医用工学概論

第９回
ディジタル回路、通信の基礎

前回の練習問題

問 210☆ (既出問題)

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

問 210☆ (既出問題)

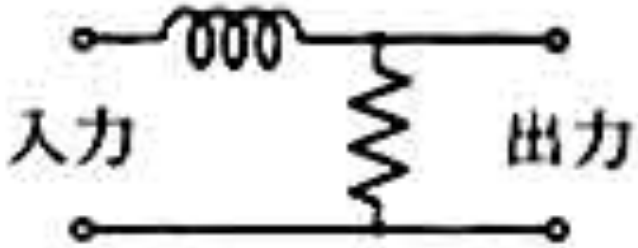
60 dBと20 dBの増幅器を直列に接続したときの全利得はどれか。

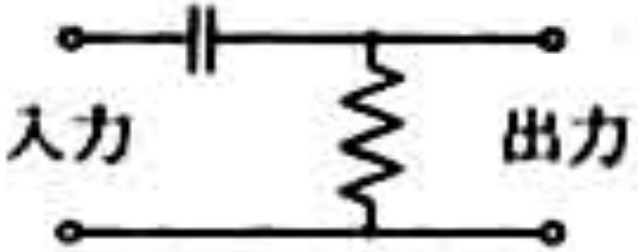
1. 40 dB
2. 60 dB
3. 80 dB
4. 120 dB
5. 1,200 dB

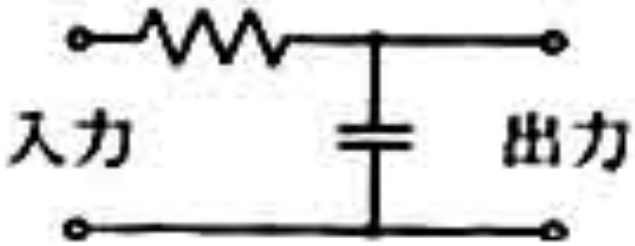
$$60\ \mathrm{dB} + 20\ \mathrm{dB} = 80\ \mathrm{dB}$$

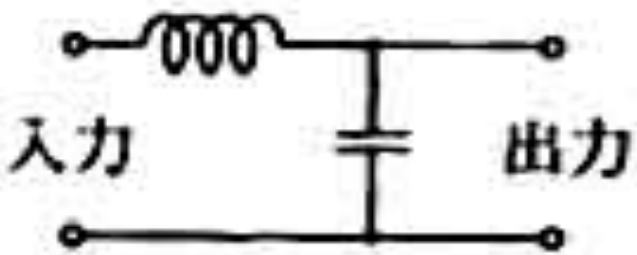
<u>3. 80 dB</u>

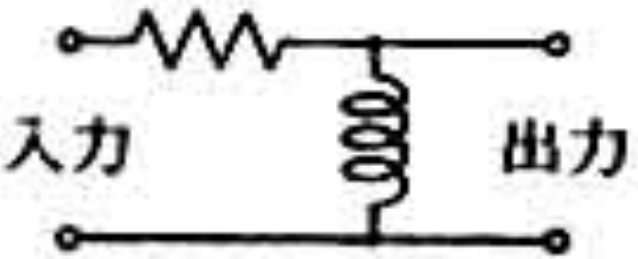
低域遮断フィルターとして働く回路はどれか。
2つ選べ。

1.


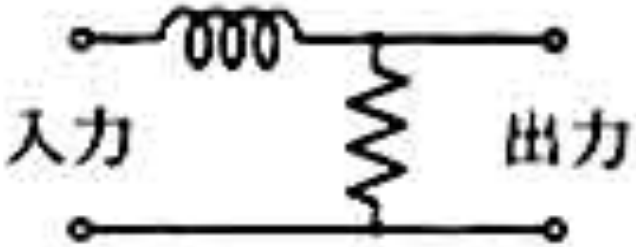
2.


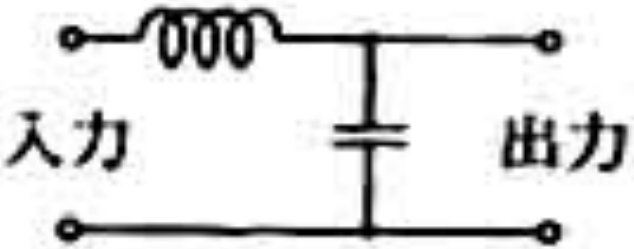
3.


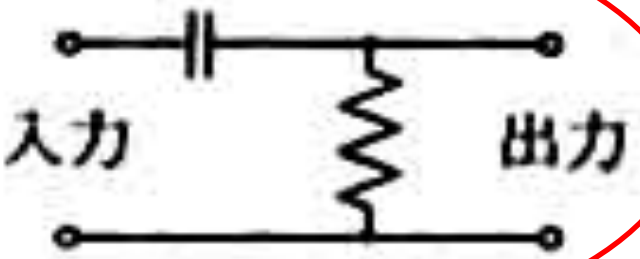
4.


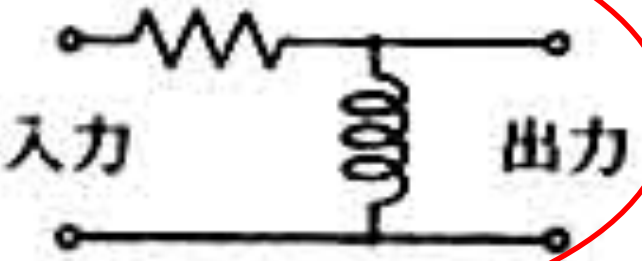
5.


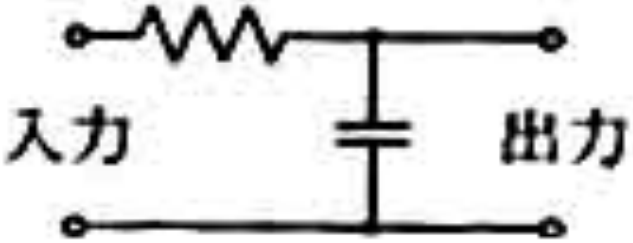
低域遮断フィルターとして働く回路はどれか。
2つ選べ。

1.


4.


2.


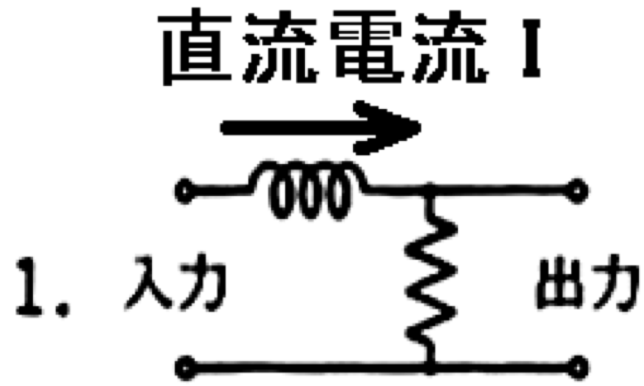
5.


3.


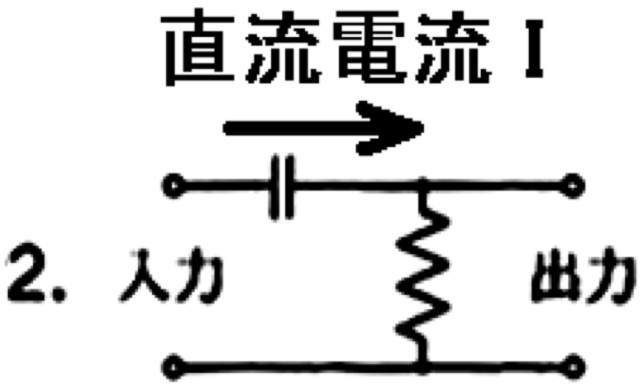
低域遮断　＝　高域通過
　　＝　微分回路

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）

簡単な考え方は、直流を入力したときに
出力に電圧がでないものを捜す。

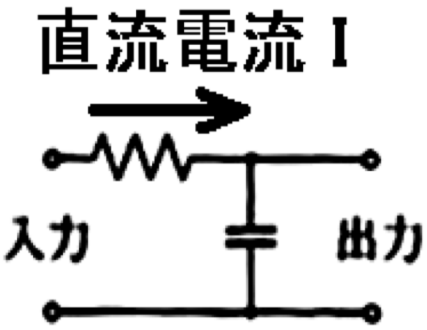


コイルは直流をよく通すので、
抵抗には電圧が生じる。
低域遮断フィルタではない。



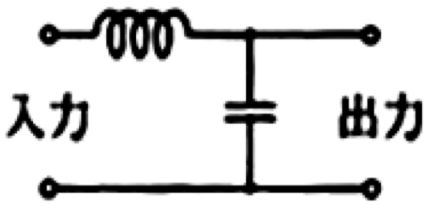
コンデンサは直流を通さないので、
直流では出力電圧は出ない。
低域遮断フィルタである。

3.



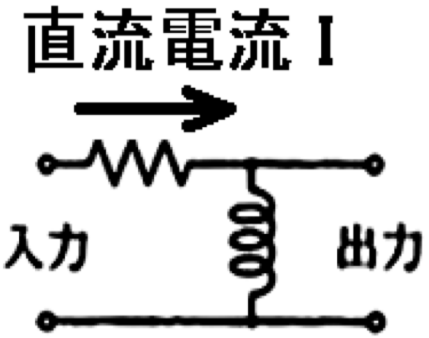
抵抗は直流を通す。
さらに出力端子につながった
コンデンサは直流を通さないので、
直流を入れると出力電圧がある。
低域遮断フィルタではない。

4.



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。

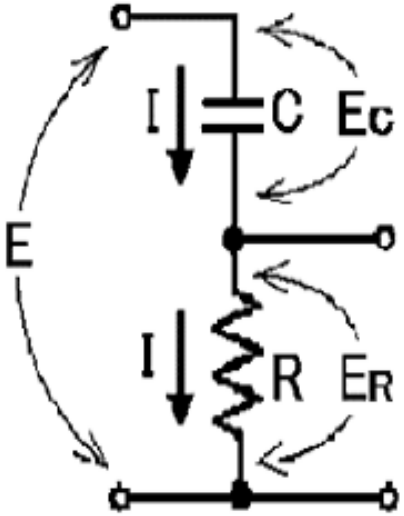
5.

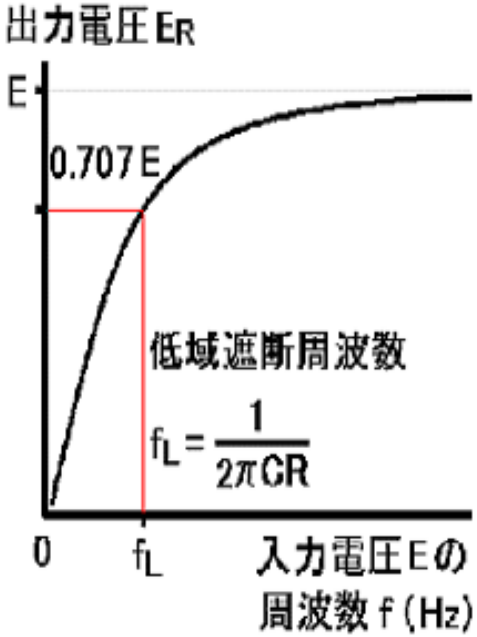


抵抗は直流電流を通す。
ところが、コイルも直流電流をよく通すので、
2つの出力端子間のインピーダンスが 0 に
なるので、直流の入力では出力電圧は出ない。
低域遮断フィルタである。

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)

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

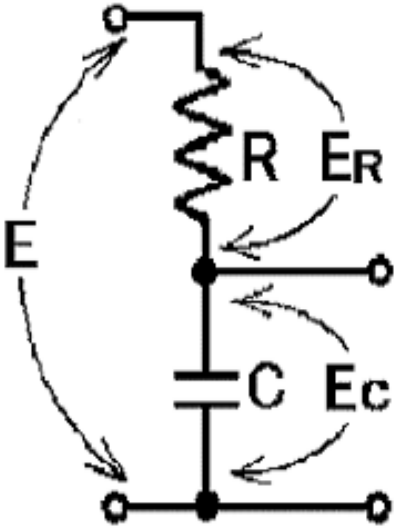


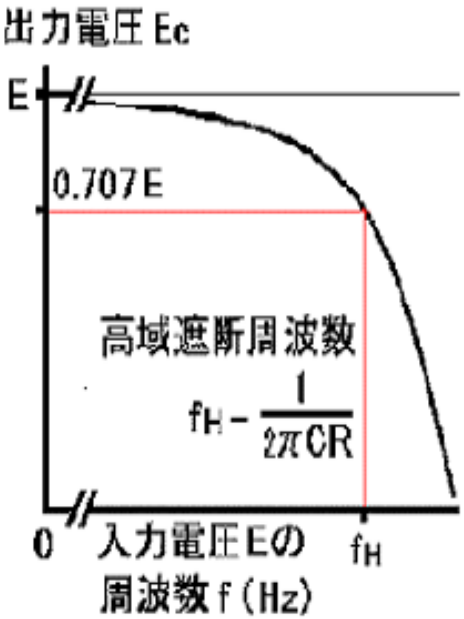


CR結合回路のコンデンサ電圧 Ec は、
高周波成分を遮断する機能をもつ。
(高域フィルタ、高周波フィルタ)

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

(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。

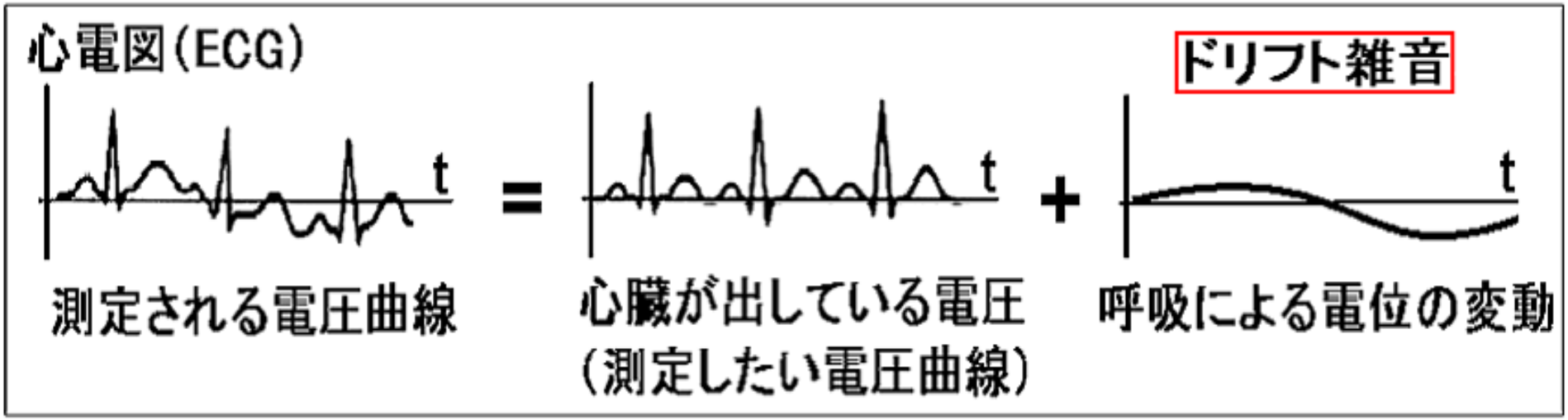
CR 結合回路のコンデンサ電圧出力 Ec は、
高周波遮断フィルタ (High cut filter = Low pass filter)
かつ、積分回路である。

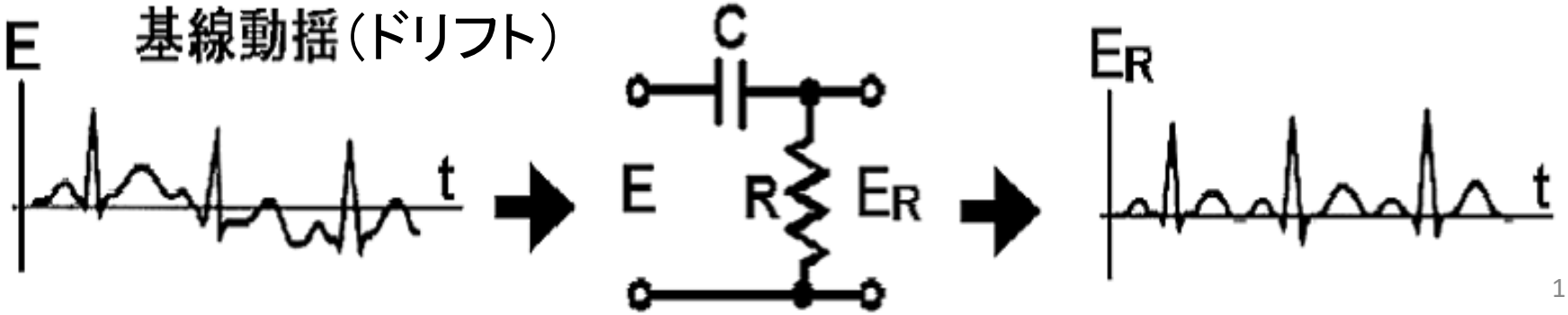
積分回路は、高周波遮断フィルタの特性をもつ。

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

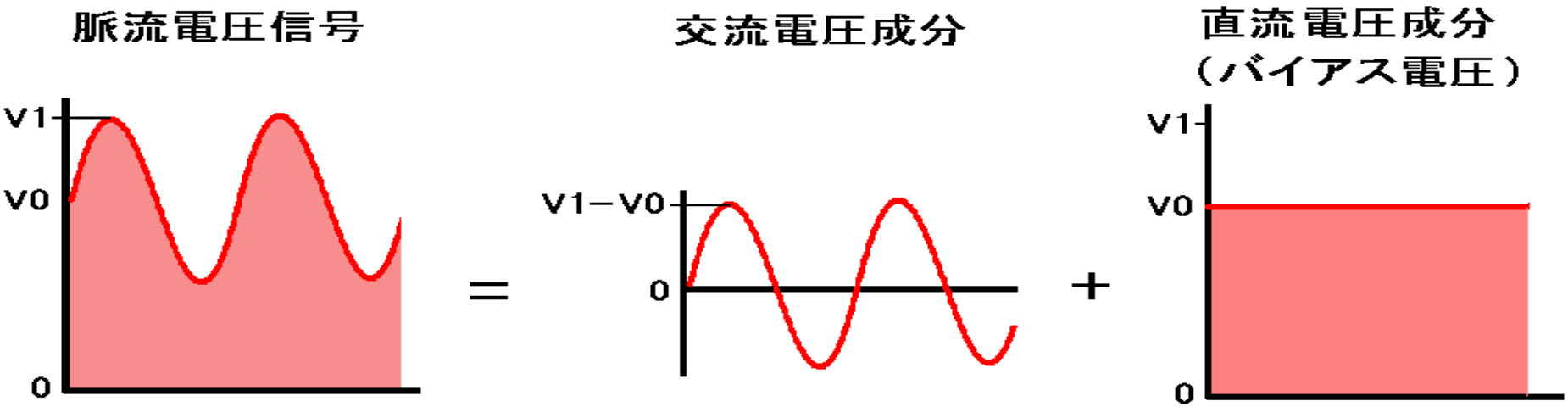


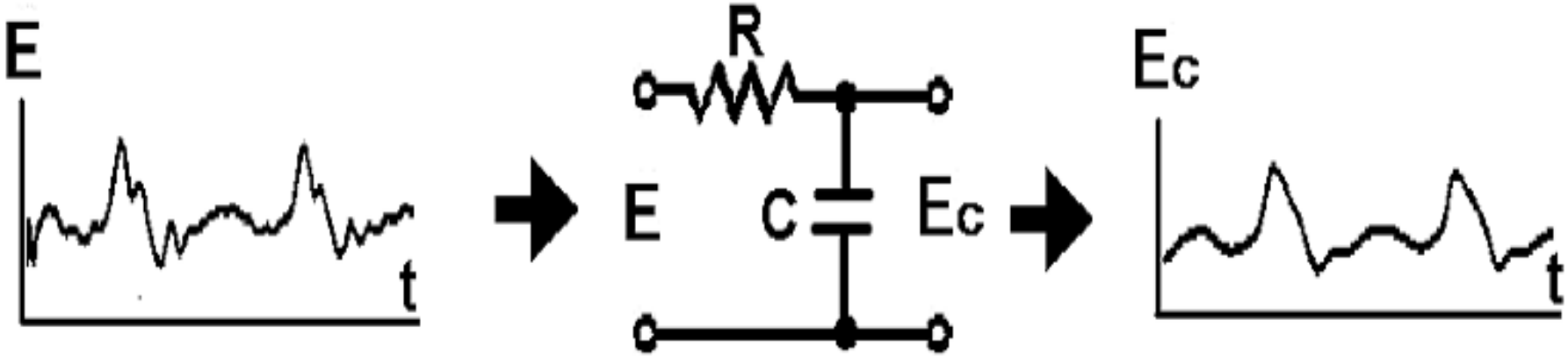


高周波遮断回路　＝　緩い振動を通す

＝　変化の乏しい成分を抽出

＝　バイアスの抽出　＝　積分





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

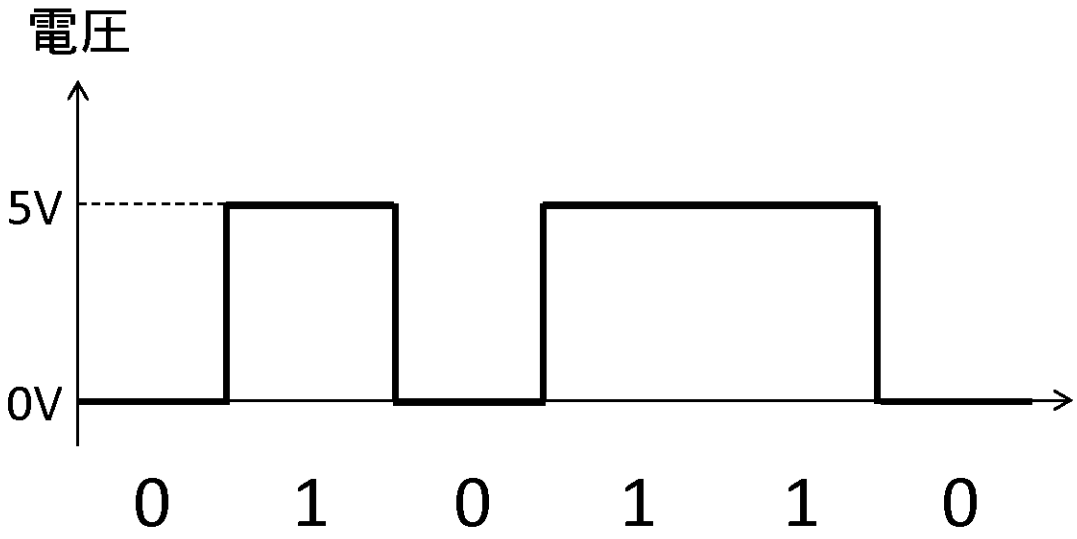
5. c，d，e

ディジタル回路

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.

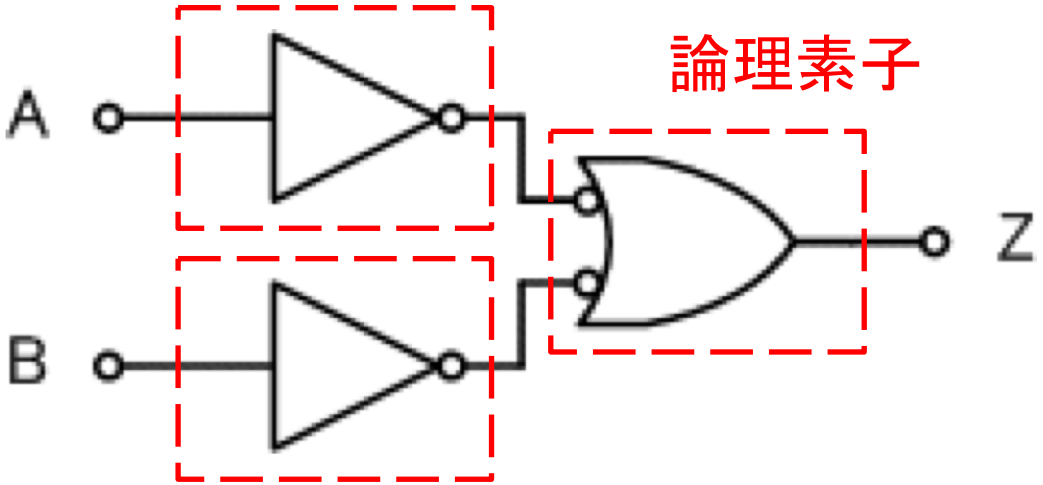
⇔ 電圧を　連続値　で扱う回路をアナログ回路という.



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

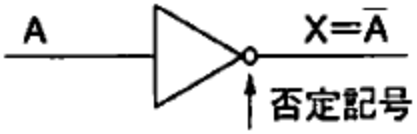
0と1だけを使って論理を扱う数学
論理回路の基礎

否定	NOT	$\overline{A}$	$\overline{0} = 1$ $\overline{1} = 0$
論理和	OR	$A + B$	$0 + 0 = 0$ $0 + 1 = 1$ $1 + 1 = 1$
論理積	AND	$A \cdot B$	$0 \cdot 0 = 0$ $0 \cdot 1 = 0$ $1 \cdot 1 = 1$

論理素子

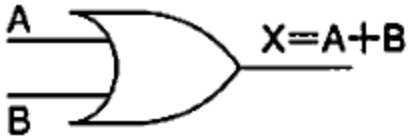
真理値表

否定（NOT）



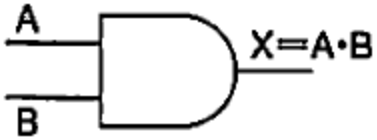
A	$\overline{A}$
1	0
0	1

論理和（OR）



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

論理積（AND）

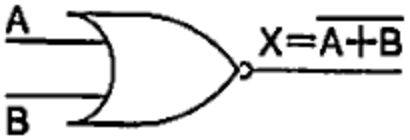


A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	1	1
1	0	0

教科書 pp. 85 - 86

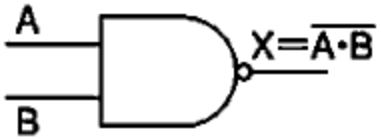
論理素子

論理和の否定（NOR）



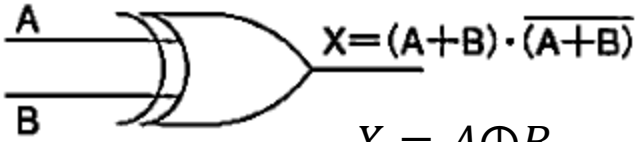
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	1	0
1	0	0

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）



$X = A \oplus B$

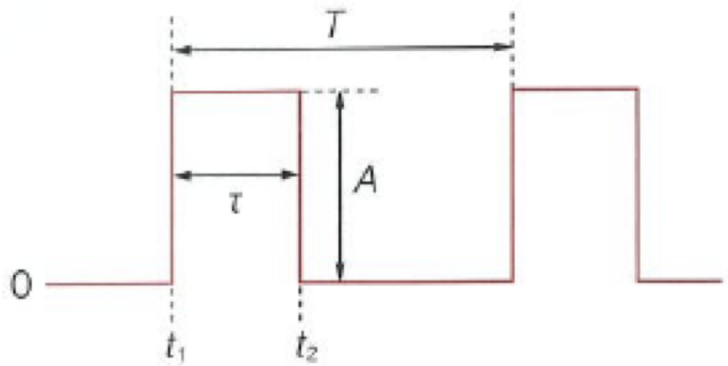
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	1	0
1	0	1

入力A，Bが異なる場合にのみ，
1を出力する

教科書 p. 87

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]

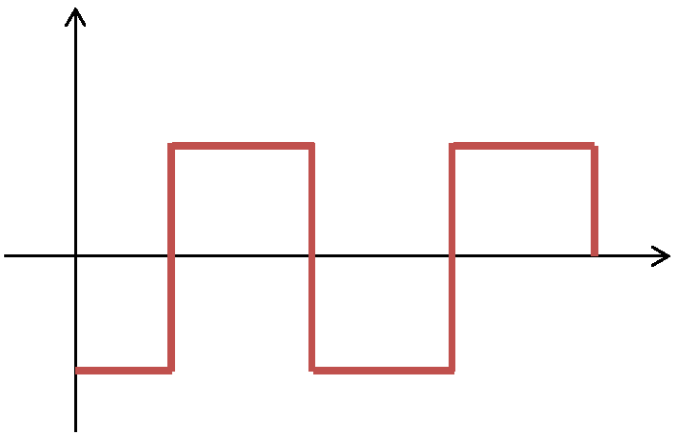
- 弛張型発振回路
  電気的なスイッチングを利用してパルスを生成
- 帰還型発振回路
  帰還回路の発信条件を利用してパルスを生成

教科書 p. 88

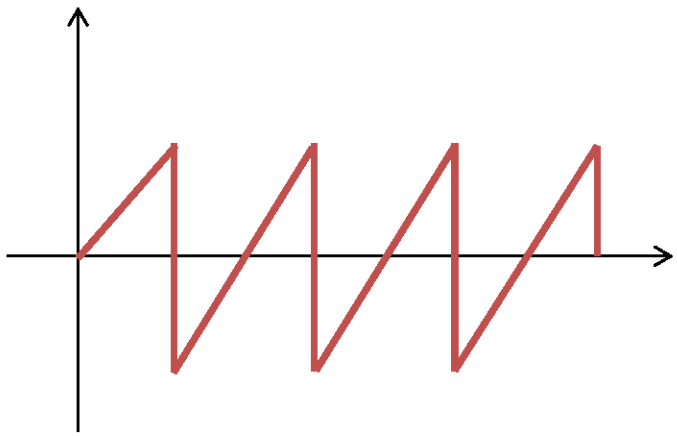
弛張(しちょう)型発振回路

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

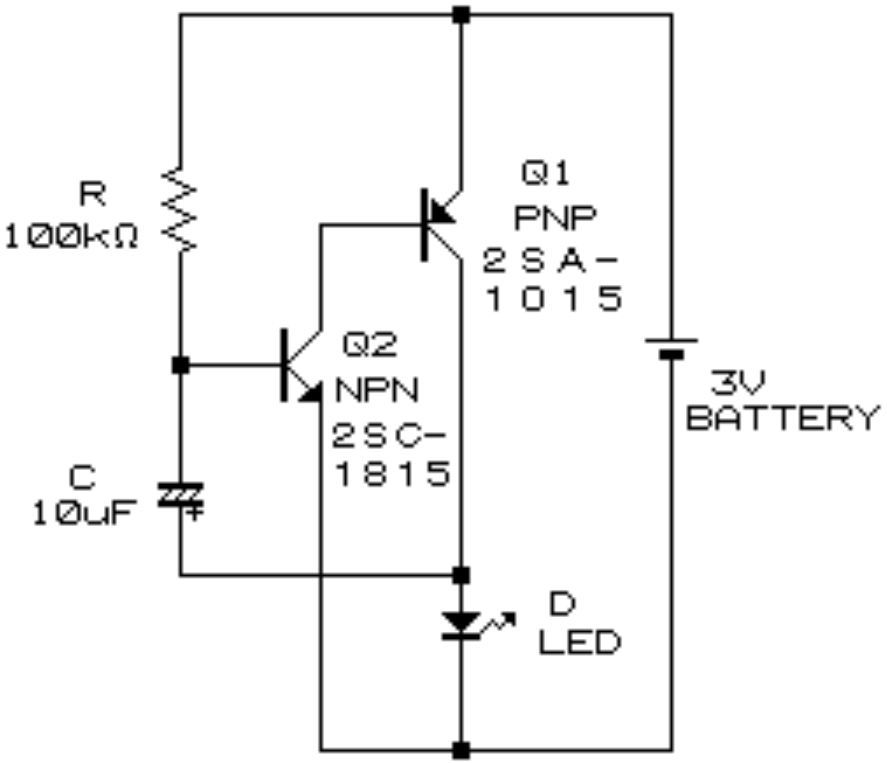
方形波



ノコギリ波



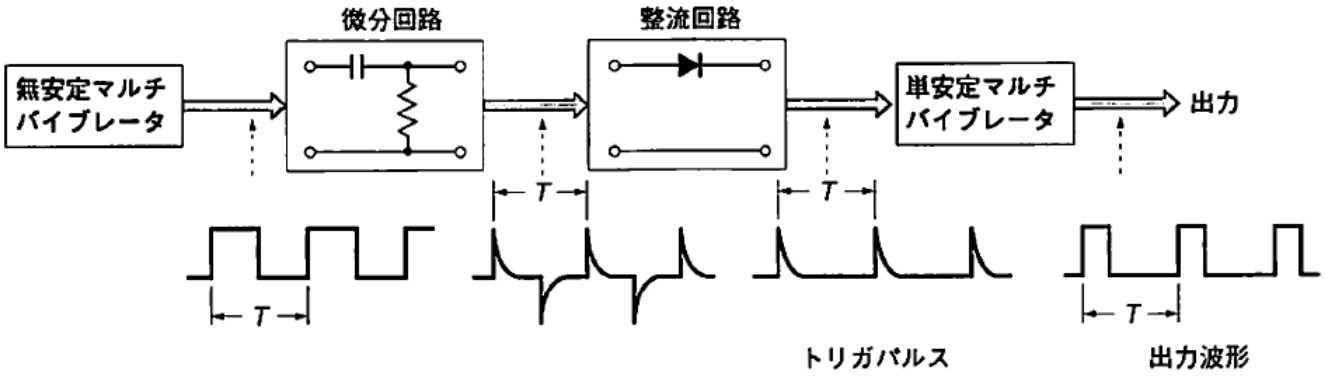
弛張型発振回路



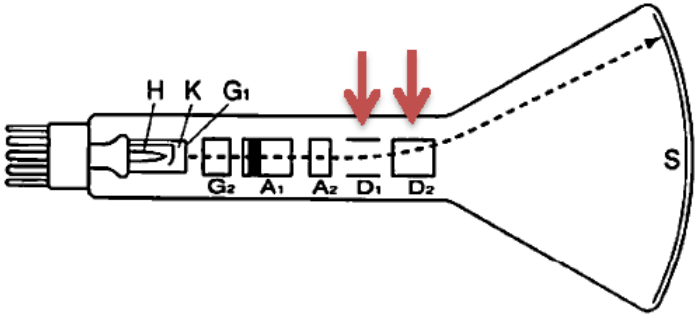
http://www.rlc.gr.jp/prototype/led/tenmetu/shichou/pika.htm

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．



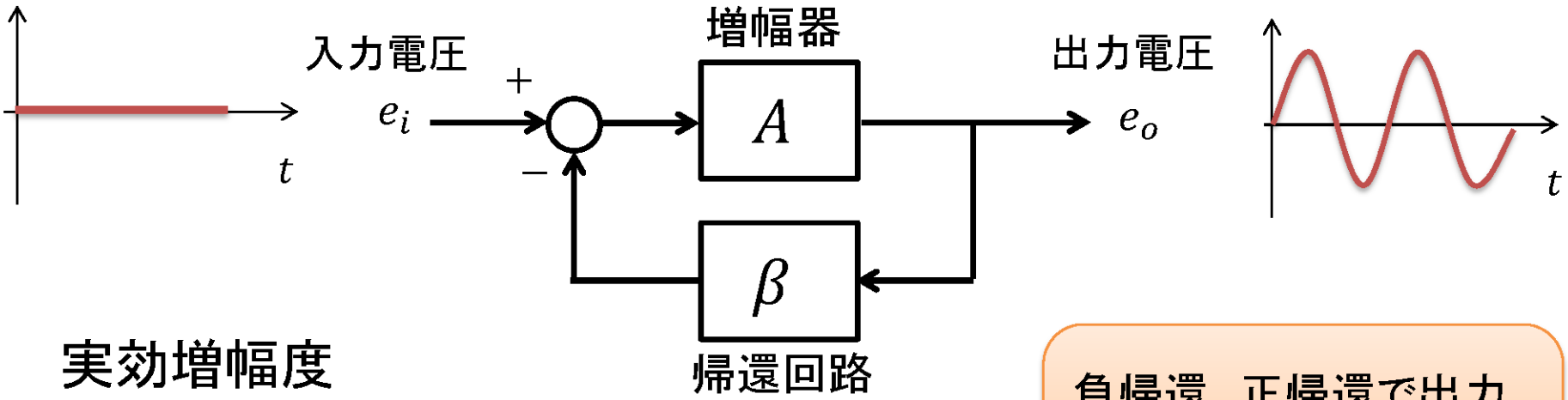
ノコギリ波は，ブラウン管（表示器）のビームの走査に利用される．



H：ヒータ　K：カソード
G_1：第１グリッド　G_2：第２グリッド
A_1：第１アノード　A_2：第２アノード
D_1：垂直偏向電極　D_2：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



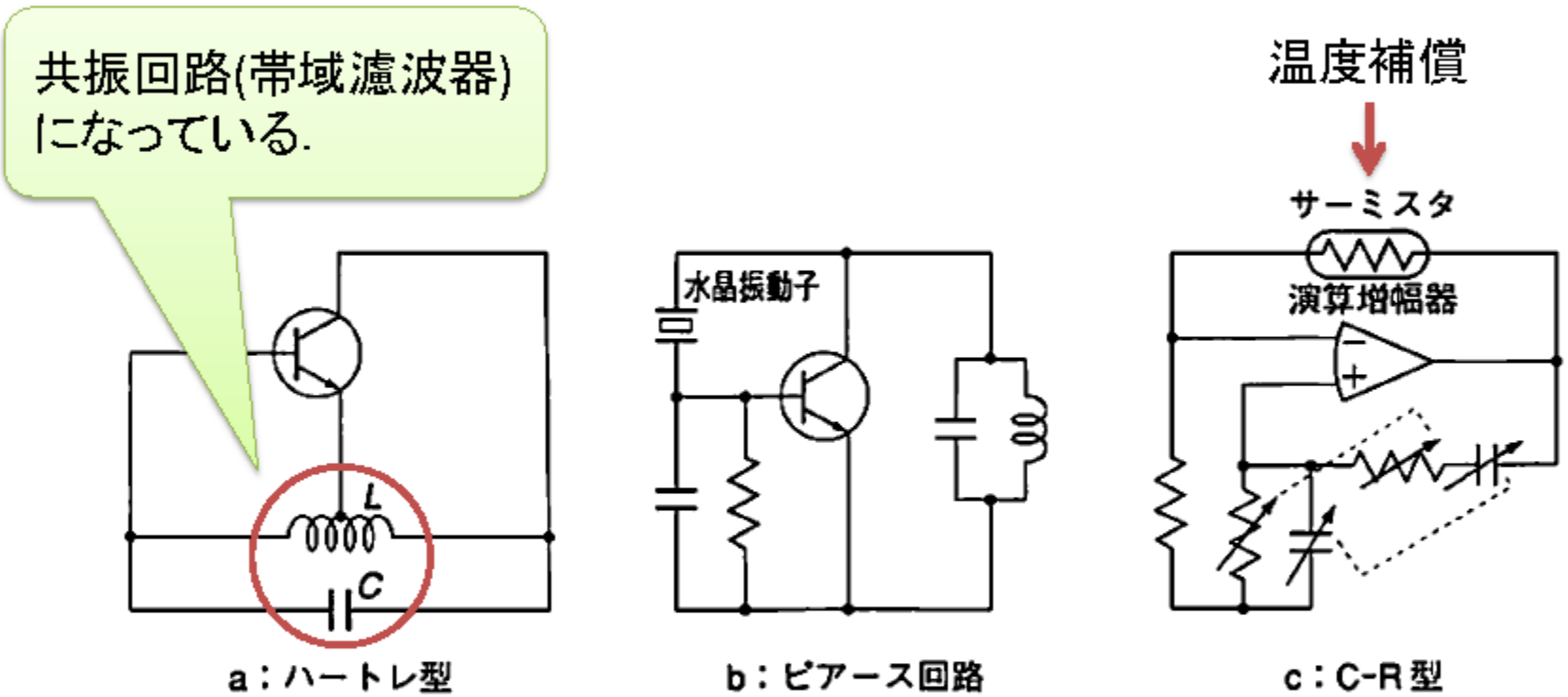
実効増幅度

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

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



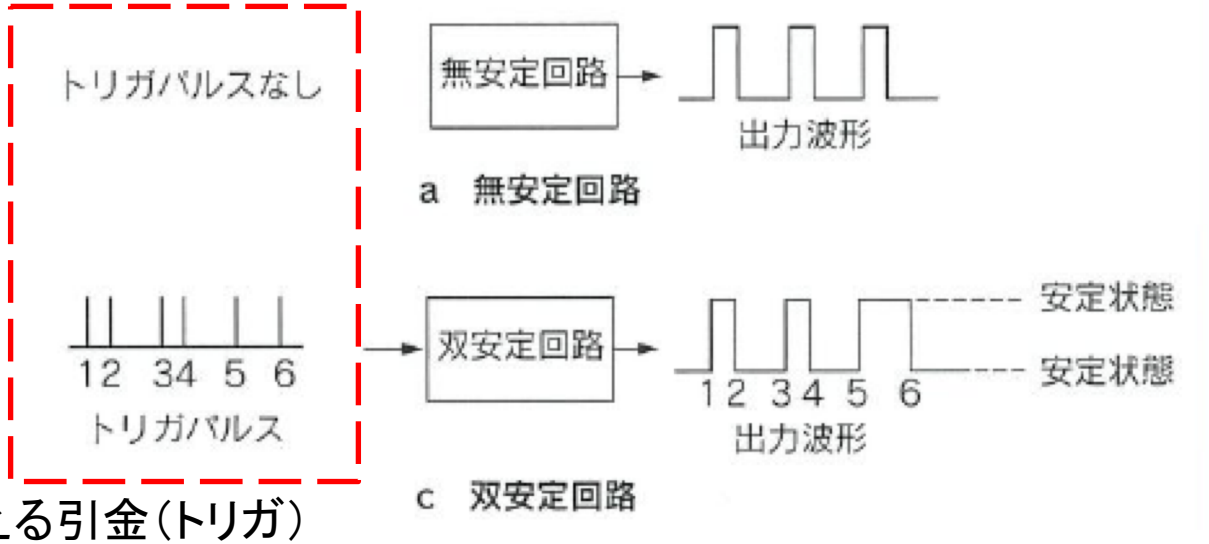
温度変化などに対する　発振周波数　の安定性に違いがある.

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

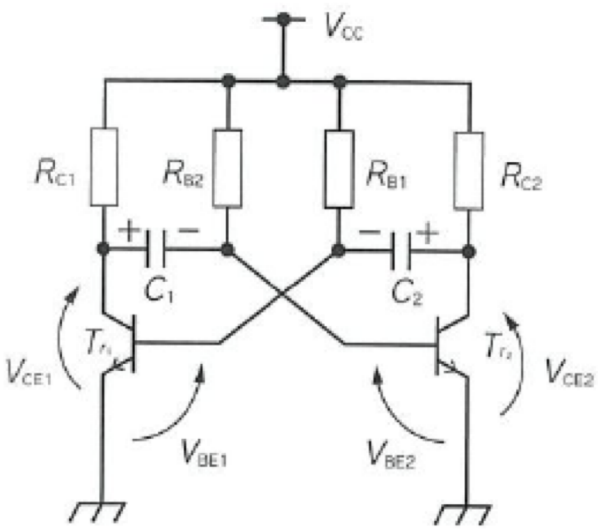
- 無安定マルチバイブレータ
- 単安定マルチバイブレータ
- 双安定マルチバイブレータ



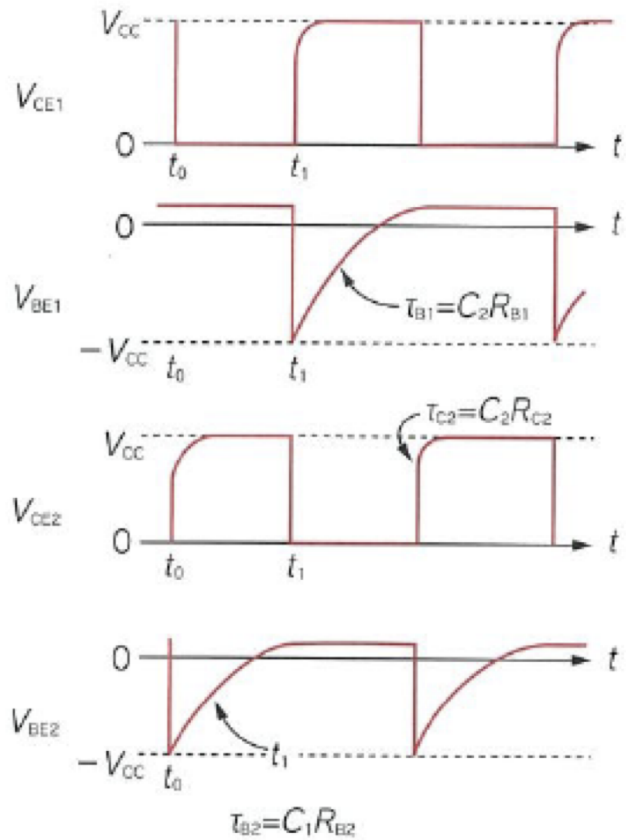
状態を切り替える引金(トリガ)となるパルス。

教科書 pp. 88 - 90

無安定マルチバイブレータ



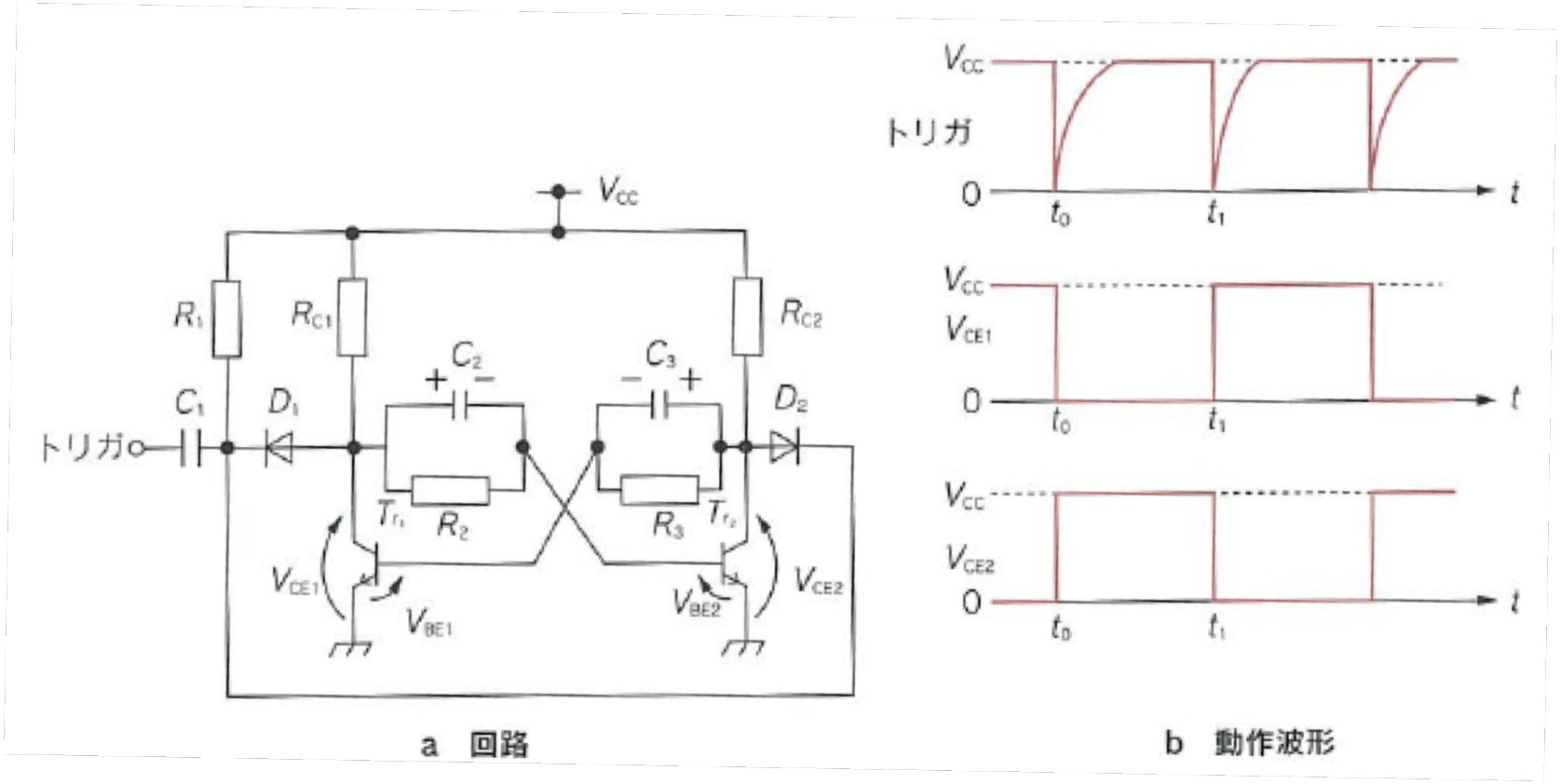
a　回路



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



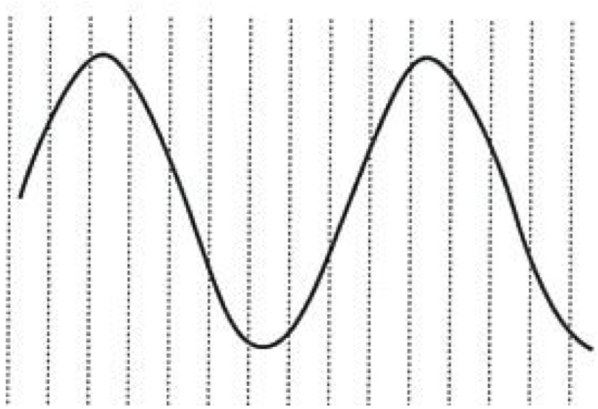
a　回路　　b　動作波形

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：アナログ信号をディジタル信号に変換

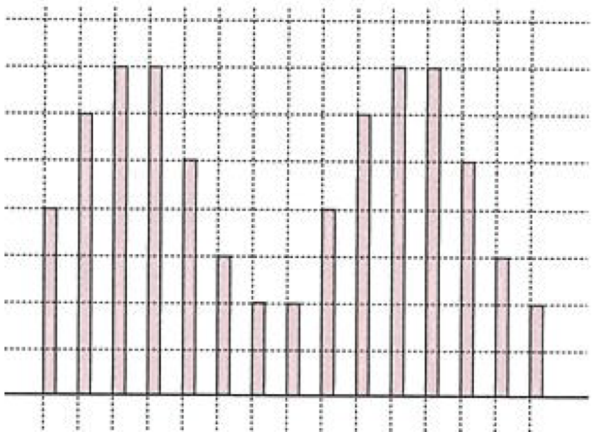
DA 変換：ディジタル信号をアナログ信号に変換



アナログ信号

A to D

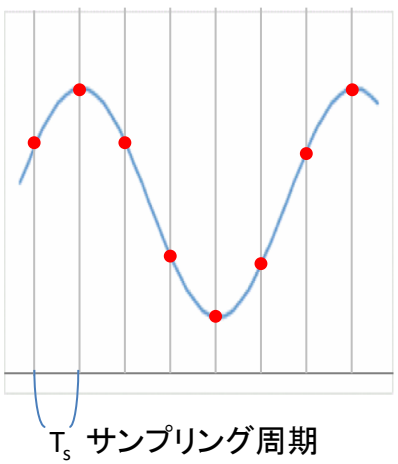
D to A



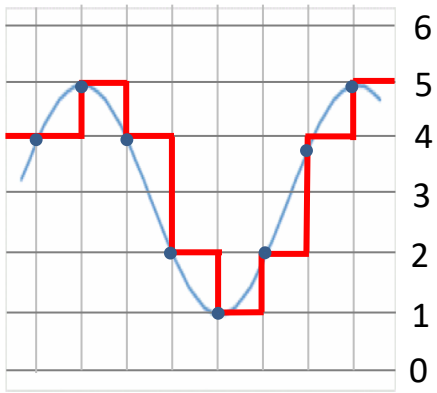
ディジタル信号

教科書 pp. 90 - 92

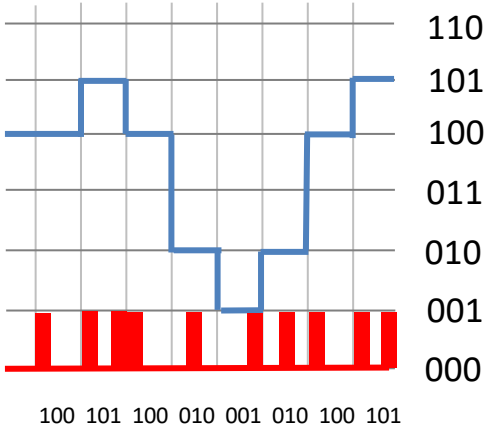
AD変換



横軸(時間軸)を離散化



縦軸を離散化



二進数符号に変換

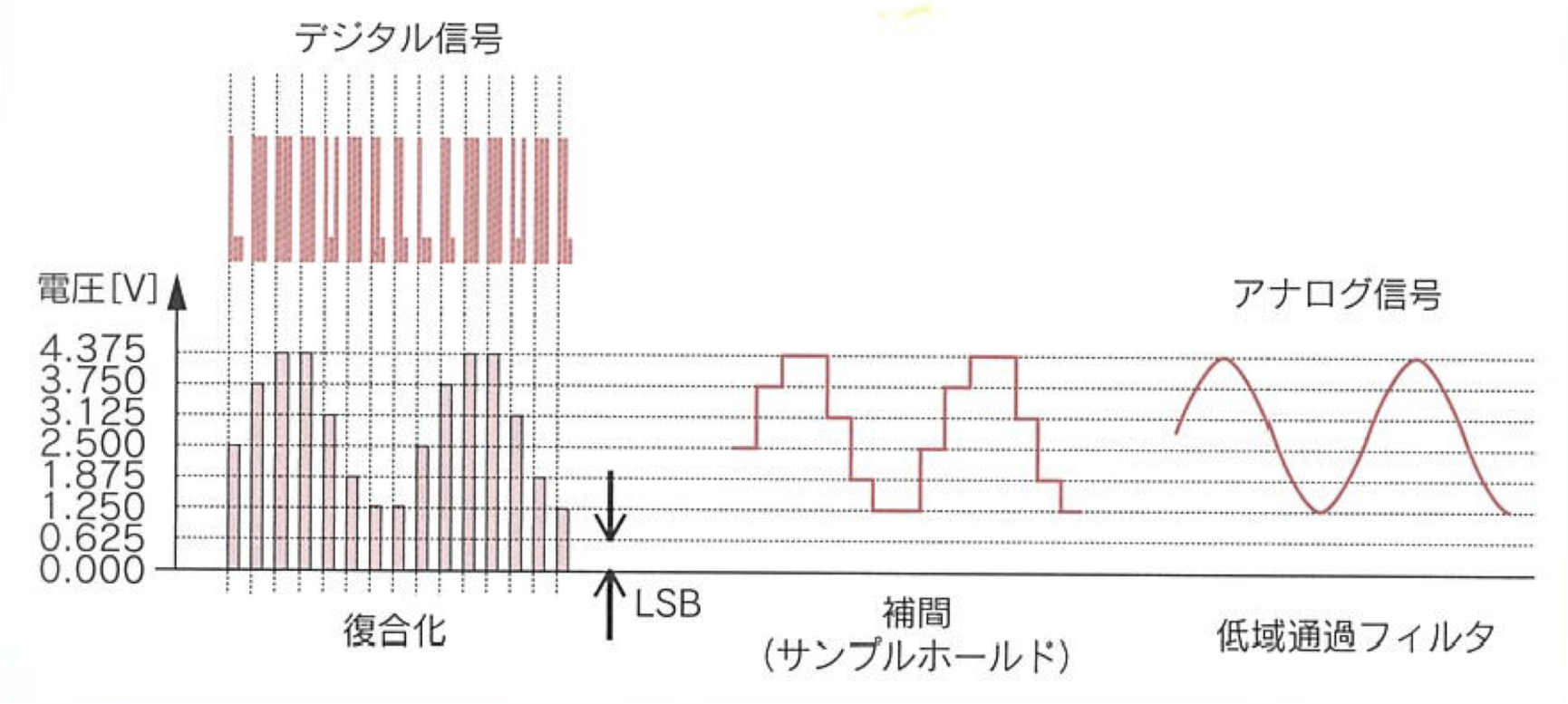
サンプリング定理

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。

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

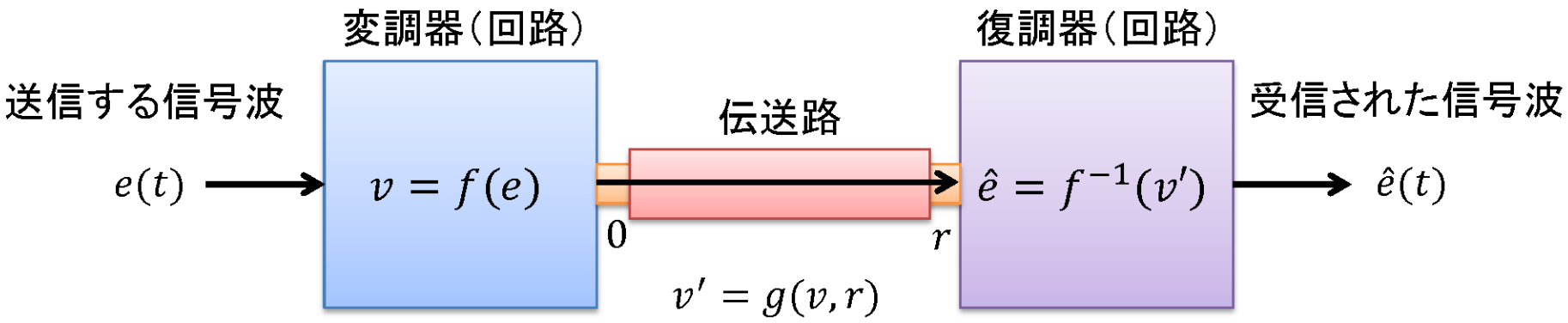
DA変換

復号化
補間


デジタル信号
電圧[V]
4.375
3.750
3.125
2.500
1.875
1.250
0.625
0.000
アナログ信号
LSB
復合化
補間
(サンプルホールド)
低域通過フィルタ

通信の基礎

変調と復調



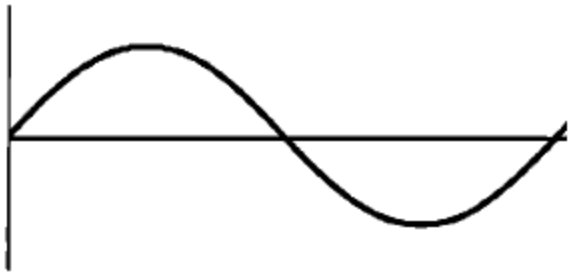
距離による減衰やノイズにより，送信される信号と受信される信号は異なる．
（しかし，信号波にそのままノイズが乗るよりは，復調後のS/Nが良い）

変調　：信号波を実際に伝送する信号に変換する操作

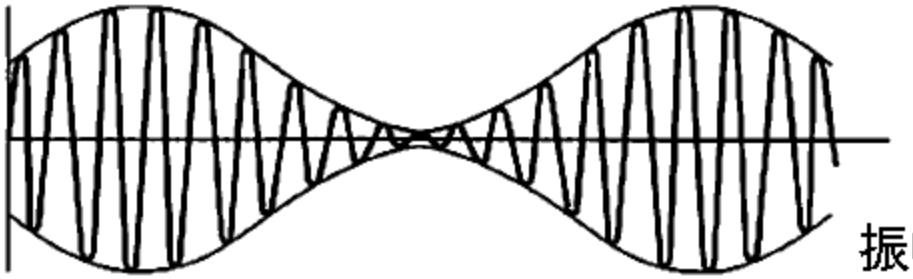
復調　：受信した信号から信号波を再現する操作

アナログ信号の変調

信号波



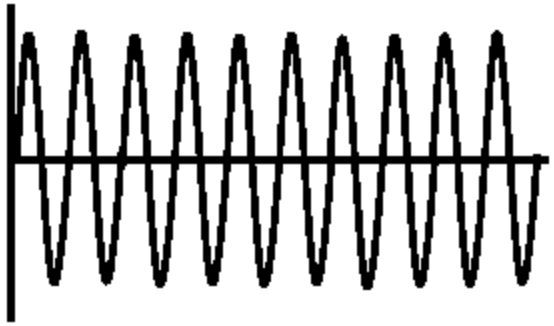
搬送波の　振幅　に信号波を乗せる.



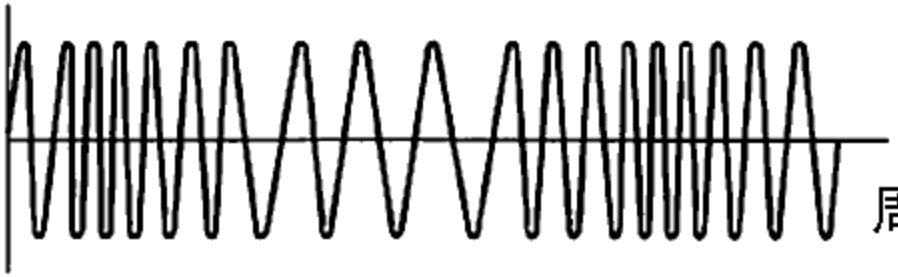
AM

振幅変調

搬送波



搬送波の　周波数　に信号波を乗せる.



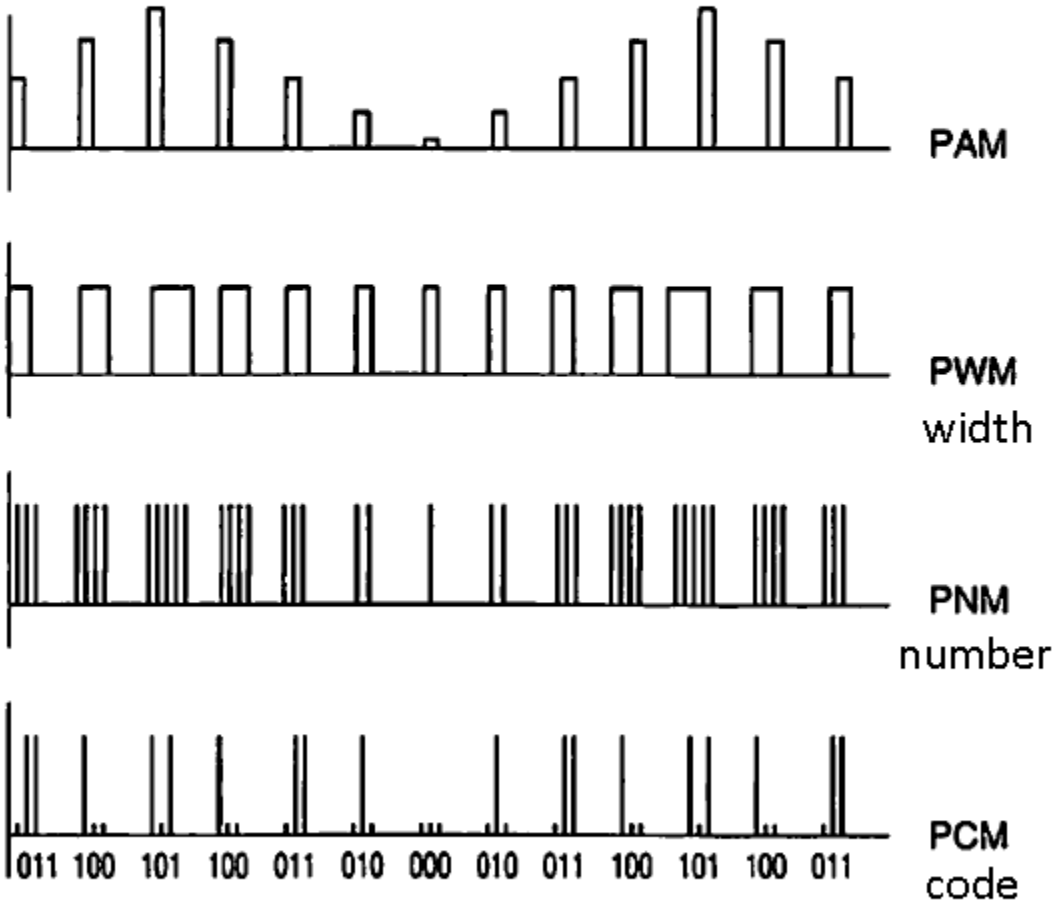
FM

周波数変調

教科書 p. 93

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

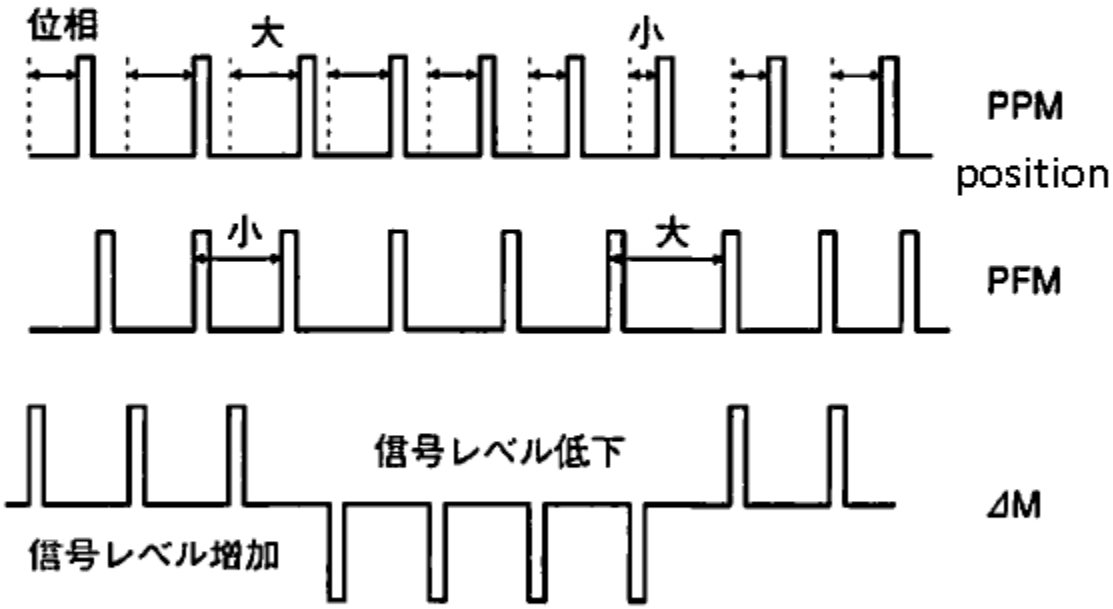
パルスの数

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）

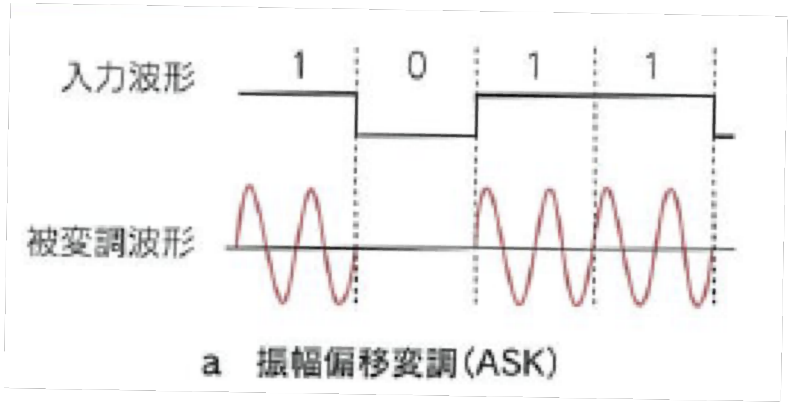
パルスの周波数

パルスの符号

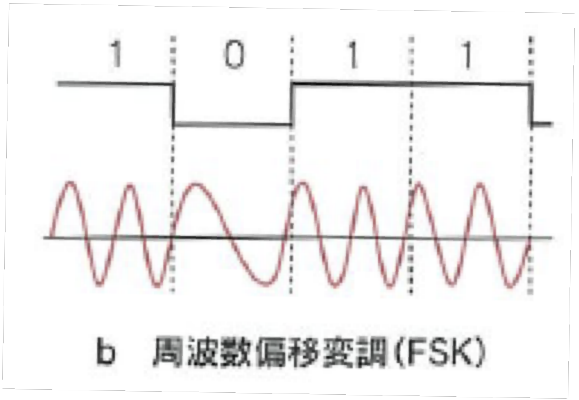
教科書 p. 94

ディジタル信号の変調

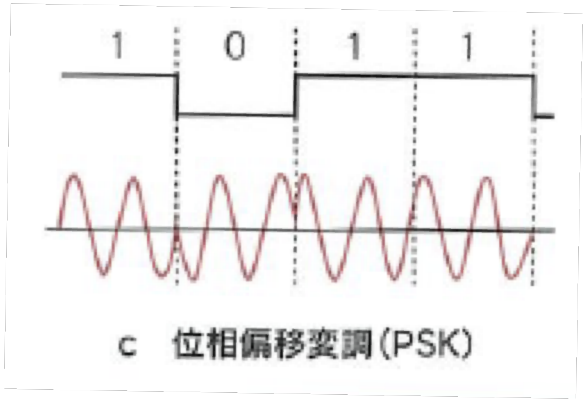
入力信号（ディジタル信号）をアナログ信号として搬送する。



a　振幅偏移変調（ASK）



b　周波数偏移変調（FSK）



c　位相偏移変調（PSK）

教科書 p. 94

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

$\omega = 6\pi$.

$2\pi f = \omega$

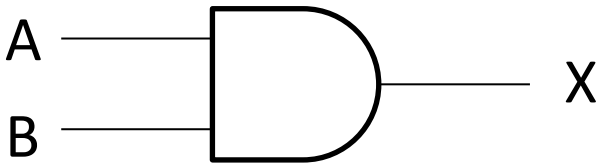
$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{6\pi}{2\pi} = 3 \text{ [Hz]}$$

サンプリング定理から

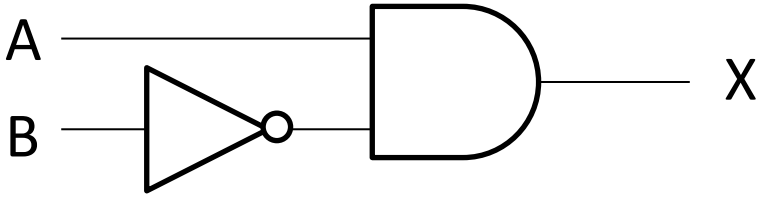
$$f_s > 2f$$
$$f_s > 2\times3$$
$$f_s > 6 \text{ [Hz]}$$

練習問題2

次の真理値表を埋めよ



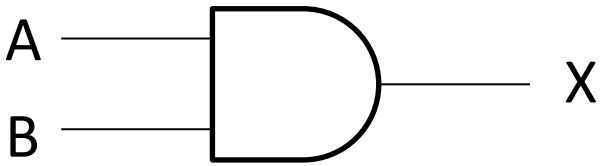
A	B	X
0	0	
1	0	
0	1	
1		1



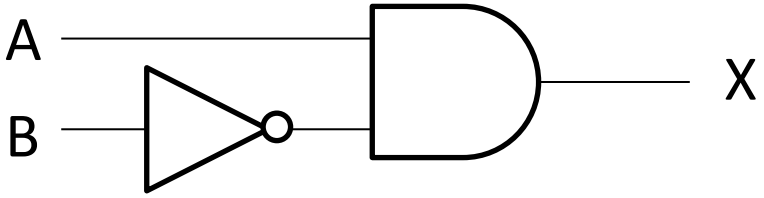
A	B	X
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	0

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)