

# 医用工学概論

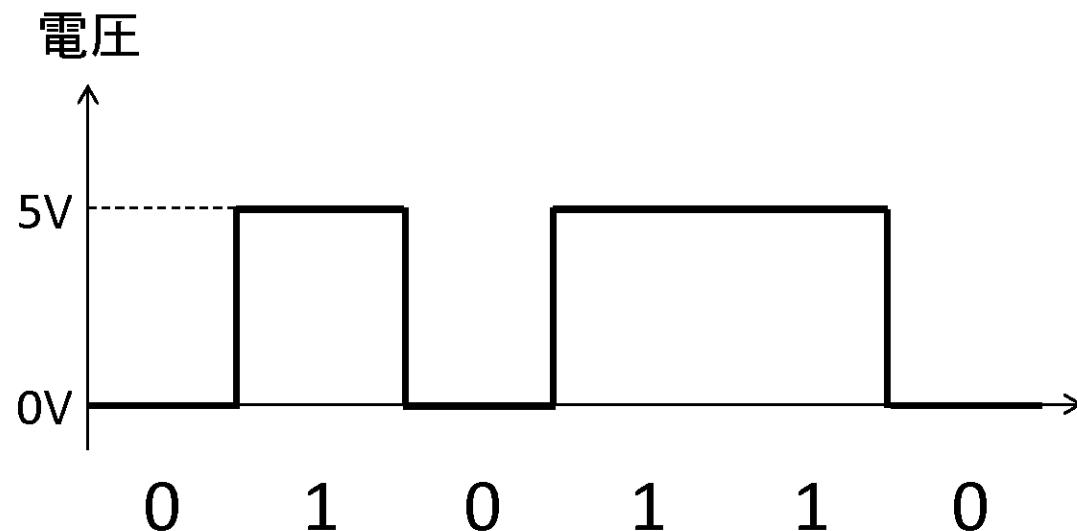
## 第9回 デジタル回路、通信の基礎

# デイジタル回路

# 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。

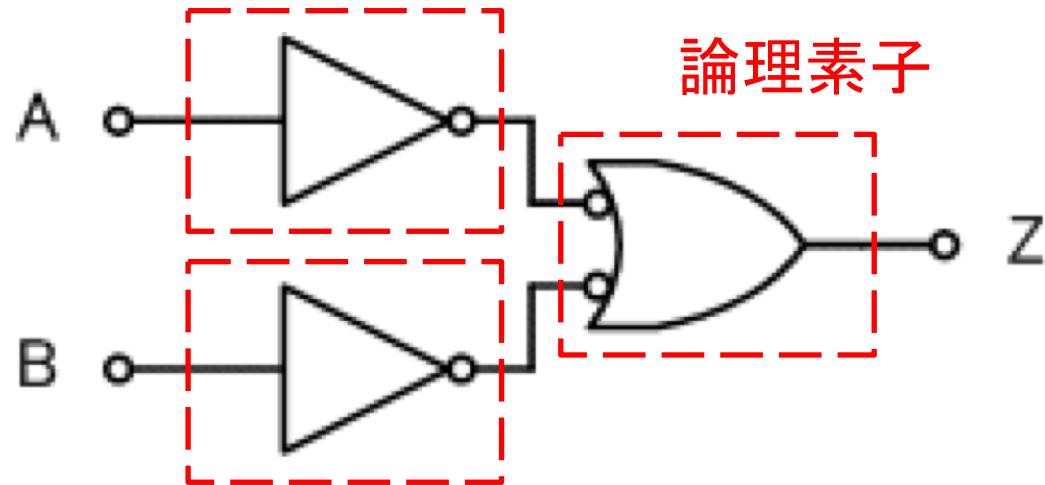
↔ 電圧を **連続値** で扱う回路をアナログ回路という。



# 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

$\bar{A}$

$$\begin{aligned}\bar{0} &= 1 \\ \bar{1} &= 0\end{aligned}$$

論理和

OR

$A + B$

$$\begin{aligned}0 + 0 &= 0 \\ 0 + 1 &= 1 \\ 1 + 1 &= 1\end{aligned}$$

論理積

AND

$A \cdot B$

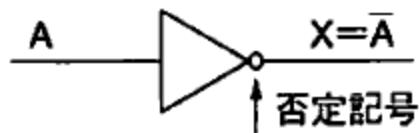
$$\begin{aligned}0 \cdot 0 &= 0 \\ 0 \cdot 1 &= 0 \\ 1 \cdot 1 &= 1\end{aligned}$$

表記

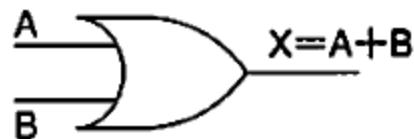
記号

# 論理素子

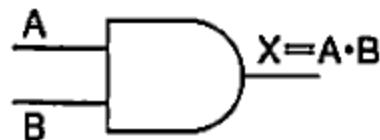
否定(NOT)



論理和(OR)



論理積(AND)



真理値表

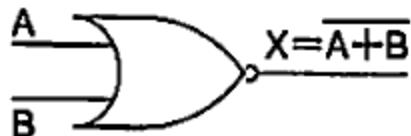
A	$\bar{A}$
1	0
0	1

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

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

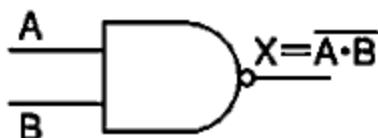
# 論理素子

論理和の否定(NOR)



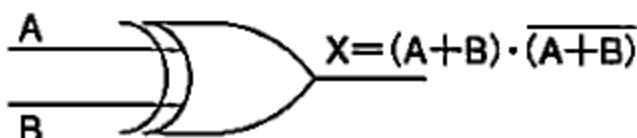
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	1	0
1	0	0

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)



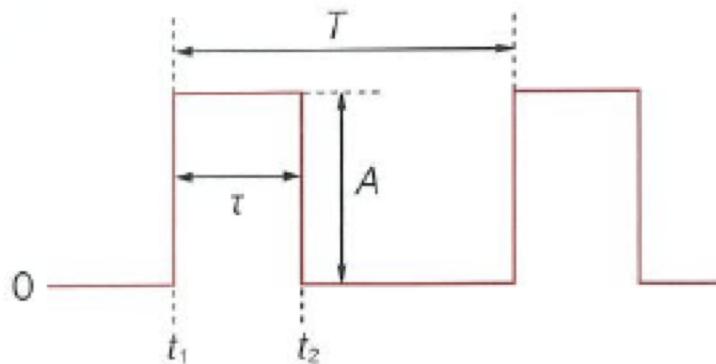
$$X = A \oplus B$$

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

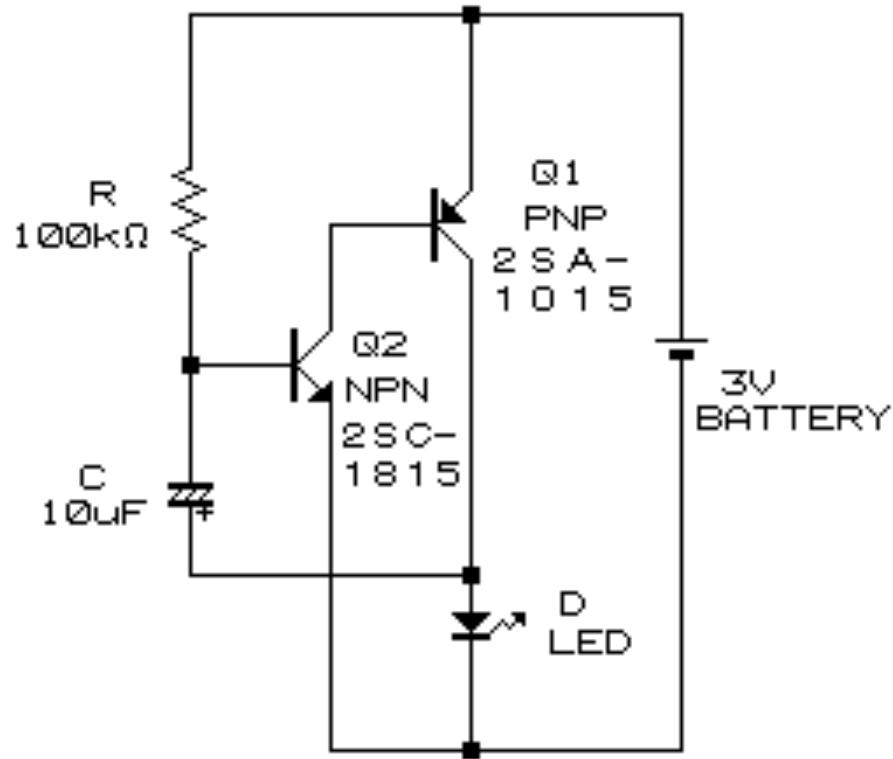
- **帰還型** 発振回路

帰還回路の発信条件を利用してパルスを生成

しちょう

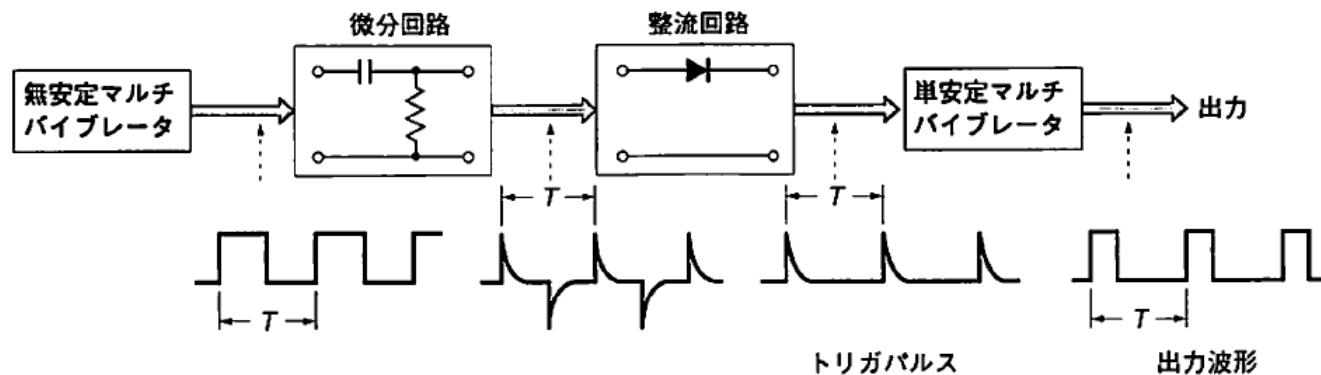
# 弛張型発振回路

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

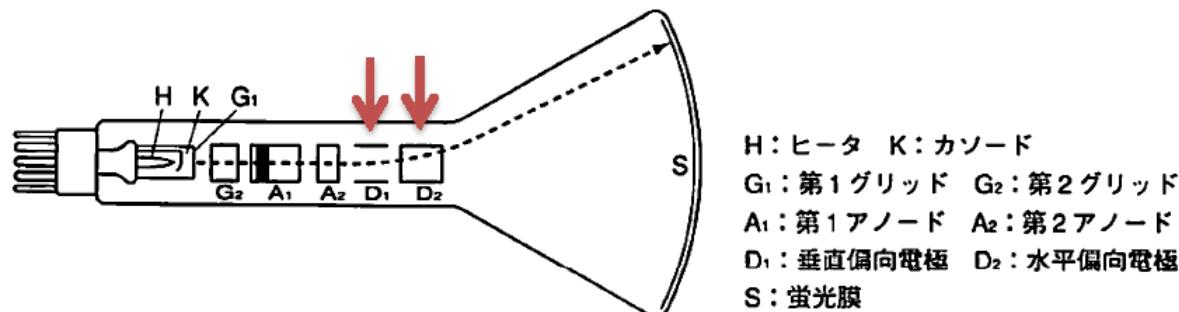


# 弛張型発振回路の利用例

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。

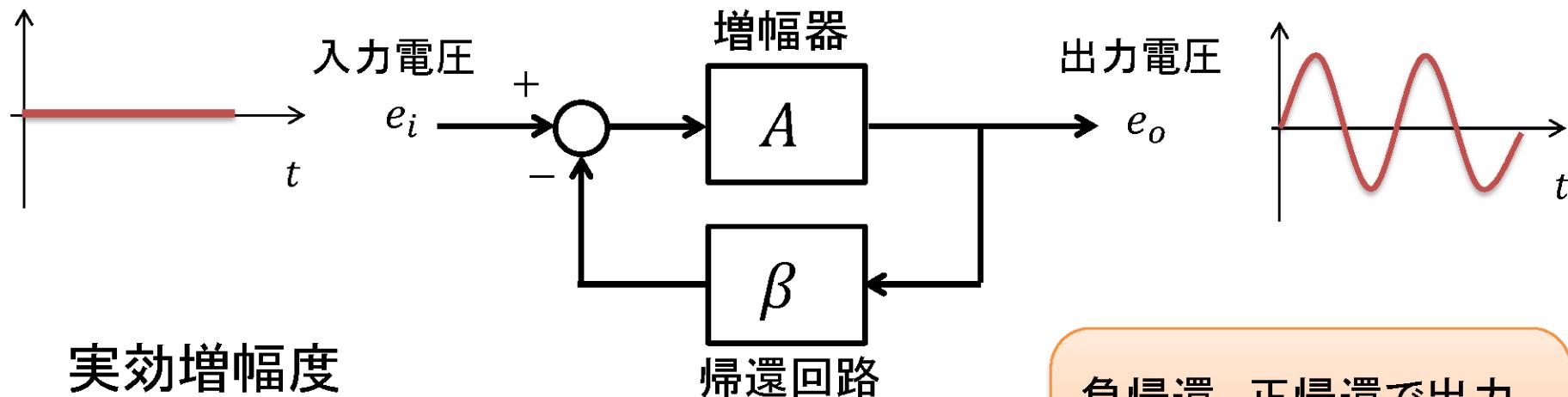


ノコギリ波は、ブラウン管(表示器)のビームの走査に利用される。



# 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

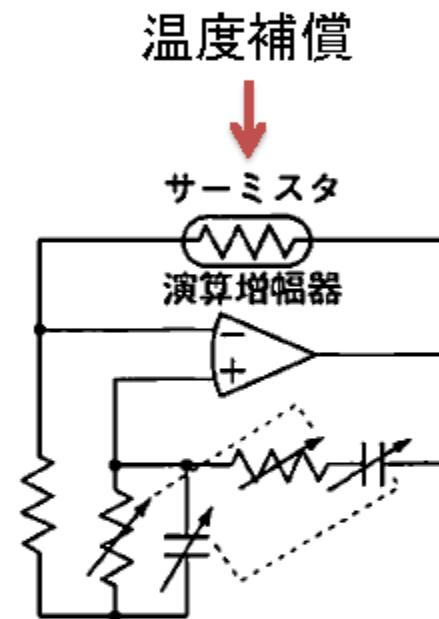
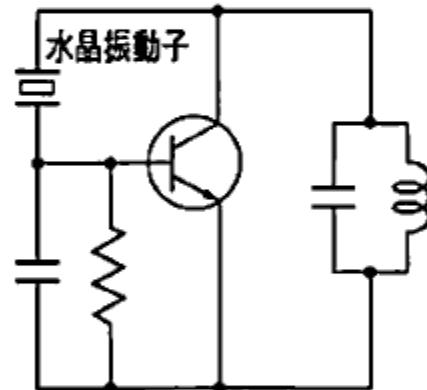
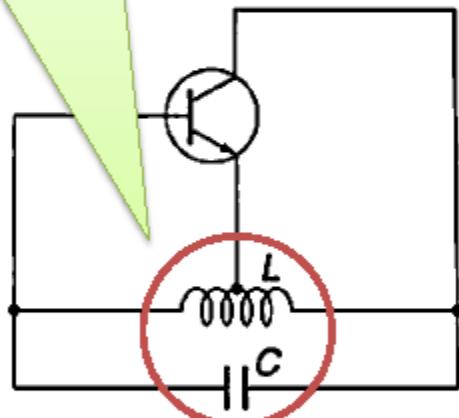


$$A_e = \frac{A}{1 + \beta A}$$

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。



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。

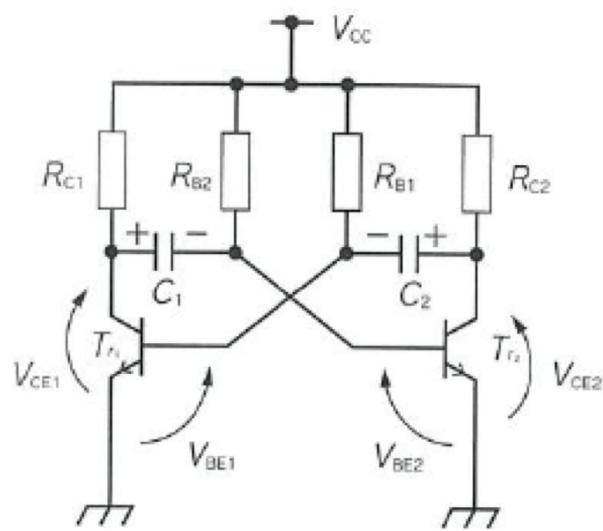
また、出力波形の‘綺麗さ’にも違いがある。

# マルチバイブレータ

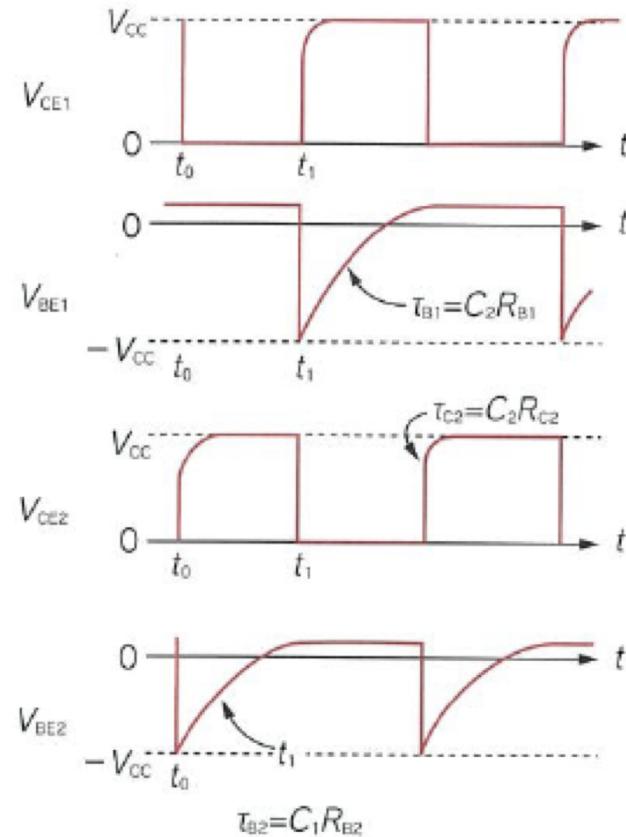
帰還回路によって **パルス** を出力する回路

- 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
  - **单安定** 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



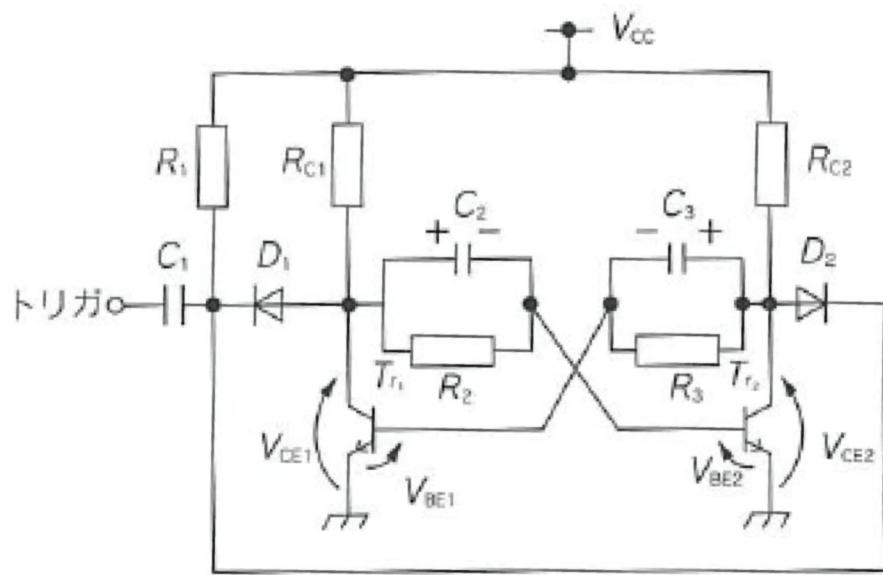
a 回路



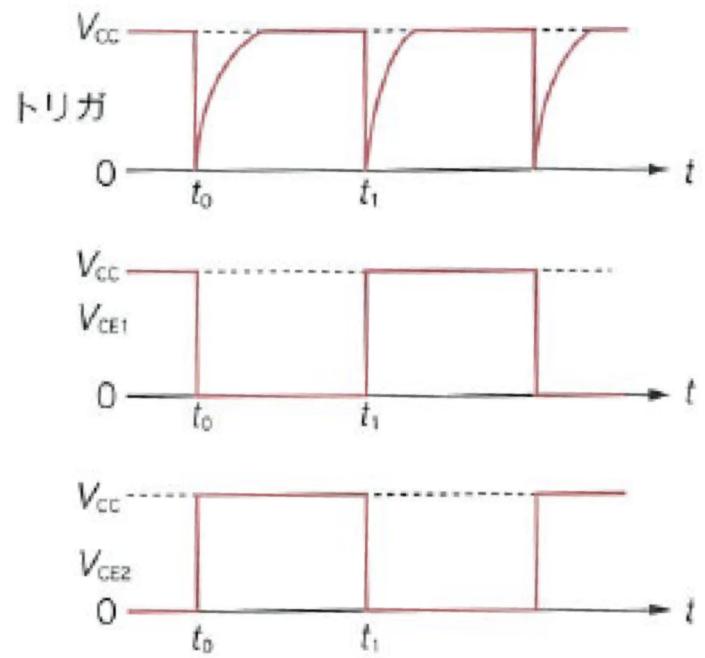
b 動作波形

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



a 回路

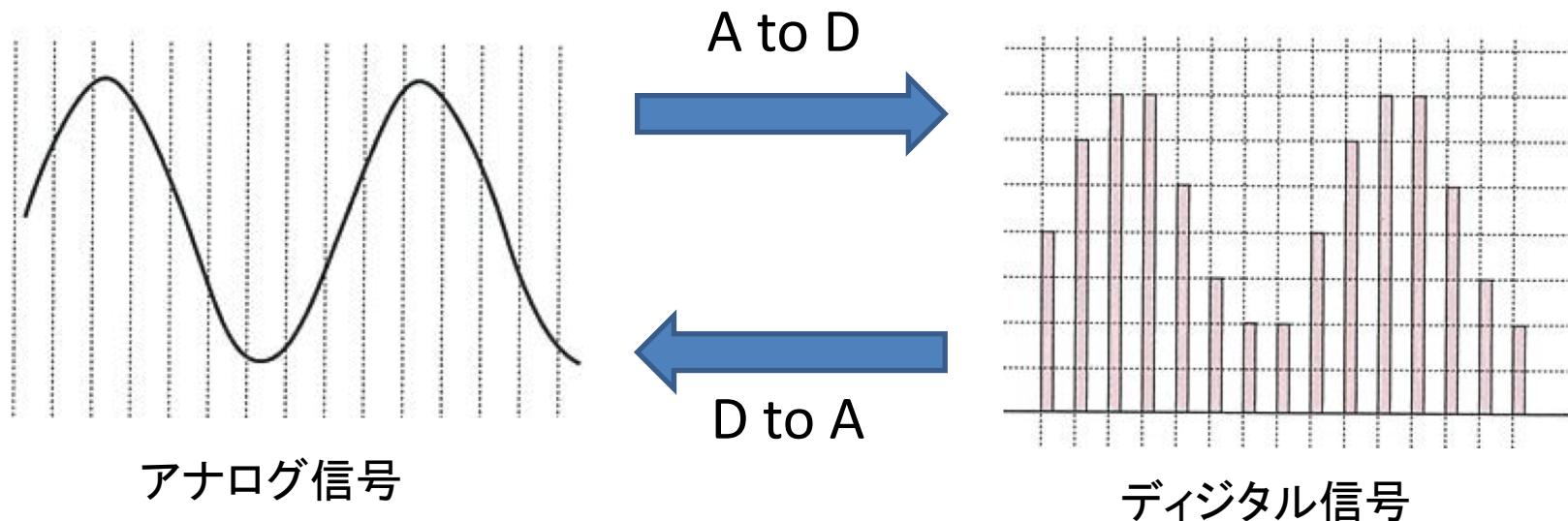


b 動作波形

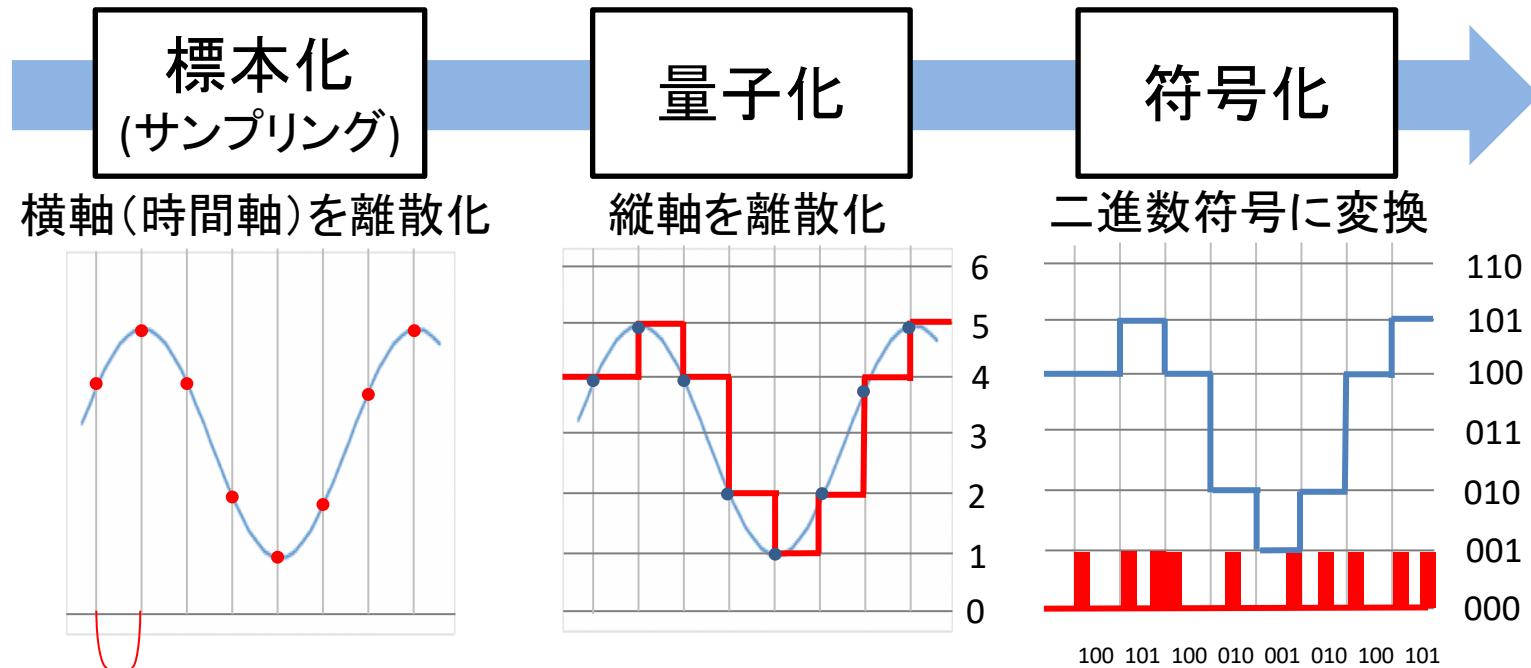
トリガが入力されるたびに、出力状態が切り替わる。  
**フリップフロップ** とも呼ばれる。  
カウンターや記憶回路に利用される。

# 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

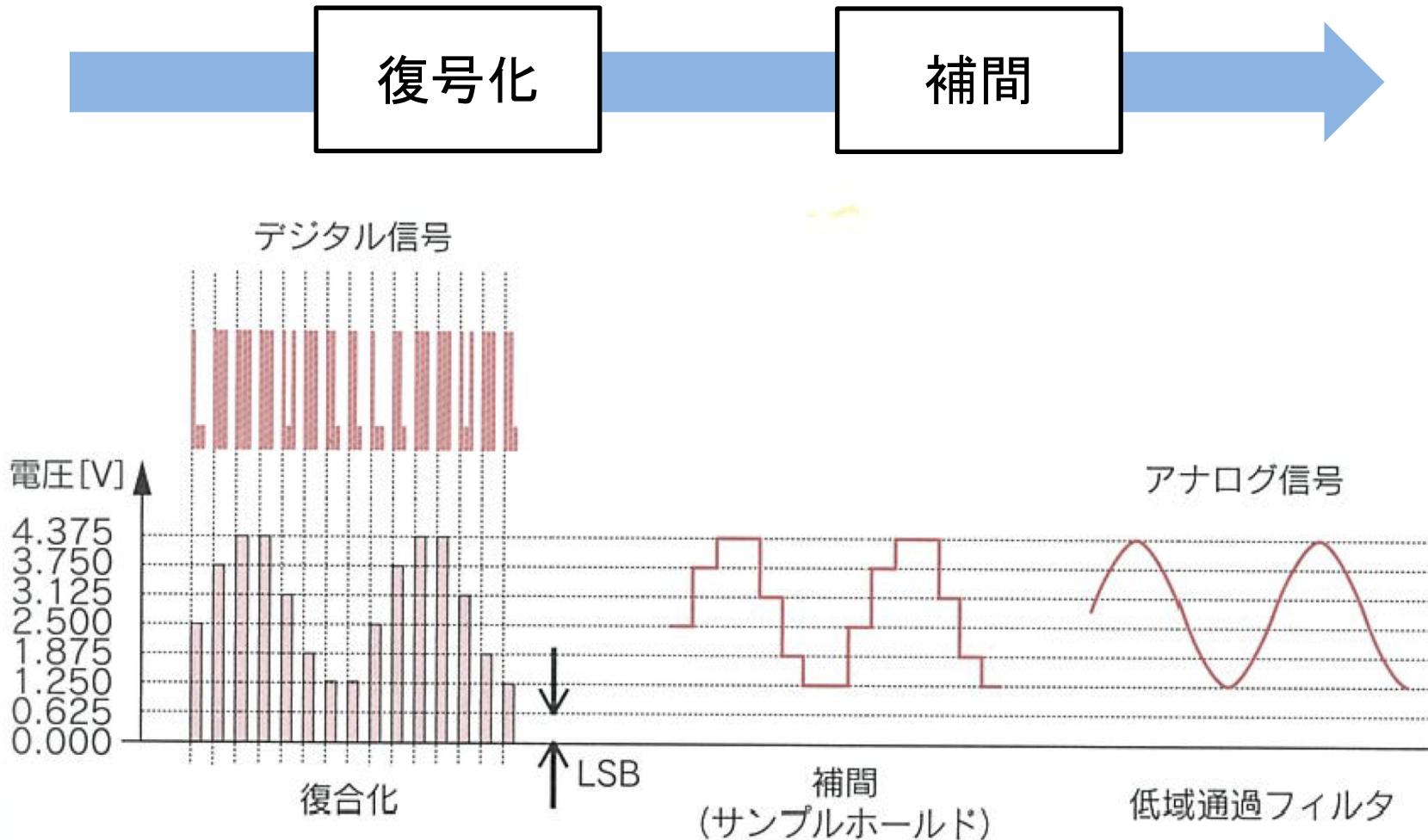


## サンプリング定理

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。

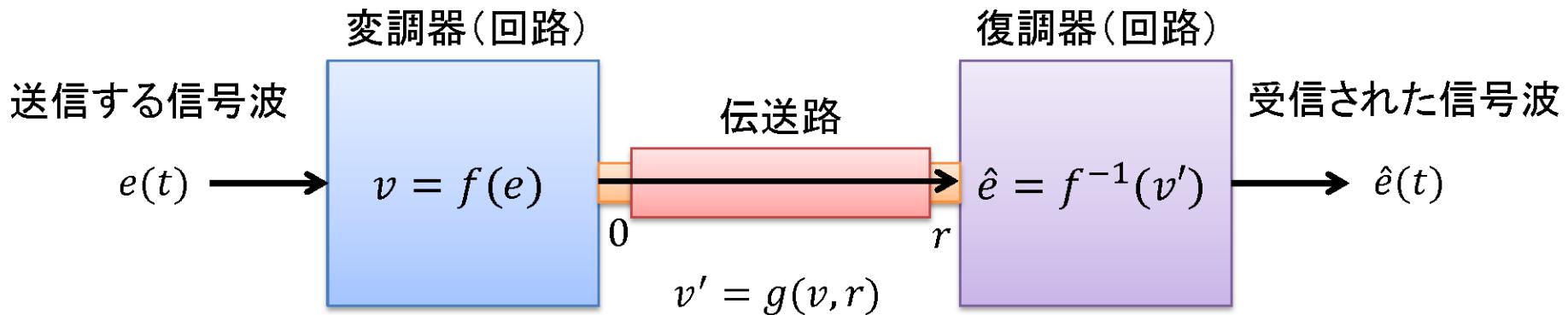
サンプリング周波数  $f_s = \frac{1}{T_s} > 2f_{max}$

# DA変換



# 通信の基礎

# 変調と復調



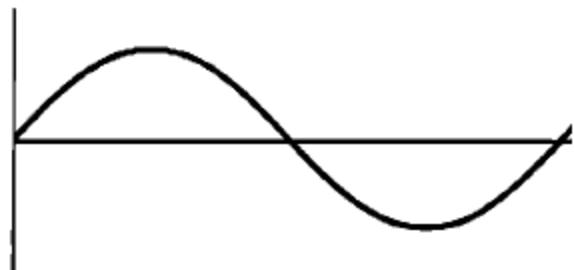
距離による減衰やノイズにより、送信される信号と受信される信号は異なる。  
(しかし、信号波にそのままノイズが乗るよりは、復調後のS/Nが良い)

**変調** : 信号波を実際に伝送する信号に変換する操作

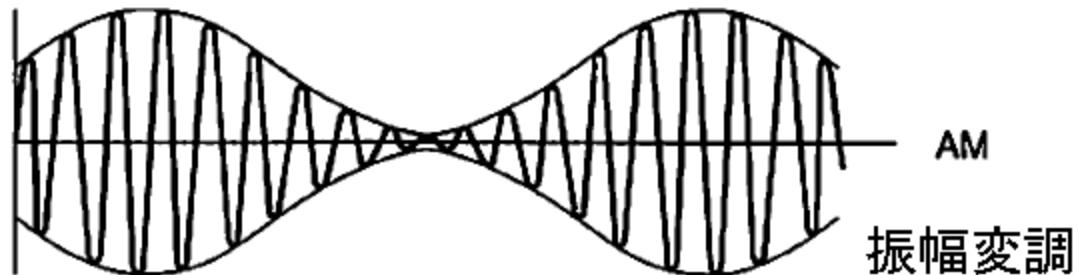
**復調** : 受信した信号から信号波を再現する操作

# アナログ信号の変調

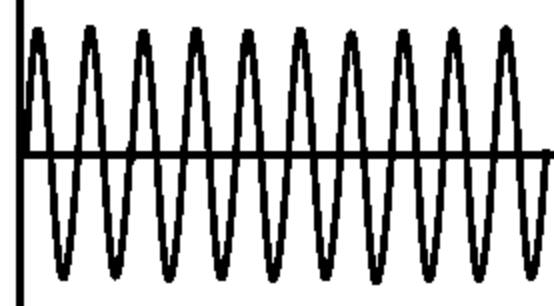
信号波



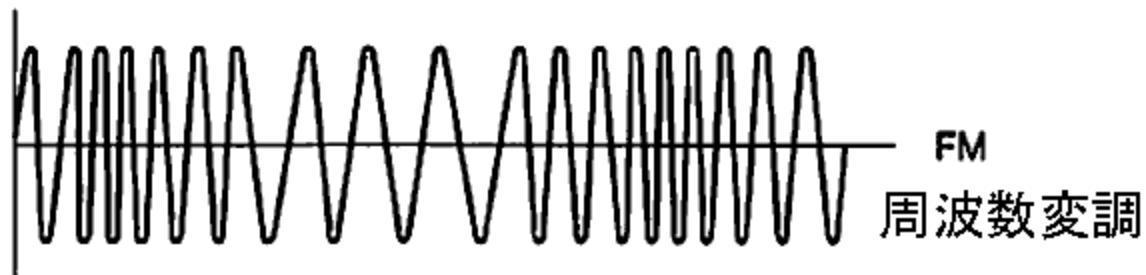
搬送波の **振幅** に信号波を乗せる。



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



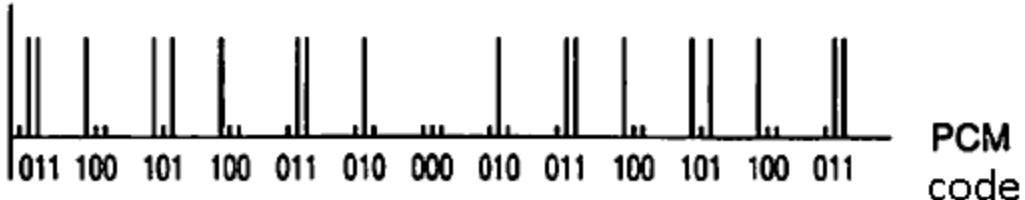
パルスの振幅



パルスの幅



パルスの数

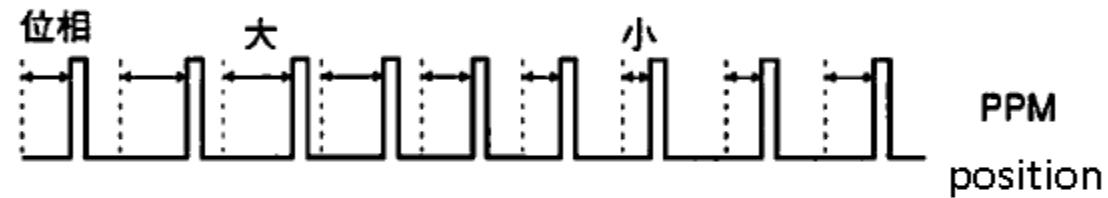


パルスの組合せ

教科書 p. 94

# パルス式

情報(信号波)を乗せる場所



パルスの位置(位相)



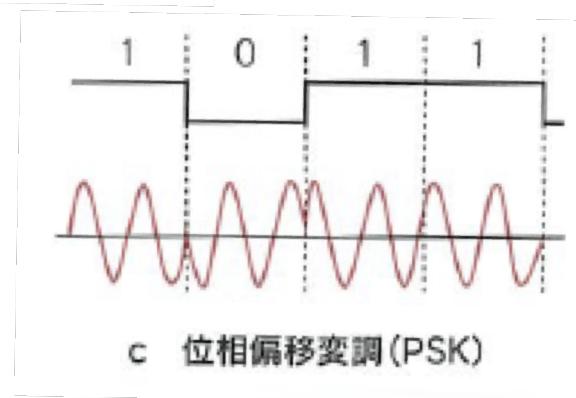
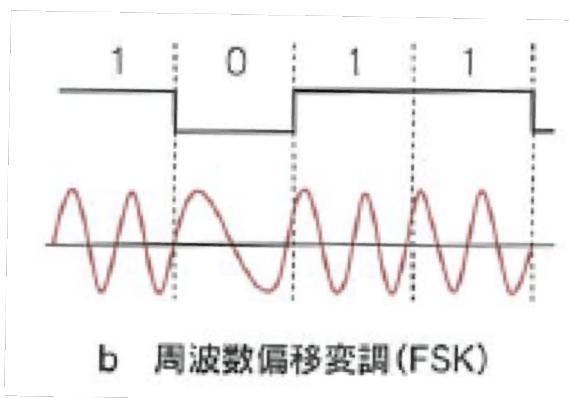
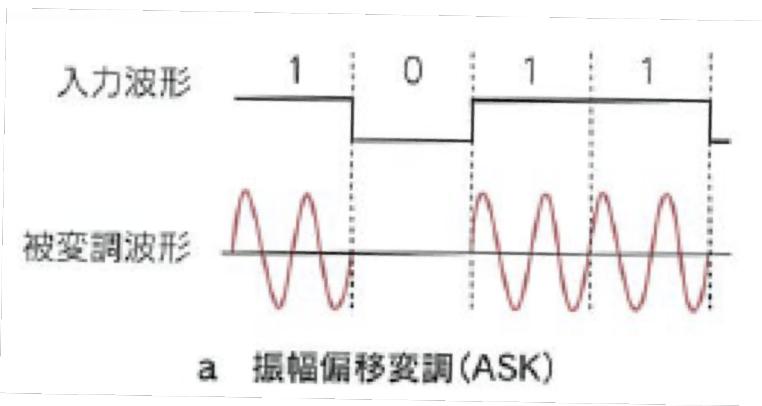
パルスの周波数



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

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

$$2\pi f = \omega$$

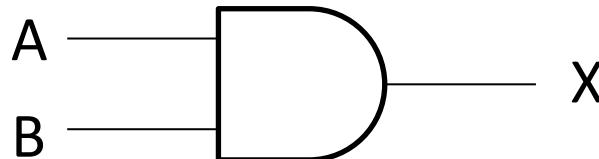
$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{6\pi}{2\pi} = 3 \text{ [Hz]}$$

サンプリング定理から

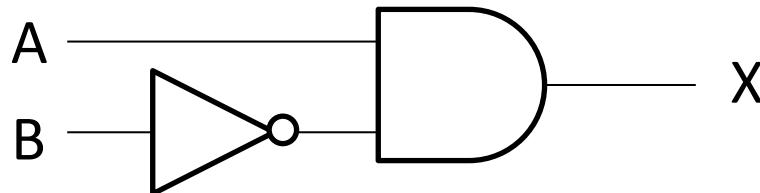
$$\begin{aligned}f_s &> 2f \\f_s &> 2 \times 3 \\f_s &> 6 \text{ [Hz]}\end{aligned}$$

# 練習問題2

次の真理値表を埋めよ



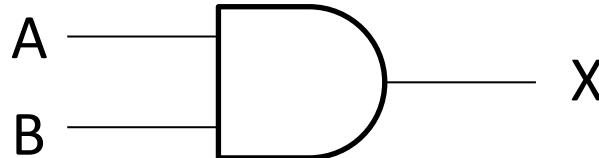
A	B	X
0	0	
1	0	
0	1	
1		1



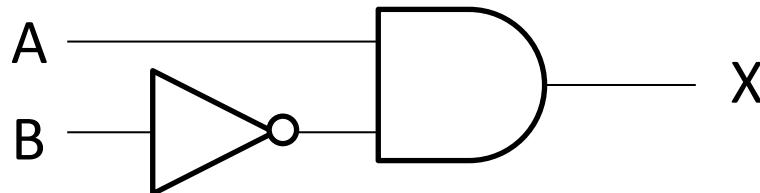
A	B	X
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	0

# 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)