

## 5. D/A変換, A/D変換

- アナログ量とデジタル量との変換

- D/A変換

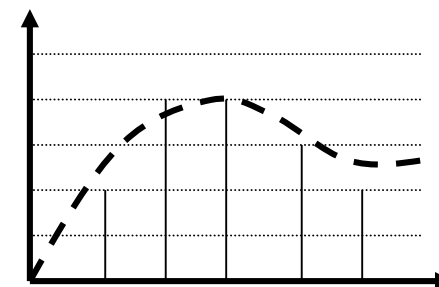
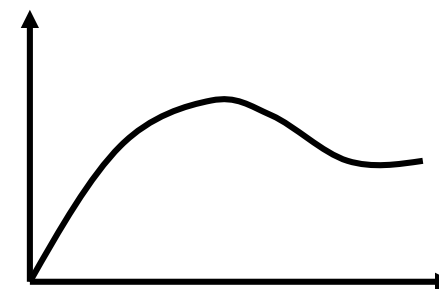
- ◆ デジタル→アナログ

- A/D変換

- ◆ アナログ→デジタル

- 講義で想定するデジタル量

- 非負整数の2進法表現



# 講義で想定する変換対象, 表現方法

- 変換対象のアナログ量

- 0以上の電圧

- ◆ (このような変換器はユニポーラ型という)

- 用いるデジタル表現

- 2進法

例. 3ビット

MSB: 最上位ビット  
(Most significant bit)

LSB: 最下位ビット  
(Least significant bit)

MSB		LSB
1	1	1
1	1	0
1	0	1
1	0	0
0	1	1
0	1	0
0	0	1
0	0	0

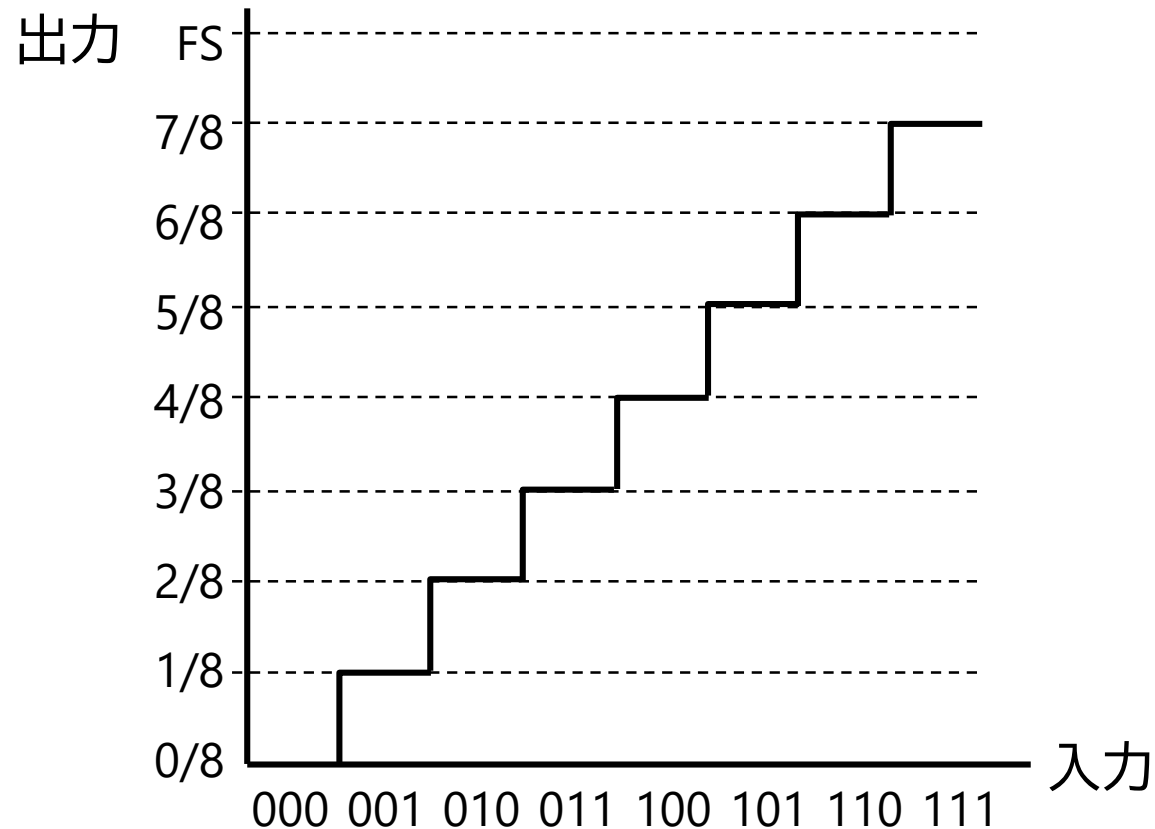
# D/A変換

- 入力と出力の関係

- FS (full scale): 基準電圧

例. FS 10V, 入力3ビット

MSB		LSB	出力[V]
1	1	1	8.75
1	1	0	7.50
1	0	1	6.25
1	0	0	5.00
0	1	1	3.75
0	1	0	2.50
0	0	1	1.25
0	0	0	0.00



# D/A変換器 (digital-to-analog converter, DAC)

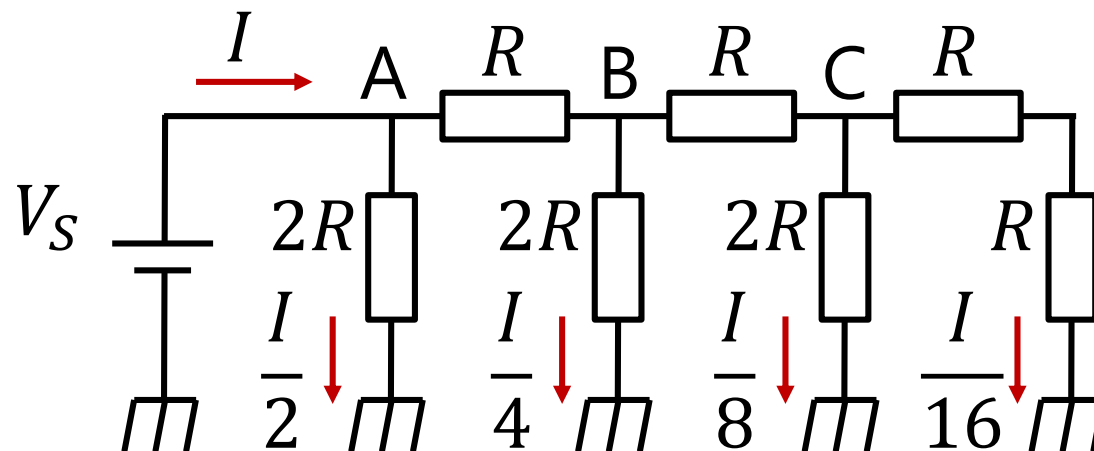
- 種類

- いろいろ. R-2R ladder DAC を取り上げる

- R-2Rラダー型抵抗回路 (R-2R ladder)

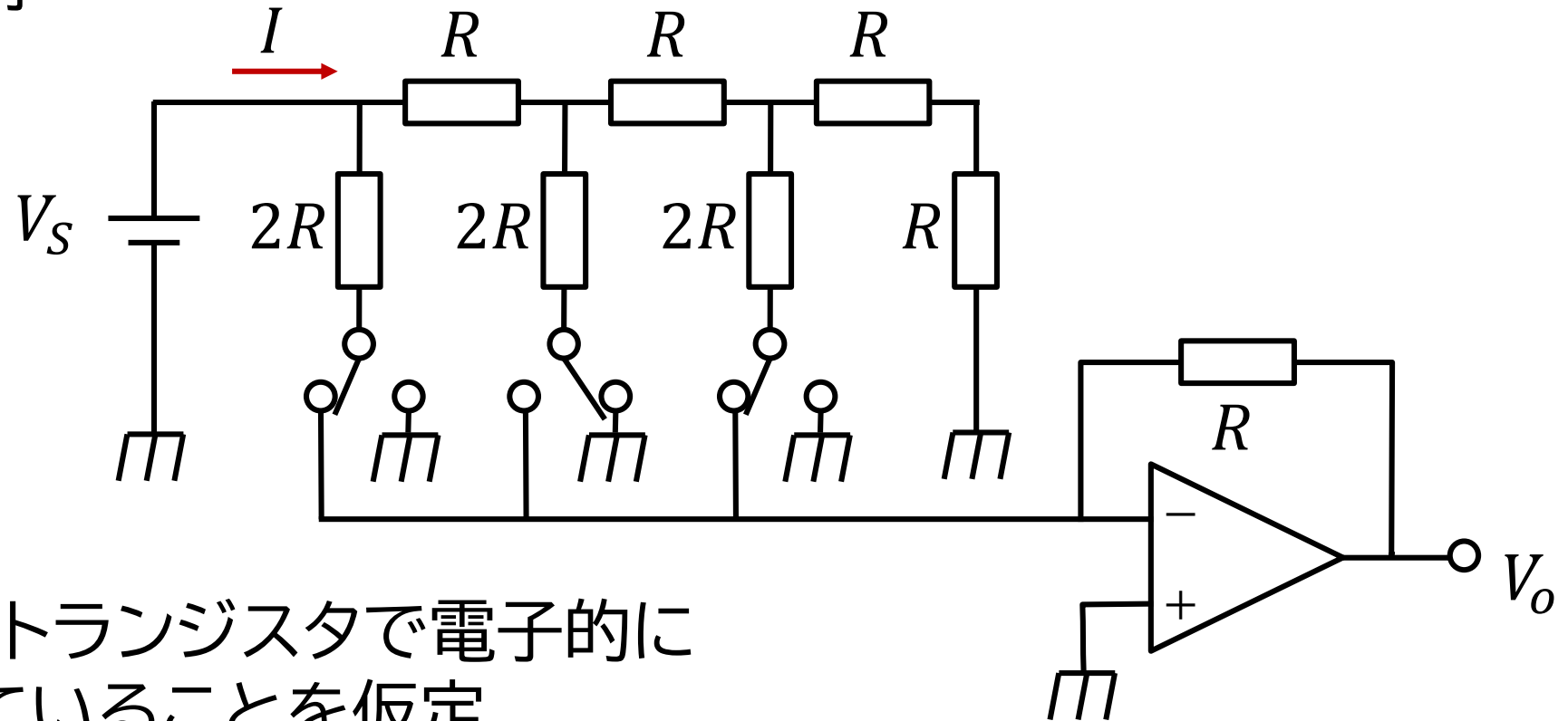
- A,B,Cいずれでも, 右側の抵抗値 $2R$ , 下側の抵抗値 $2R$

- $I = \frac{V_S}{R}$



## 電流駆動型D/A変換器 (current mode DAC)

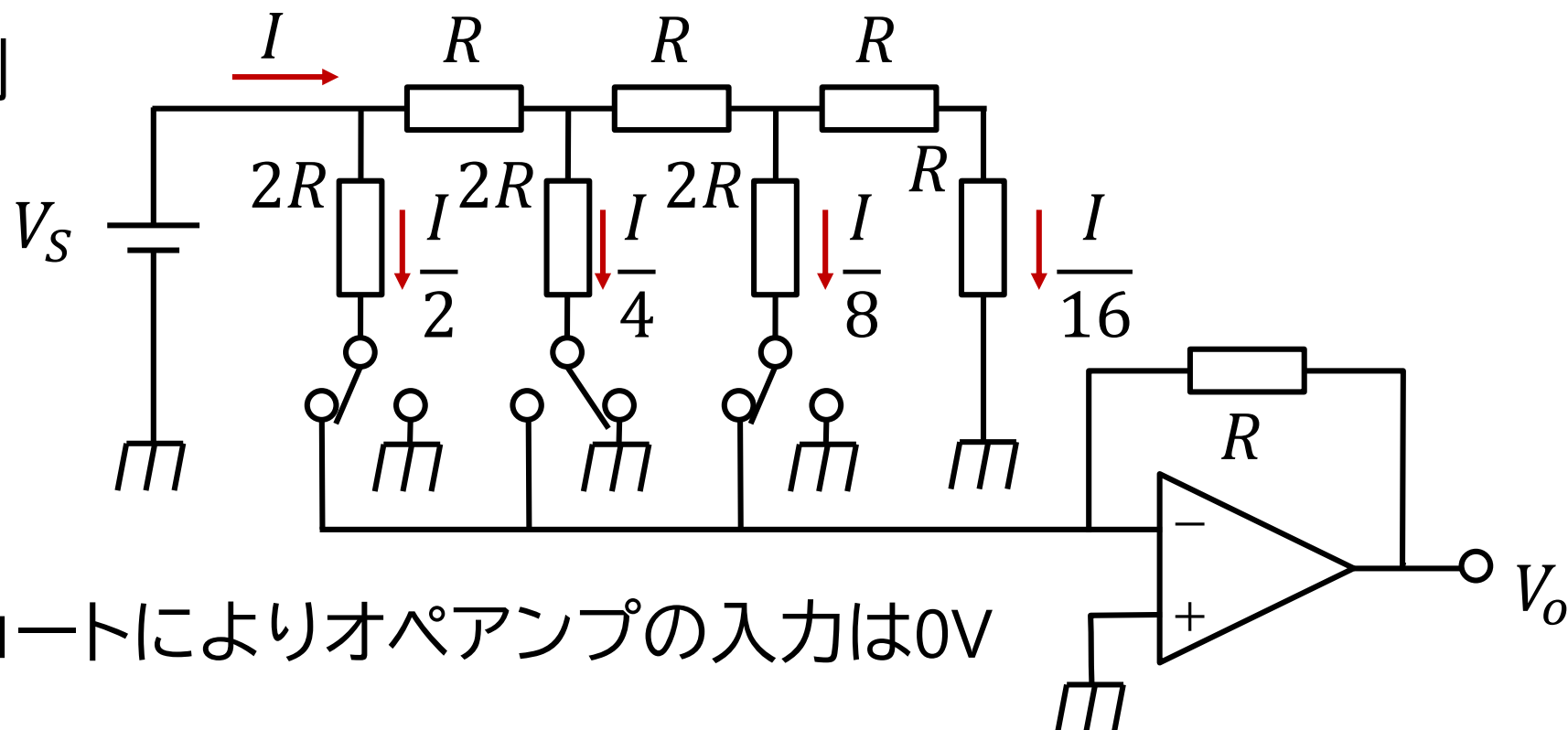
入力  $(101)_2$  の例



- スイッチはトランジスタで電子的に実現されていることを仮定
- 1→左, 0→右 (GND)

## 電流駆動型D/A変換器 (current mode DAC)

入力  $(101)_2$  の例



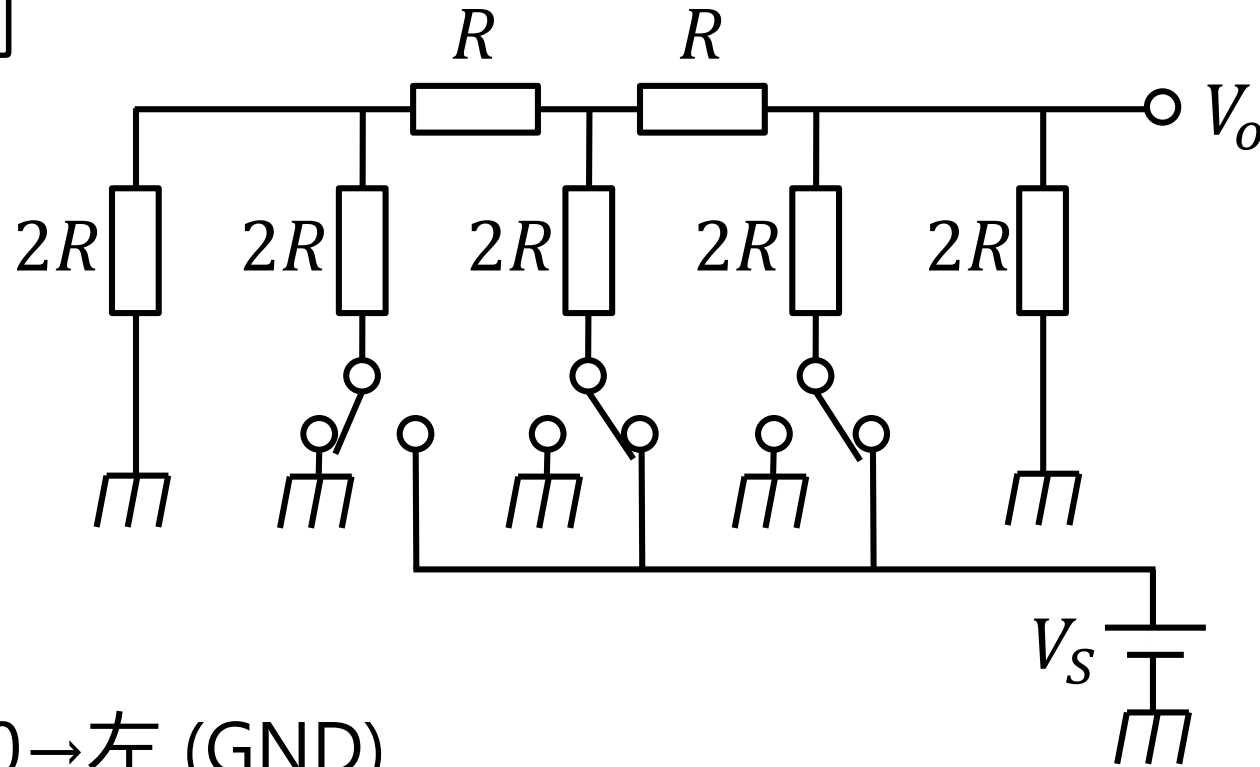
バーチャルショートによりオペアンプの入力は0V

$$\rightarrow I = \frac{V_S}{R}$$

$$V_o = - \left( \frac{1}{2} \times 1 + \frac{1}{4} \times 0 + \frac{1}{8} \times 1 \right) IR = -\frac{5}{8} V_S$$

## 電圧駆動型D/A変換器 (voltage mode DAC)

入力  $(110)_2$  の例



- 1→右 ( $V_s$ ), 0→左 (GND)
- 右がMSB, 左がLSB

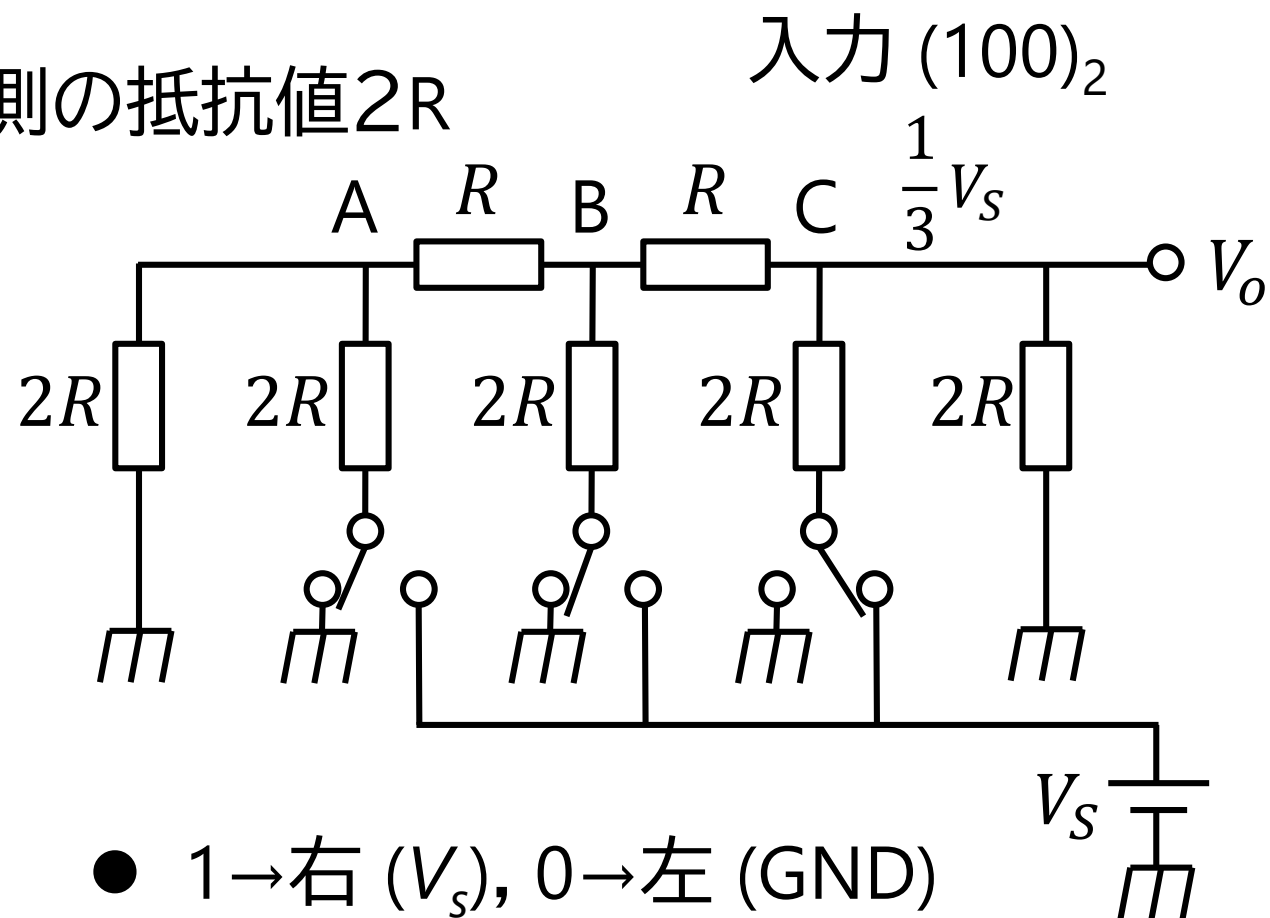
## 電圧駆動型D/A変換器 (voltage mode DAC)

- 1ビットのみ1のときを考える

- A,B,Cいずれでも, 右, 左, 下側の抵抗値 $2R$

- A,B,Cいずれでも,  
下の入力ビットが1のとき,  
電圧 $\frac{1}{3}V_S$

- Cの下側のビット(MSB)が1  
 $V_O = \frac{1}{3}V_S$



- 1→右 ( $V_S$ ), 0→左 (GND)

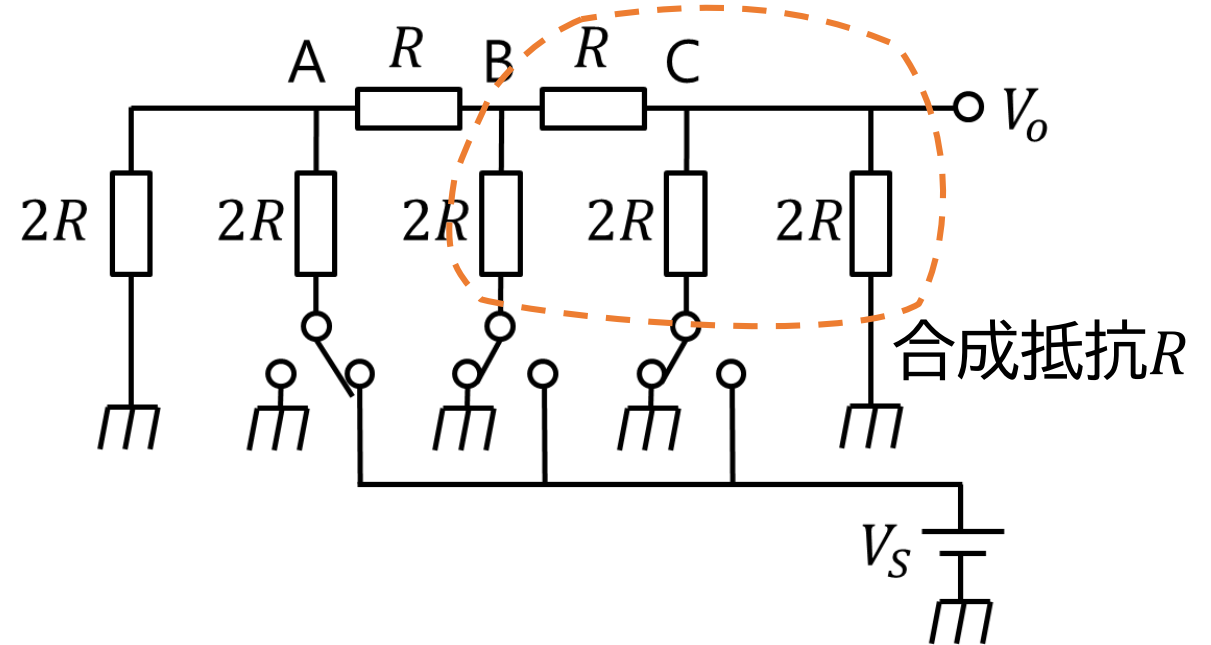
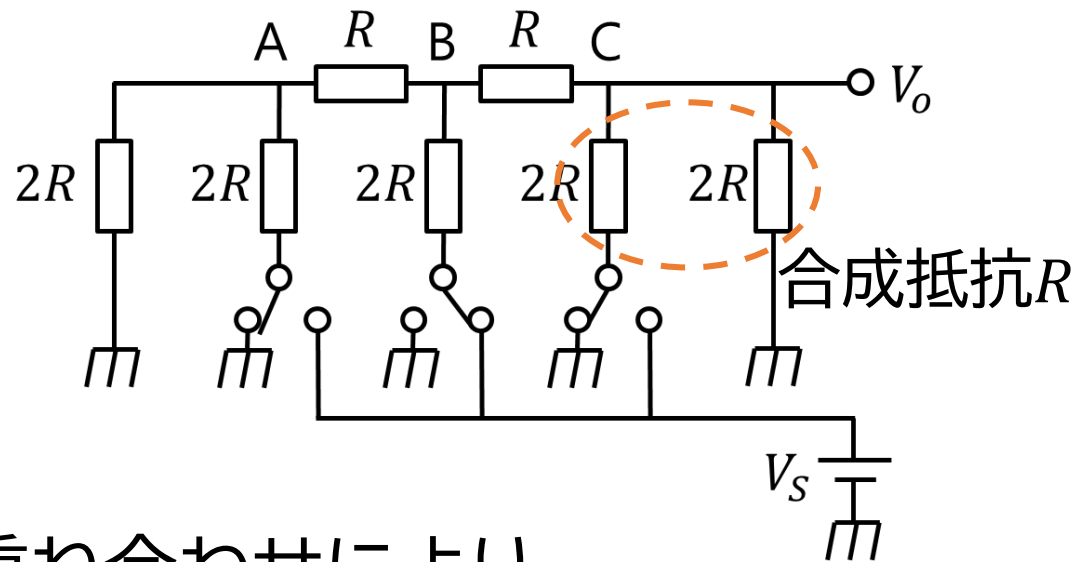
- 右がMSB, 左がLSB



# MLB以外のビット

入力  $(010)_2$      $\frac{1}{3}V_S$      $\frac{1}{2} \times \frac{1}{3}V_S$

入力  $(001)_2$      $\frac{1}{3}V_S$      $\frac{1}{2} \times \frac{1}{3}V_S$      $\frac{1}{4} \times \frac{1}{3}V_S$

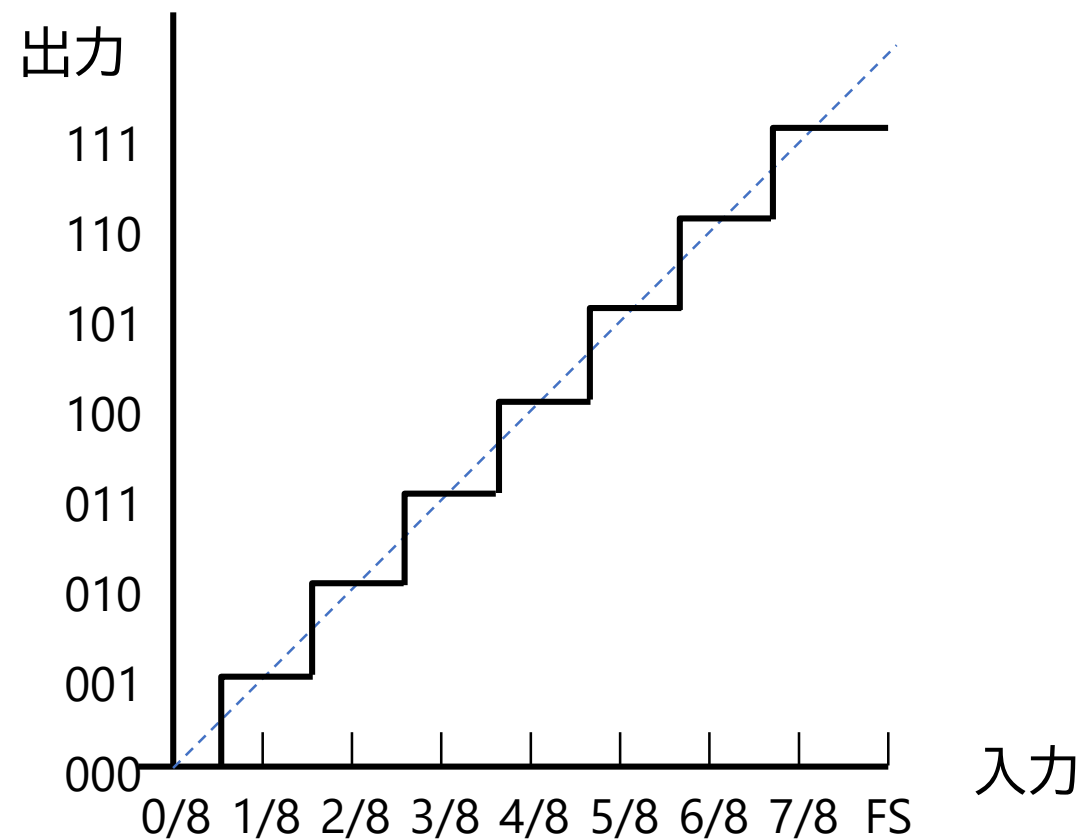


重ね合わせにより,  
入力  $(110)_2$  のとき

$$V_o = \left( 1 + \frac{1}{2} \times 1 + \frac{1}{4} \times 0 \right) \times \frac{1}{3} V_S = \frac{1}{2} V_S$$

# A/D変換

- 入力と出力の関係
  - FS (full scale): 基準電圧



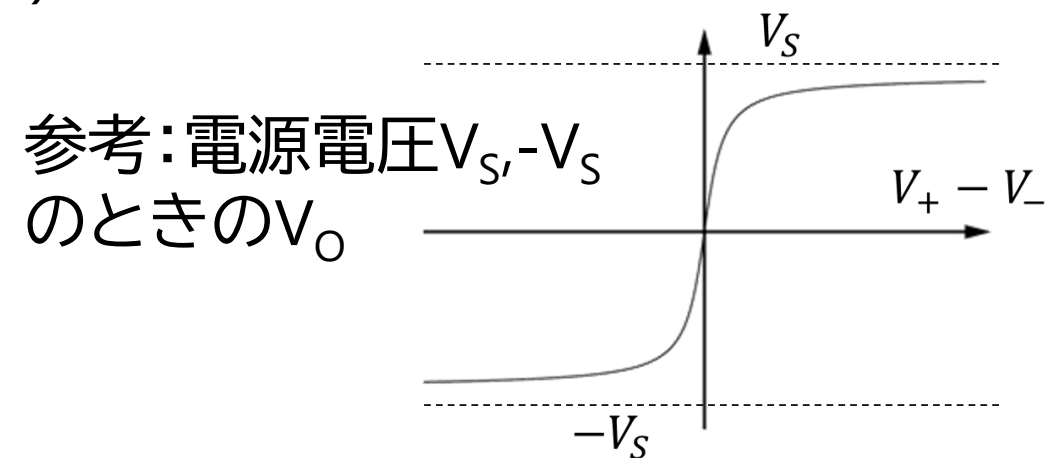
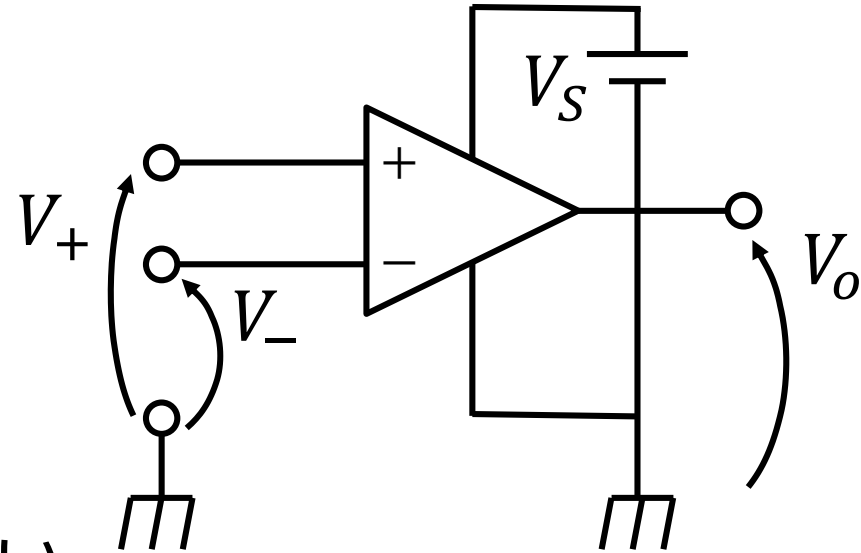
## A/D変換器 (analog-to-digital converter, ADC)

---

- フラッシュ型 (flash, direct-conversion type)
  - 高速に変換可能
  - 多くのコンパレータという装置が必要
- 逐次比較型 (successive approximation type)
  - コンパクトだが, サンプルング速度がやや遅い
  - 広く普及
- 他に,  $\Sigma$ - $\Delta$ 型など

# コンパレータ (比較器) (comparator)

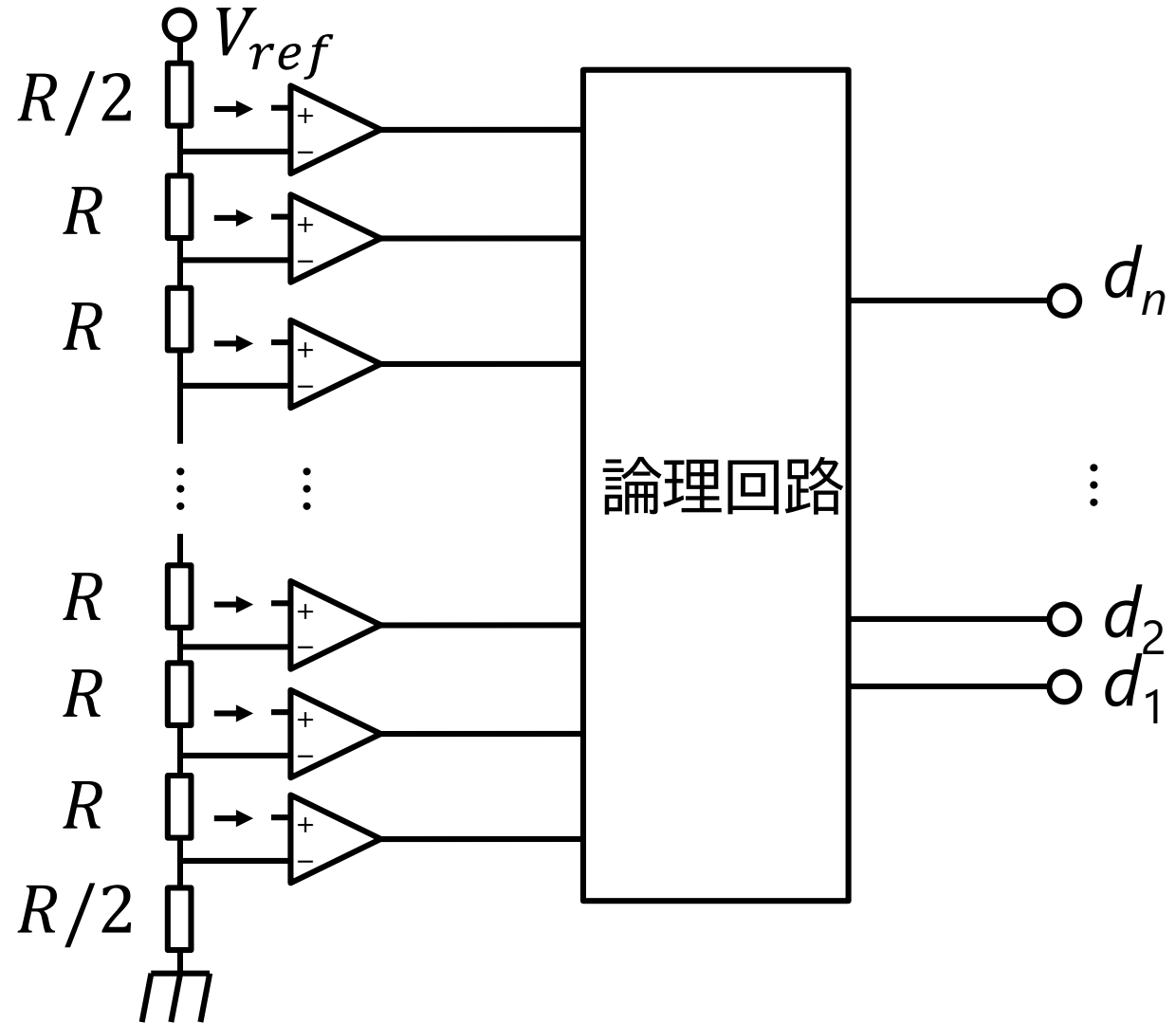
- 電圧を比較し, 2つの電圧を出力
  - $V_+ > V_- \rightarrow V_O \doteq V_S$  (1)
  - $V_+ < V_- \rightarrow V_O \doteq \text{GND}$  (0)
- オペアンプの使い方の1つ
  - ただし, 汎用のオペアンプではない, 専用のコンパレータ素子も存在



# フラッシュ型A/D変換器

入力  
○ →  
右の矢印に接続

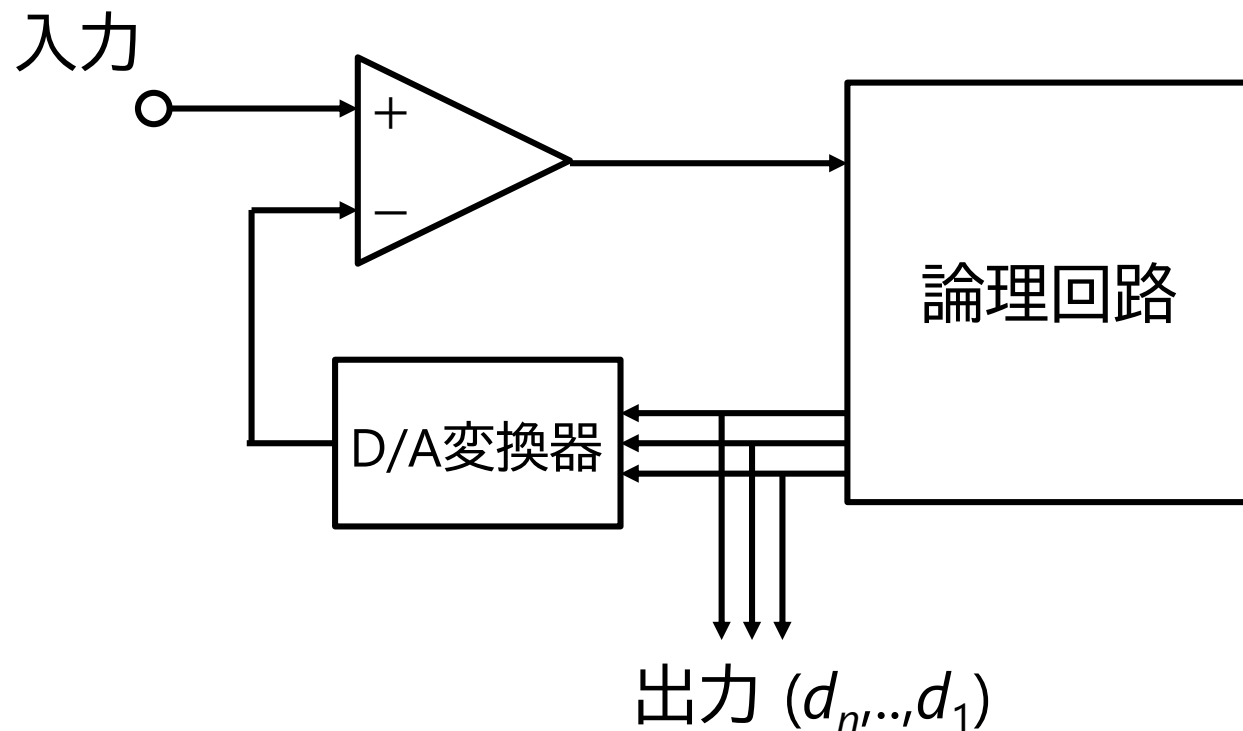
出力  $n$ ビットのとき  
 $2^n - 1$ 個のコンパレータが  
必要



# 逐次比較型A/D変換器

- MLBから1ビットずつ決定
- 例. 3ビット, FS=10V, 入力 7V
  1.  $d_3 = 1, d_2 = 0, d_1 = 0$
  2. D/A変換により 5V
  3.  $7 \geq 5$  だから  $d_3 = 1$ のまま
  4.  $d_2 \leftarrow 1$
  5. D/A変換により7.5V
  6.  $7 < 7.5$  だから  $d_2 \leftarrow 0$
  7.  $d_1 \leftarrow 1$
  8. D/A変換により6.125V
  9.  $7 \geq 6.125$  だから  $d_1 = 1$ のまま

◆ 注. 説明を簡単にするためp.10の入出力関係を一部無視



# スライドの正誤表

---

- 3. トランジスタ, p.29

- 誤: 電圧はエミッタに従うため, 正: 入力電圧にエミッタに従うため

- 3. トランジスタ, p.37

- 誤:  $v_o$ , 正:  $v_o$  (小文字の $v$ の下付きの $o$ は小文字)

- 4. オペアンプ, p.12

- 誤:  $V_3 = \frac{R_3}{R_3+R_4} V_2$  正:  $V_3 = \frac{R_4}{R_3+R_4} V_2$

- 誤:  $\dots \frac{R_3}{R_3+R_4} V_2$ , 正:  $\dots \frac{R_4}{R_3+R_4} V_2$