

医用工学概論

第10回 デジタル回路、通信の基礎

前回の練習問題

60 dB と 20 dB の増幅器を直列に接続したときの全利得はどれか。

1. 40 dB
2. 60 dB
3. 80 dB
4. 120 dB
5. 1,200 dB

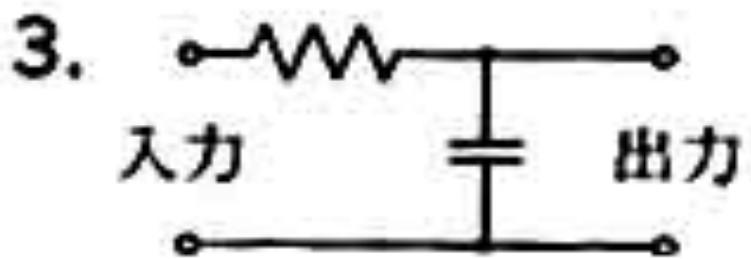
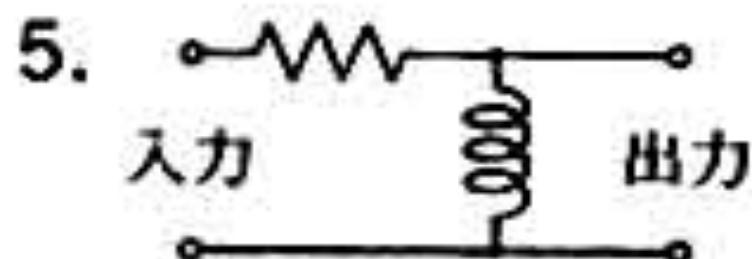
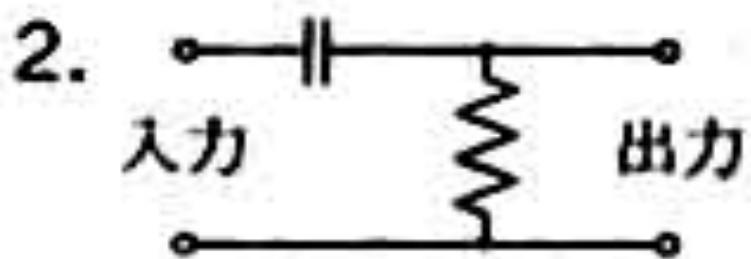
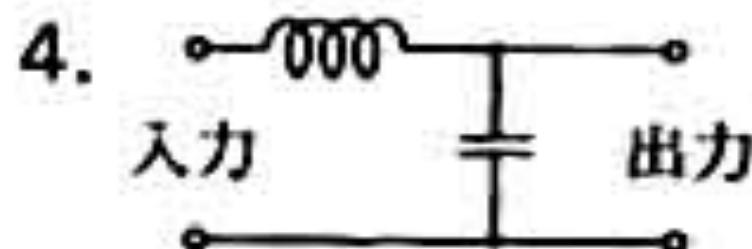
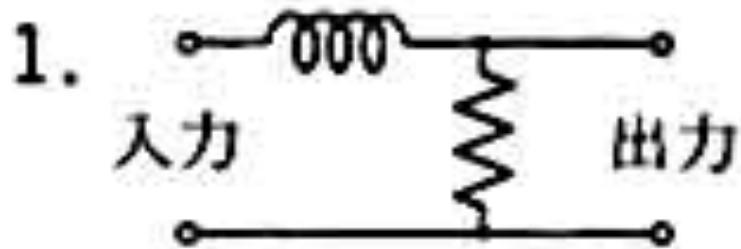
60 dB と 20 dB の増幅器を直列に接続したときの全利得はどれか。

1. 40 dB
2. 60 dB
3. 80 dB
4. 120 dB
5. 1,200 dB

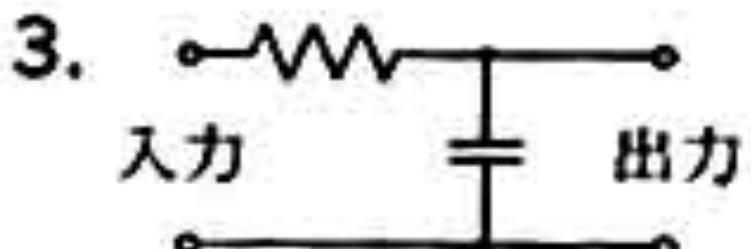
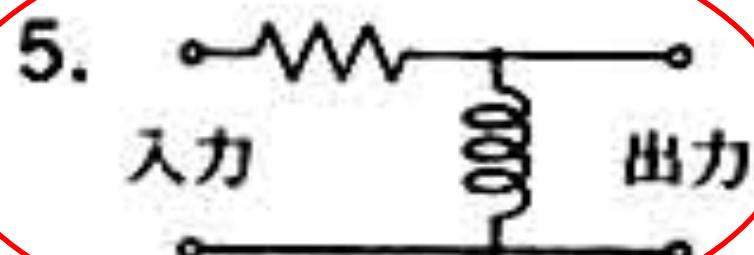
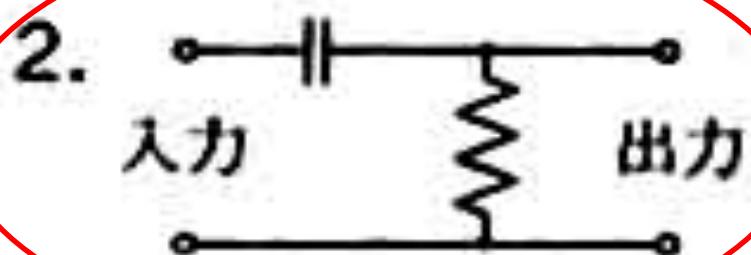
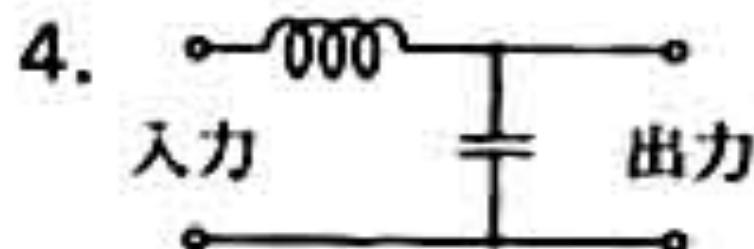
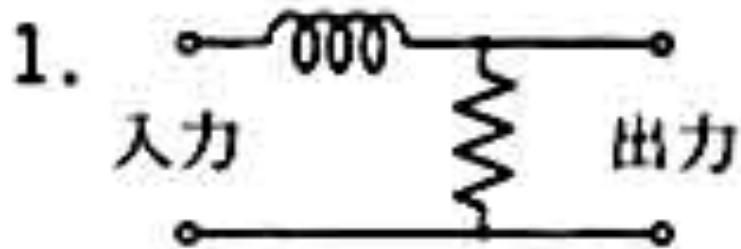
$$60 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 80 \text{ dB}$$

3. 80 dB

低域遮断フィルターとして働く回路はどれか。
2つ選べ。



低域遮断フィルターとして働く回路はどれか。
2つ選べ。

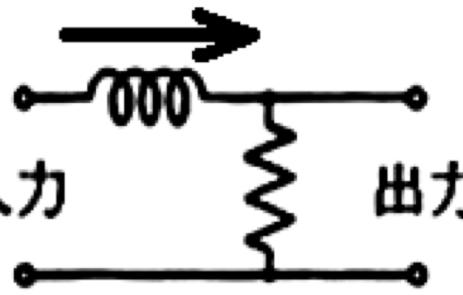


低域遮断 = 高域通過
= 微分回路

どれが低域遮断フィルタの特性をもつか。
(低周波、直流を通さないものはどれか)

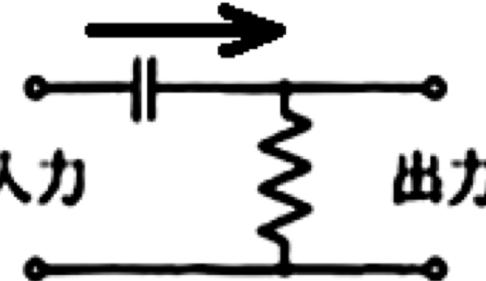
簡単な考え方では、直流を入力したときに
出力に電圧がないものを捜す。

直流電流 I



コイルは直流をよく通すので、
抵抗には電圧が生じる。
低域遮断フィルタではない。

直流電流 I



コンデンサは直流を通さないので、
直流では出力電圧は出ない。
低域遮断フィルタである。 7

直流電流 I

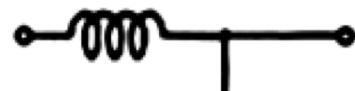


3. 入力 出力

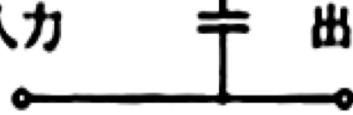


抵抗は直流を通す。

さらに出力端子につながった
コンデンサは直流を通さないので、
直流を入れると出力電圧がある。
低域遮断フィルタではない。



4. 入力 出力



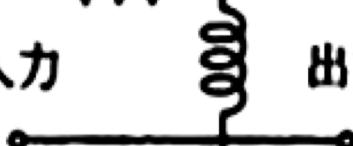
これは、LC直列回路なので、

特定の周波数 $f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ の信号だけ
よく通す共振回路である。
低域遮断フィルタではない。

直流電流 I



5. 入力 出力

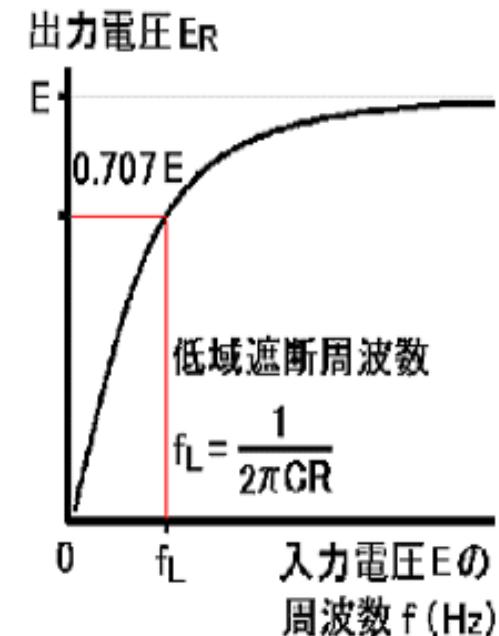
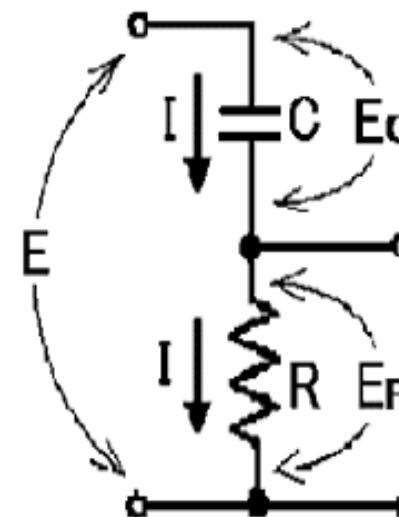


抵抗は直流電流を通す。

ところが、コイルも直流電流をよく通すので、
2つの出力端子間のインピーダンスが 0 に
なるので、直流の入力では出力電圧は出ない。
低域遮断フィルタである。

CR結合回路の抵抗の電圧 E_R は、
低周波成分を遮断する機能をもつ。
(低域フィルタ、低周波フィルタ)

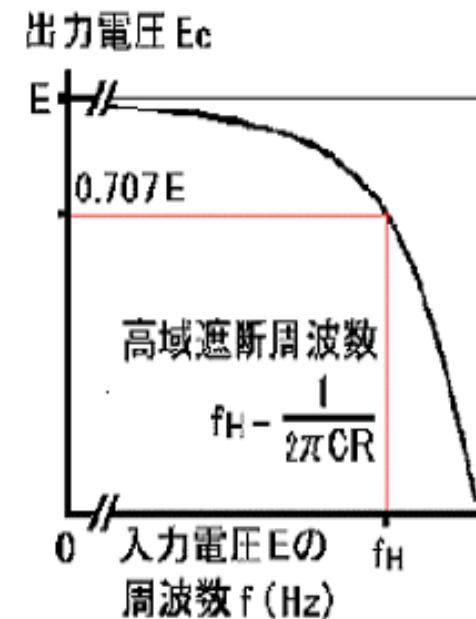
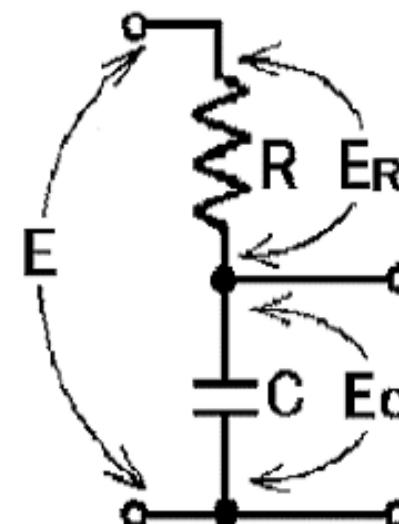
$$\text{低域遮断周波数 } f_L = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi CR} = \frac{1}{2\pi\tau}$$



CR結合回路のコンデンサ電圧 E_C は、
高周波成分を遮断する機能をもつ。
(高域フィルタ、高周波フィルタ)

$$\text{高域遮断周波数 } f_H = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi CR} = \frac{1}{2\pi\tau}$$

(High cut-off frequency) $(\tau = CR)$



CR 結合回路の 抵抗電圧出力 E_R は、
低周波遮断フィルタ (Low cut filter = High pass filter)
かつ、微分回路である。

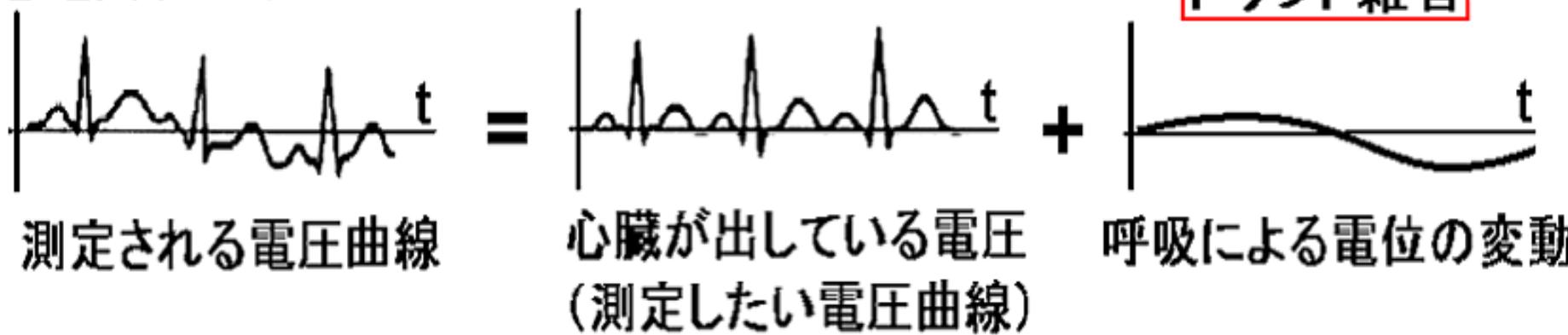
微分回路は、低周波遮断フィルタの特性をもつ。

CR 結合回路の コンデンサ電圧出力 E_C は、
高周波遮断フィルタ (High cut filter = Low pass filter)
かつ、積分回路である。

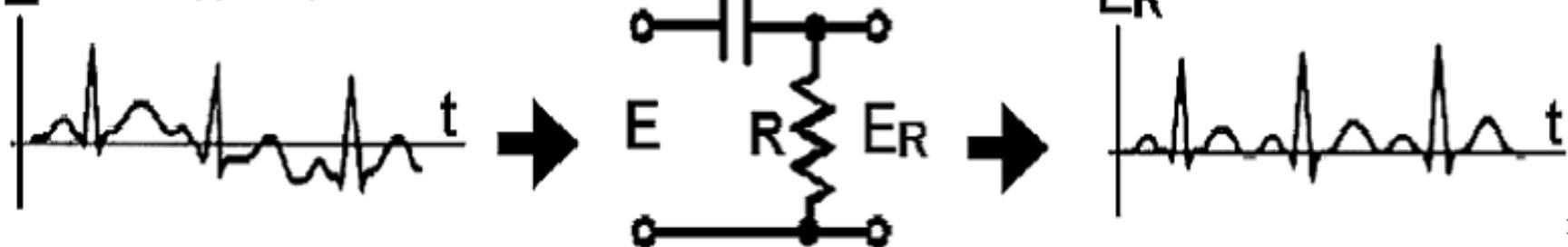
積分回路は、高周波遮断フィルタの特性をもつ。

低周波遮断回路 = 速い振動を通す
= 変動成分を抽出
= 変化量の抽出 = 微分

心電図(ECG)

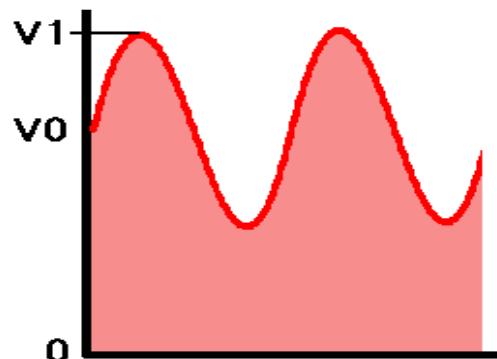


E 基線動揺(ドリフト)

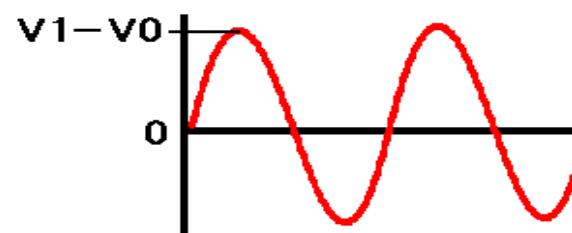


高周波遮断回路 = 緩い振動を通す
 = 変化の乏しい成分を抽出
 = バイアスの抽出 = 積分

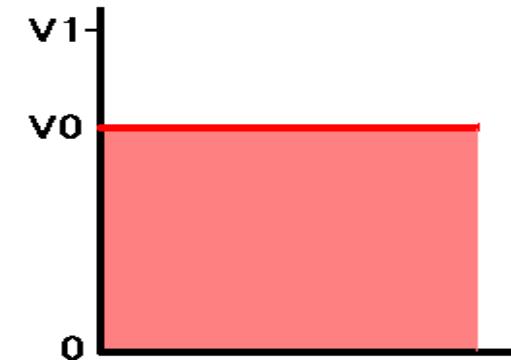
脈流電圧信号



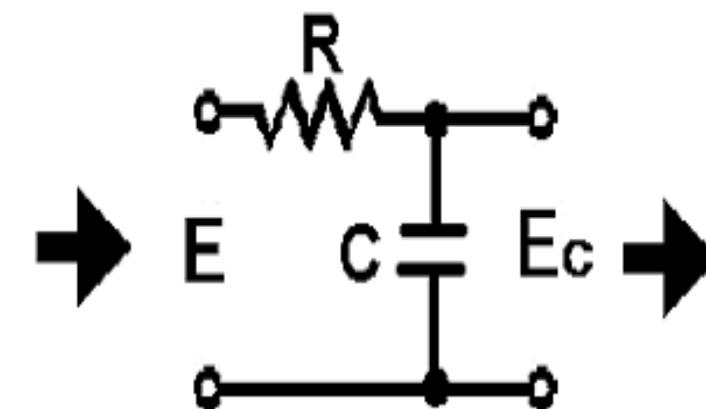
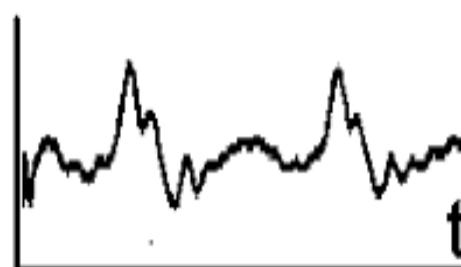
交流電圧成分



直流電圧成分
(バイアス電圧)



E



E_C



問 102 ☆☆

(既出問題)

ダイオードについて正しいのはどれか。

- a ダイオードは一般に整流器、検流器に使用される。
 - b トンネルダイオードには増幅作用がある。
 - c シリコンやガラスは半導体である。
 - d 発光ダイオードは光をあてると明るさに応じてダイオードを流れる電流が変化する。
 - e 定電圧ダイオードは安定化直流電源の基準電圧をつくる時に利用される。
- 1. a, b, c
 - 2. a, b, e
 - 3. a, d, e
 - 4. b, c, d
 - 5. c, d, e

問 102 ☆☆

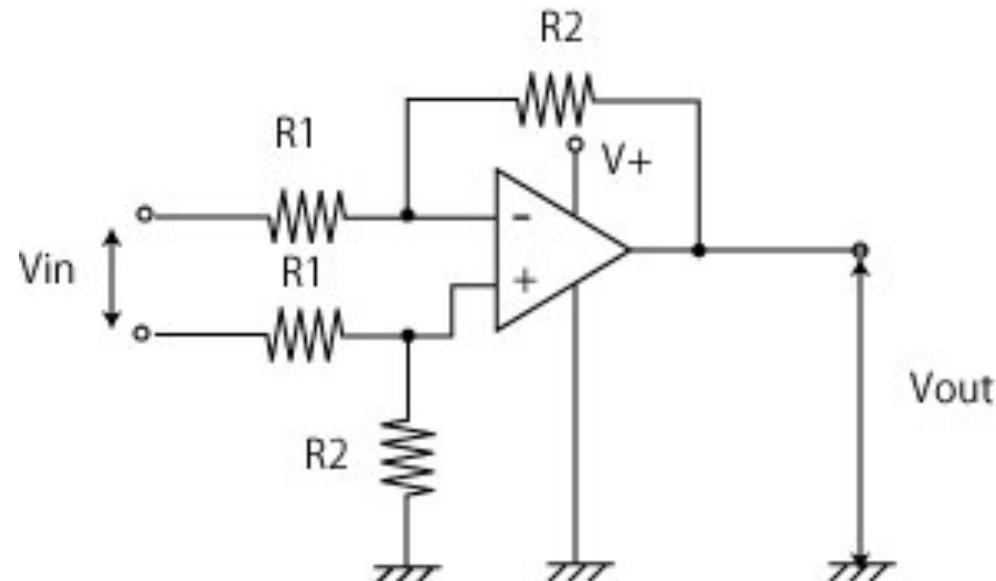
(既出問題)

ダイオードについて正しいのはどれか。

- a ダイオードは一般に整流器、検流器に使用される。
 - b トンネルダイオードには増幅作用がある。
 - c シリコンやガラスは半導体である。
 - d 発光ダイオードは光をあてると明るさに応じてダイオードを流れる電流が変化する。
 - e 定電圧ダイオードは安定化直流電源の基準電圧をつくる時に利用される。
1. a, b, c 2. a, b, e 3. a, d, e 4. b, c, d
5. c, d, e

補足：差動増幅器

- 2点間の電位差を増幅する(心電図や脳波等)
- 逆位相の信号は増幅される
- 同位相の信号は抑制される
- 直流バイアスを伴う信号の交流信号だけを増幅できる
- 電源電圧の変動(ドリフト)に対して安定



問題 81 医療機器における
差動増幅器の利便性で正しいのはどれか。

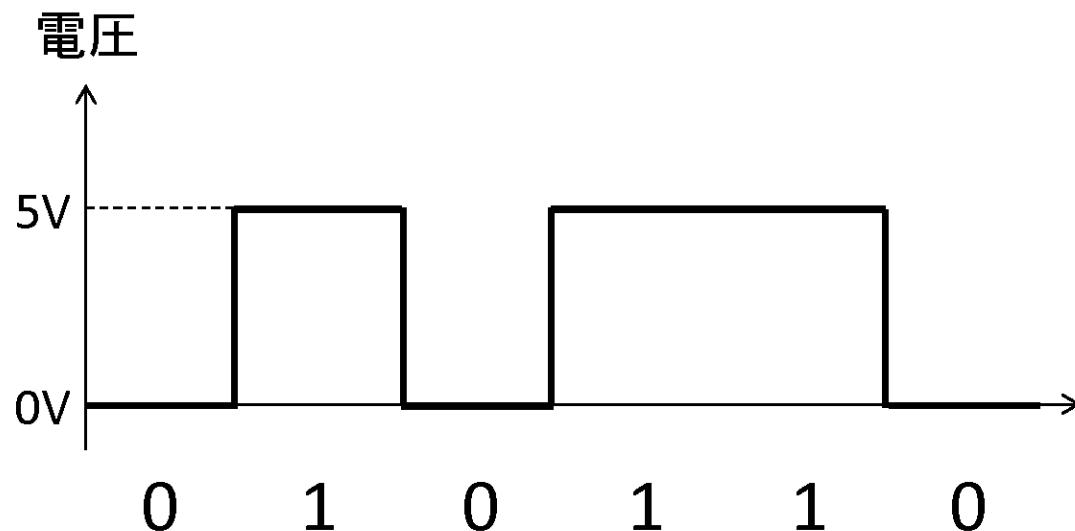
1. 同相ノイズの抑制
2. 周波数特性の改善
3. 実効増幅度の安定化
4. 基線動搖の抑制
5. リップル率の上昇

デイジタル回路

デジタル回路

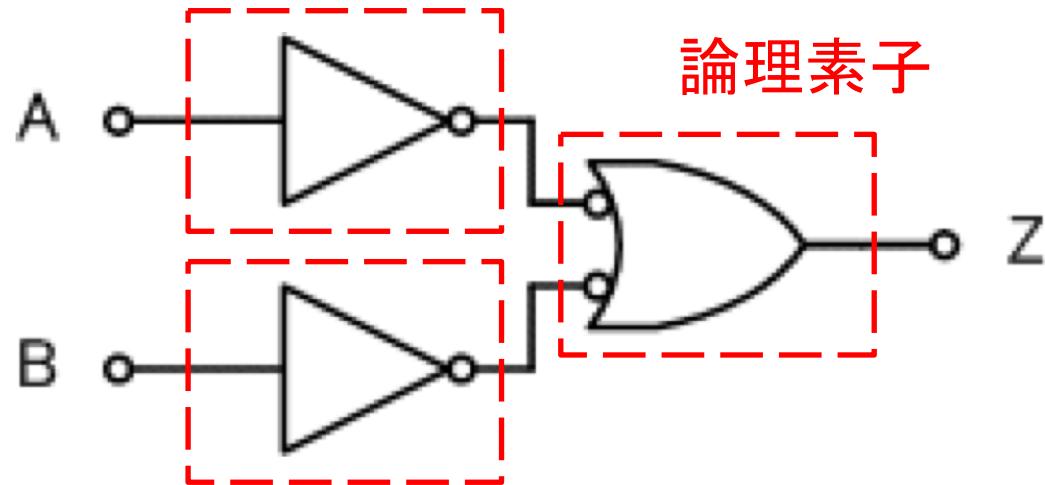
電圧を **離散値** (不連続な値)で扱う回路をデジタル回路という。

↔ 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

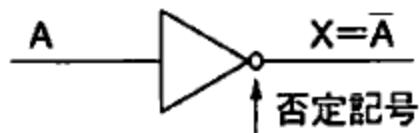
AND

$A \cdot B$

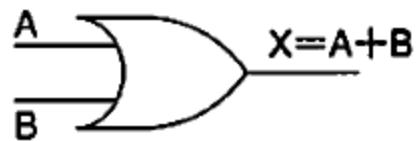
$$\begin{aligned}0 \cdot 0 &= 0 \\ 0 \cdot 1 &= 0 \\ 1 \cdot 1 &= 1\end{aligned}$$

論理素子

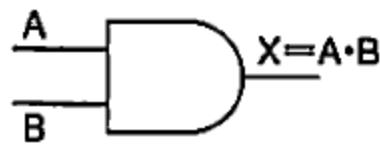
否定(NOT)



論理和(OR)



論理積(AND)



真理値表

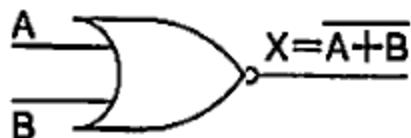
A	\bar{A}
1	0
0	1

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

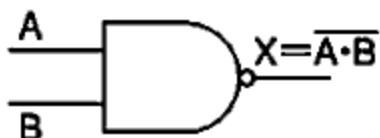
論理素子

論理和の否定(NOR)



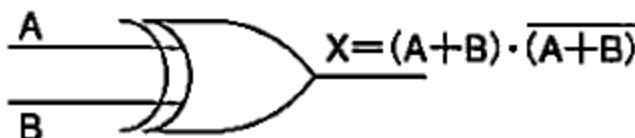
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	1	0
1	0	0

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)

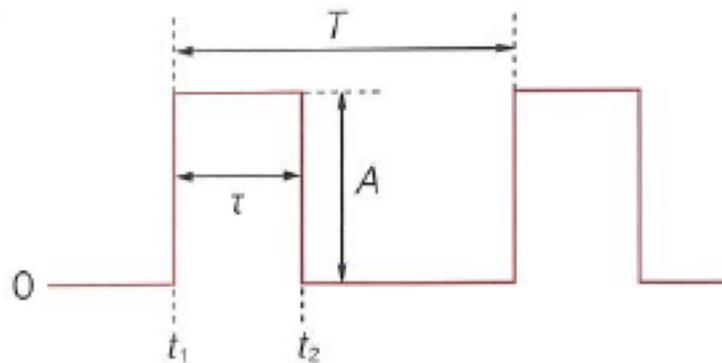


A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	1	0
1	0	1

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



τ : 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]

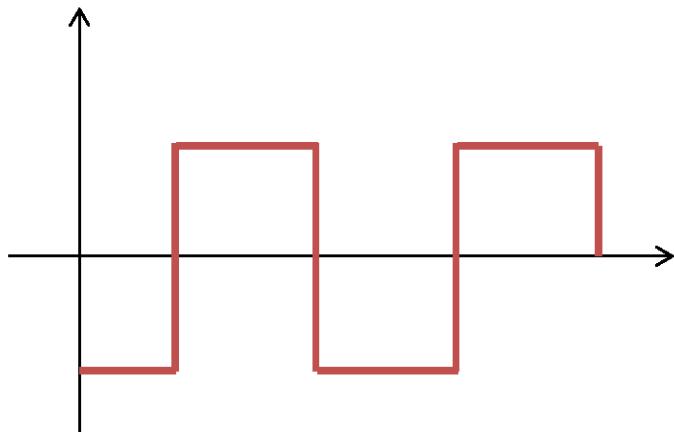
- 弛張型発振回路
電気的なスイッチングを利用してパルスを生成
- 帰還型発振回路
帰還回路の発信条件を利用してパルスを生成

しちょう

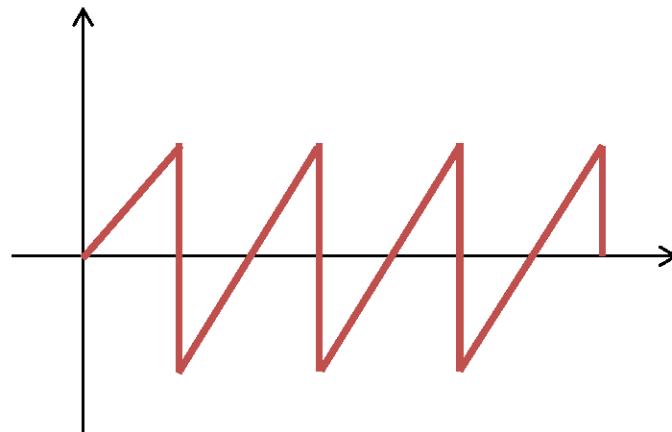
弛張型発振回路

スイッチのON/OFFやコンデンサの充放電を利用した発振回路

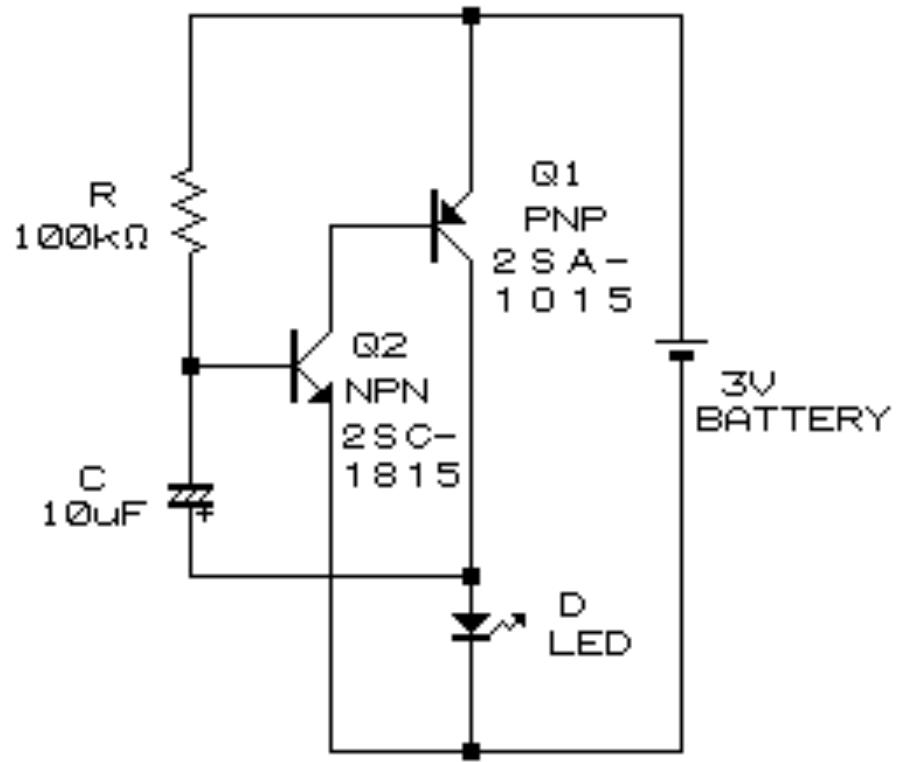
方形波



ノコギリ波

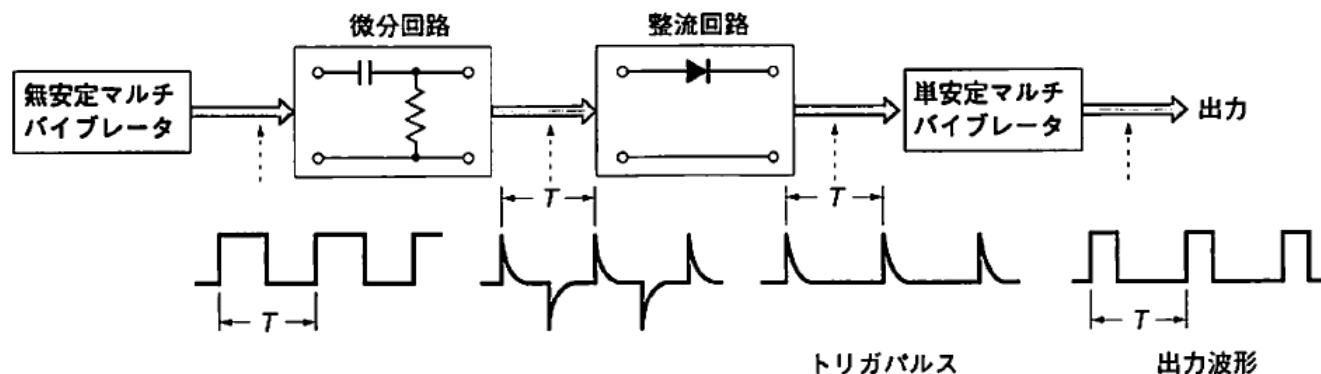


弛張型発振回路

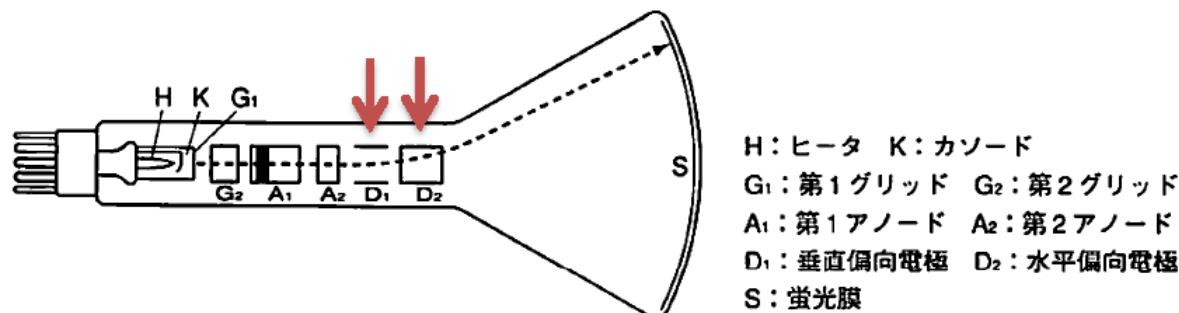


弛張型発振回路の利用例

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。



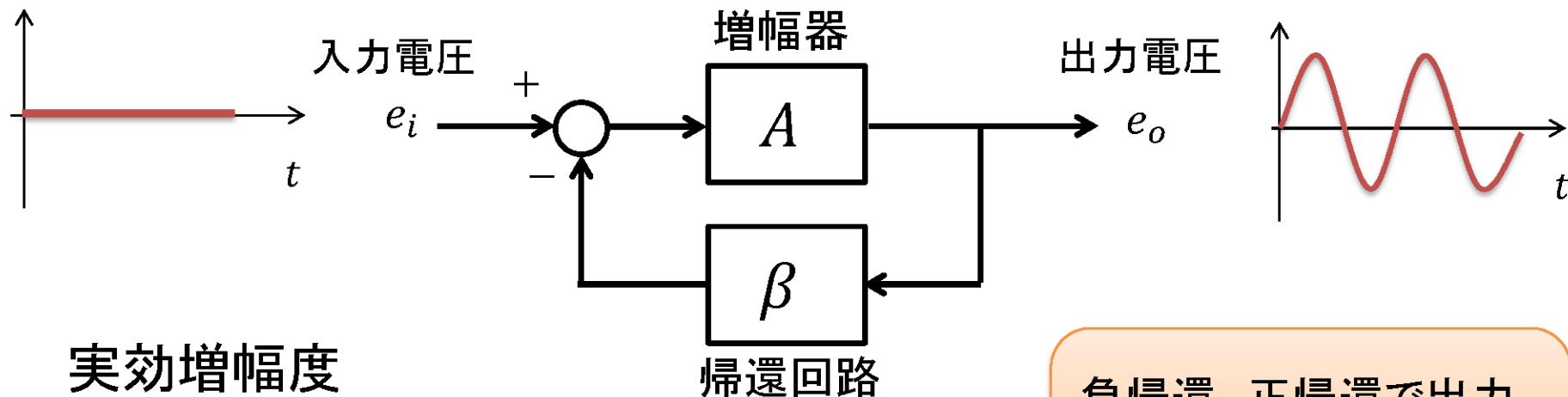
ノコギリ波は、ブラウン管(表示器)のビームの走査に利用される。



H:ヒータ K:カソード
G₁:第1グリッド G₂:第2グリッド
A₁:第1アノード A₂:第2アノード
D₁:垂直偏向電極 D₂: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

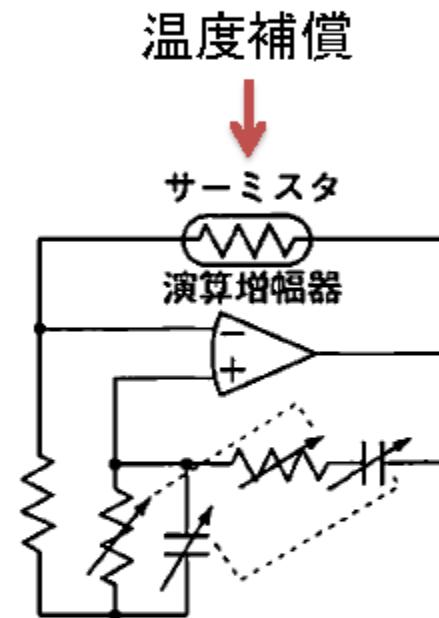
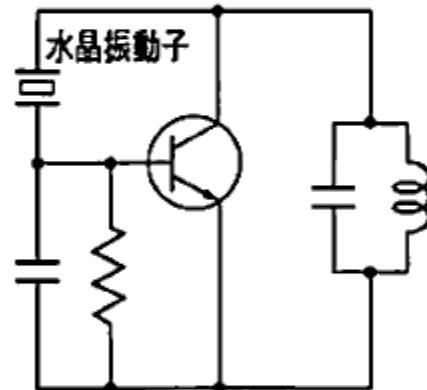
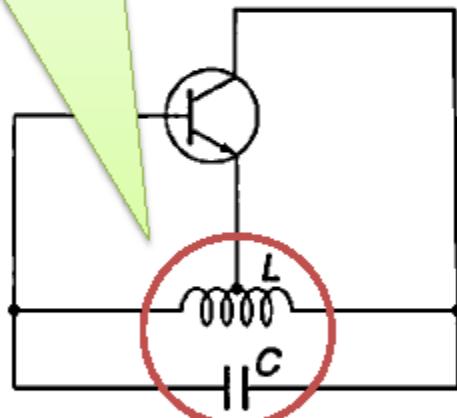


$$A_e = \frac{A}{1 + \beta A}$$

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

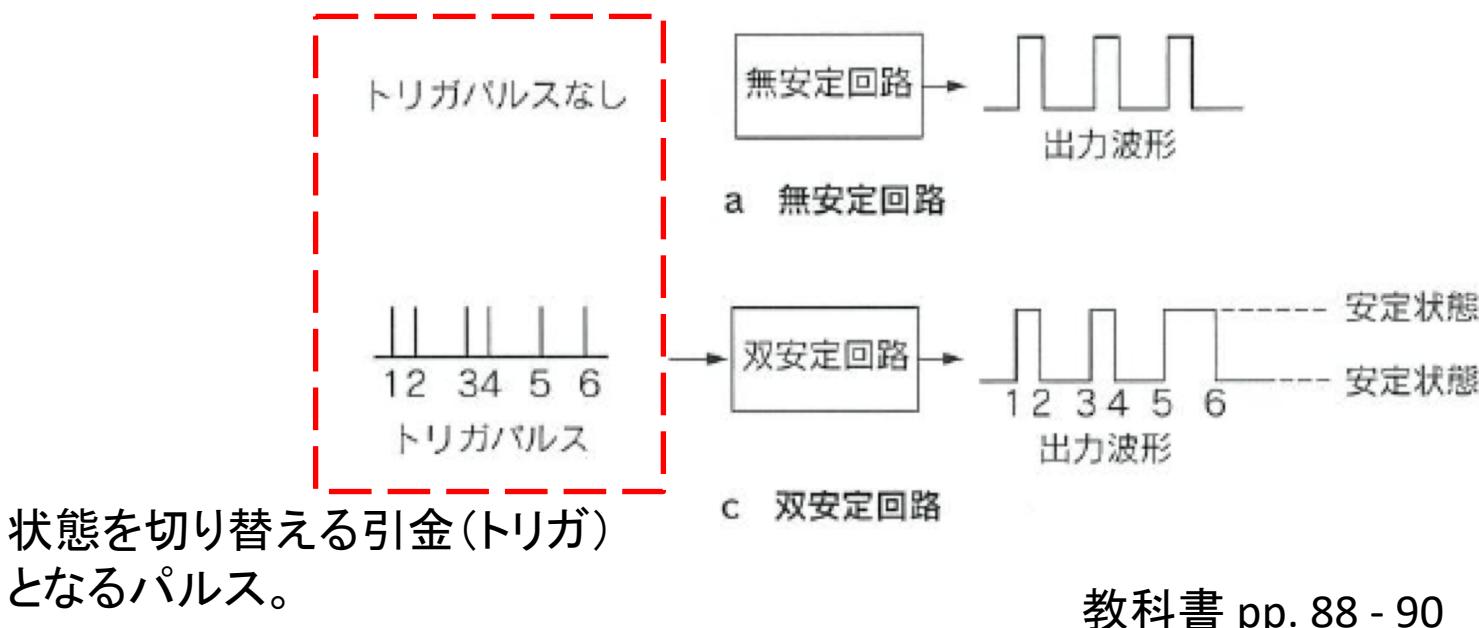
の安定性に違いがある。

また、出力波形の‘綺麗さ’にも違いがある。

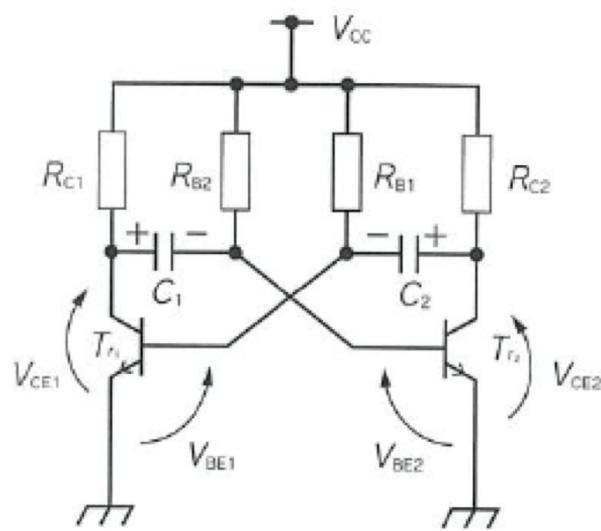
マルチバイブレータ

帰還回路によってパルスを出力する回路

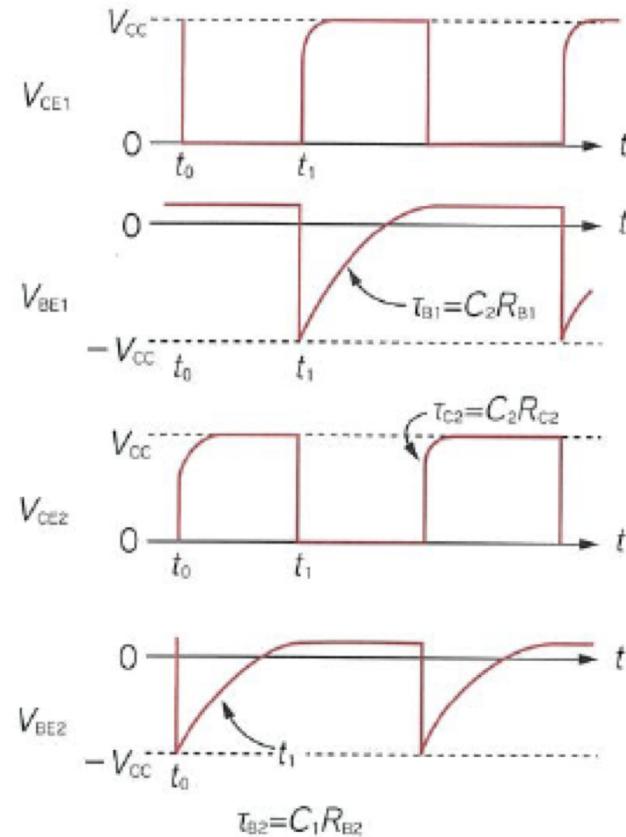
- ・無安定マルチバイブレータ
- ・単安定マルチバイブレータ
- ・双安定マルチバイブレータ



無安定マルチバイブレータ



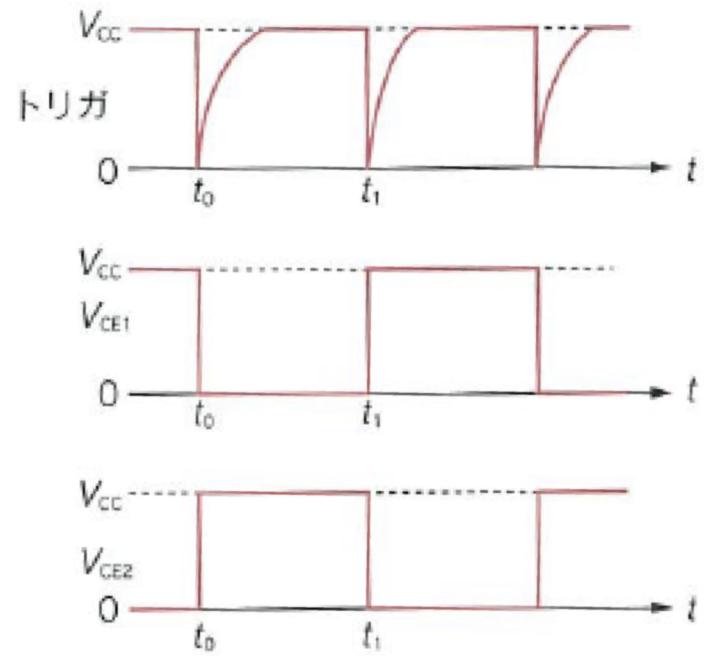
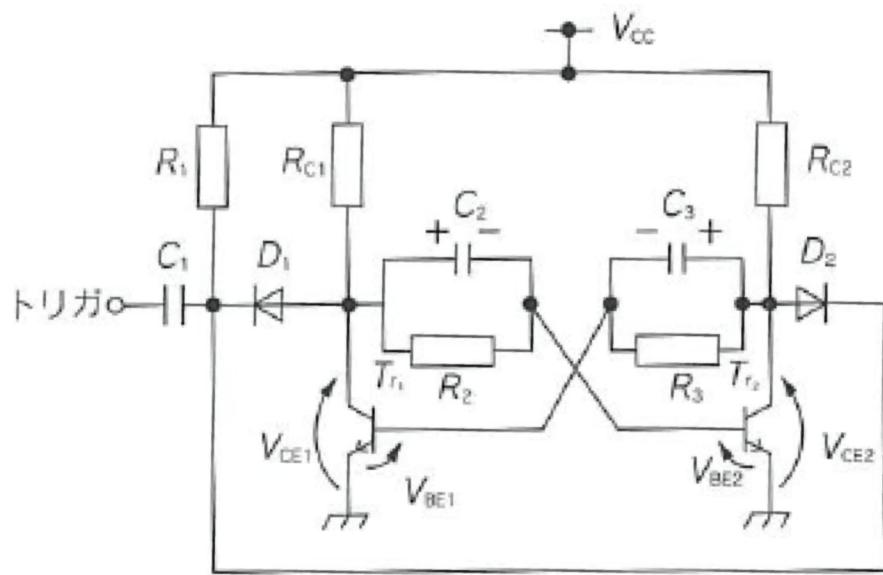
a 回路



b 動作波形

トリガなしでパルス(方形波)を出力する

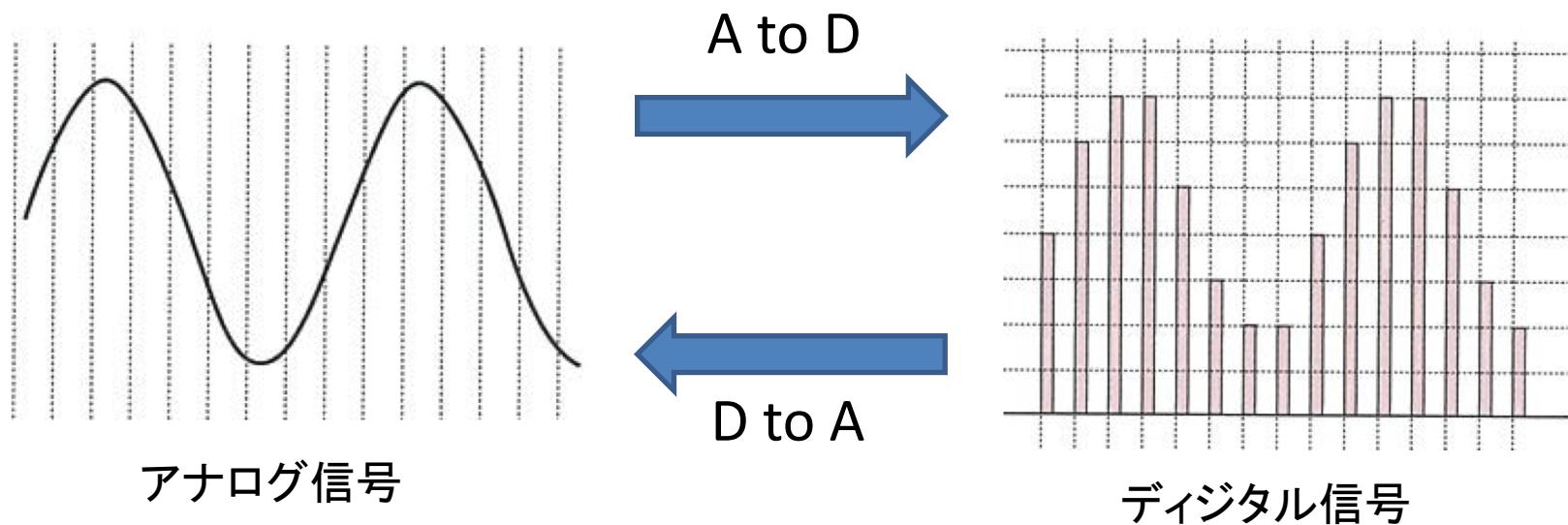
双安定マルチバイブレータ



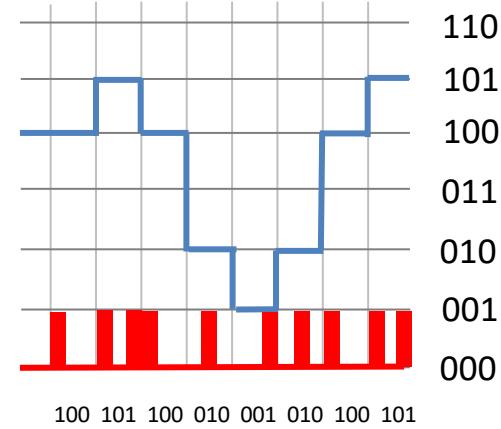
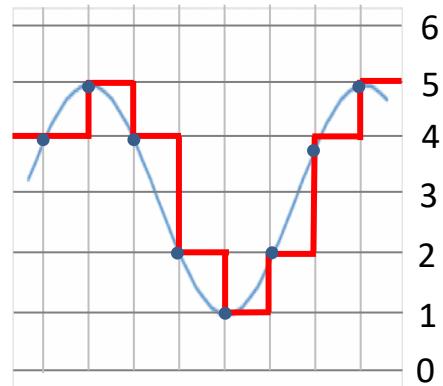
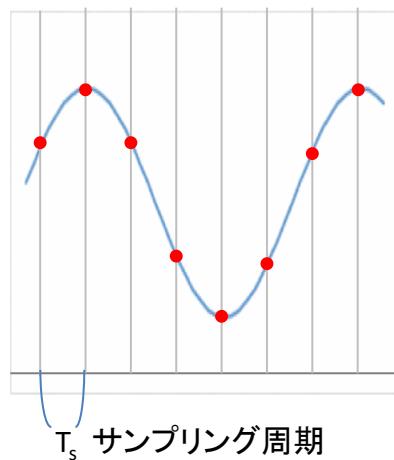
トリガが入力されるたびに、出力状態が切り替わる。
フリップフロップとも呼ばれる。
カウンターや記憶回路に利用される。

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

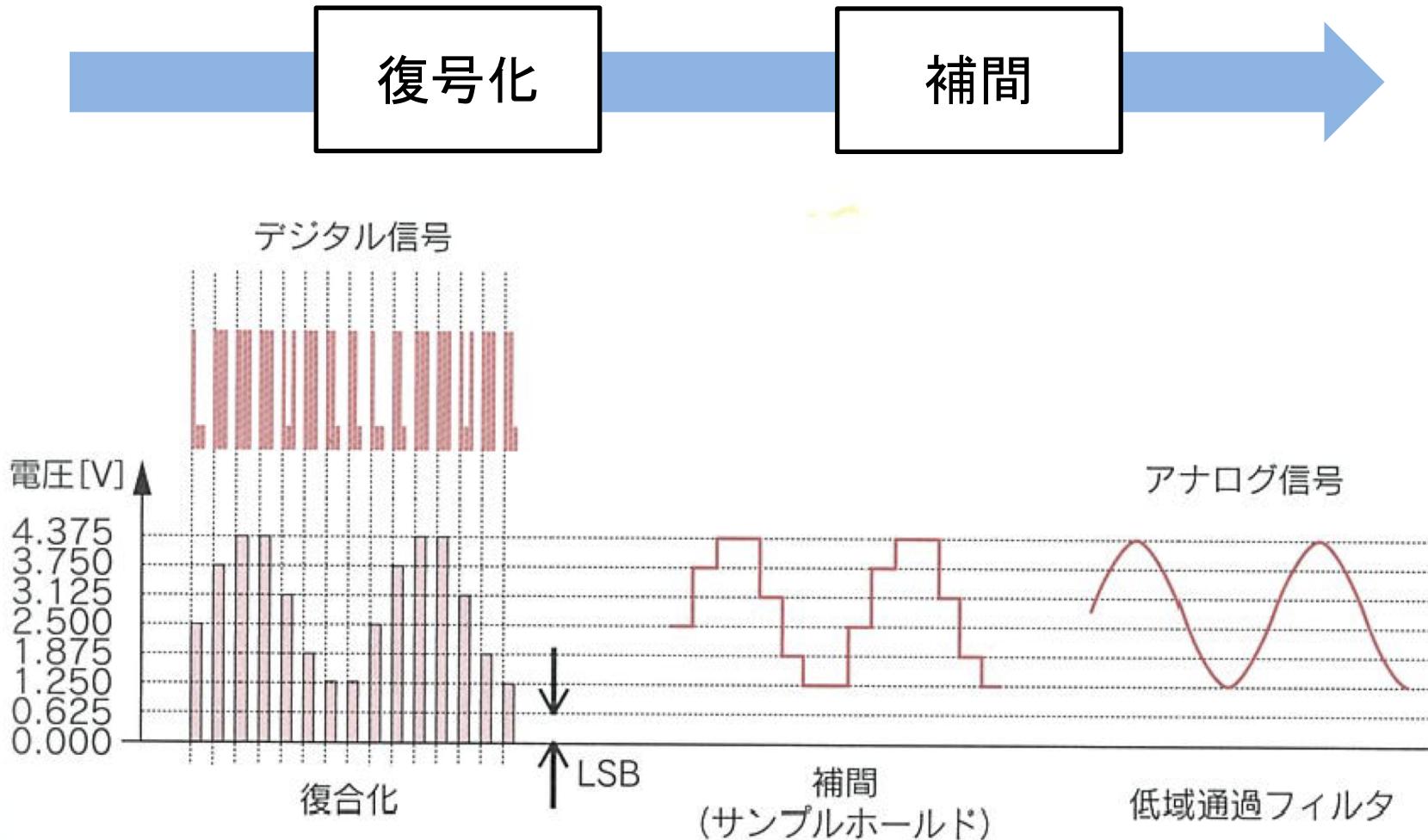


サンプリング定理

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。

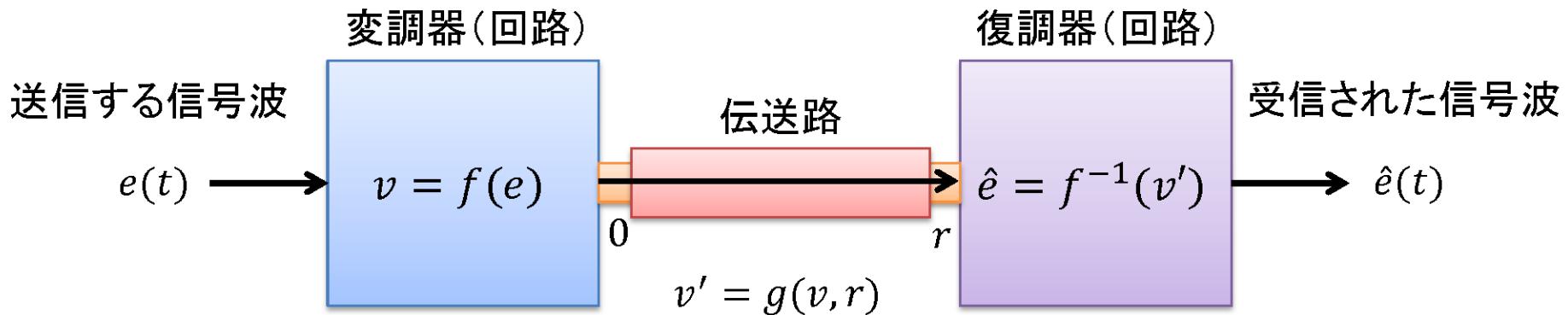
$$\text{サンプリング周波数 } f_s = \frac{1}{T_s} > 2f_{max}$$

DA変換



通信の基礎

変調と復調



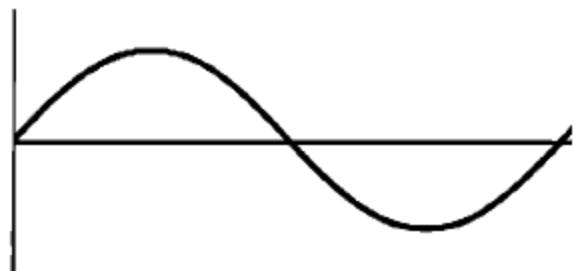
距離による減衰やノイズにより、送信される信号と受信される信号は異なる。
(しかし、信号波にそのままノイズが乗るよりは、復調後のS/Nが良い)

変調 : 信号波を実際に伝送する信号に変換する操作

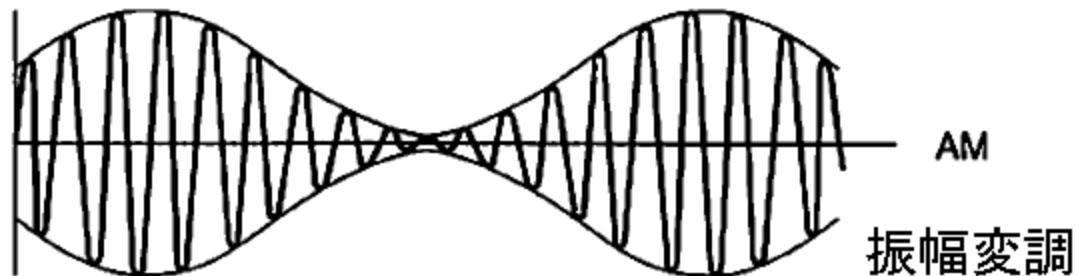
復調 : 受信した信号から信号波を再現する操作

アナログ信号の変調

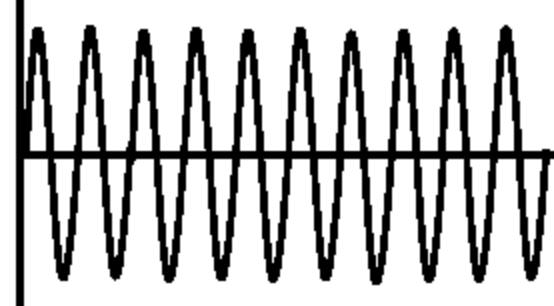
信号波



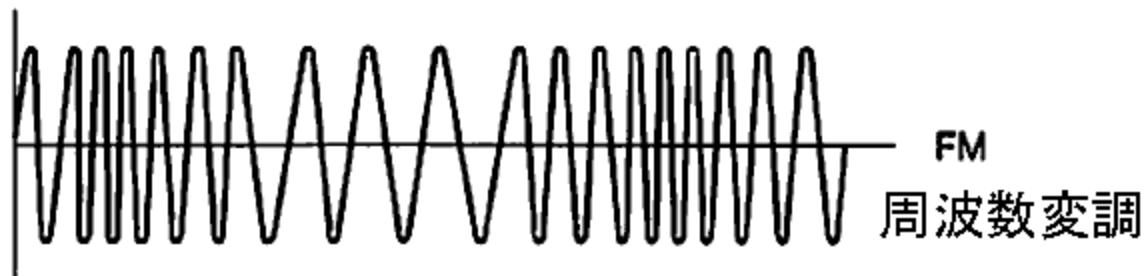
搬送波の **振幅** に信号波を乗せる。



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



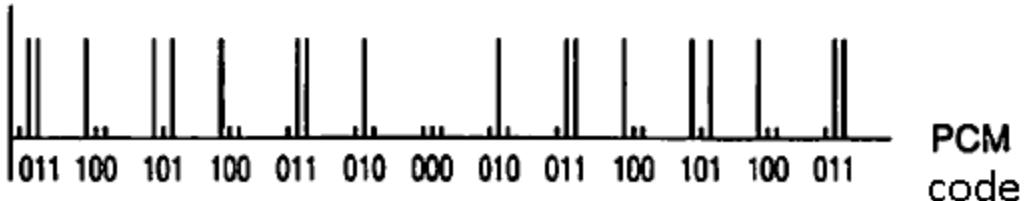
パルスの振幅



パルスの幅



パルスの数

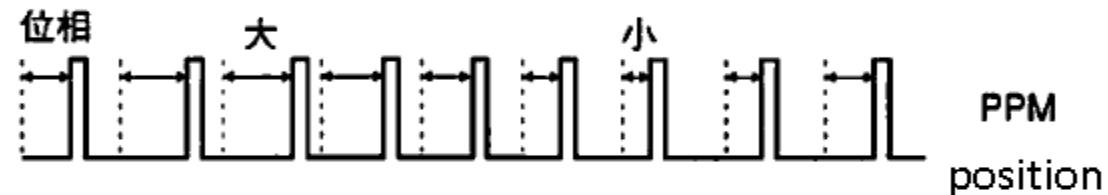


パルスの組合せ

教科書 p. 94

パルス式

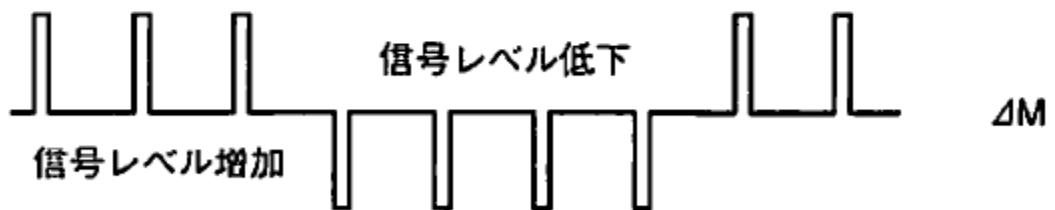
情報(信号波)を乗せる場所



パルスの位置(位相)



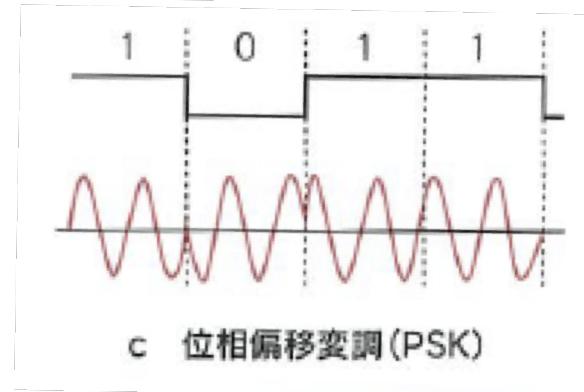
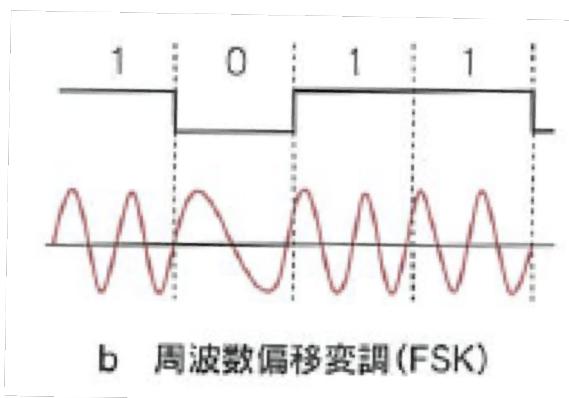
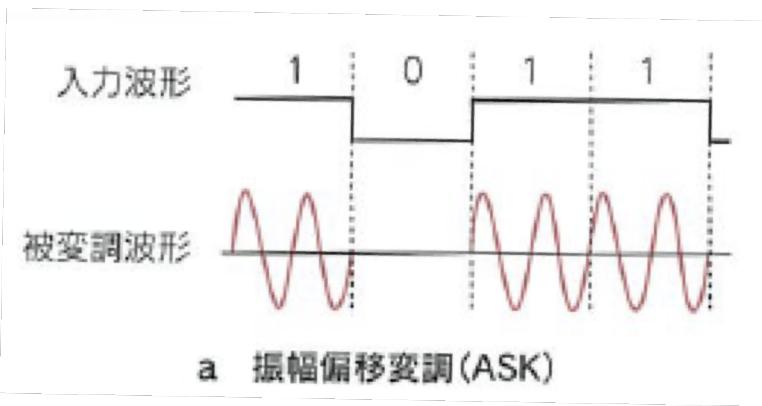
パルスの周波数



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。

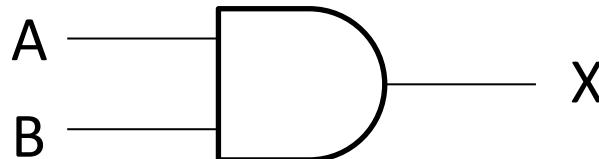


練習問題1

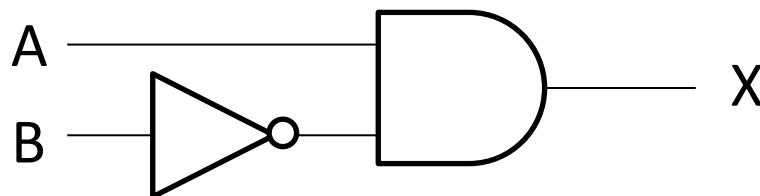
$y = 8\sin(6\pi t + \frac{\pi}{2})$ で表されるアナログ信号波形をAD変換する時、信号が復元可能であるための条件を、サンプリング周波数 f_s を用いて表せ。

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