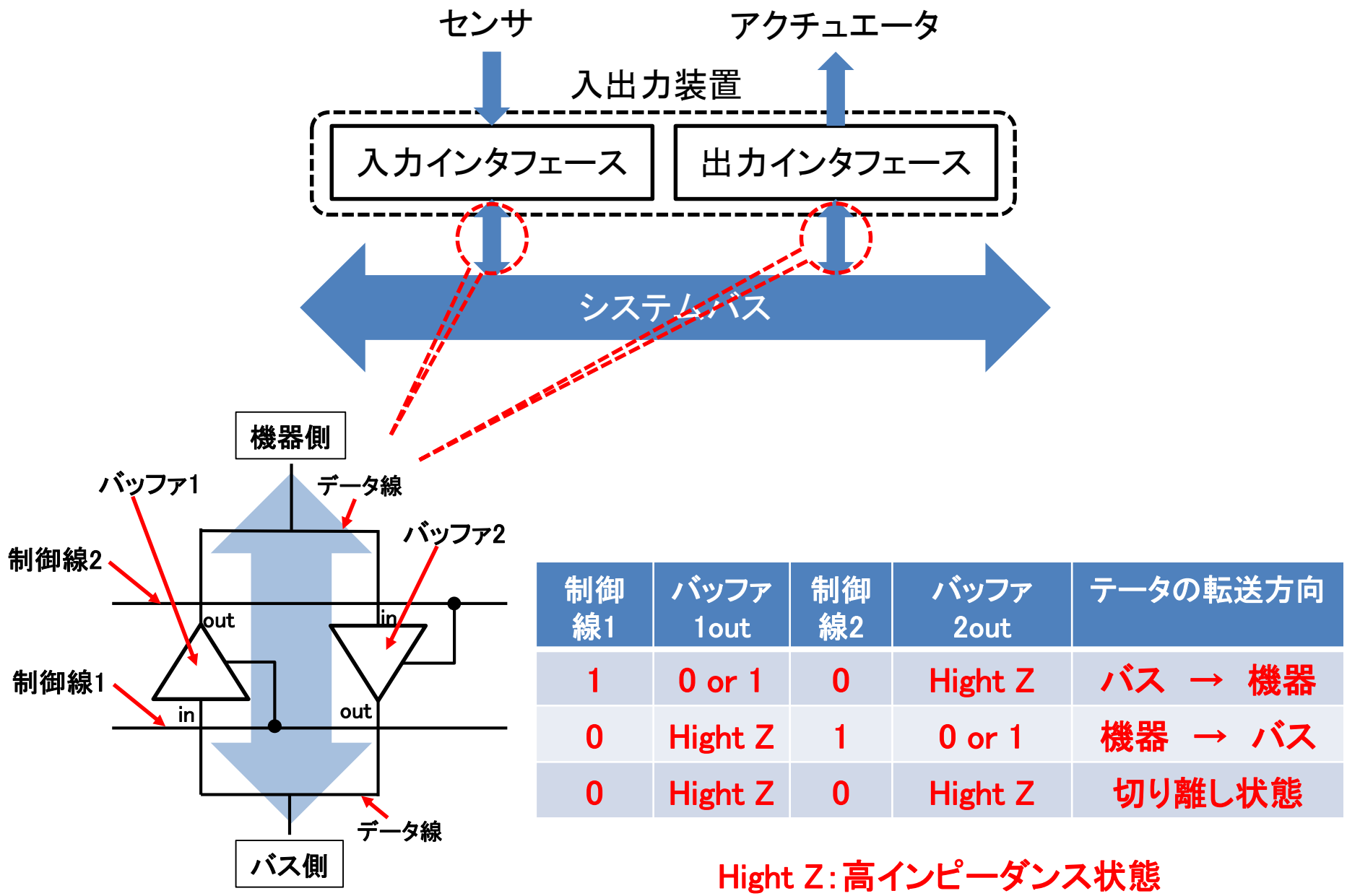
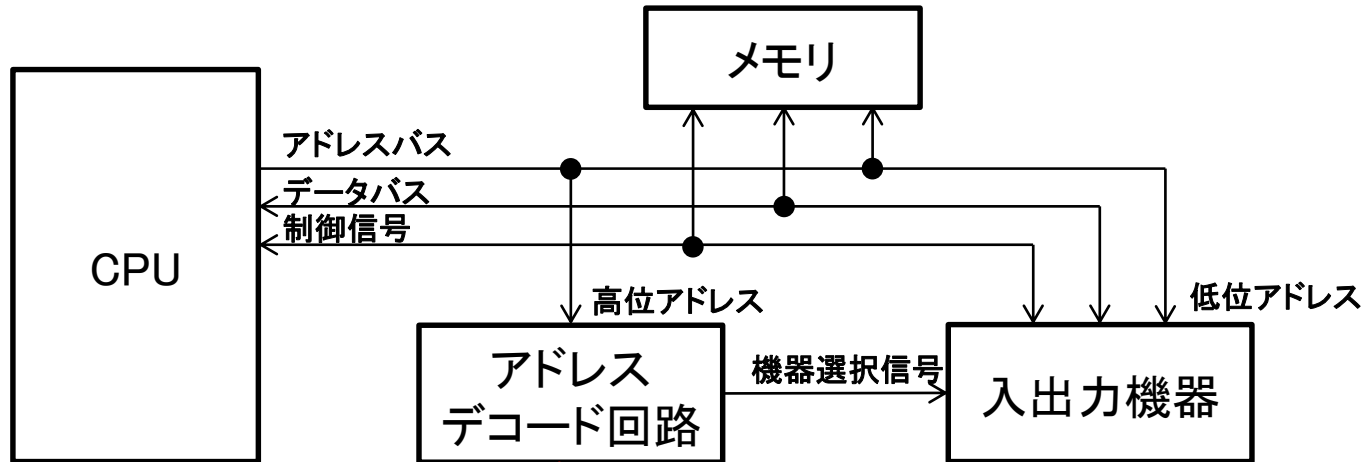


図8・2 3(three)ステートバス

# [3]データのやり取りの仕組み



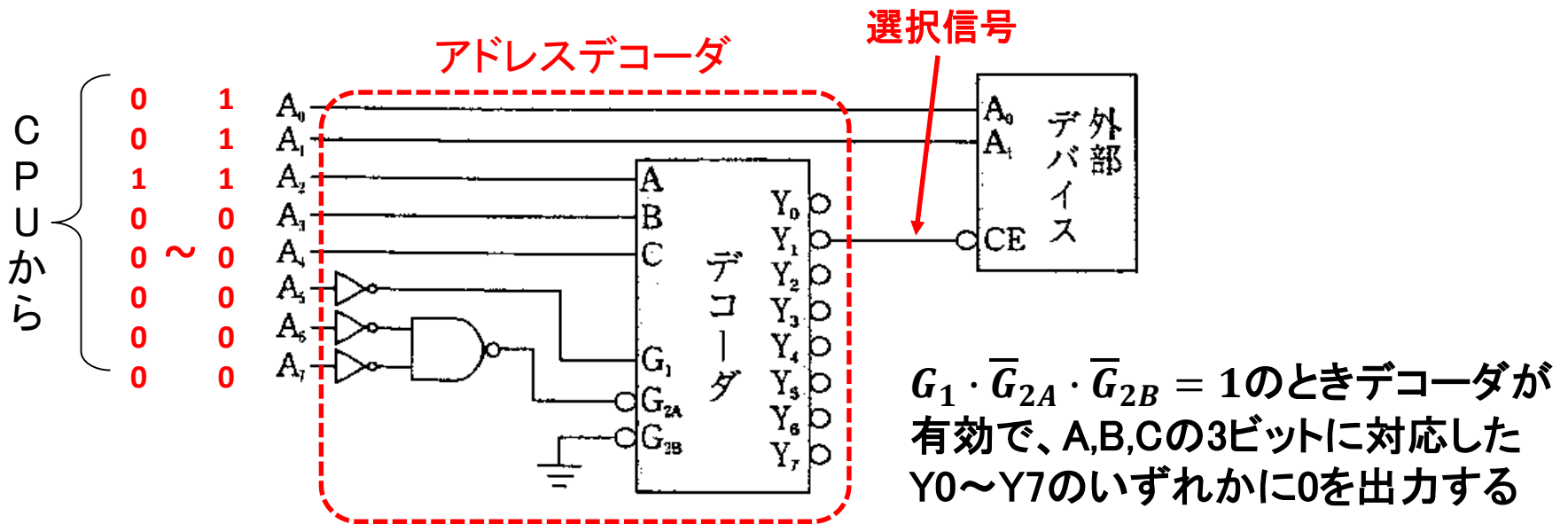
アドレスを復号して機器の選択信号を出力する

表8・1 制御信号 (教科書P88)

記号	信号名	内容
$\overline{AS}$	アドレス・ストロブ	アドレスバスに有効なアドレスが出力されていることを示す
$R/\overline{W}$	リード・ライト	データ転送が読出し(リード)なのか? 書込み(ライト)なのか?を示す
$\overline{DTACK}$	データ転送アクノリッジ	外部デバイスがデータを読み出し(リード)、または書き込み(ライト)できる状態にあるかを示す
$\overline{INT}$	割込み要求	外部デバイスが割込み要求することを示す

外部デバイスのアドレス空間が、CPUのアドレス空間よりも小さいときには、アドレスデコーダにアドレスの一部を入力し、ある特定のアドレスが指定したときに、外部デバイスにアクセスできるようにする

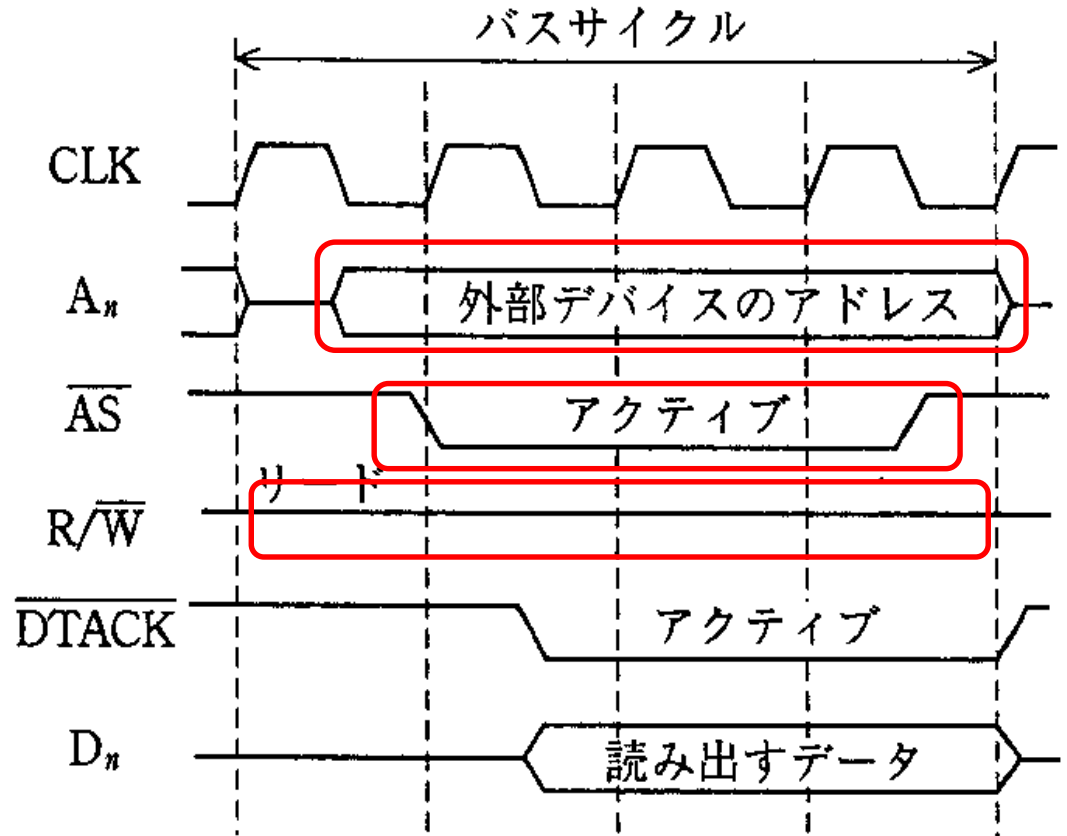
例えば、外部デバイスの動作するアドレスの範囲を、CPUのアドレス空間の04H(A0=0,A1=0,A2=1,A3=0,A4=0,A5=0,A6=0,A7=0)~07H(A0=1,A1=1,A2=1,A3=0,A4=0,A5=0,A6=0,A7=0)に割り当てた場合は、以下のような回路になる



● 図 8・4 デコード回路の構成例 ● (教科書P89)

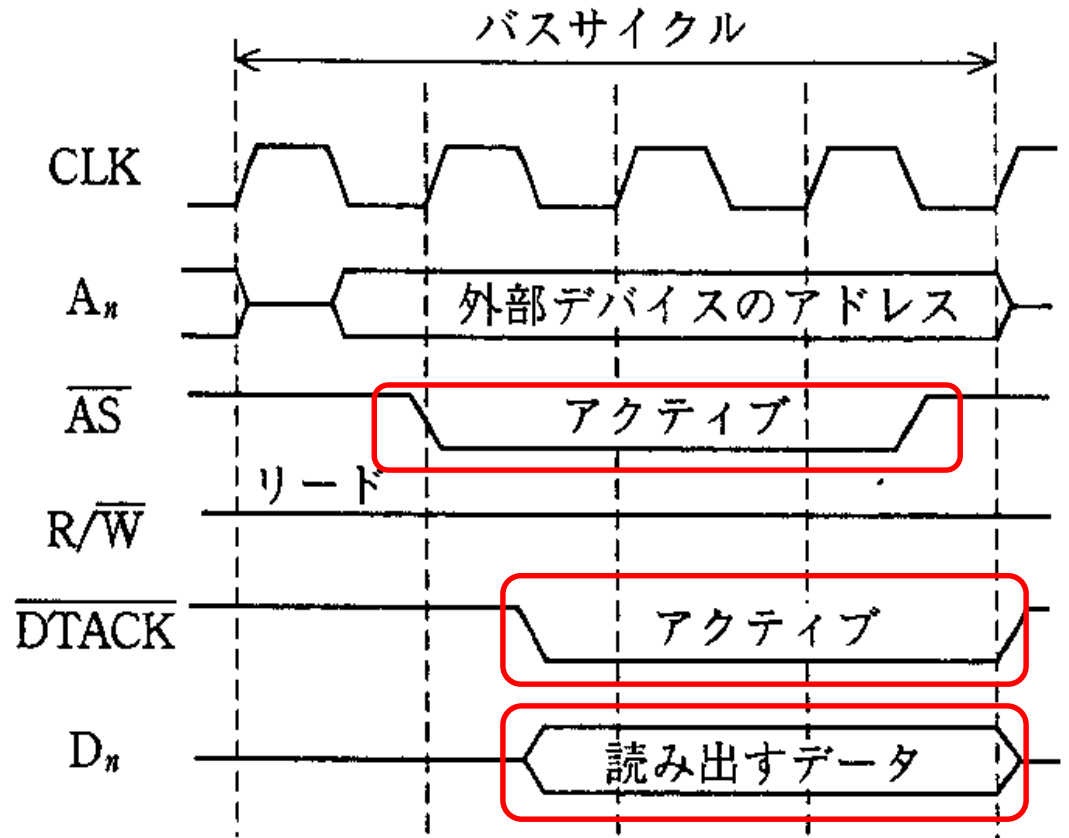
# ● データを外部デバイスから読み出すときのタイミング

- ① CPUが $R/\overline{W}$ 信号を  
出し(=1)にする。アドレ  
スバスに外部デバイス  
のアドレス  $A_n$  を送出し、  
 $\overline{AS} = 0$ にして有効な  
アドレスであることを、  
外部デバイスに通知  
する。



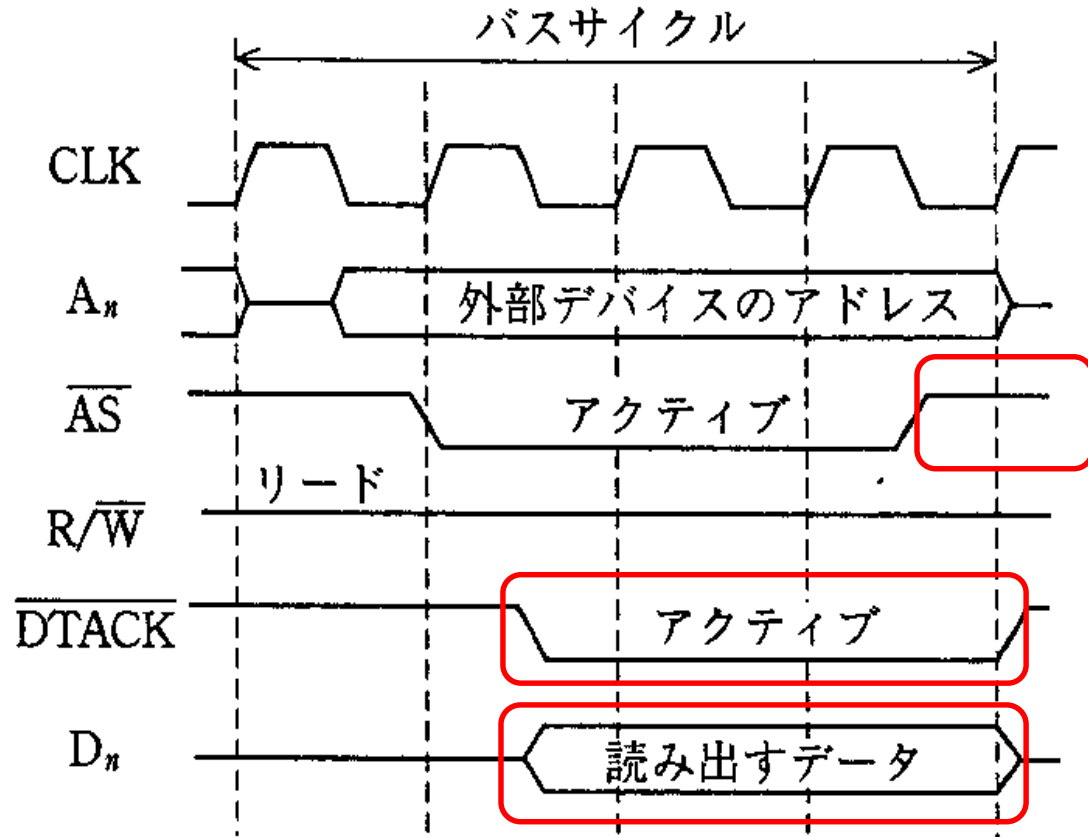
● 図 8・5 データ読み込みのタイミングチャート ●  
(教科書P89)

- ② 外部デバイスは、 $\overline{AS} = 0$ であることから、アドレスをデコードして、自らが選択されたかを知る。選択された外部デバイスは、**データバスにデータを送出**すると同時に、 $\overline{DTACK} = 0$ にしてCPUにデータが存在していることを通知する。



● 図 8・5 データ読み込みのタイミングチャート ●  
(教科書P89)

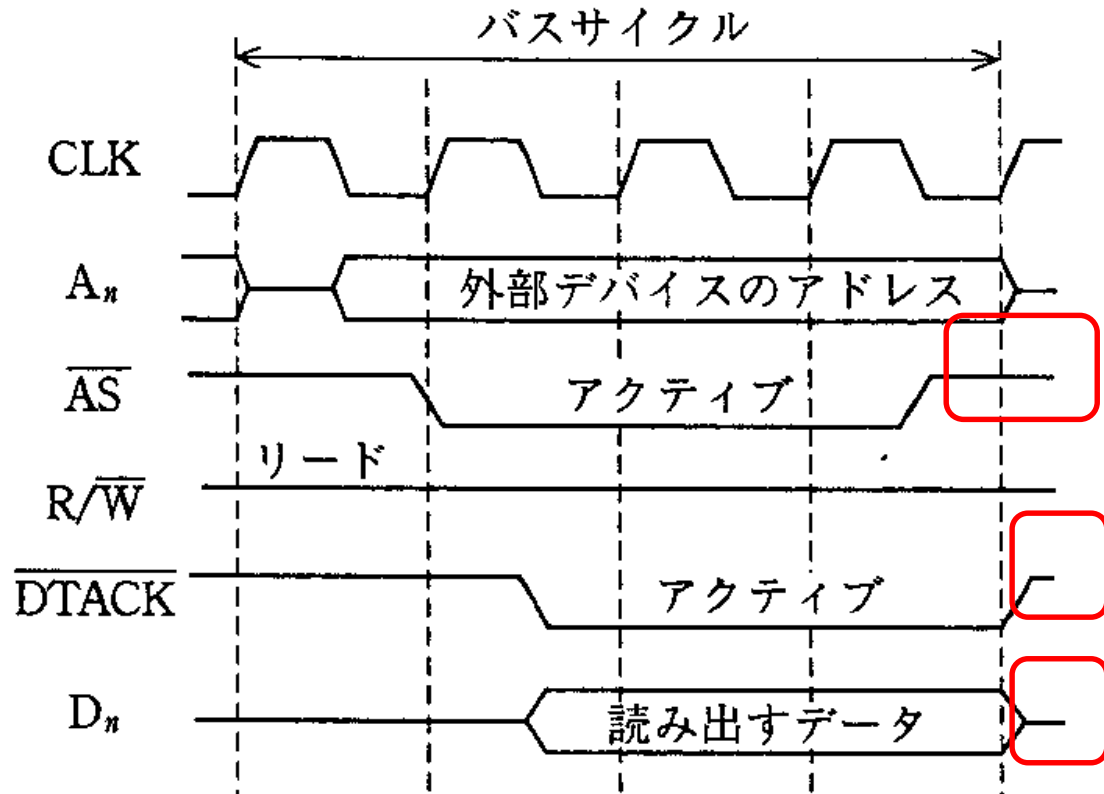
- ③ CPUは、 $\overline{DTACK} = 0$ であることを確認して、**データを読み込む。**  
その後、 $\overline{AS} = 1$ にしてデータ読み込み作業を終了する。



● 図 8・5 データ読み込みのタイミングチャート ●  
(教科書P89)



- ④ 外部デバイスは、 $\overline{AS} = 1$ であることを確認して、**データ送出手を止め**、 $\overline{DTACK} = 1$ にして作業を終了する。



● 図 8・5 データ読み込みのタイミングチャート ●  
(教科書P89)

このような方法で、データをやり取りすることを  
**非同期通信(ハンドシェイク)方式**という

## 2. 外部機器とのデータのやりとりについて知ろう

非同期通信(ハンドシェイク)方式 → CPUの稼働率が低い

ポーリング方式、割込みに基づく方式 → CPUの稼働率が高い  
(データの発生と同時に読出しできる方式)

### [1]ポーリング方式

外部機器のデータ送出手の準備ができると、インタフェース回路内のレジスタに、そのことが通知される。CPUからはレジスタの番地を送出して、逐次、準備されたデータを読み出す。

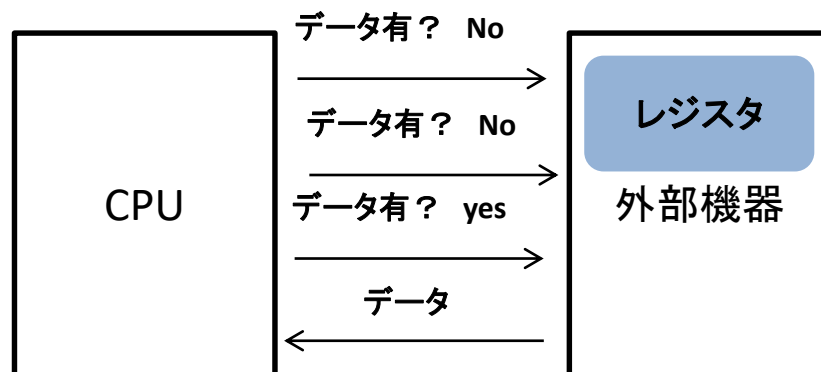


図8・6 ポーリング方式の概要(教科書P90)

## [2] 割込みに基づく(データ読出し)方式

### ① 割込み信号の発生

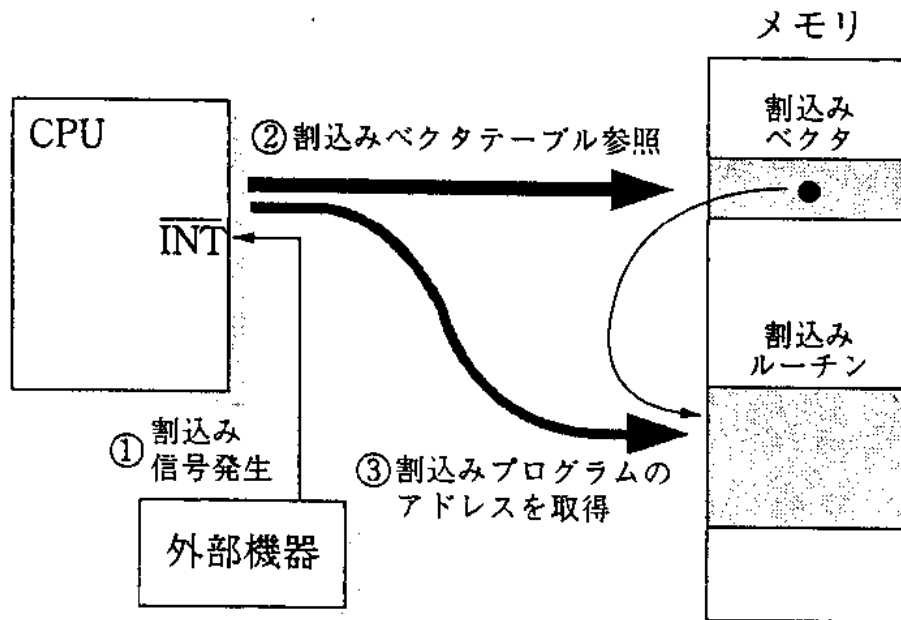
外部機器は、データ送出の準備ができると、割込み信号を発生させてCPUに知らせる

### ② 割込みベクタテーブル参照

CPUは、割込み信号を受け取ると、メモリ上の割込みベクタテーブルに書かれている、データ読出し用の割込みルーチンの開始アドレスを調べる

### ③ 割込みプログラムのアドレス取得

割込みルーチンの開始アドレスに従って割込みルーチンを実行する



● 図 8・7 割込み処理の概要 ● (教科書P91)

# [3]DMA( Direct Memory Access )による高速転送

CPUを介さずに、外部機器とメモリの間でデータ転送する。  
DMAコントローラ(DMAC)と呼ばれる専用回路を使用する。

## ● DMACの動作

- ① DMACは、データ転送に必要な命令(入出力命令)や情報(データの先頭アドレス、データ数など)をCPUから受け取り、入出力装置を起動させる
- ② DMACは、外部機器とメモリの間で高速にデータを転送する
- ③ データ転送の完了を、CPUに対して割り込み処理として通知する

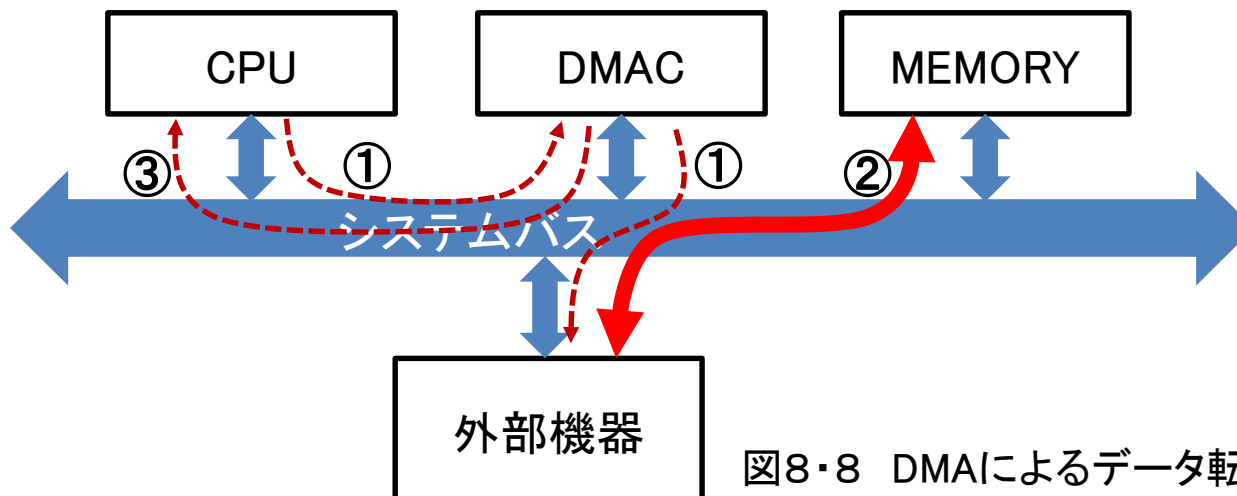


図8・8 DMAによるデータ転送(教科書P92)

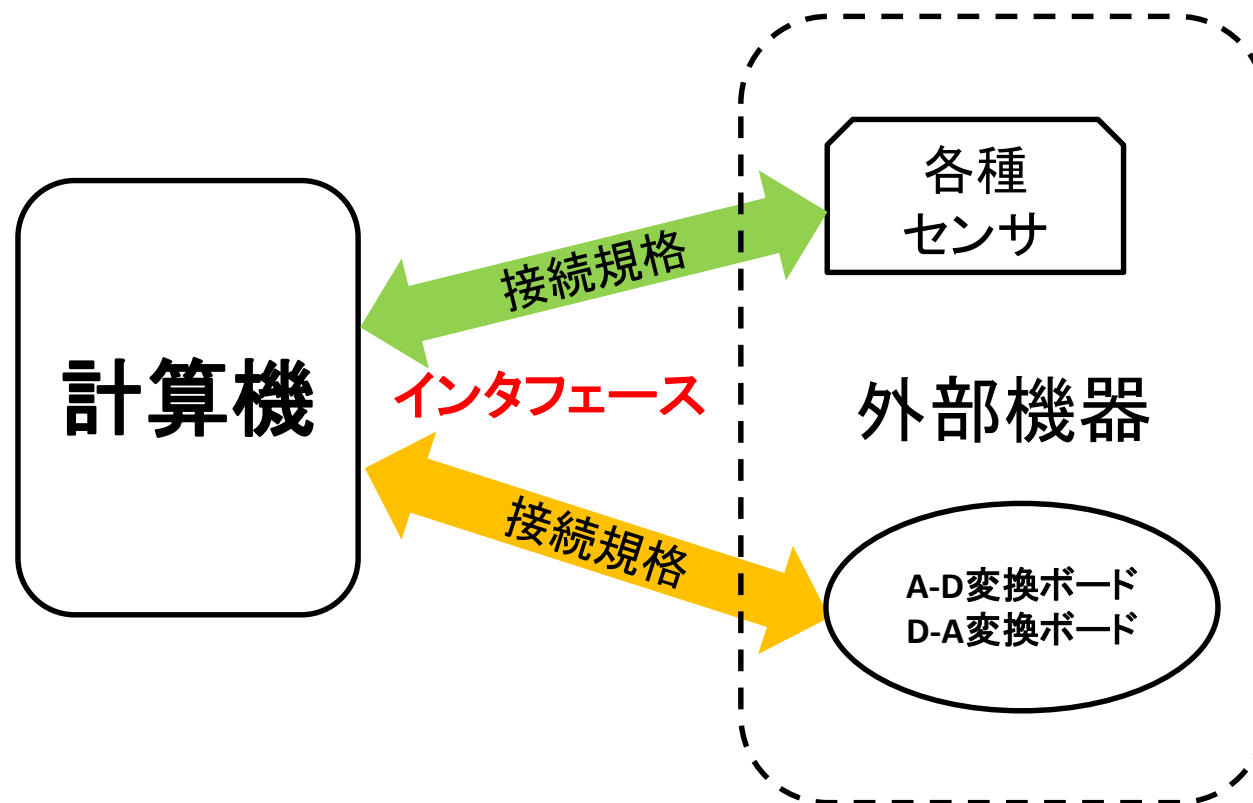
DMAでは、データ転送にソフトウェアを使わないので、高速にデータを転送することが可能であるが、ソフトウェアから指定したデータのサイズや回数で転送するため、細かいチェックができず、**単純なデータ転送**になる

## ● DMAの特徴

- データ転送にソフトウェアが介在しないため、他の転送方式と比較して**転送処理時間は短い**
- ソフトウェアによりDMAコントローラに対して**転送元、転送先、転送サイズ**を指定する必要があるため、少量のデータ転送時はトータル時間がPIO(Port mapped I/O)転送より遅くなることもある
- DMAコントローラが転送処理を行うため、**ソフトウェアはより多くのメイン処理を実行できる**

### 3. 計算機によるデジタル計測制御システムの構成法

外部機器を接続するための接続規格(インタフェース)がある  
→ USBやIEEE1394など



# インタフェースの種類

## <有線インタフェース規格>

- USB(Universal Serial Bus)  
一番よく使われているインタフェースで、USBハブを使って最大127台接続可能。  
ホットプラグ機能(電源を入れたまま抜き差し可能)がある。  
USB2.0(480Mbit/s),USB3.0(5Gbit/s),USB3.1(10Gbit/s)
- IEEE1394(FireWire,i.LINK)  
USBよりも転送速度が速いので、デジタルカメラやビデオなどで利用されている。  
最大で63台接続可能。ホットプラグ機能(電源を入れたまま抜き差し可能)がある。  
拡張規格:IEEE1394a(FireWire400:400Mbps),IEEE1394b(FireWire800:800Mbps)
- シリアルATA  
光ディスクなどの周辺機器をPC本体内部で接続するための高速インタフェース。  
ホットプラグ機能(電源を入れたまま抜き差し可能)がある。
- SCSI  
ハードディスクやプリンタなどをPC本体と外付接続するためのインタフェース。  
現在は、USBに置き換わっている。
- IDE  
光ディスクなどの周辺機器をPC本体内部で接続するためのインタフェース。  
現在は、シリアルATAに置き換わっている。

# ＜無線インタフェース規格＞

- Bluetooth

電波を使って、数十メートルの距離で対応機器を接続する。  
スマートフォンやゲーム機器でも利用されている。

ver.5(2Mbps)

- IrDA(Infrared Data Association)

赤外線を使って、数メートルの距離で対応機器を接続する。  
スマートフォンなどでも利用されている。

IrDA DATA1.4(16Mbps)



# 計算機を用いたデジタル計測制御システムの利点

- デジタル信号(データ)は、伝送や処理の過程で雑音などの**外来の影響を受けにくく、安定している**
- デジタル信号(データ)は、メモリやディスクなどの記憶装置に**保存しやすく、読出し易い**。また、保存や読み出すときの誤りについても、信号を再生しやすい。
- デジタル信号(データ)は、プログラムを使って様々な形(データ)に変更することができる。このことで、用途に応じて計測制御システムの**取扱いを容易に変更**することができる。

## 【問題1】

計算機の構成要素で、役割が「プログラムの命令を解釈し、その内容に従って、他の構成要素を制御する」である装置を何と呼ぶか？ 次のa.～c.より選べ

- a. 主記憶装置
- b. CPU
- c. 入出力装置

## 【問題2】

計算機の構成要素間で、データやプログラムを転送するための通路を何と呼ぶか？ 次のa.～c.より選べ

a. アドレスバス

b. データバス

c. システムバス

### 【問題3】

計算機のシステムバスと入出力装置の間に使われ、入出力装置とシステムバス間のデータ転送の制御するための通路を何と呼ぶか？ 次のa.～c.より選べ

- a. 3(スリー)ステートバス
- b. データバス
- c. システムバス

## 【問題4】

3(スリー)ステートバスで、入出力装置をシステムバスと切り離れた状態にするには、3ステートバスのバッファの出力端子(out)をどのようにすれば良いか？次のa.~c.より選べ

a. ハイ・レベル(1)

b. ロー・レベル(0)

c. ハイ・インピーダンス(Hi-Z)

## 【問題5】

CPUが、入出力装置とデータをやり取りする方式で、「メモリと同じアドレス空間の一部を使って、入出力装置へのデータを転送する。メモリのリード・ライト命令を入出力装置にも利用する」こうした方法を何と呼ぶか？ 次のa.～c.より選べ

- a. I/O mapped I/O
- b. Port mapped I/O
- c. Memory mapped I/O

## 【問題6】

CPUを介さずに、外部機器とメモリの間でデータをやり取りする転送方式を何と呼ぶか？ 次のa.～c.から選べ。

a. ポーリング方式

b. 割込み方式

c. DMA方式

## 【問題7】

DMA方式で、メモリと外部機器の間でデータ転送するとき  
に使用するDMAC(DMA Controller)の動作を正しい順番に  
並べよ。

- 2 a. DMACは、外部機器とメモリの間で高速にデータを転送する
- 3 b. データ転送の完了を、CPUに対して割り込み処理として通知する
- 1 c. DMACは、データ転送に必要な命令(入出力命令)や情報(データの先頭アドレス、データ数など)をCPUから受け取り、入出力装置を起動させる



# 【問題8】 本日の提出課題

外部デバイスをCPUからの8ビット(A0~A7)のアドレスが0Ch~0Fh(16進数)で動作するようにデコード回路を設計せよ。下の回路図を完成させよ。

CPUからのアドレスを0Ch(A0=0,A1=0,A2=1,A3=1,A4=0,A5=0,A6=0,A7=0)~0Fh(A0=1,A1=1,A2=1,A3=1,A4=0,A5=0,A6=0,A7=0)に割り当てると、

