

# 医用工学概論

## 第9回

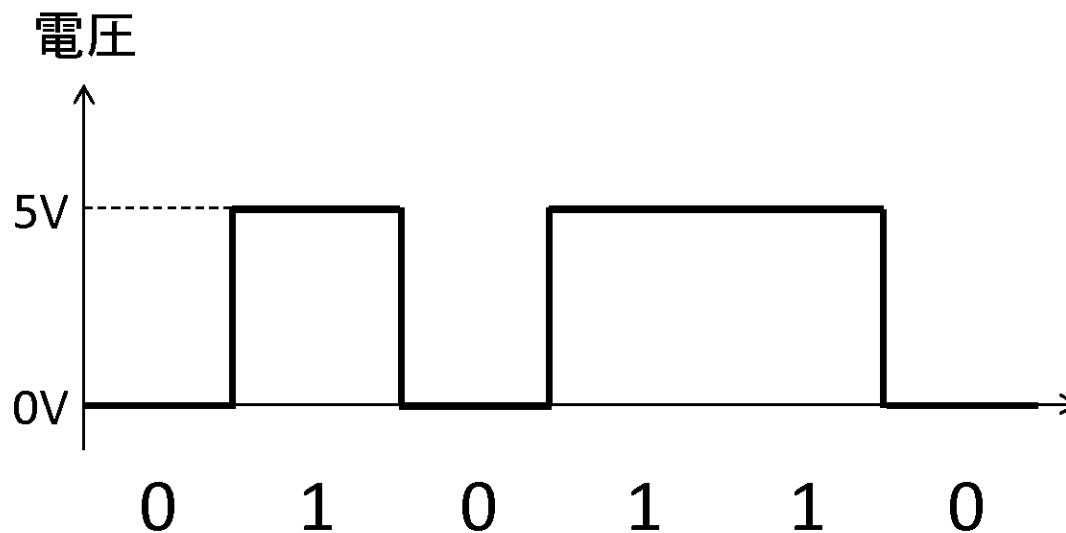
### デジタル回路、通信の基礎

# デジタル回路

# デジタル回路

電圧を **離散値** (不連続な値) で扱う回路をデジタル回路という.

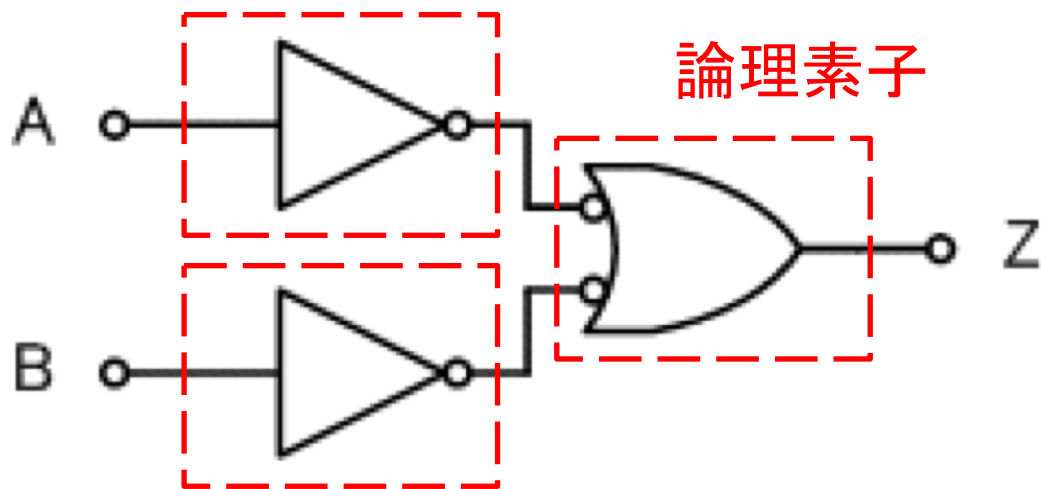
⇔ 電圧を **連続値** で扱う回路をアナログ回路という.



# 論理回路

0（電圧がない状態）と 1（電圧がある状態）のみを扱う回路。

- ・論理素子を使って表現する



# ブール代数

0と1だけを使って論理を扱う数学  
論理回路の基礎

否定

NOT

$\bar{A}$

$$\bar{0} = 1$$

$$\bar{1} = 0$$

論理和

OR

$A + B$

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 1 = 1$$

論理積

AND

$A \cdot B$

$$0 \cdot 0 = 0$$

$$0 \cdot 1 = 0$$

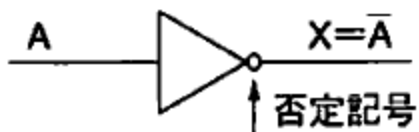
$$1 \cdot 1 = 1$$

表記

記号

# 論理素子

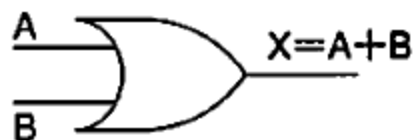
否定 (NOT)



真理値表

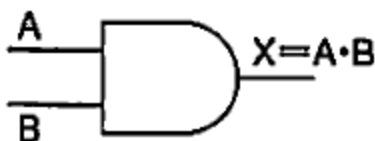
A	$\bar{A}$
1	0
0	1

論理和 (OR)



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	1	1
1	0	1

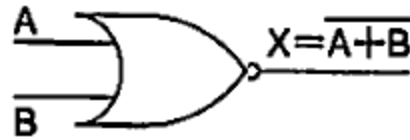
論理積 (AND)



A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	1	1
1	0	0

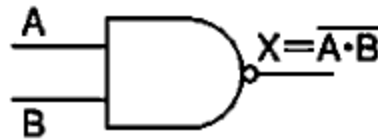
# 論理素子

論理和の否定 (NOR)



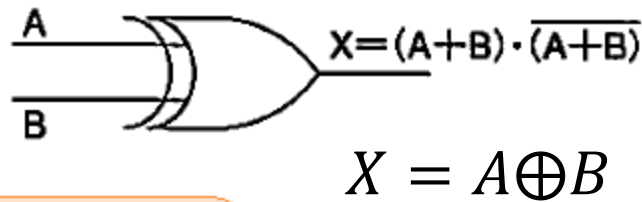
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	1	0
1	0	0

論理積の否定 (NAND)



A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	1	0
1	0	1

排他的論理和 (XOR)

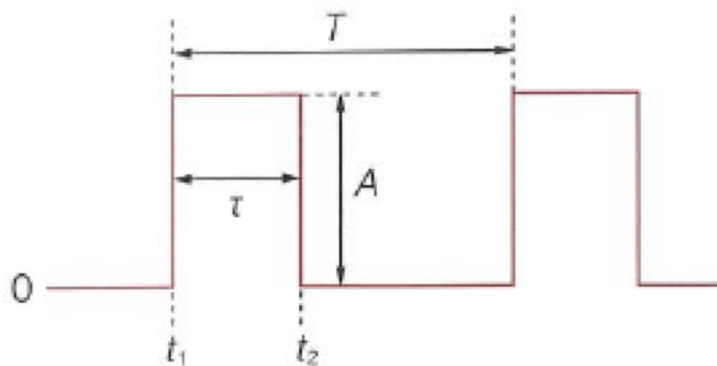


A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	1	0
1	0	1

入力A, Bが異なる場合にのみ,  
1を出力する

# パルス発振回路

**パルス波**：2つの離散状態を繰り返す周期波形



$\tau$  : パルス幅 (pulse width)[s]

$T$  : 繰り返し周期 (repetition rate)[s]

$f = 1/T$  : 繰り返し周波数  
(repetition frequency)[Hz]

$A$  : 振幅 (amplitude): 電圧は[V],  
電流は[A]

- **弛張型** 発振回路

電気的なスイッチングを利用してパルスを生成

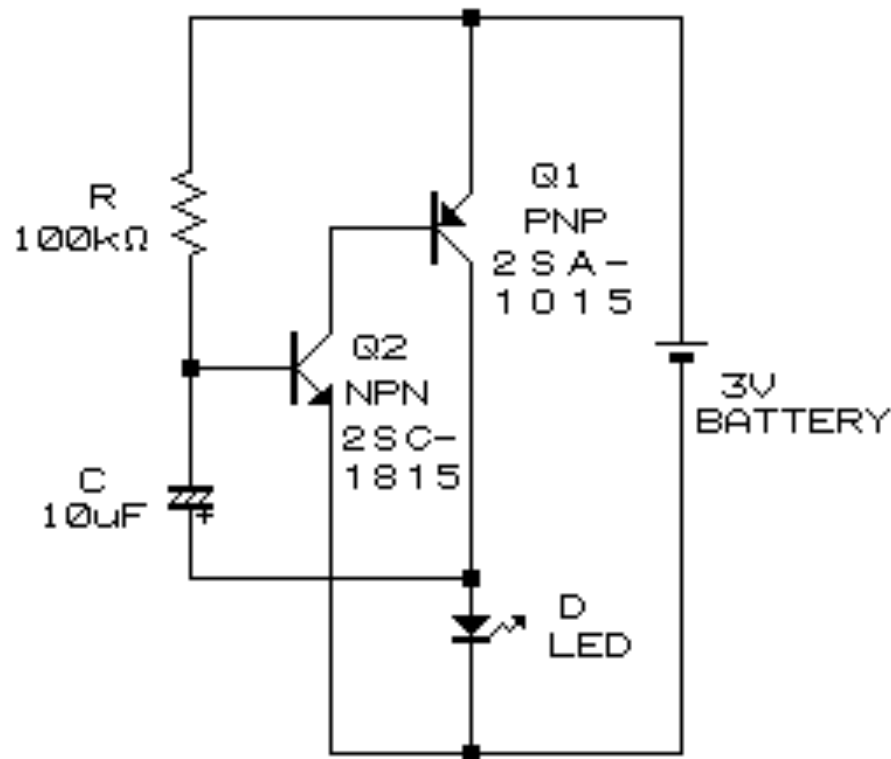
- **帰還型** 発振回路

帰還回路の発信条件を利用してパルスを生成



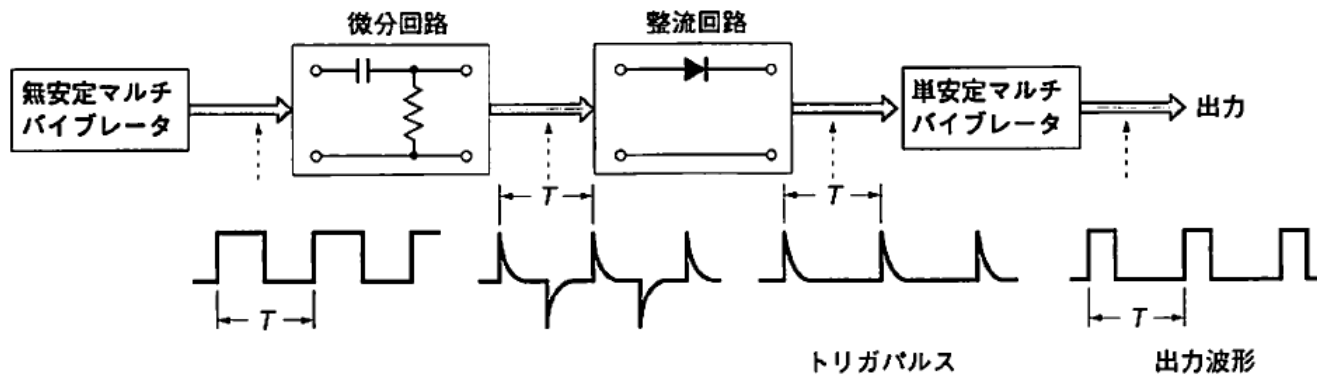
# しちょう 弛張型発振回路

コンデンサの充放電の時定数と、トランジスタのスイッチングを利用

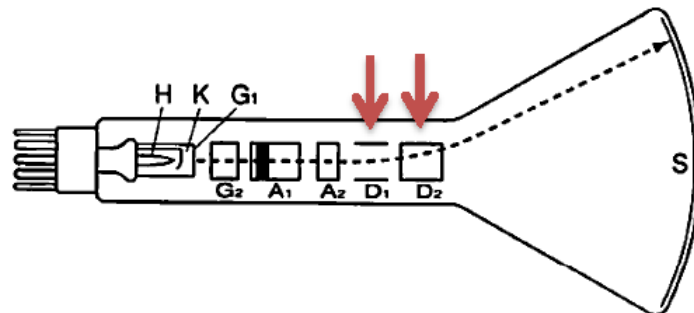


# 弛張型発振回路の利用例

パルス波は、生体を電気刺激するための刺激装置に利用できる。



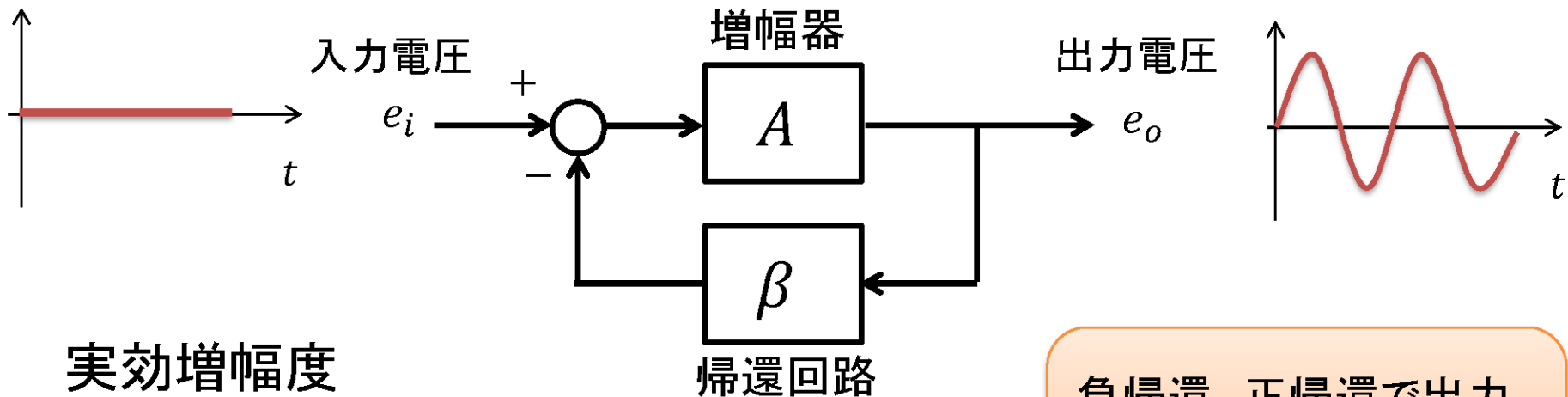
ノコギリ波は、ブラウン管(表示器)のビームの走査に利用される。



H: ヒータ K: カソード  
G<sub>1</sub>: 第1グリッド G<sub>2</sub>: 第2グリッド  
A<sub>1</sub>: 第1アノード A<sub>2</sub>: 第2アノード  
D<sub>1</sub>: 垂直偏向電極 D<sub>2</sub>: 水平偏向電極  
S: 蛍光膜

# 帰還型発振回路

帰還増幅の発振条件を利用した(正弦波)発振回路



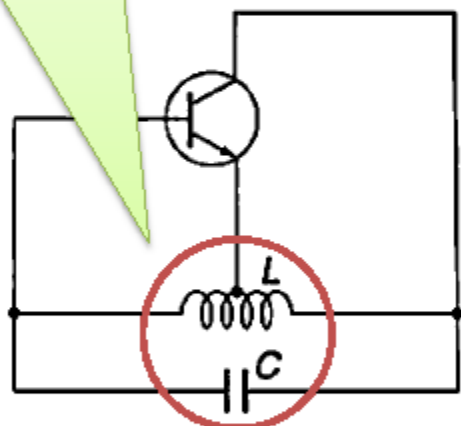
$$A_e = \frac{A}{1 + \beta A}$$

負帰還, 正帰還で出力を大きく取ろうとすると起こりやすい

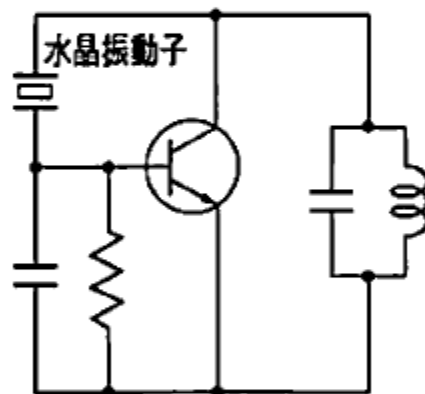
帰還増幅回路の発振条件  $\beta A = -1$

# 帰還型発振回路の例

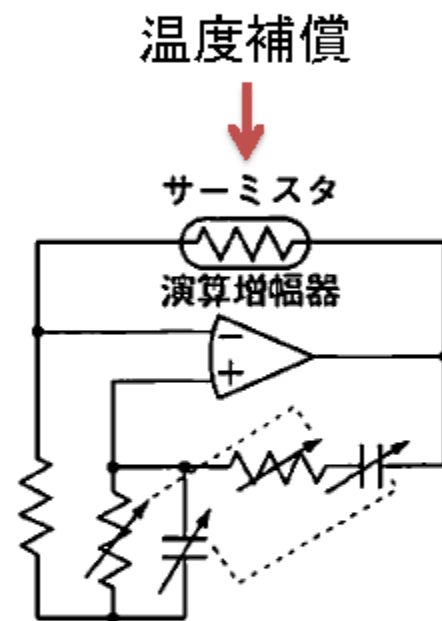
共振回路(帯域濾波器)になっている。



a: ハートレ型



b: ピアース回路



c: C-R型

温度変化などに対する **発振周波数** の安定性に違いがある。

また、出力波形の '**綺麗さ**' にも違いがある。

# マルチバイブレータ

帰還回路によって **パルス** を出力する回路

- 安定な状態

外部から入力がないければその状態にとどまる

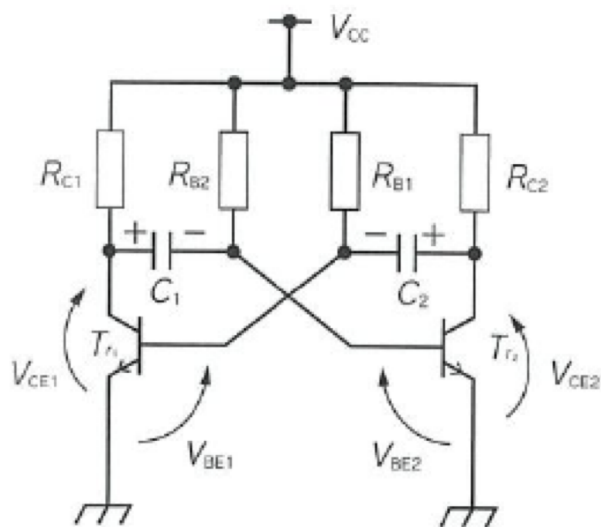
- **トリガ**

安定状態を切り替える入力する(引き金=trigger)

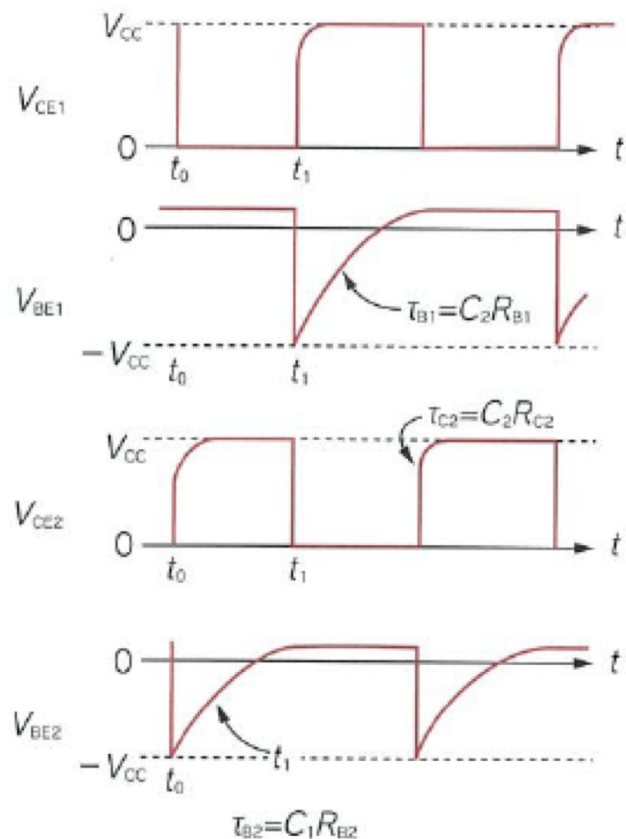
種類

- **双安定**    マルチバイブレータ    トリガで出力変化
- **単安定**    マルチバイブレータ    安定な状態が1つ
- **無安定**    マルチバイブレータ    トリガなしでパルス出力

# 無安定マルチバイブレータ



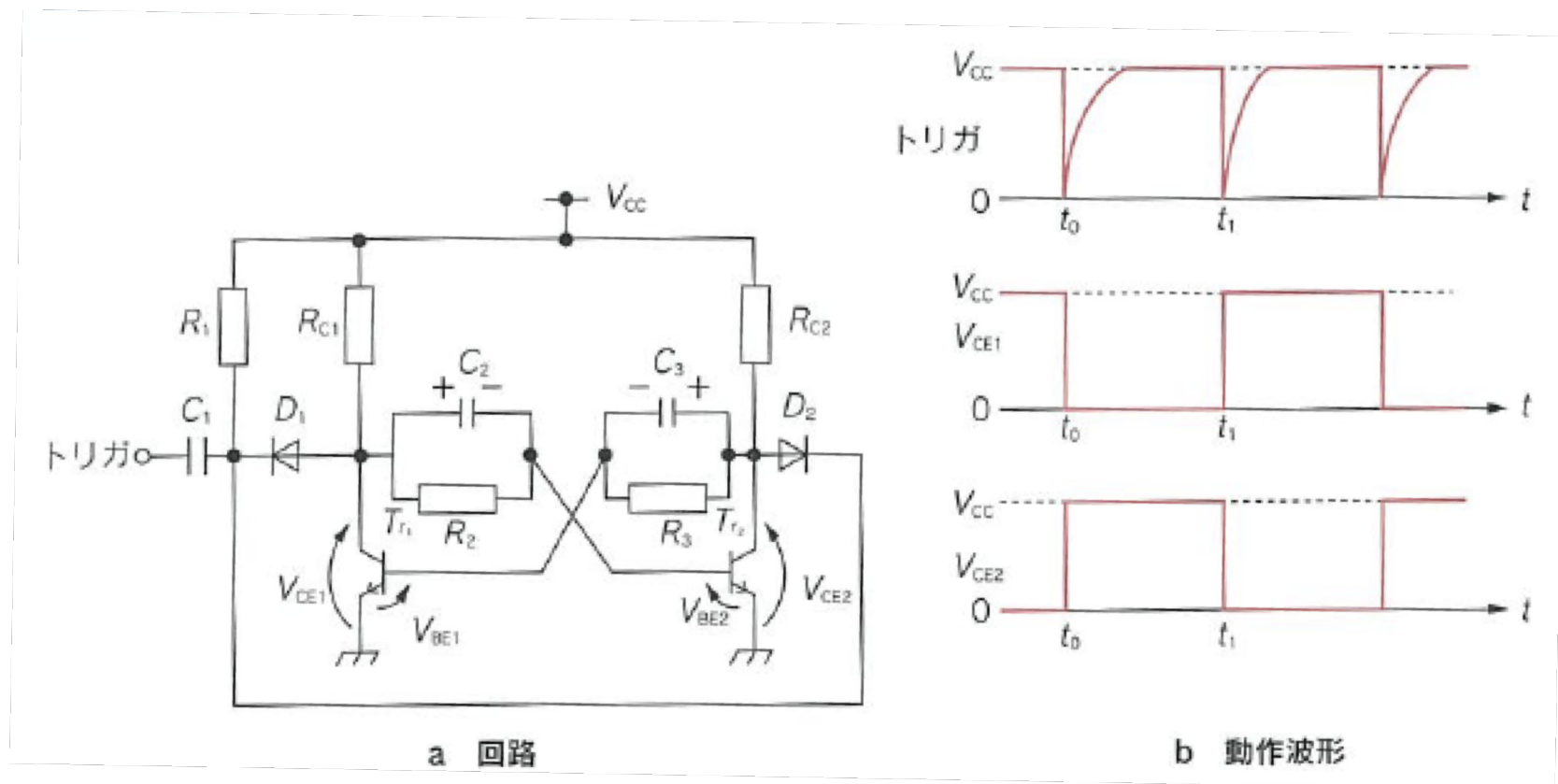
a 回路



b 動作波形

トリガなし でパルス(方形波)を出力する

# 双安定マルチバイブレータ



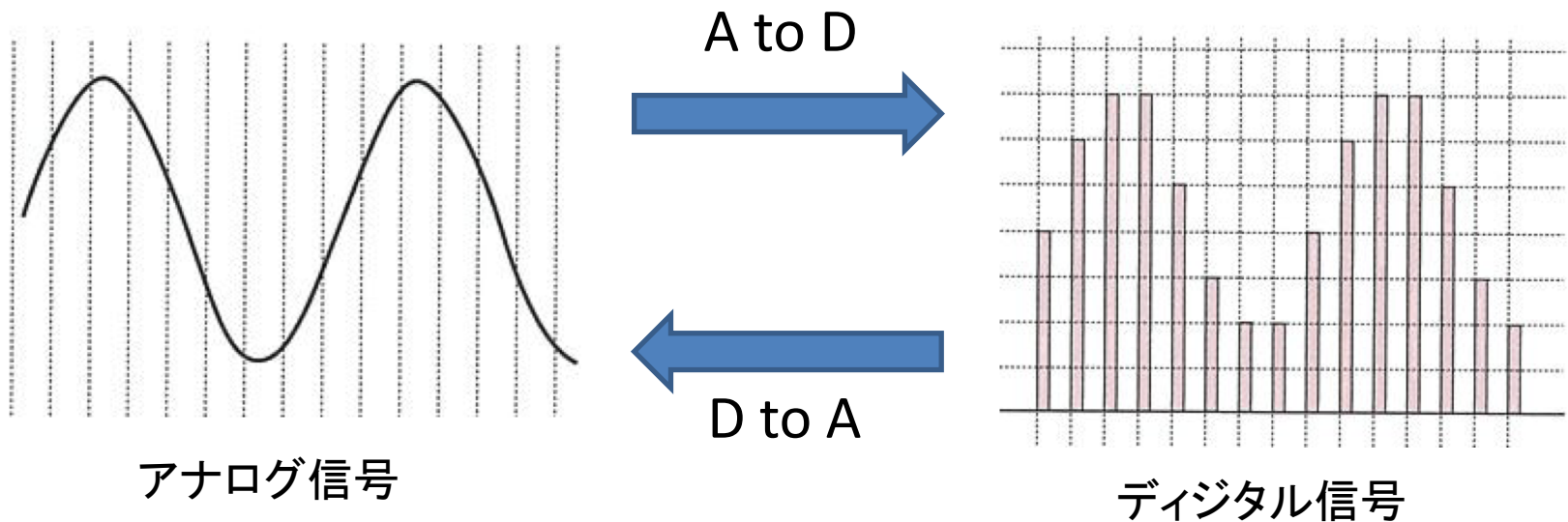
トリガが入力されるたびに、出力状態が切り替わる。

**フリップフロップ**とも呼ばれる。

カウンタや記憶回路に利用される。

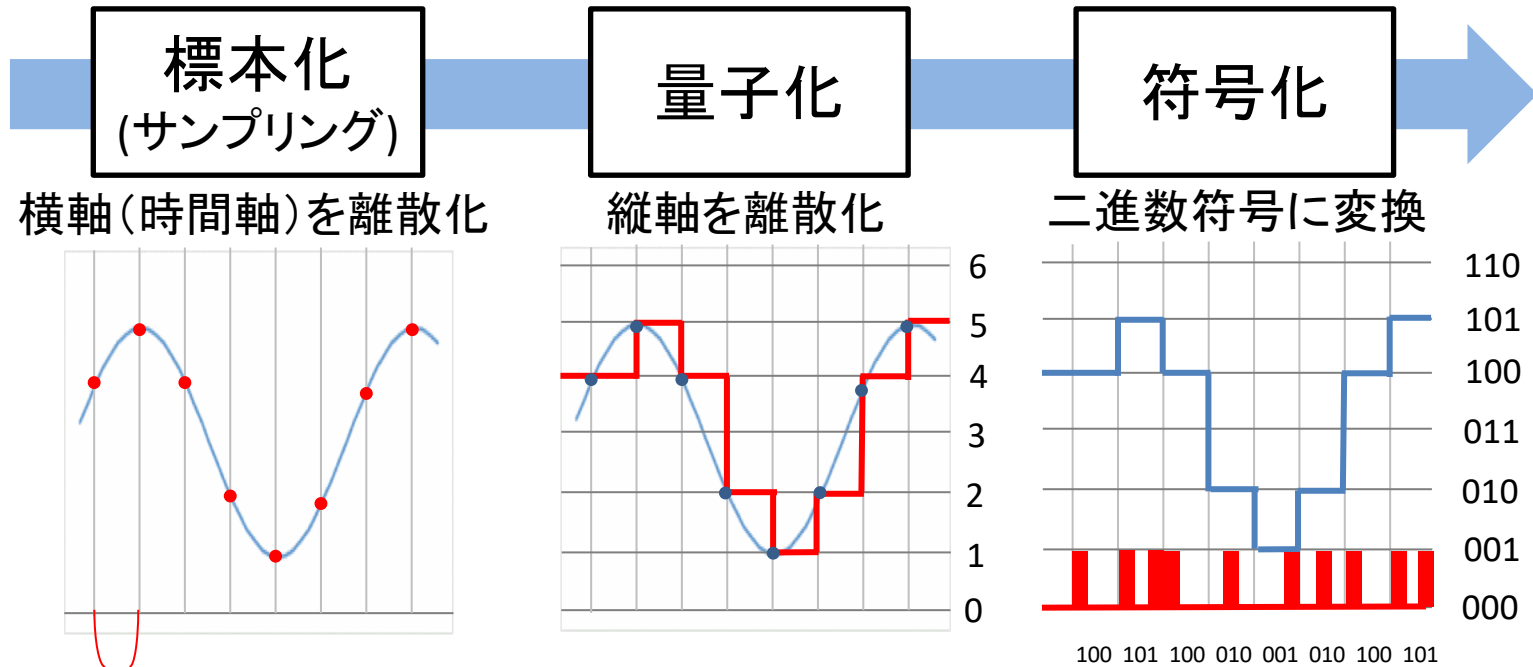
# AD・DA変換

- AD** 変換 : アナログ信号をデジタル信号に変換
- DA** 変換 : デジタル信号をアナログ信号に変換





# AD変換



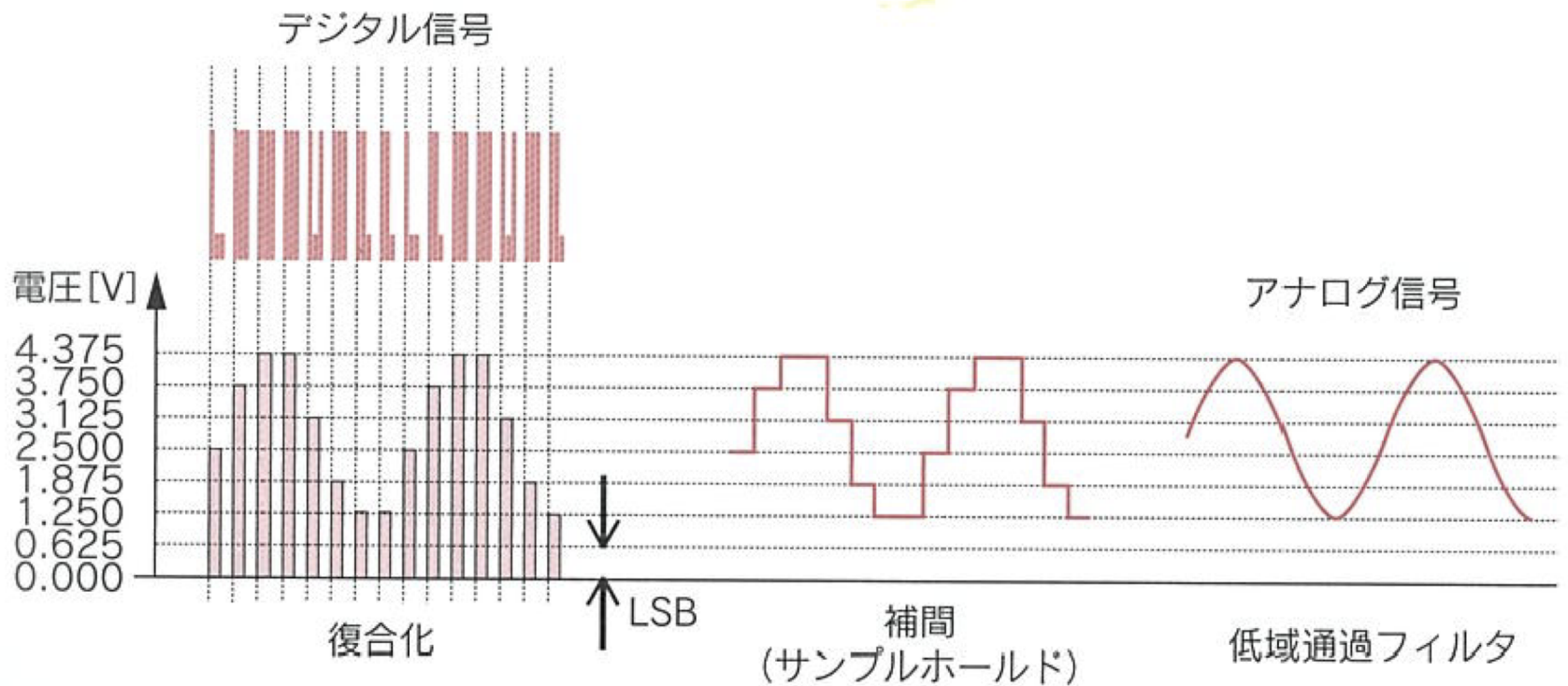
$T_s$  サンプリング周期

## サンプリング定理

元のアナログ信号の最高周波数成分  $f_{max}$  の 2 倍より高い周波数で標本化すれば、元の信号を復元できる。

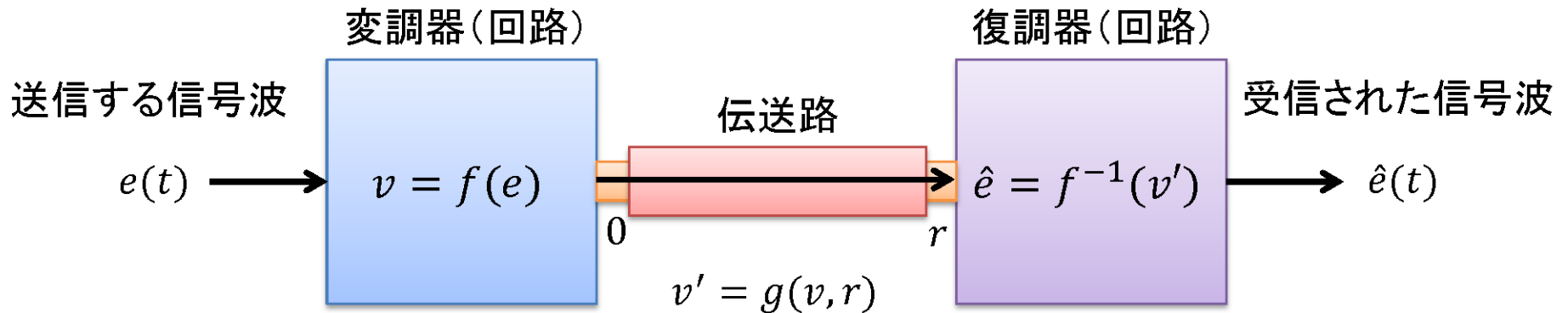
サンプリング周波数  $f_s = \frac{1}{T_s} > 2f_{max}$

# DA変換



# 通信の基礎

# 変調と復調



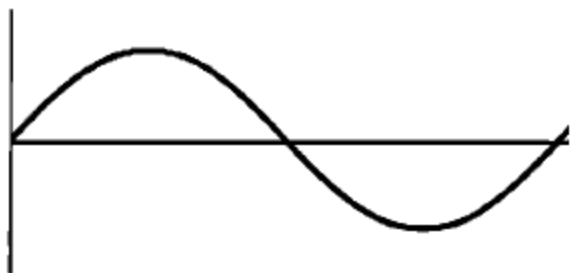
距離による減衰やノイズにより、送信される信号と受信される信号は異なる。  
(しかし、信号波にそのままノイズが乗るよりは、復調後のS/Nが良い)

**変調** : 信号波を実際に伝送する信号に変換する操作

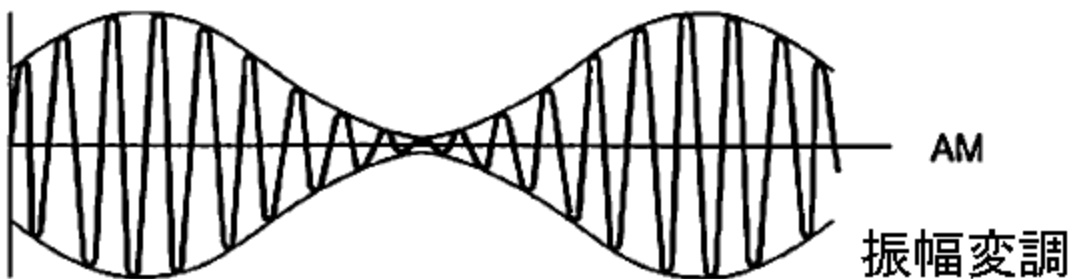
**復調** : 受信した信号から信号波を再現する操作

# アナログ信号の変調

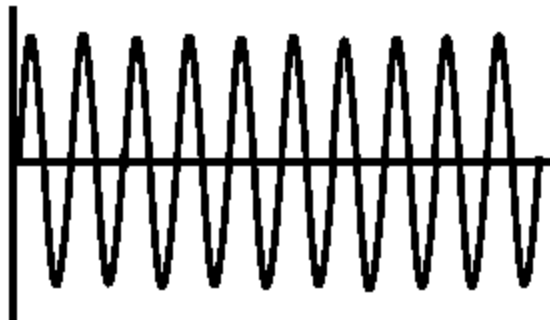
信号波



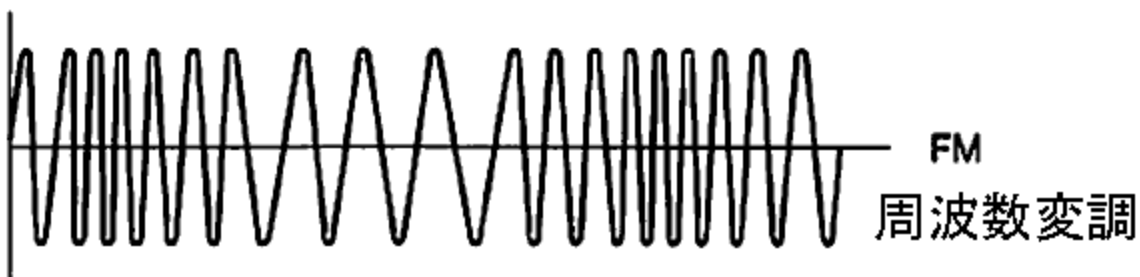
搬送波の **振幅** に信号波を乗せる。



搬送波



搬送波の **周波数** に信号波を乗せる。



# パルス式

情報(信号波)を乗せる場所



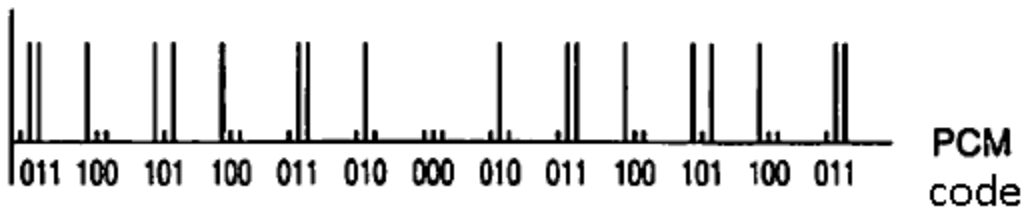
パルスの振幅



パルスの幅



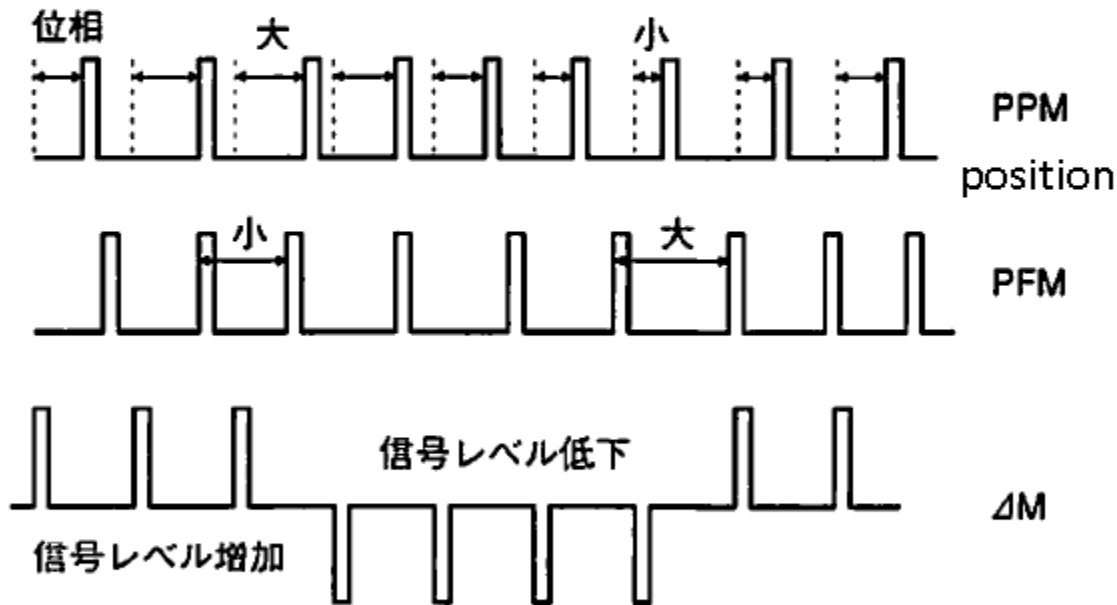
パルスの数



パルスの組合せ

# パルス式

情報(信号波)を乗せる場所



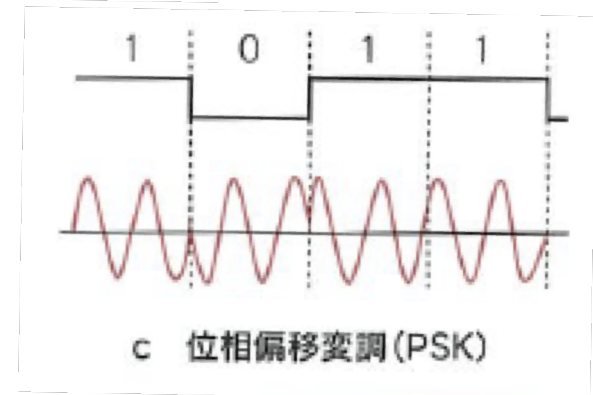
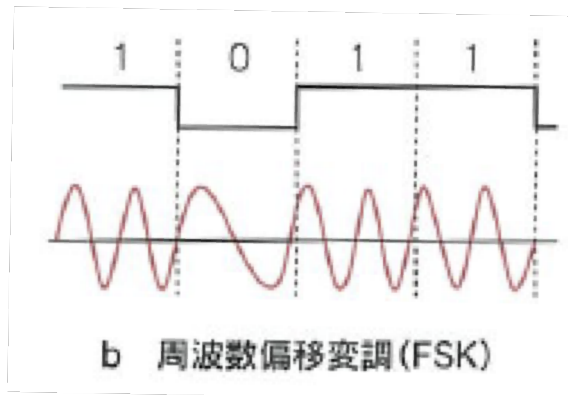
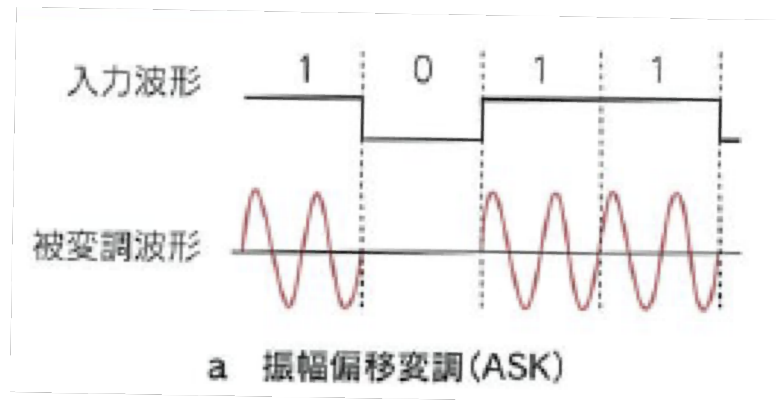
パルスの位置(位相)

パルスの周波数

パルスの符号

# デジタル信号の変調

入力信号(デジタル信号)をアナログ信号として搬送する。





# 練習問題1

$y = 8\sin(6\pi t + \frac{\pi}{2})$ で表されるアナログ信号波形をAD変換する時、信号が復元可能であるための条件を、サンプリング周波数 $f_s$ を用いて表せ。

# 練習問題1 解答

$$y = 8\sin(6\pi t + \frac{\pi}{2}) \text{ から}$$

$$\omega = 6\pi .$$

$$2\pi f = \omega$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{6\pi}{2\pi} = 3 \text{ [Hz]}$$

サンプリング定理から

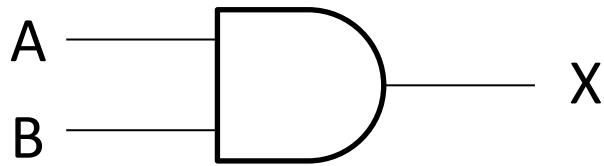
$$f_s > 2f$$

$$f_s > 2 \times 3$$

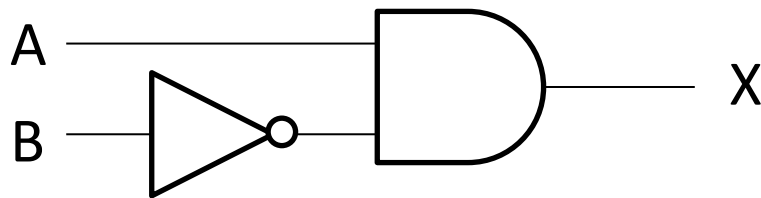
$$f_s > 6 \text{ [Hz]}$$

# 練習問題2

次の真理値表を埋めよ



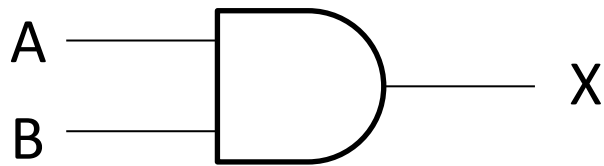
A	B	X
0	0	
1	0	
0	1	
1		1



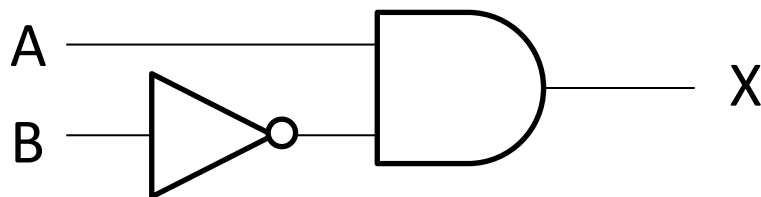
A	B	X
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	0

# 練習問題2 解答

次の真理値表を埋めよ



A	B	X
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1



A	B	X
0	0	0
1	0	1
0	1	0
1	1	0

# 練習問題3

パルス波を用いた信号変調方式の中で、パルスの幅を変化させて信号を伝送する手法をなんと言うか

# 練習問題3 解答

パルス波を用いた信号変調方式の中で、パルスの幅を変化させて信号を伝送する手法をなんと言うか。

A. PWM (Pulse Width Modulation)