

機械知能工学科  
メカトロニクス総合

第13回

MC-13/Rev 16-1.0

# アナログデジタル変換

工学部 機械知能工学科

熊谷正朗

[kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp](mailto:kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp)

東北学院大学工学部  
ロボット開発工学研究室

**RDE**

# 今回の到達目標

---

## ○アナログデジタル変換の動作と選定

◇AD変換の方法を一つは説明できる。

- ・コンパレータ    ヒステリシスコンパレータ
- ・逐次比較型    フラッシュ  $\Delta \Sigma$  二重積分

◇変換時間、サンプルホールドについて

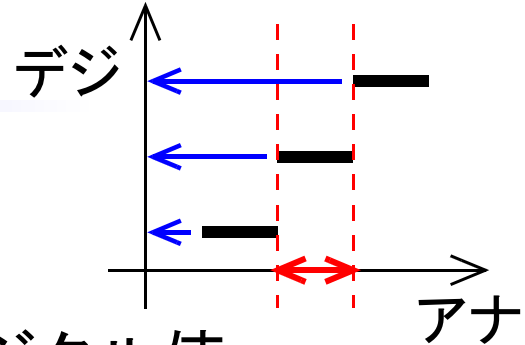
説明できる。

- ・変換を補助する回路と動作タイミング

◇AD変換の大まかな選定に目安をつけられる。

- ・目的に応じた性能の決定と選定

# アナログ電圧のデジタル化

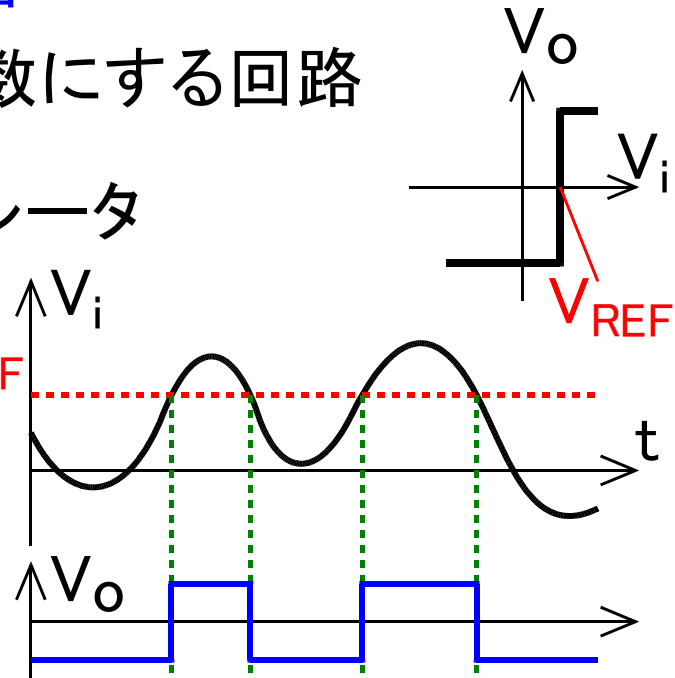
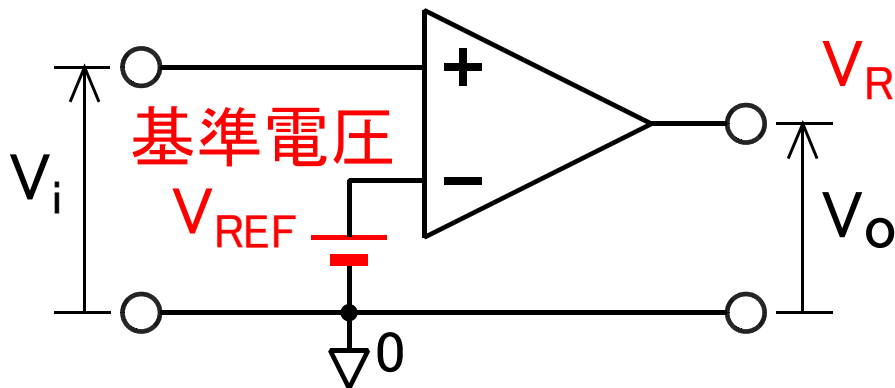


## ○基準との大小比較

◇ある電圧の範囲 → あるデジタル値

- ・電圧の比較判定回路
- ・比較した結果を2進数にする回路

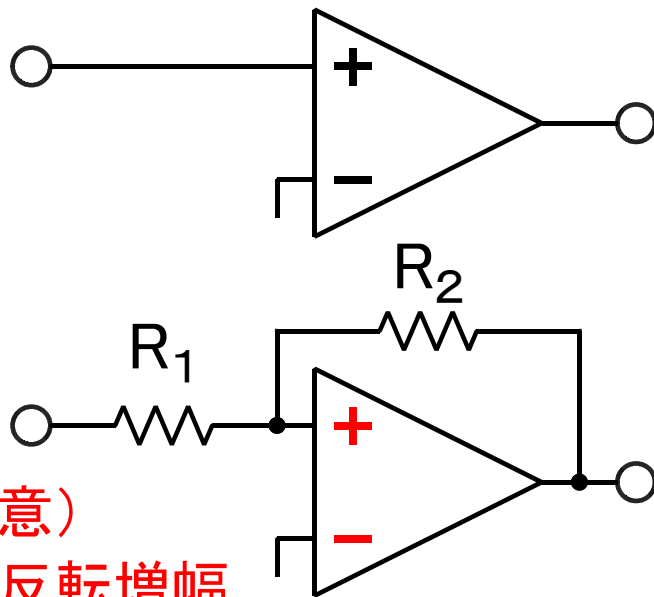
◇電圧比較回路:コンパレータ



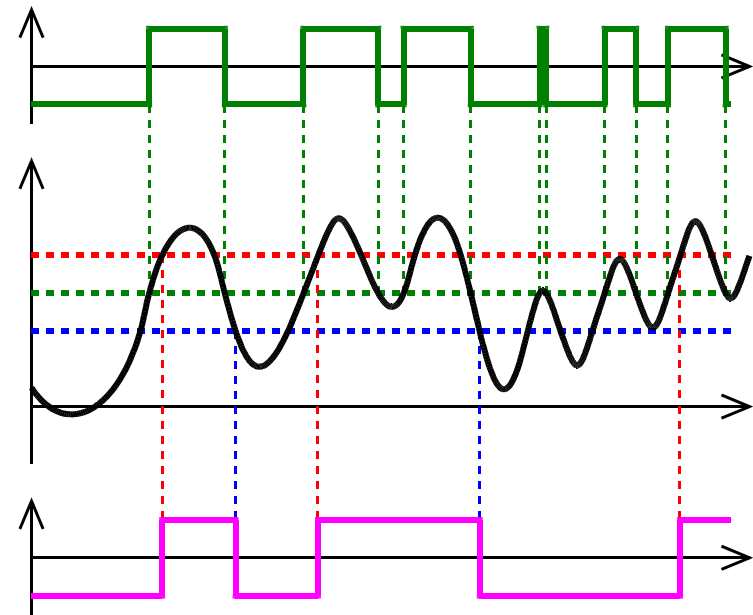
# 電圧比較回路：コンパレータ

## ○コンパレータ と ヒステリシスコンパレータ

- ◇コンパレータ： 一つの基準(しきいち)と比較
- ◇ヒステリシス～： 上下二つの基準



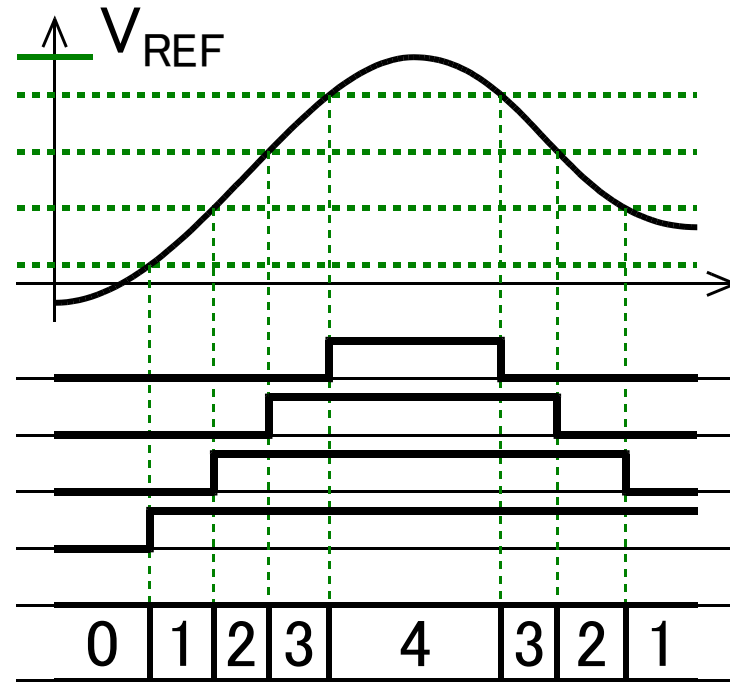
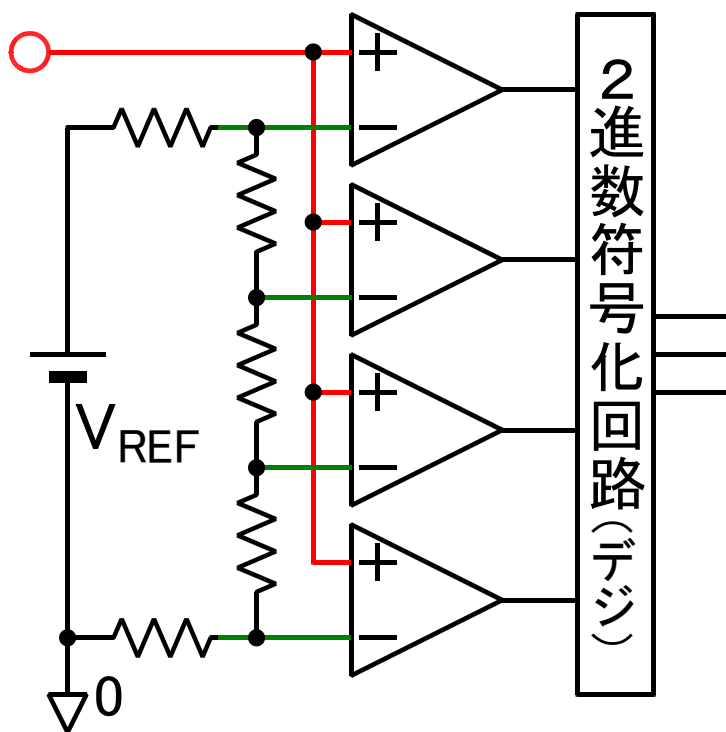
注意)  
≠反転増幅



# アナログデジタル変換：フラッシュ型

○一発で変換する高速型

◇抵抗による分圧＋多数の比較器＋符号化



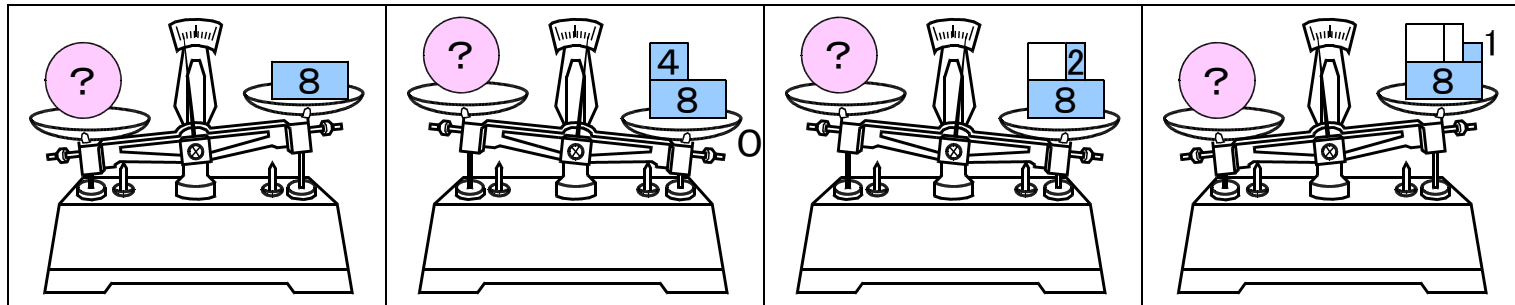
# アナログデジタル変換：逐次比較型

ちくじひかく

○上皿天秤的にデジタル値を決めていく

◇上皿天秤の方法(ただし2進数的)

- ・一番大きなおもりを載せ、対象がより重ければそのまま、対象が軽ければ除去
- ・次に重いおもりを載せて判定→つづく



8より大きい

→8+?

8+4より小さい

→+4は除去

8+2より小さい

→+2は除去

8+1より大きい

→結果8+1=9

# アナログデジタル変換：逐次比較型

## ○動作の経過イメージ

上下上上下下  
= 10110

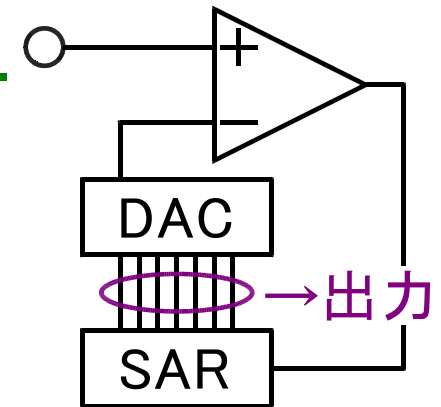
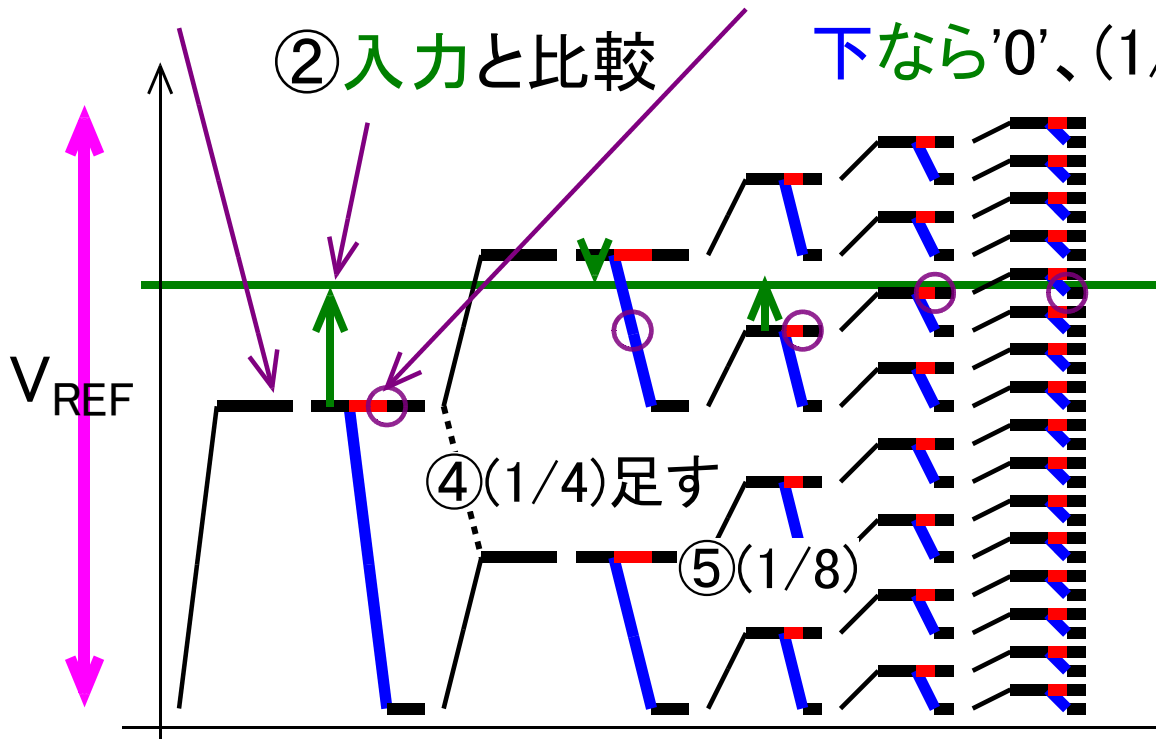
①  $V_{REF}$ の(1/2)を出す

③ 上なら'1'、電圧そのまま

② 入力と比較

下なら'0'、(1/2)を

なかったことに



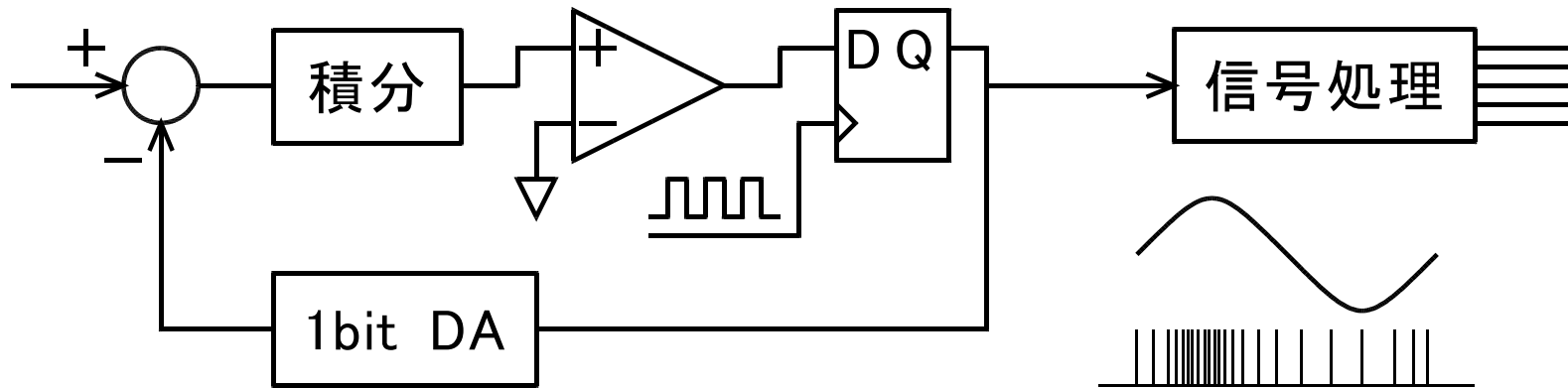
手順

# アナログデジタル変換： $\Delta \Sigma$ 型 ( $\Sigma \Delta$ ) でるた-しぐま

## ○1ビット出力+信号処理

◇変換結果は0/1の時間方向の密度に

- ・ **シンプル** → **高分解能 高精度にしやすい**
- ・ 0/1列から一般的な変換値(多ビット)にするために**デジタル信号処理が必要**。



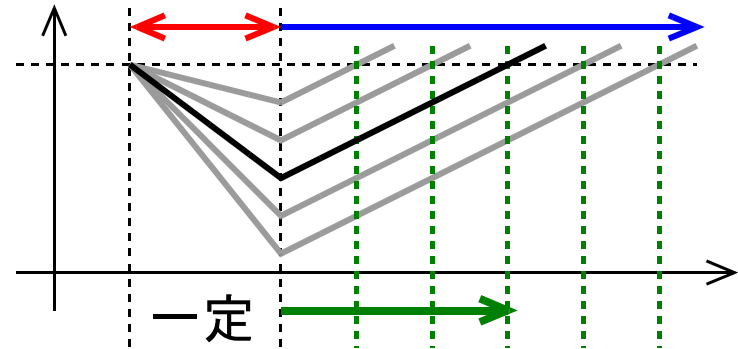
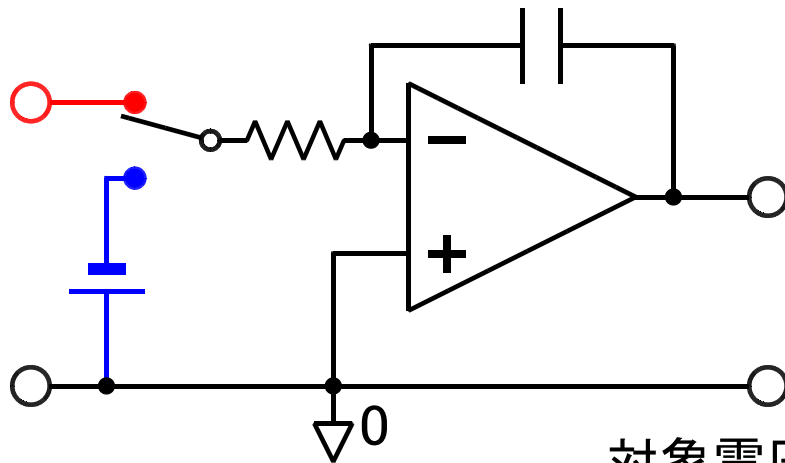


# アナログデジタル変換：二重積分

## ○積分回路→時間→時間カウント

### ◇動作の概要

- ・対象の電圧を一定時間積分する
- ・基準電圧(逆符号)で積分する → 時間測定



時間測定  $\propto$  入力電圧  
対象電圧  $\times$  一定時間 = 既知電圧  $\times$  測定時間

# アナログデジタル変換：方式比較

## ○方式ごとの利点欠点→用途

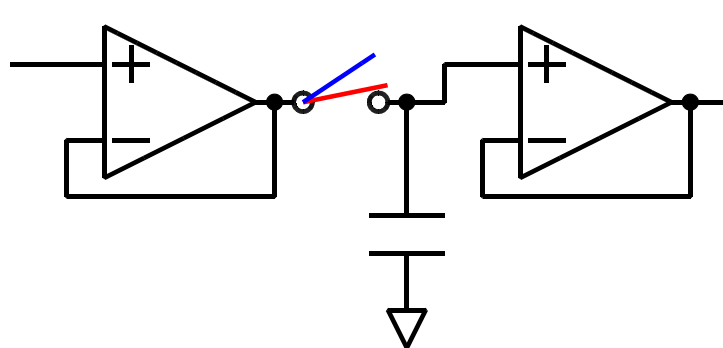
- ◇逐次比較 → 汎用；多くの用途、マイコン内蔵
  - 回路小＝コスト低      △ 変換時間( $\propto$ ビット数)
- ◇フラッシュ → 高速用途；映像、計測器
  - 超高速      × 回路規模( $\propto 2^N$ )
- ◇ $\Delta \Sigma$  → 計測、オーディオ等
  - 高分解能高精度      × 遅め、信号処理多
- ◇二重積分 → テスタ、メータ類
  - 積分の耐ノイズ性、高精度      × 遅い

# サンプルホールド回路(トラックホールド)

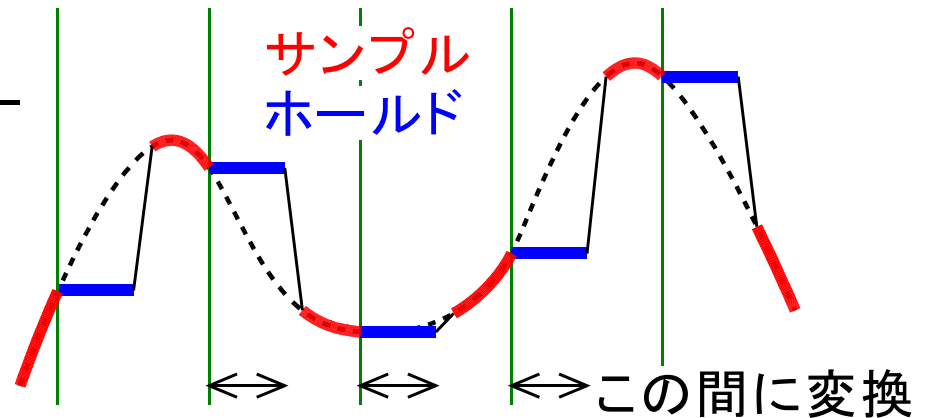
## ○変換中の電圧維持

### ◇AD変換には時間がかかる

- ・ 逐次比較は変換中に電圧が変わるとNG  
→ 変換中は電圧を一定に保つ仕掛け必要
- ・ サンプル: 入力追従    ホールド: 保持



SH回路原理

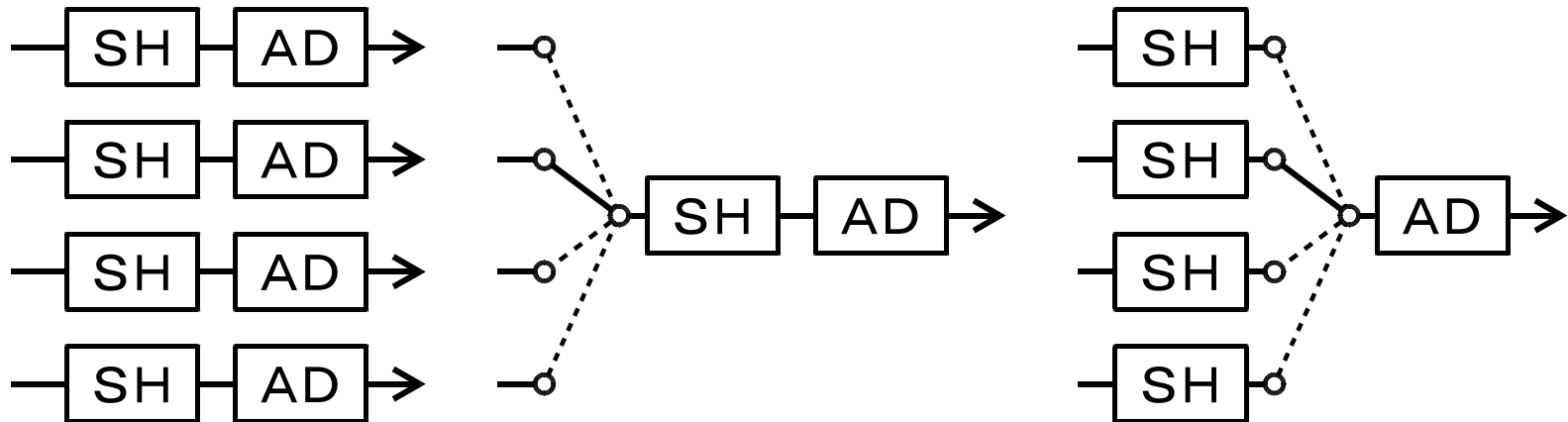


# マルチプレクサ（入力切替回路）

○複数のアナログ電圧を変換したい

◇二つの方針

- ・AD変換をたくさん並べる→高い
  - ・スイッチで切替ながら順次変換する→遅く
- ※SW→SH or SHで同時ホールド→SW

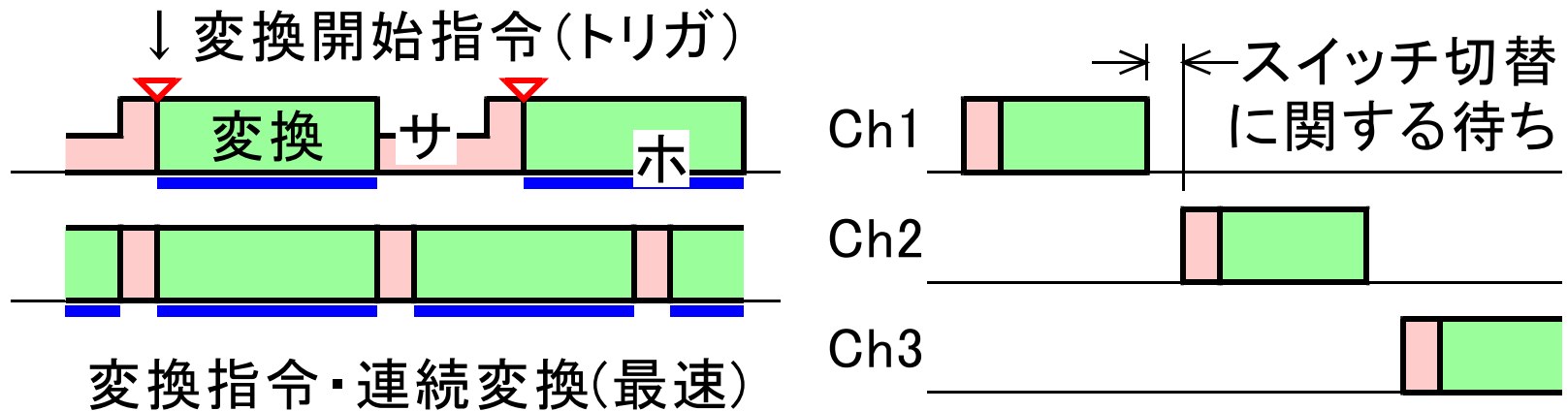


# アナログデジタル変換のタイミング

## ○サンプル+変換(+切り替え)

◇それぞれに最低限の時間が必要

- ・変換時間: ADそのものの所要時間
- ・サンプル時間: ホールド解除→追従
- ・スイッチ切り替えの時間(含むサンプル追従)



# アナログデジタル変換の選定

## ○変換したいものの仕様の確認

- ◇ **電圧範囲** → ADの選定(＋回路の設計)
  - ・ 何[V]～何[V]を変換したいか
  
- ◇ **分解能** = どのくらい細かく変換したいか → AD
  - ・ 電圧範囲[V] ÷ 細かさ[V] < 2のビット数乗
  - ・ **精度も要チェック** 分解能 ≠ 精度
  - ※有効桁数、一般に速度を上げると低下
  
- ◇ **変換の速度** → ADの選定
  - ・ 変換の周期、1秒あたりの変換数[Hz,sps]

# アナログデジタル変換の選定

## ○変換速度

### ◇サンプリング周波数 $f_s$ の決定

- ・目安: 測定したい信号の最高周波数の10倍
- ※含む: ある程度の波形 ; 正弦波なら4倍

### ◇チャンネル数の考慮

- ・AD並列式: Ch数の影響無し
- ・切替式: ADの性能  $\div$  (Ch数  $\times \alpha$ )

$\alpha$  : 1.1 ~ 1.5くらい; 切替にかかる時間

### ◇同時性の必要性の有無

# アナログデジタル変換の選定

## ○ものとしてのAD変換の種類

### ◇単独の装置（データロガー、デジタルオシロ）

- ・装置の仕様を確認、記憶容量も確認

### ◇パソコン接続型（USB接続・拡張ボード型）

- ・パソコン本体との絶縁の確認（一般に非絶縁）
- ・いずれも入力特性は要注意

### ◇マイコン内蔵AD変換器

### ◇単独のAD変換器(IC)

- ・回路設計の必要性、要電氣的配慮