

電気・電子計測

【第14回】10章 電子計測器

<http://cobayasi.com/keisoku/14th/14th.pdf>

今日の学習の要点

テキストP106～P116

ここでは、電気・電子機器の開発において、回路の信号の電圧などの値を測定したり、波形を観測するのによく使用する、基本的な**電子計測器の原理を理解して利用できる**ようにすることを、目的とする。

1. いろいろな指示計器を計測対象ごとに学ぼう
2. オシロスコープなどを用いて波形を表示させよう

1. いろいろな指示計器の仕組み

テキストP106～P110

〔1〕デジタルマルチメータ

テスタに代わり、電圧、電流、抵抗、静電容量などの電気量の測定やダイオードの動作チェックや結線の導通チェックなどの簡易検査ができる

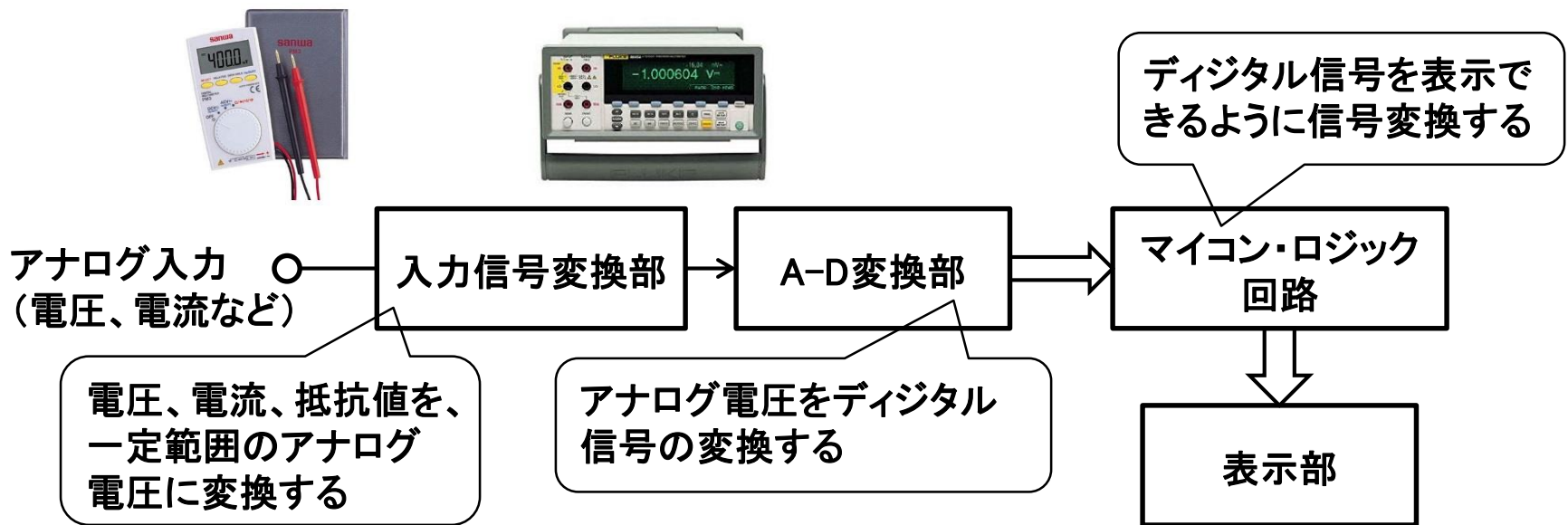


図10・1 デジタルマルチメータの構成(教科書P106)

● 入力信号変換部

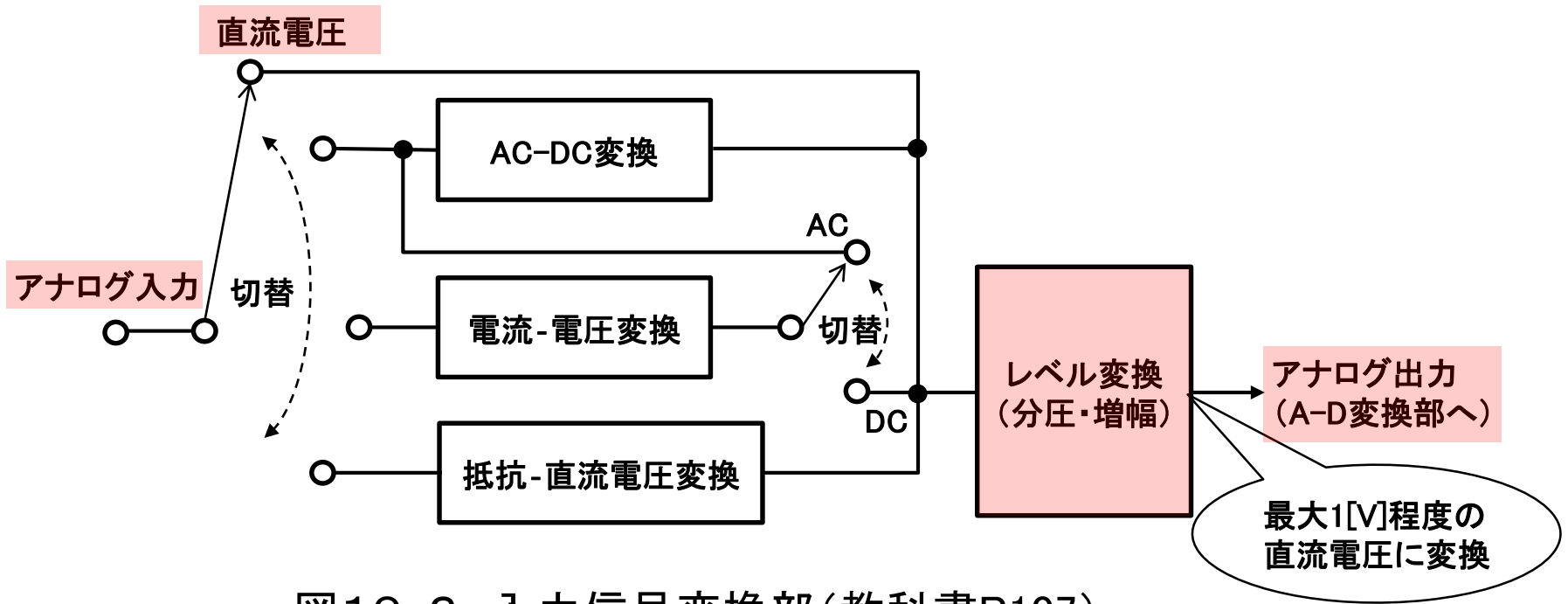


図10・2 入力信号変換部(教科書P107)

直流電圧は、レベル変換した後に分圧・増幅する

● 入力信号変換部

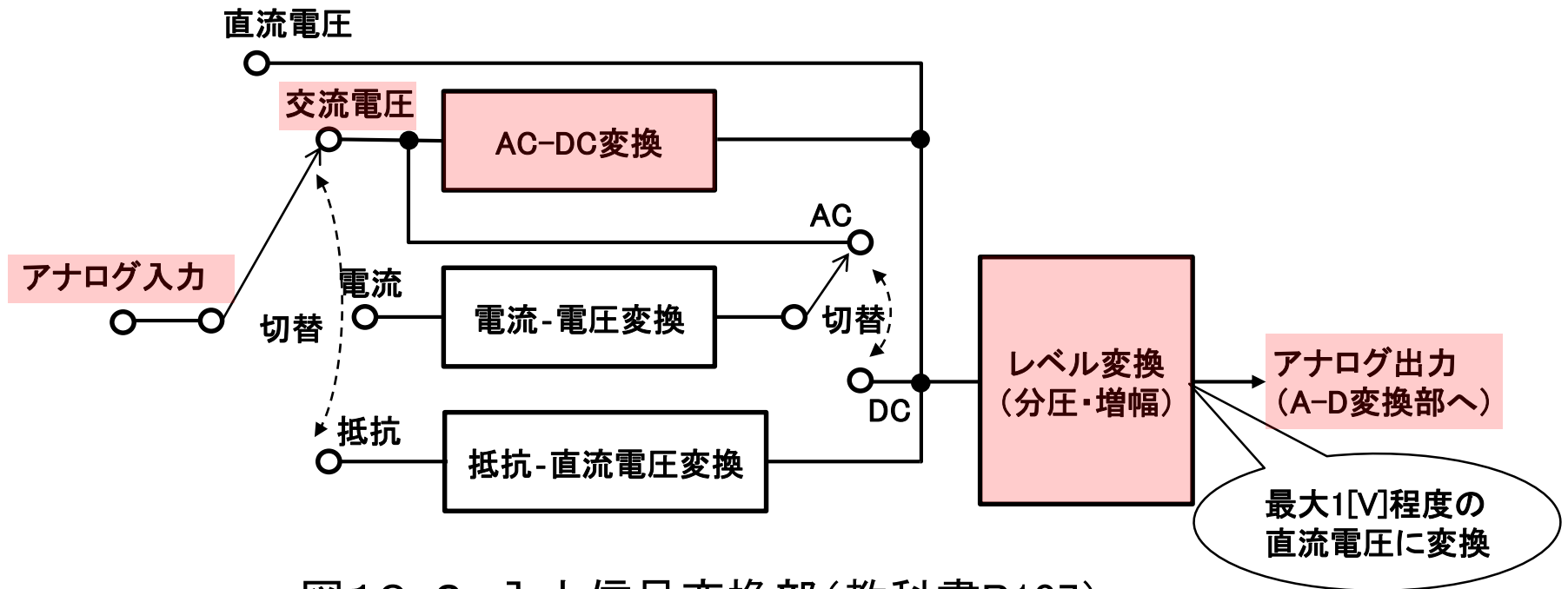


図10・2 入力信号変換部(教科書P107)

交流電圧は、直流電圧に変換した後にレベル変換する

● 入力信号変換部

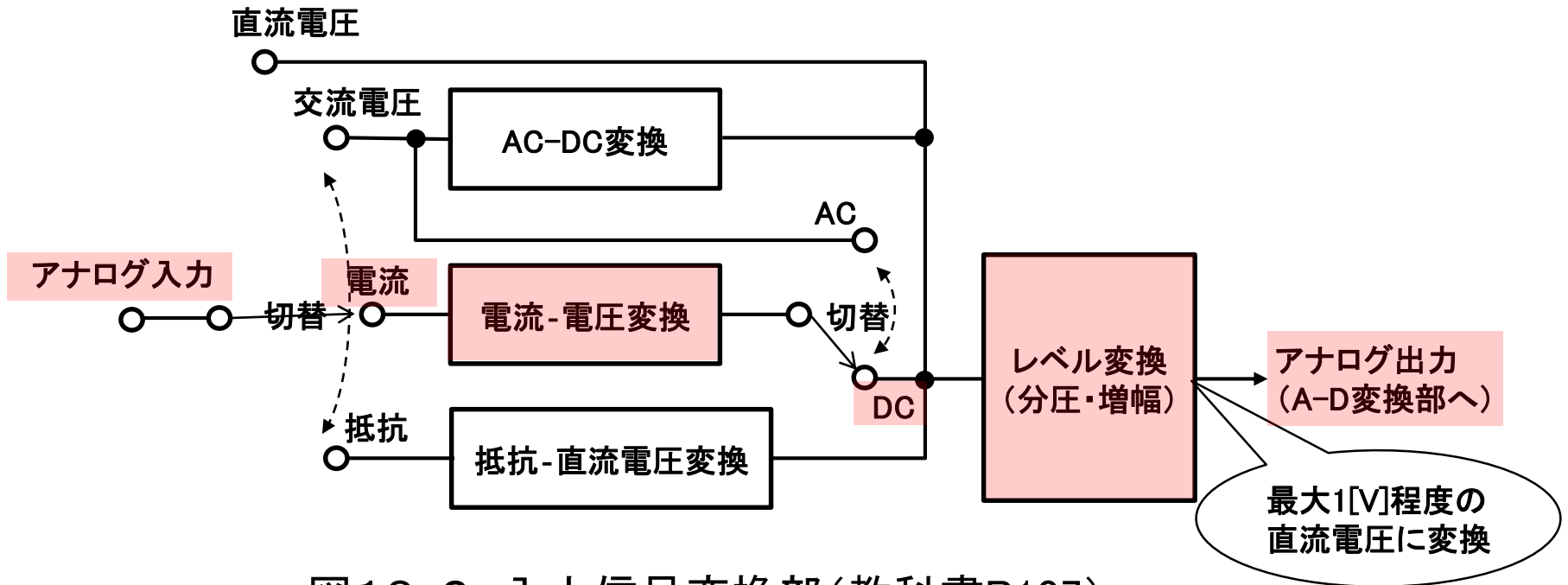


図10・2 入力信号変換部(教科書P107)

直流電流は、直流電圧に変換した後にレベル変換する

● 入力信号変換部

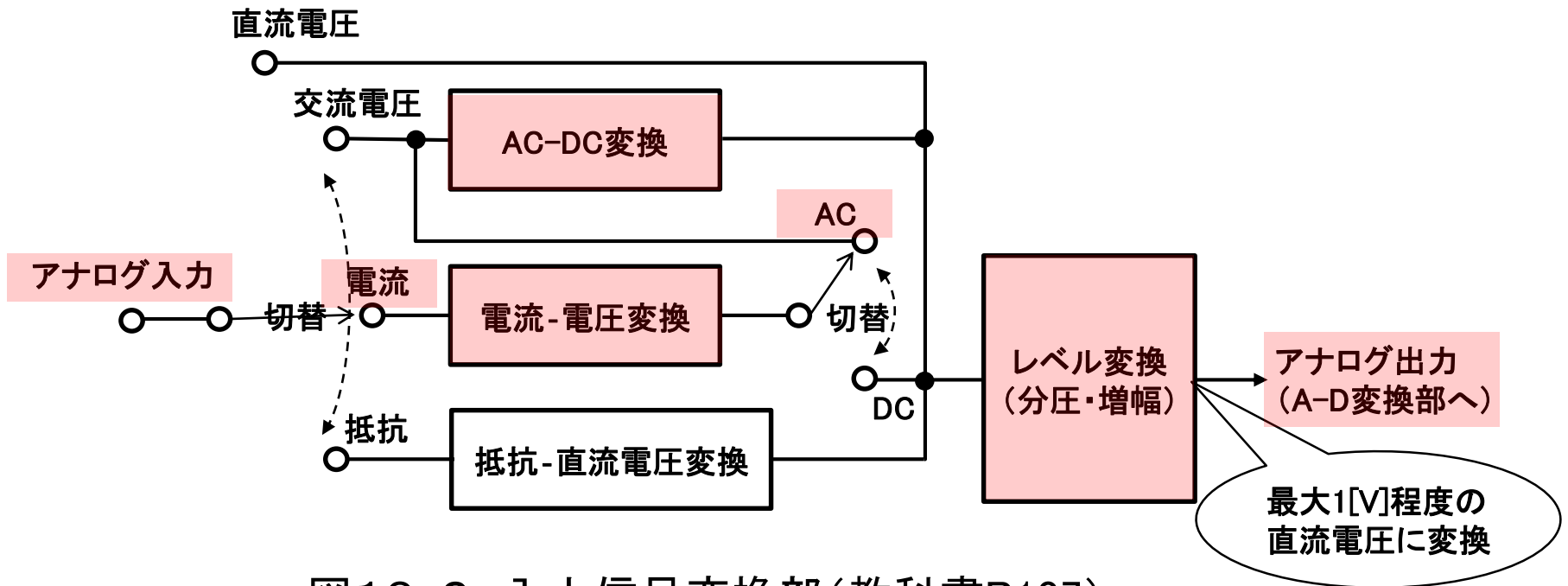


図10・2 入力信号変換部(教科書P107)

交流電流は、直流電圧に変換した後にレベル変換する

● 入力信号変換部

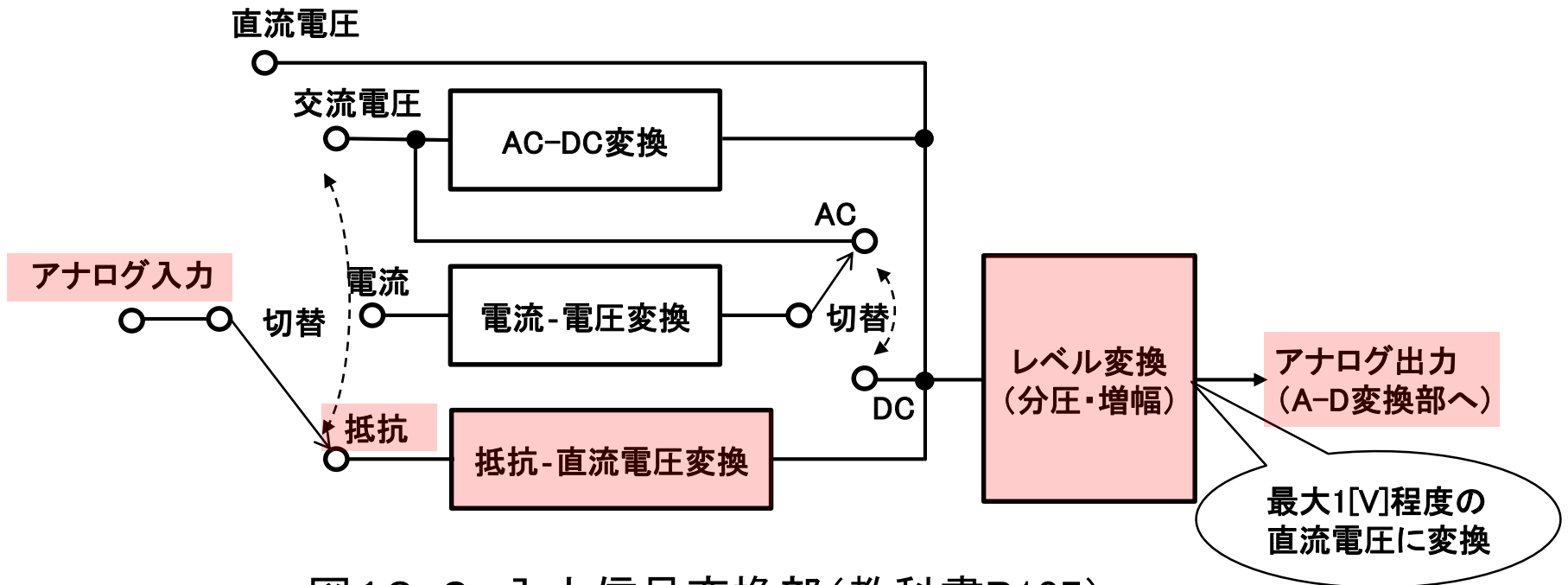


図10・2 入力信号変換部(教科書P107)

抵抗は、直流電圧に変換した後にレベル変換する

(a)AC(交流)-DC(直流)変換の動作原理

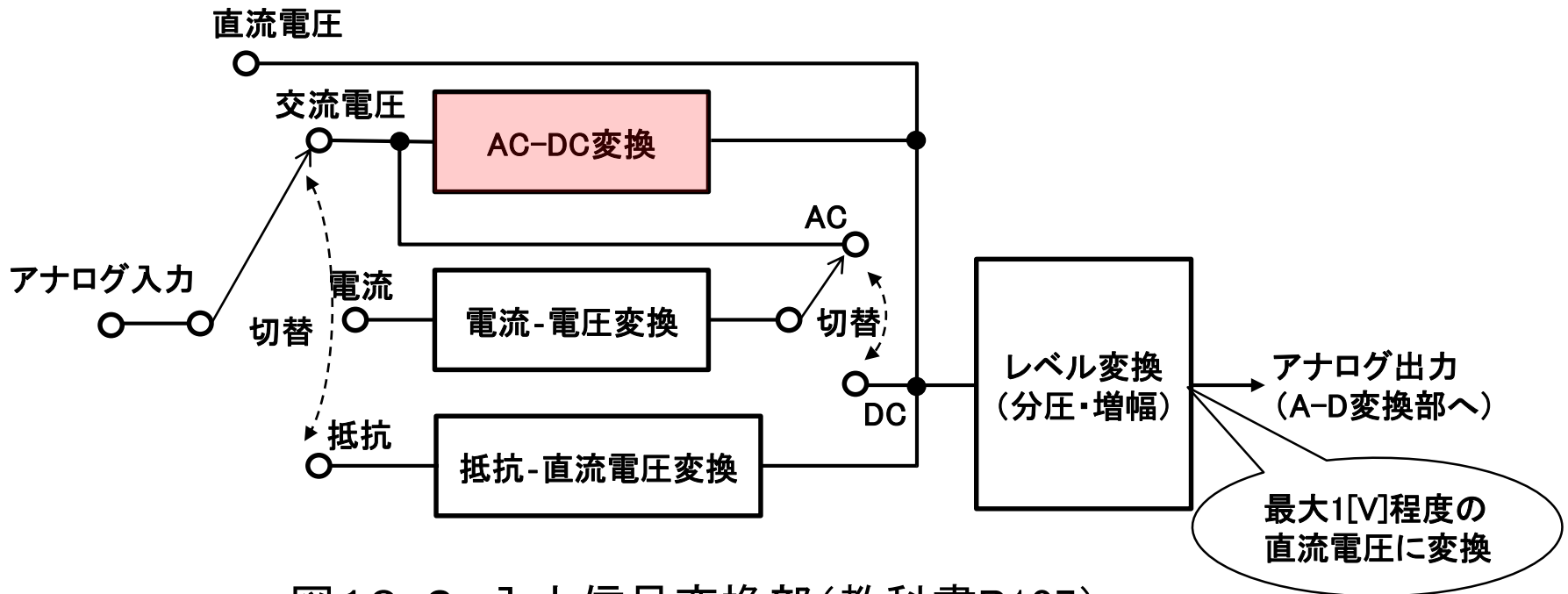
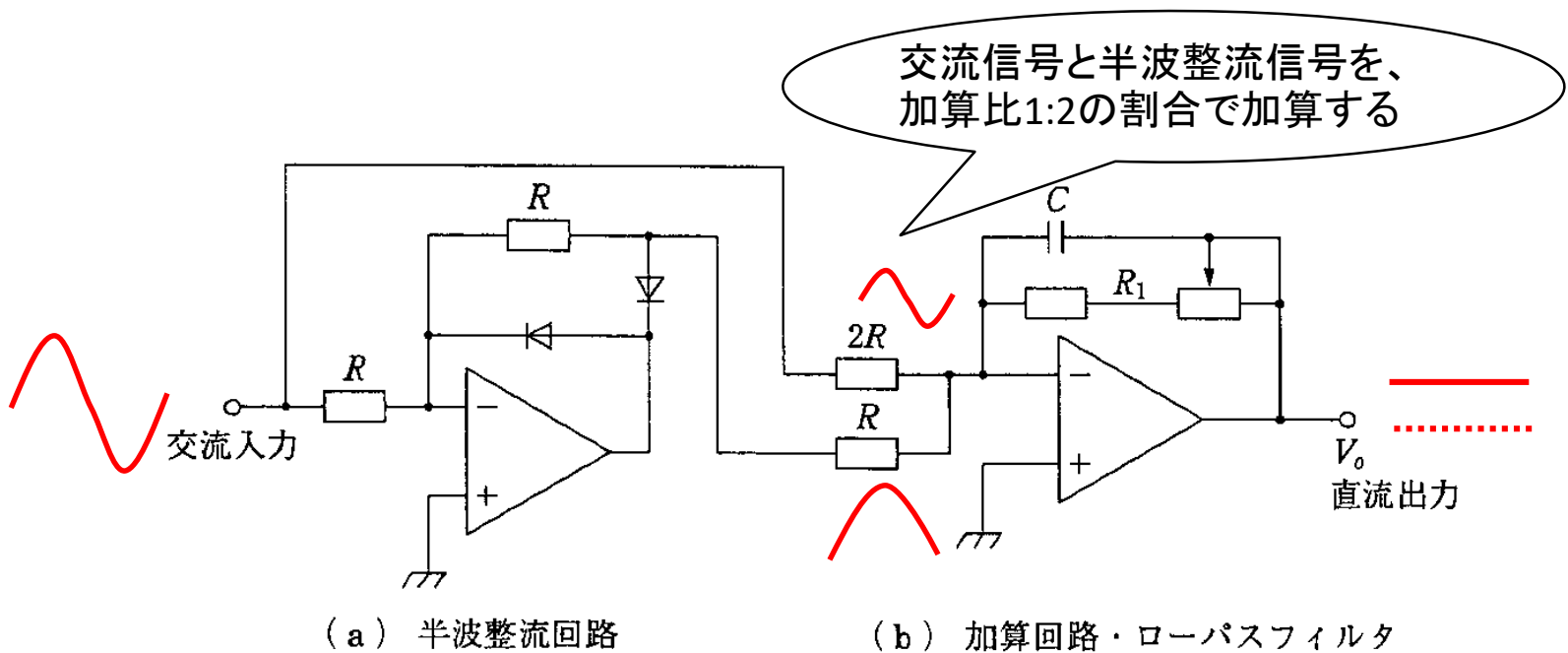


図10・2 入力信号変換部(教科書P107)

(a)AC(交流)-DC(直流)変換「交流電圧の測定」

- 交流電圧を直流電圧に変換する
- (a)半波整流回路で交流波形を半波整流し、(b)加算回路・ローパスフィルタで平滑化する。利得を抵抗 R_1 で調整して、平均値を実効値に変換して直流電圧として出力する。



(b)電流-電圧変換の動作原理

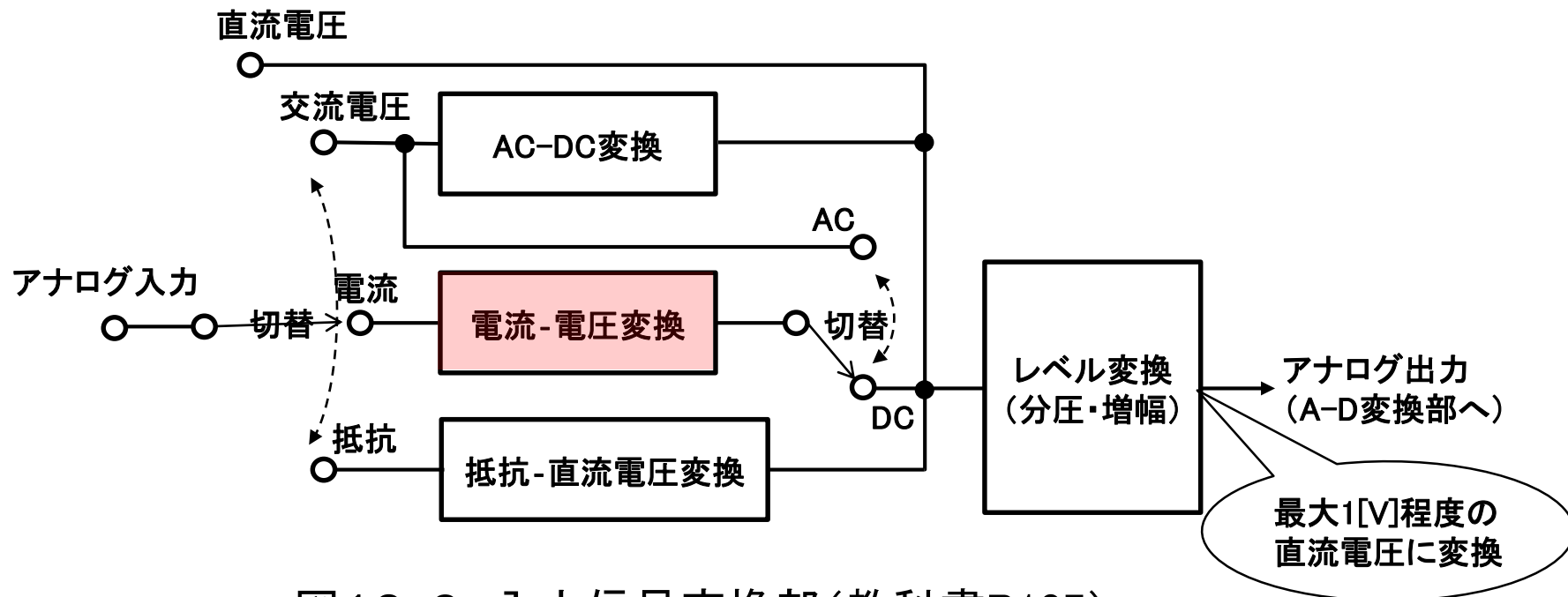


図10・2 入力信号変換部(教科書P107)

(b)電流-電圧変換「交流・直流電流の測定」

測定電流 I_x を既知の抵抗 R_s に流して電圧 V_0 に変換する

$$V_0 = -R_s I_x \quad (10 \cdot 1)$$

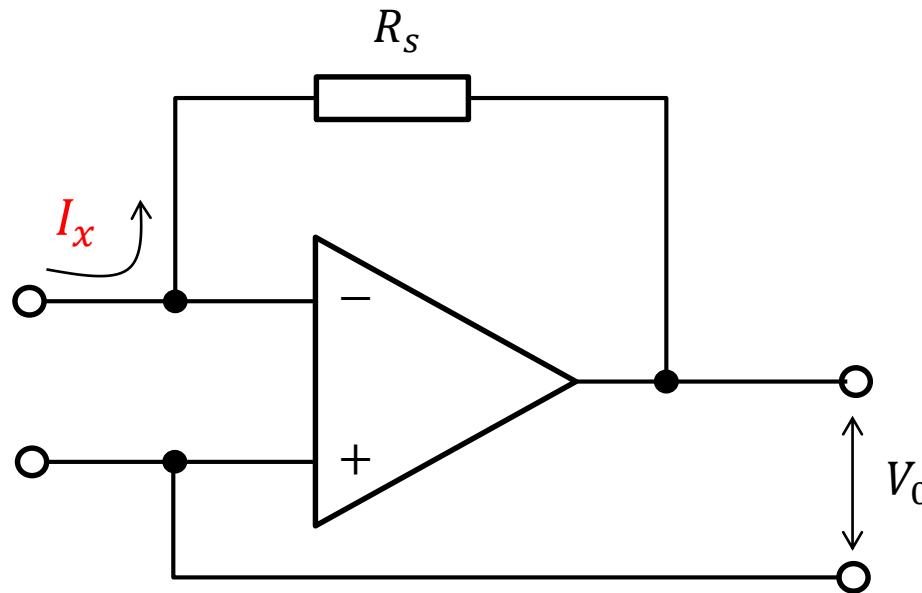


図10・4 電流-電圧変換回路(教科書P108)

(c) 抵抗-直流電圧変換の動作原理

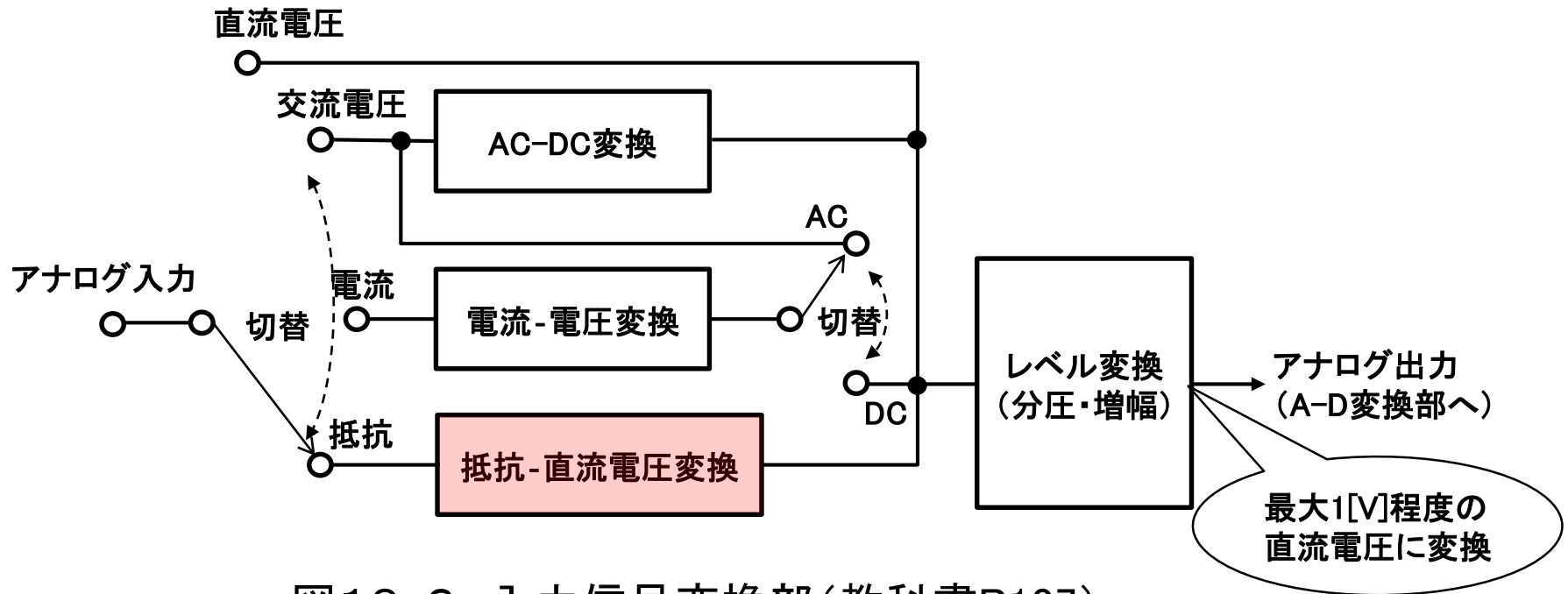


図10・2 入力信号変換部(教科書P107)

(c) 抵抗-直流電圧変換「抵抗の測定」

測定抵抗 R_x に一定電流 I_s を流して、両端に生じる電圧 V_o を測定する。

基準抵抗 R_s に基準電圧 V_s を与えて基準電流 I_s を流し、測定抵抗 R_x に生じる電圧 V_o を測定する。

$$V_o = -\frac{R_x}{R_s} V_s = -\frac{V_s}{R_s} R_x \quad (10 \cdot 2)$$

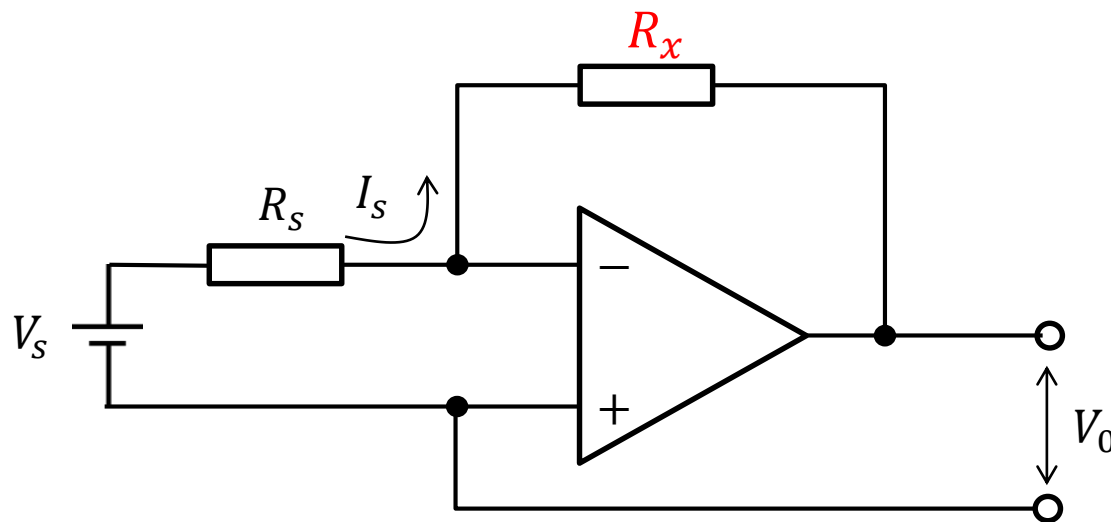


図10・5 抵抗-電圧変換回路(教科書P108)

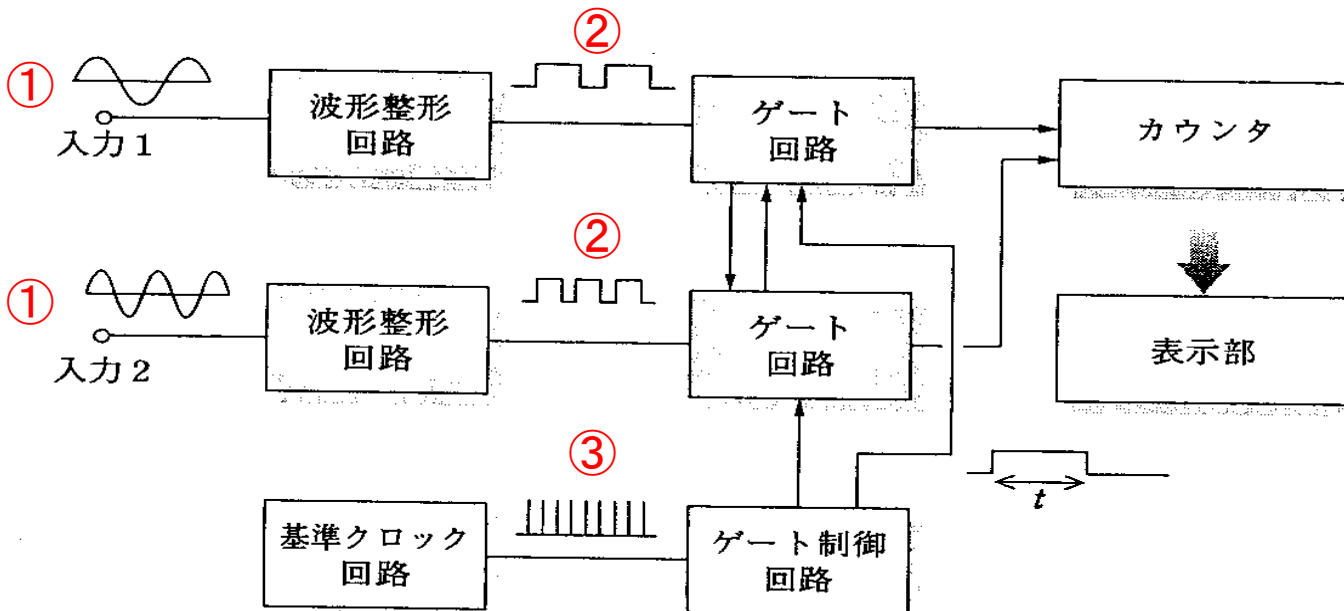
[2]ユニバーサルカウンタ

● 交流信号の測定

主に測定信号の周波数を測定するので、**周波数カウンタ**とも呼ばれる。周波数以外に測定信号の**周期**、**パルス幅**、2つの信号の**位相差(時間差)**を測定できる。

入力(端子)1及び入力(端子)2から入力した信号①は、波形整形回路で雑音などの処理に不必要な成分を取り除き、一定のしきい値で入力信号を一定振幅の方形波②を作る。

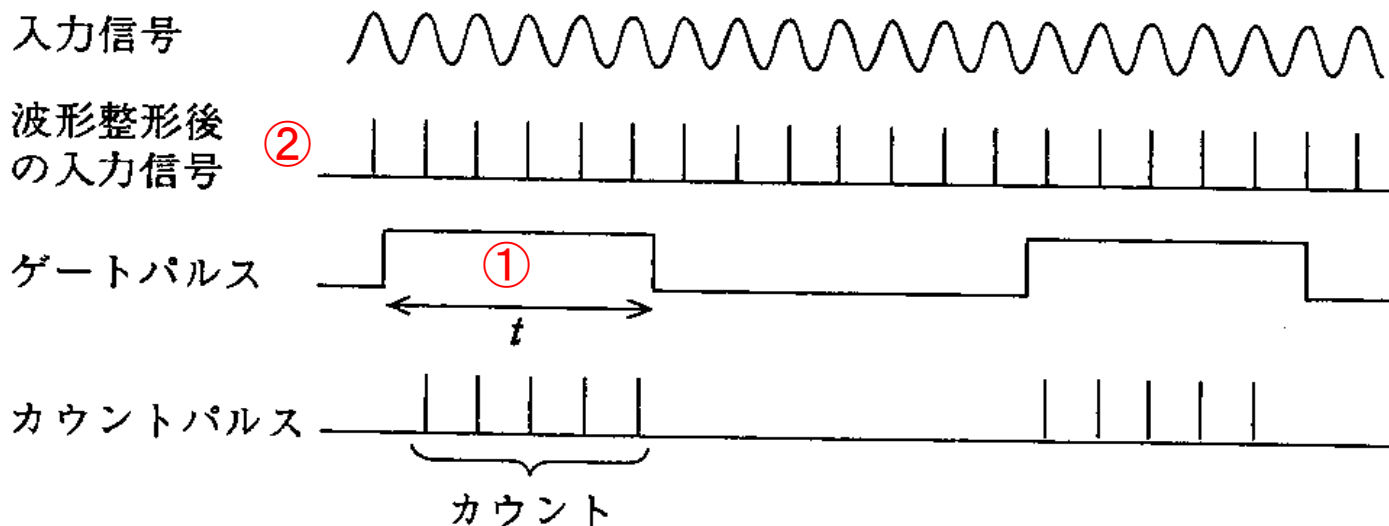
一方、基準クロック回路(水晶発振回路)で作成された、正確なパルス幅のパルス信号③を作成する。この信号③と上述の信号②を組み合わせ、各種測定ができる。



● 周波数測定

一定のパルス幅のゲートパルス($t=0.01, 0.1, 1, 10[\text{sec}]$)期間①に、波形整形後の入力信号②が幾つ通過するかをカウントすることで、周波数を測定することができる

例：整形後の入力信号が、ゲートパルス $t=1[\text{sec}]$ 期間に1000個通過すれば、入力信号の周波数 f は、 $f=1000[\text{Hz}]=1[\text{kHz}]$ となる

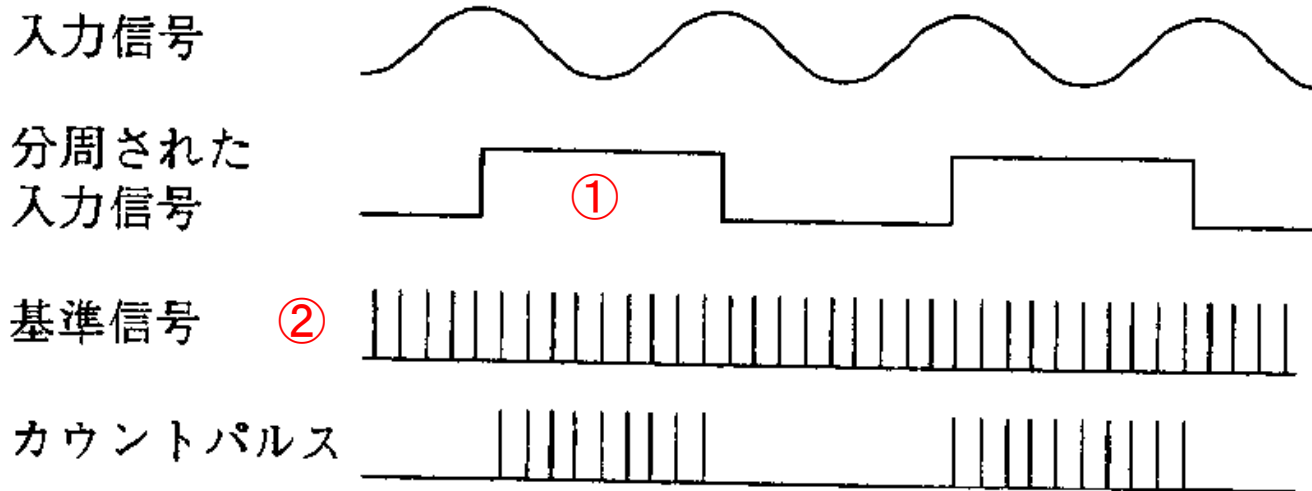


(a) 周波数測定の場合の動作 (教科書P109図10・7)

● 周期測定、時間間隔測定

入力信号を分周した信号のHigh期間①に、基準信号②が幾つ通過するか？カウントすることで、周期や時間間隔を測定することができる

例：入力信号を2分周した信号のHigh期間に、100個の基準信号（周波数 $f=1$ [kHz], 周期 $T=1/f=1$ [ms]）が通過したとすれば、入力信号の周期 $T=1$ [ms] $\times 100$ [個]= 100 [ms]となる

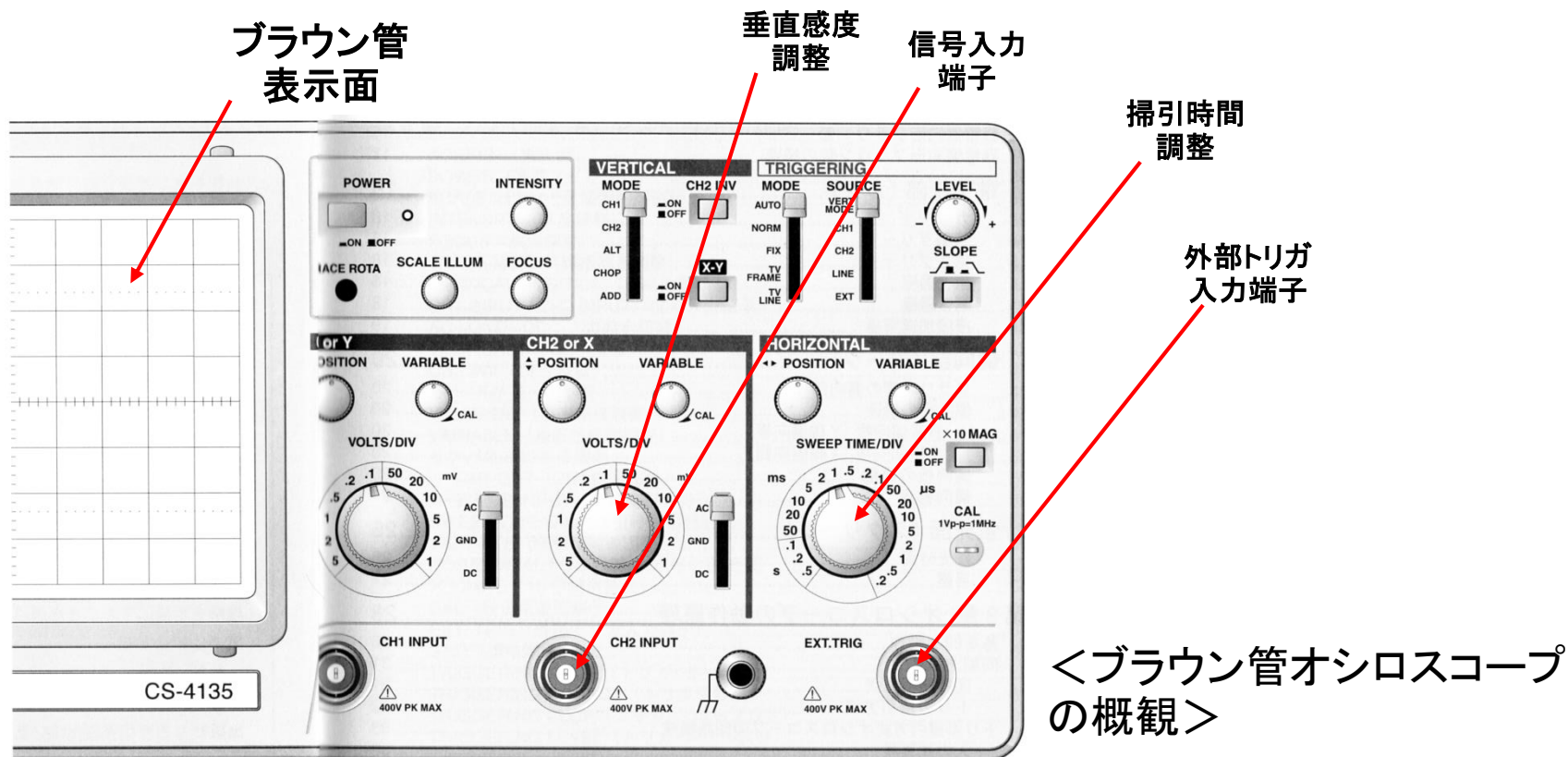


(b) 周期・時間間隔の測定の場合の動作（教科書P109図10・7）

2. オシロスコープなどを用いて波形を表示させよう

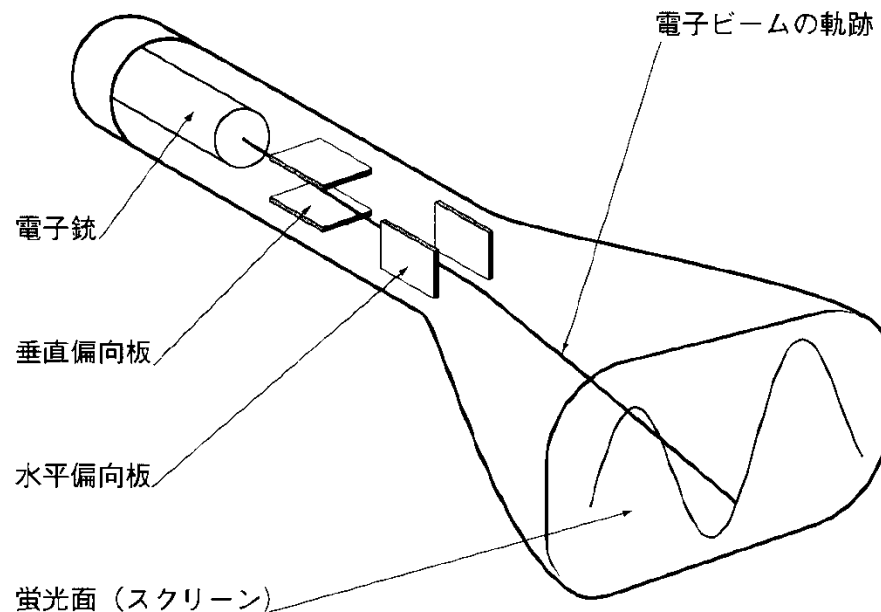
[1] オシロスコープ

電気信号の電圧・電流波形を表示する測定器。表示器にブラウン管を使用するものを、**ブラウン管オシロスコープ**と呼ぶ。



(a)ブラウン管オシロスコープの(動作)原理

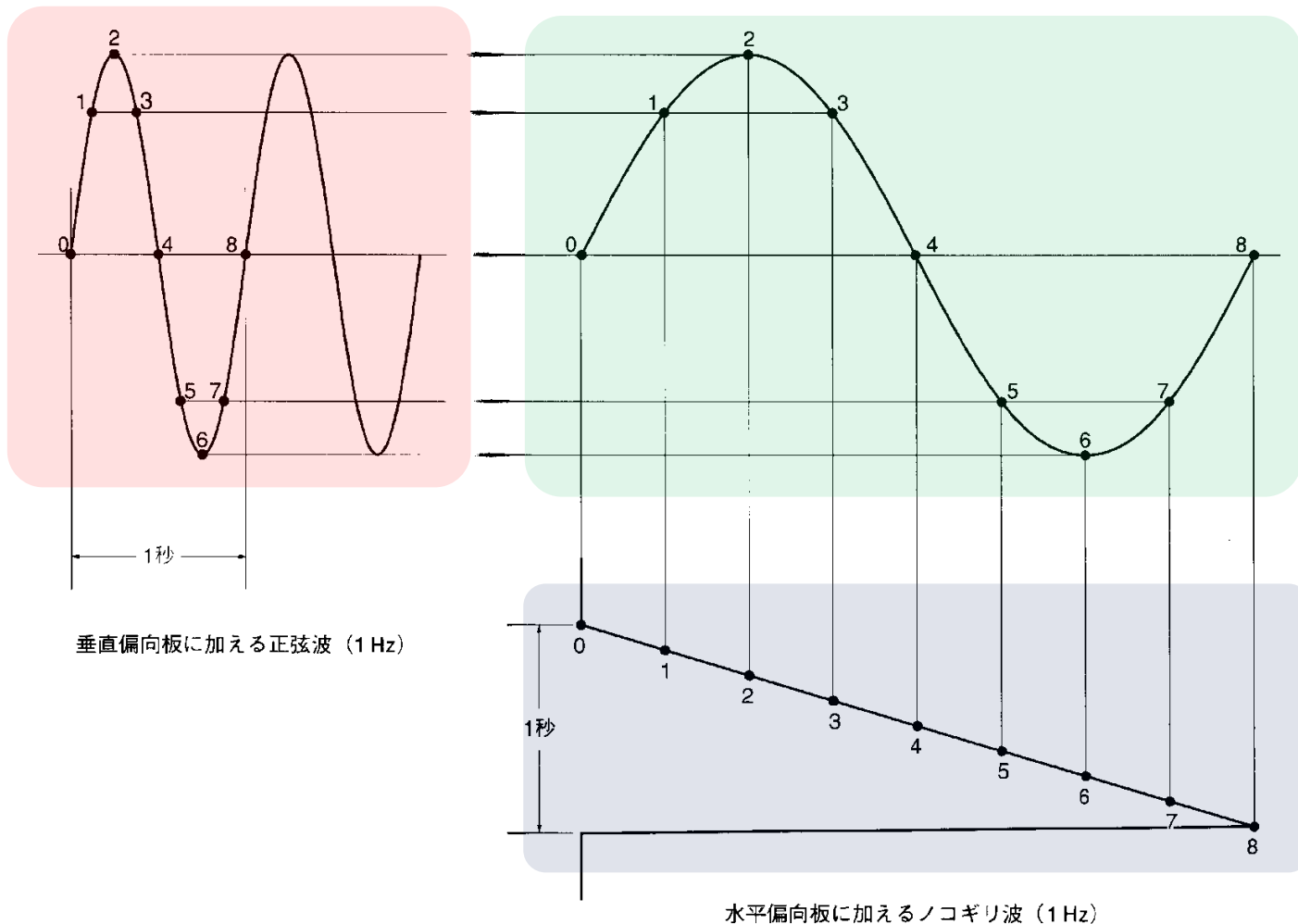
ブラウン管の電子銃から飛び出した**電子ビーム**を、前方にある2組の**偏向板(垂直偏向板、水平偏向板)**に加える電圧を調整して、垂直方向や水平方向に進路を曲げながら**蛍光面**に衝突させる。電子が衝突した部分の蛍光物質が**発光した輝点**の軌跡として波形が描かれる。



<ブラウン管オシロスコープに使われているブラウン管>

垂直偏向板に測定信号(電圧)を加え、水平偏向板に測定信号と同一周期の”のこぎり波”(電圧)を加えると、ブラウン管蛍光面には測定信号と同一の信号が表示する。

ブラウン管(蛍光面)に描かれる波形



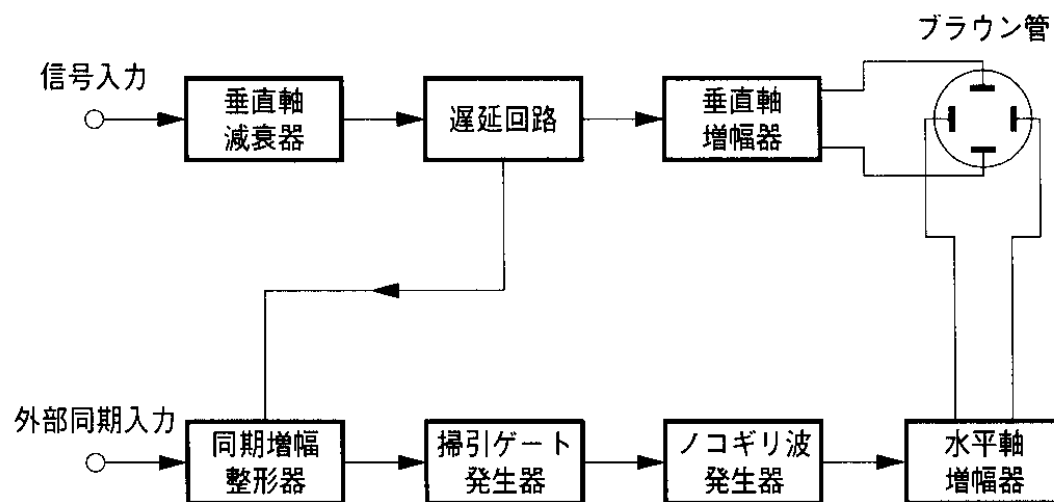
(b)トリガ方式

入力信号の波形を、ブラウン管上で静止して見るための機能を“トリガ”呼ぶ。トリガは、入力信号をトリガ信号として使う**内部トリガ**、電源信号(商用電源信号)をトリガ信号として使う**ライントリガ**、外部から全く別の信号を入力してトリガ信号として使う**外部トリガ**がある。

トリガの方法(やり方)を選択するのが**トリガモード**です。以下の3種類がある。

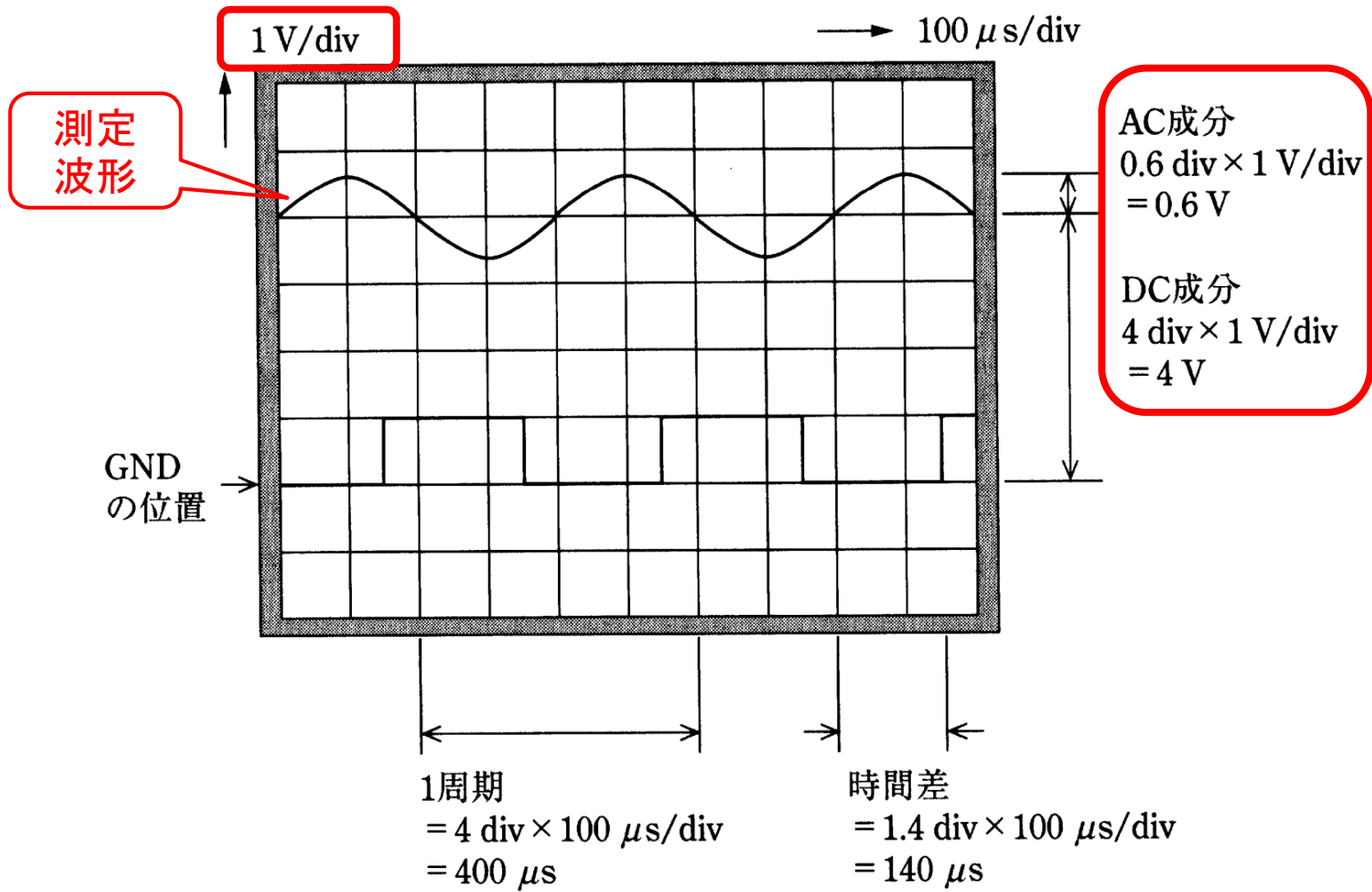
- AUTO : 通常使うモードで、トリガ条件が一致しない場合も掃引(そういん)される
- NORMAL : トリガ条件が一致したときに繰り返して掃引される
- SINGLE : トリガ条件が一致したときに1回だけ掃引される

ブラウン管上に波形を表示する



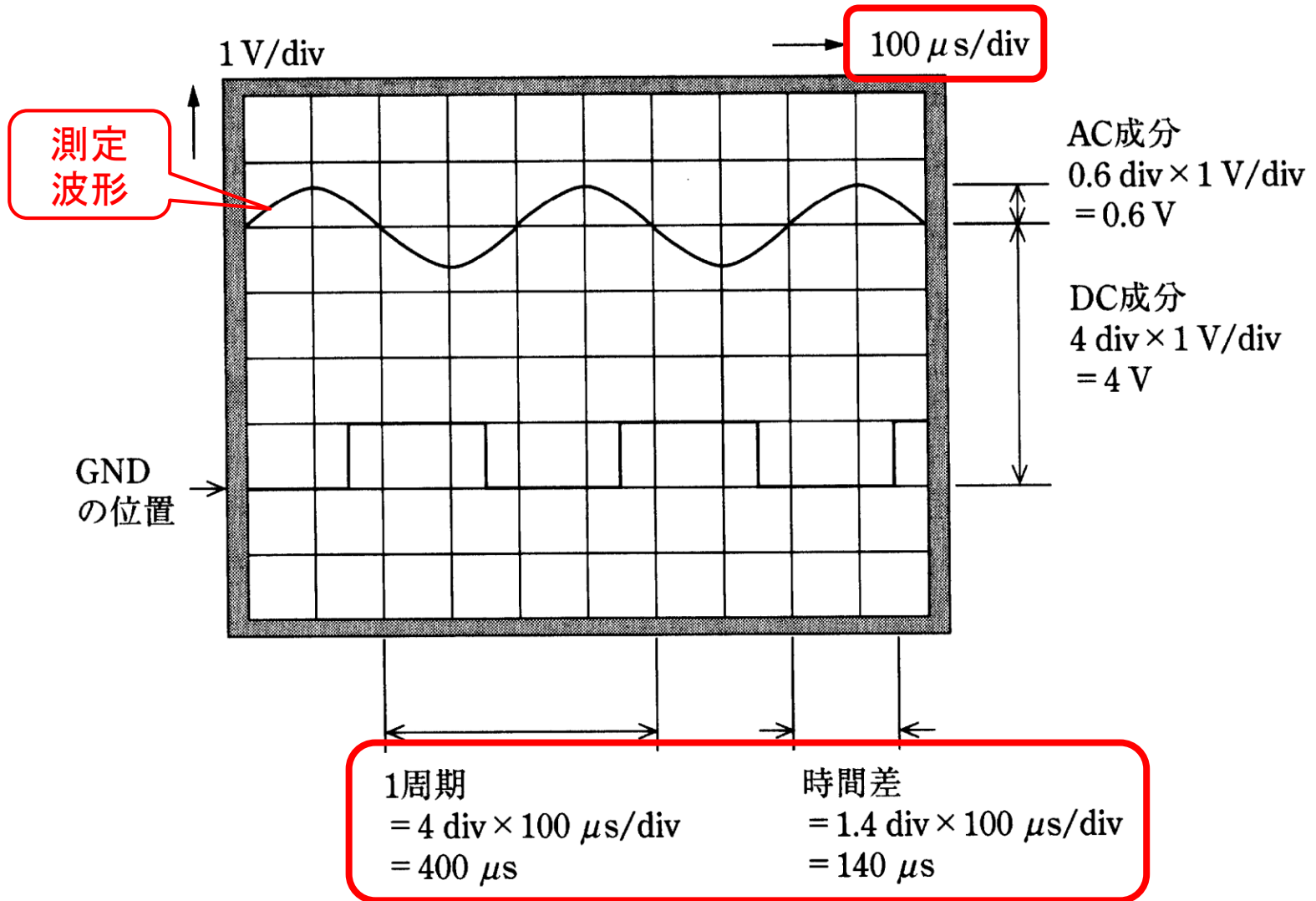
<ブラウン管オシロスコープの構成図>

(c)オシロスコープによる電圧の測定



● 図 10・9 電圧・時間の測定例 ●

(d)オシロスコープによる時間(周期)の測定

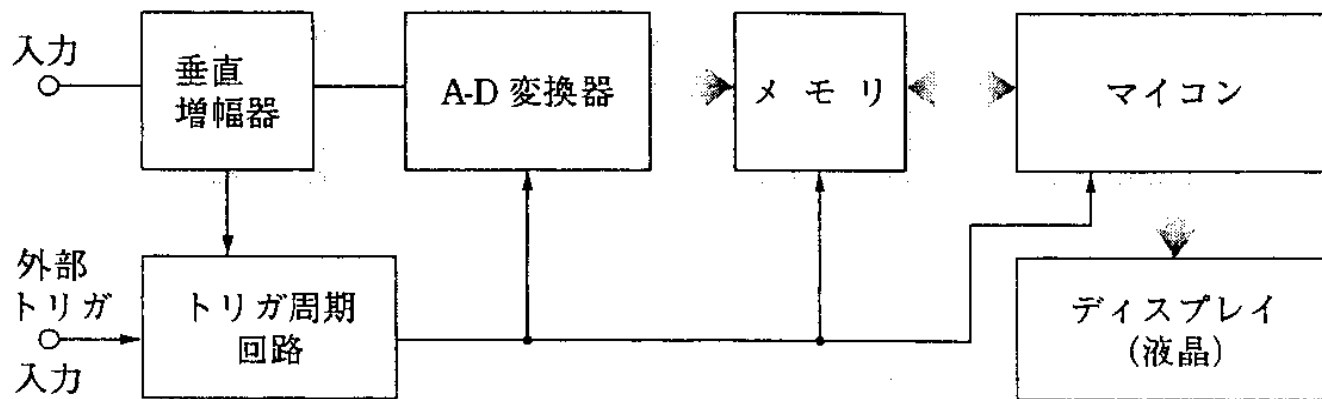


● 図 10・9 電圧・時間の測定例 ●

[2] デジタルオシロスコープ

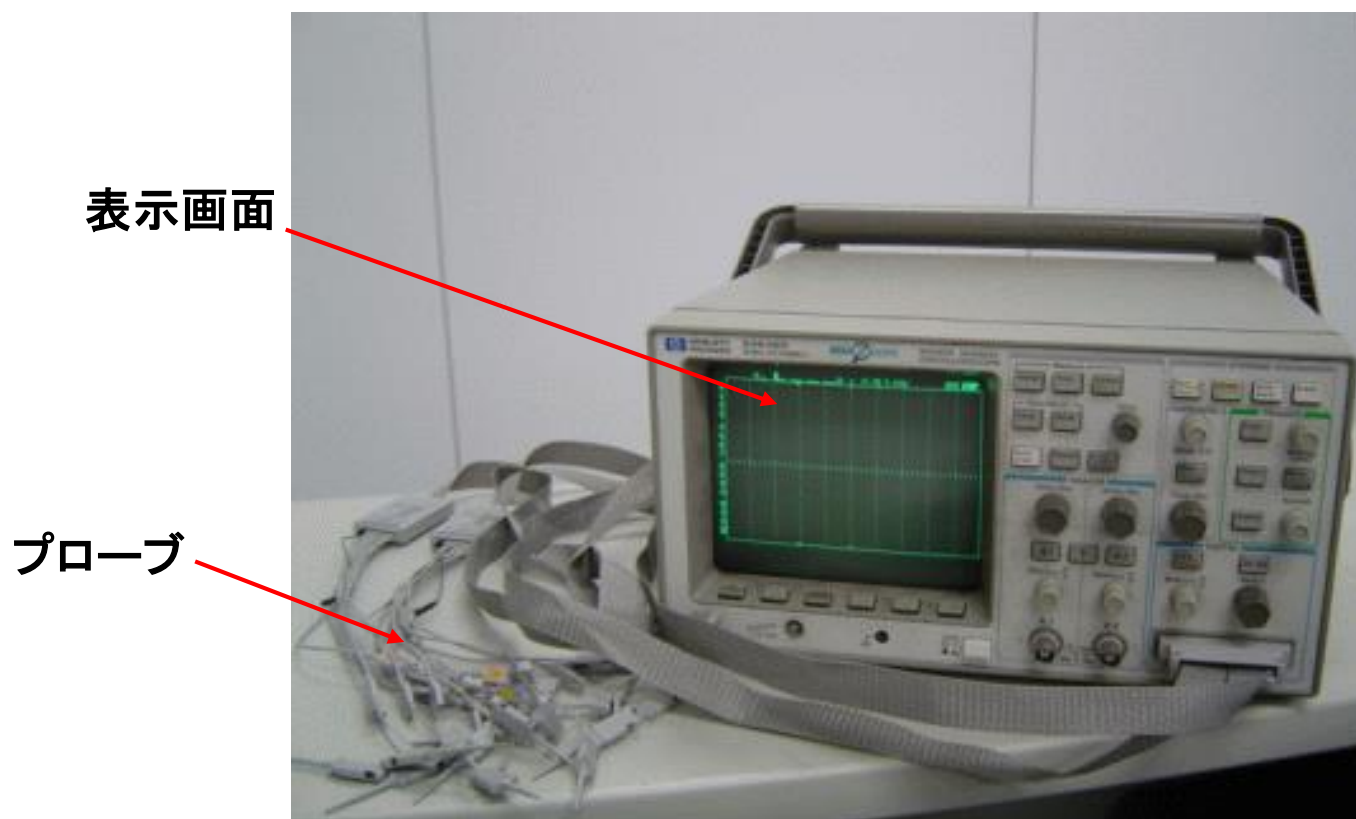
ブラウン管オシロスコープでは、単発現象で発生する(1回しか発生しない)波形は静止して見ることはできない。また、非常に低い周波数の周期波形は、激しいちらつきのために、観測が難しい。

デジタルオシロスコープは、従来のオシロスコープの機能に波形記憶回路を付けた波形観測器である。測定波形をデジタル信号に変換して記憶することで、単発現象でも、低周波でも、安定して波形を表示することができる。



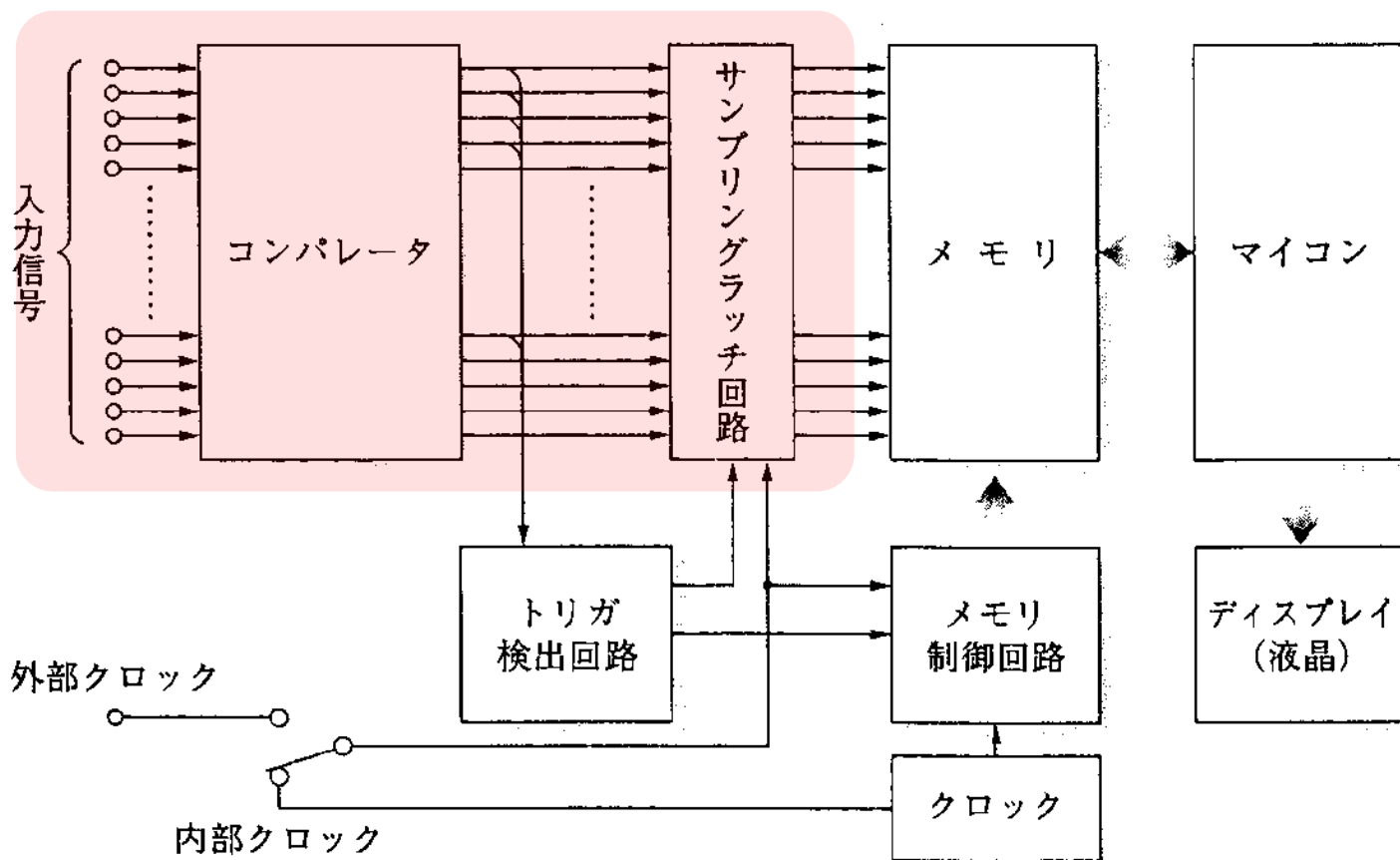
[3]ロジックアナライザ

デジタル回路の動作状態を、多現象で観測することができる。一度に複数の測定(デジタル)信号を入力でき、**デジタル波形**や**2進符号(1または0)**で表示できる。



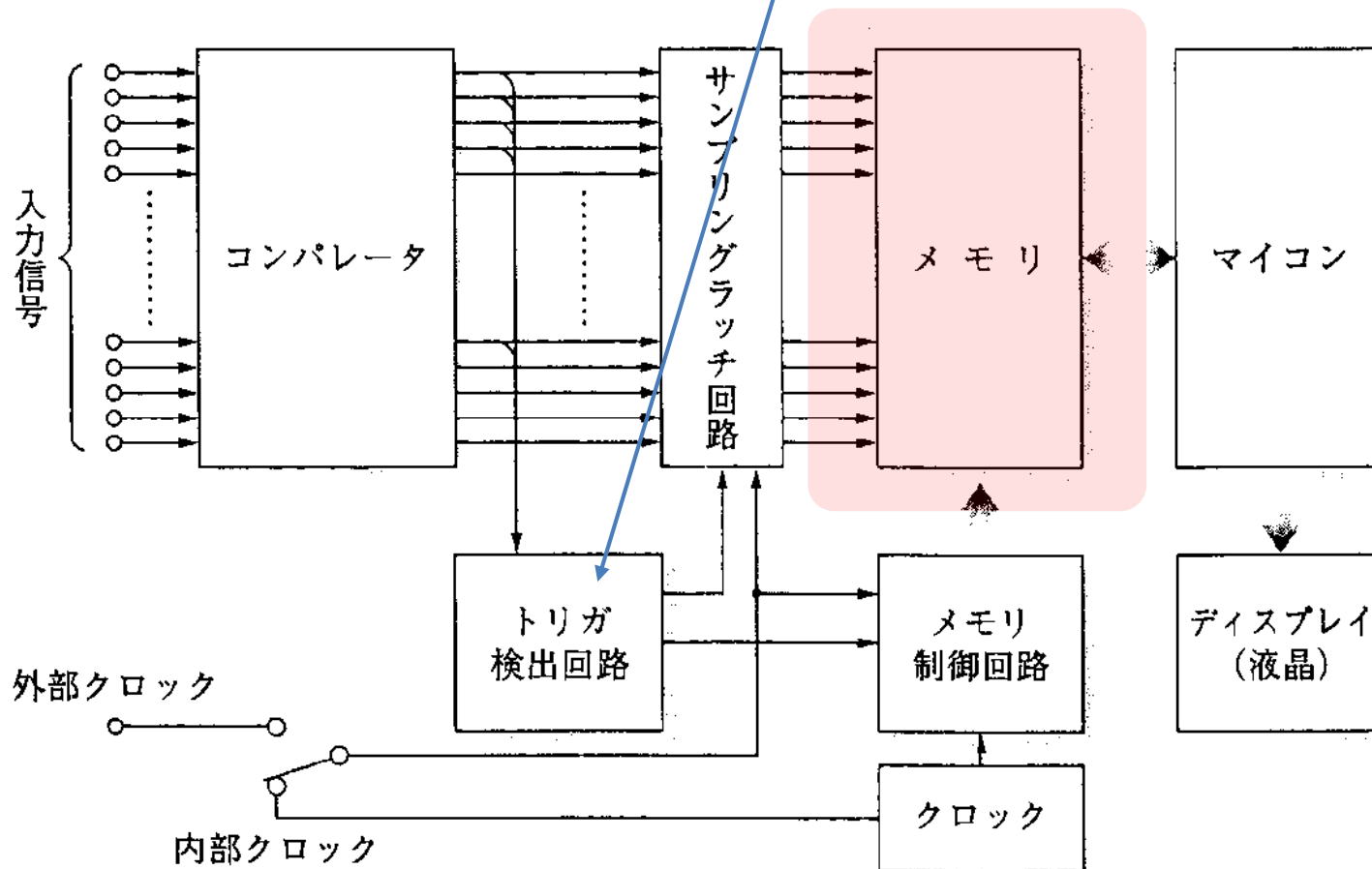
<ロジックアナライザの概観>

- ① 入力信号は、コンパレータで1と0の2値信号に変換され、サンプリングラッチ回路で一時的に保存される



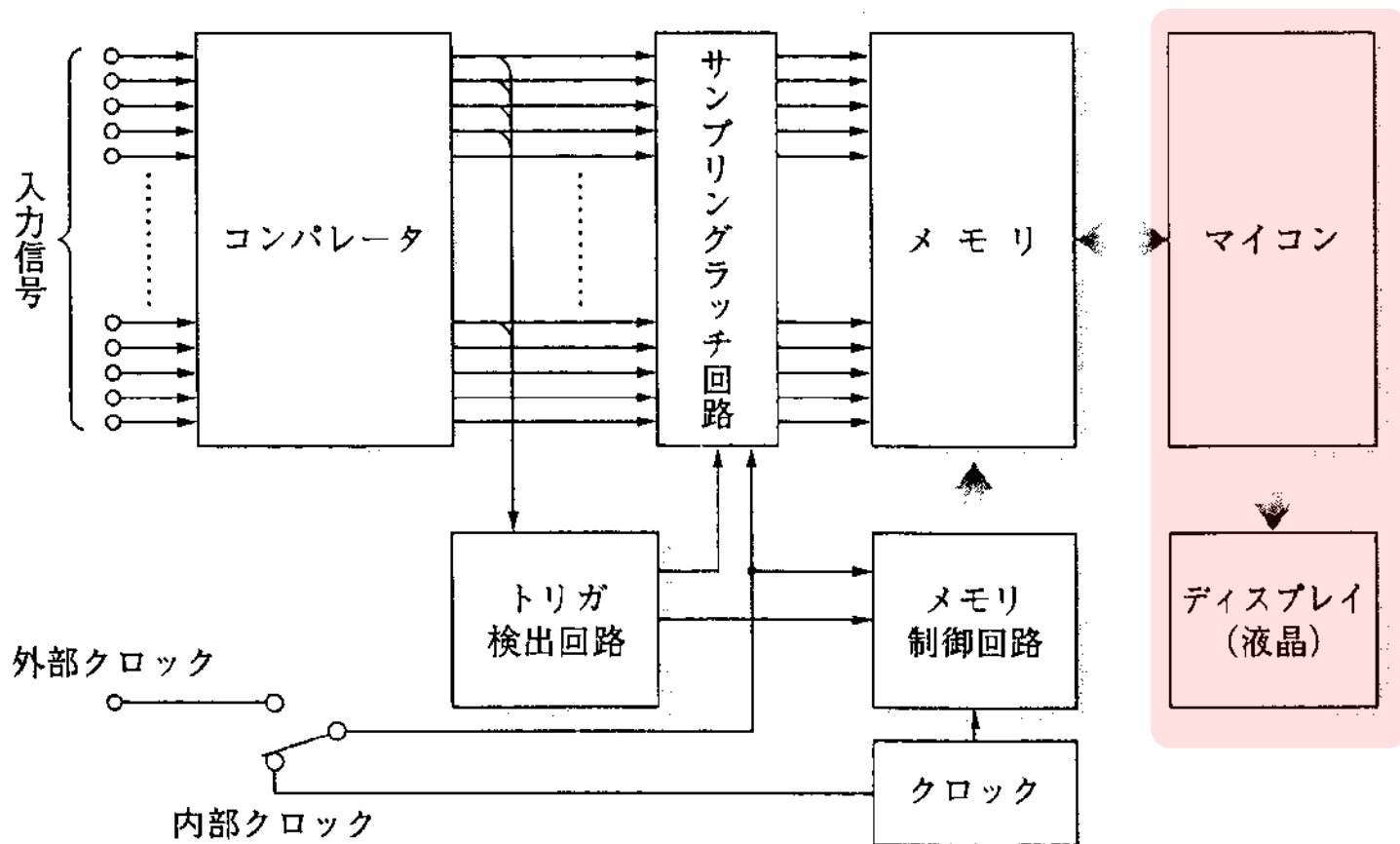
● 図 10・12 ロジックアナライザの基本構成 ● 教科書P114

② その後、2値信号は、トリガ検出回路で作られたトリガ信号のタイミングで、メモリへ記憶される

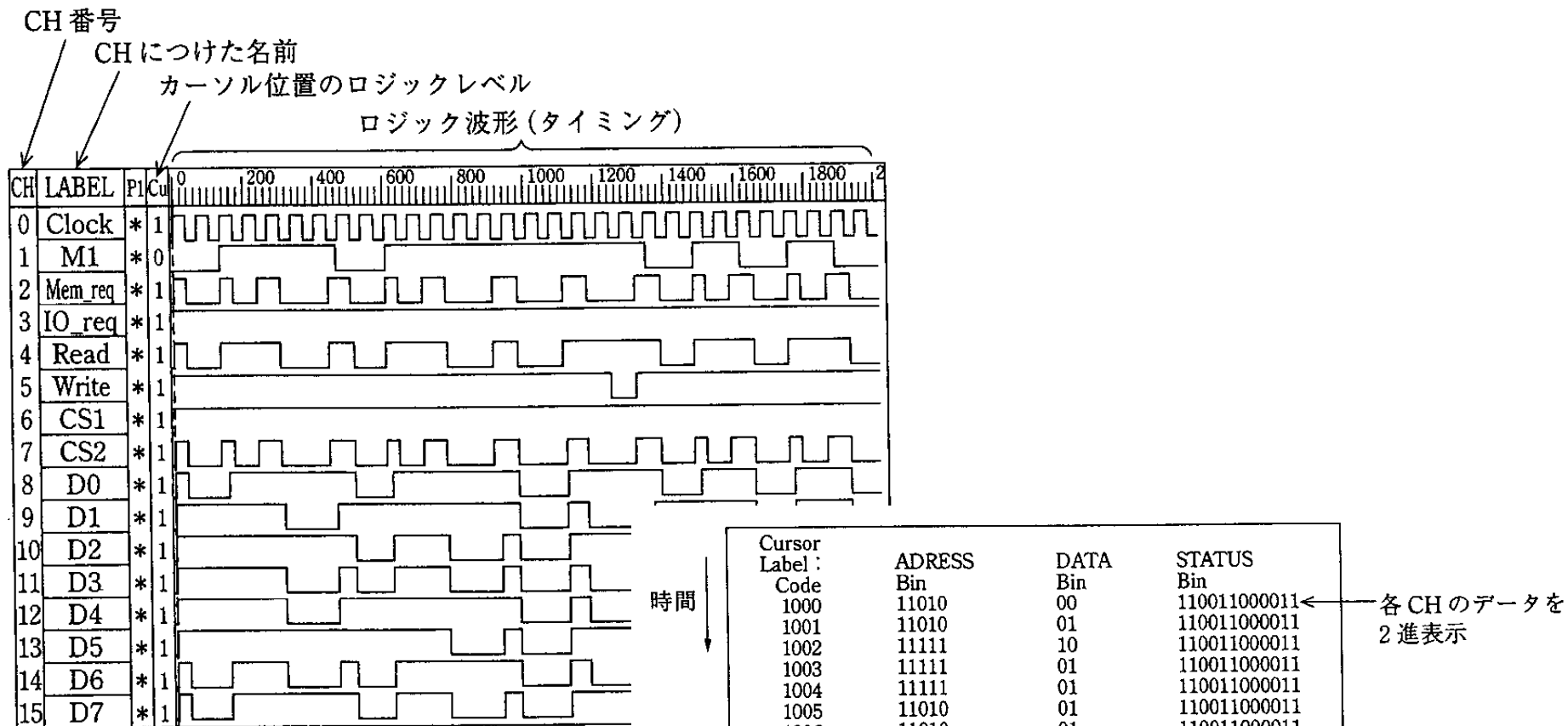


● 図 10・12 ロジックアナライザの基本構成 ● 教科書P114

- ③ メモリに記憶された2値信号は、マイコンによってデジタル処理され、ディスプレイ(液晶)に表示される



● 図 10・12 ロジックアナライザの基本構成 ● 教科書P114



(a) タイミング表示

| Cursor Label : Code | ADDRESS Bin | DATA Bin | STATUS Bin |
|---------------------|-------------|----------|--------------|
| 1000 | 11010 | 00 | 110011000011 |
| 1001 | 11010 | 01 | 110011000011 |
| 1002 | 11111 | 10 | 110011000011 |
| 1003 | 11111 | 01 | 110011000011 |
| 1004 | 11111 | 01 | 110011000011 |
| 1005 | 11010 | 01 | 110011000011 |
| 1006 | 11010 | 01 | 110011000011 |
| 1007 | 11100 | 01 | 110011000011 |
| 1008 | 11010 | 01 | 110011000011 |
| 1009 | 11010 | 01 | 110011000011 |
| 1010 | 11111 | 01 | 110011000011 |
| 1011 | 11111 | 01 | 110011000011 |
| 1012 | 11111 | 00 | 110011000011 |
| 1013 | 11010 | 10 | 110011000011 |
| 1014 | 11010 | 10 | 110011000011 |
| 1015 | 11100 | 10 | 110011000011 |
| 1016 | 11010 | 01 | 110011000011 |
| 1017 | 11010 | 01 | 110011000011 |
| 1018 | 11010 | 01 | 110011000011 |
| 1019 | 11010 | 10 | 110011000011 |
| 1020 | 11010 | 10 | 110011000011 |

5 bit 2 bit 12 bit

(b) ステート表示

【問題1】

主に入力信号の**周波数**を計測するための指示計器であるが、信号の**周期**や**パルス幅**、2つの入力信号の**位相差**を計測することもできる。こうした機能がある計測器を何と呼ぶか？ 次のa.～c.より選べ。

- a. ユニバーサルカウンタ
- b. ファンクションジェネレータ
- c. ファンクションカウンタ

【問題2】

単発的に発生するパルス信号波形を観測するための最適な計測器を、次のa.~c.中から選べ。

- a. ブラウン管オシロスコープ
- b. デジタルマルチメータ
- c. デジタルオシロスコープ

【問題3】

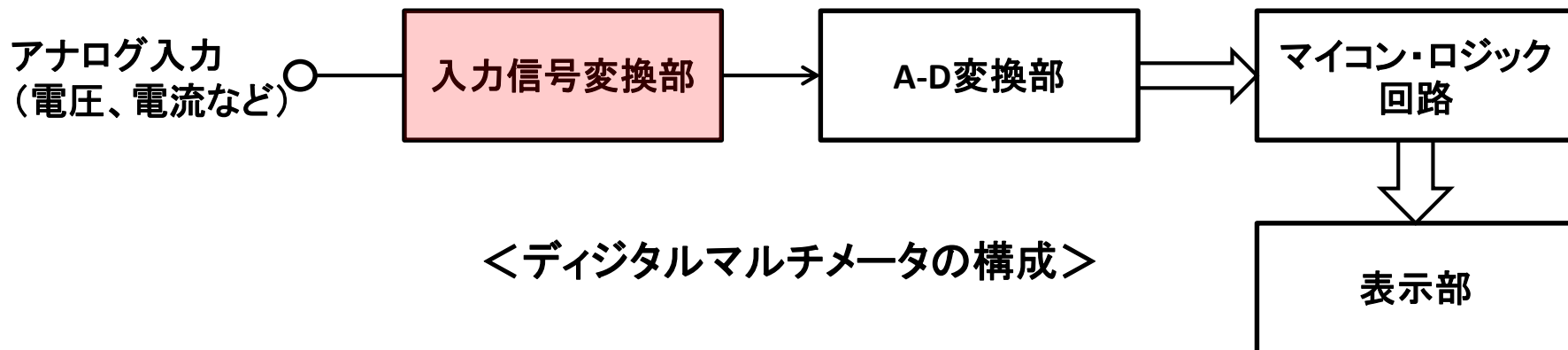
デジタル回路の動作状態を、**2進符号で表示**するための最適な計測器を、次のa.～c.中から選べ。

- a. ブラウン管オシロスコープ
- b. ロジックアナライザ
- c. デジタルオシロスコープ

【問題4】

下図に示すデジタルマルチメータの構成要素のうち、アナログ入力(電圧、電流など)を、一定範囲のアナログ電圧に変換するものは何か？ 次のa.~c.の中から選べ。

- a. 入力信号変換部
- b. A-D変換部
- c. マイコン・ロジック回路



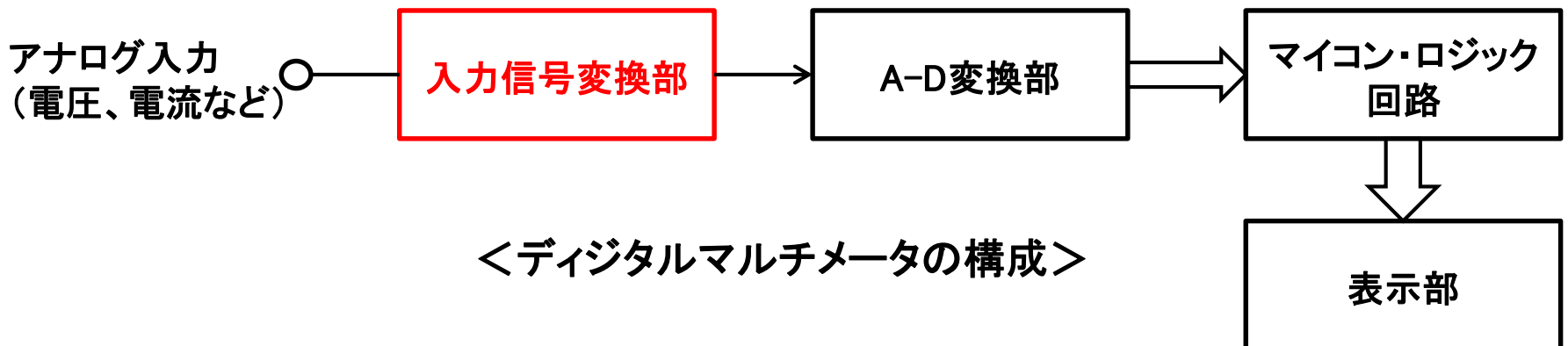
【問題5】

デジタルマルチメータの構成要素の1つである「入力信号変換部」で、交流電圧や交流電流を測定する時に使用して、**交流電圧を直流電圧に変換する回路**は何か？次のa.~c.の中から選べ。

a. 電流-電圧変換回路

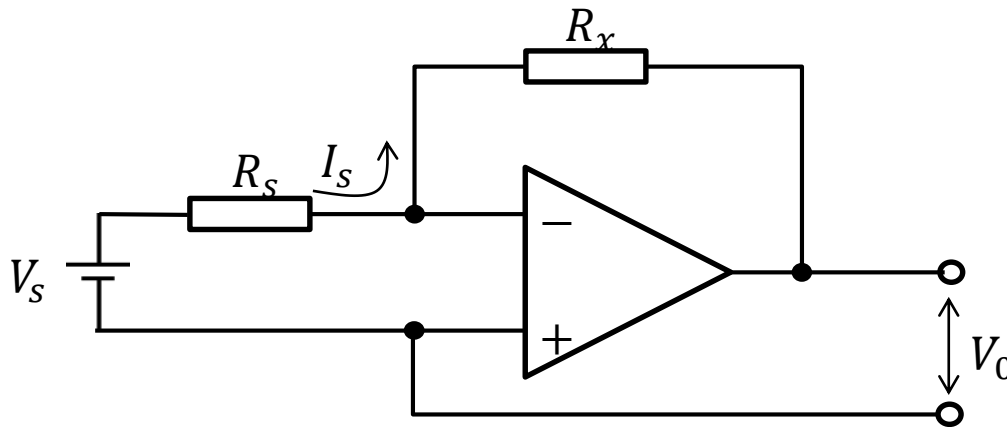
b. AC-DC変換回路

c. 抵抗-直流変換回路



【問題6】

次のデジタルマルチメータの「入力信号変換部」の「抵抗-直流変換回路」で、測定抵抗 $R_x[\Omega]$ を接続して出力電圧 V_o を測定したら、 $1.0[V]$ であった。このときの**測定抵抗 R_x の値**を求めよ。ただし、基準電圧 $V_s=1.0[V]$ 、基準抵抗 $R_s=1[k\Omega]$ とする。【ヒント】式(10・2)を使う



$$\text{式(10・2)} \quad V_o = -\frac{R_x}{R_s} V_s = -\frac{V_s}{R_s} R_x \quad \text{より}$$

$$R_x = \left| -\frac{R_s}{V_s} V_o \right| = \frac{1 \times 10^3}{1.0} \times 1.0 = 1.0 \times 10^3 = 1.0 [k\Omega]$$

【問題7】

ブラウン管オシロスコープで、入力信号の波形をブラウン管上に静止させるために、電源の信号を使う方法を何と呼ぶか？以下のa.～c.の中から選べ。

- a. 内部トリガ
- b. 外部トリガ
- c. ライントリガ

【問題8】

ユニバーサルカウンタを使って入力信号の周期を計測したい。いま、入力信号を2分周して作った信号(ゲートパルス)のHigh期間に、500個の基準信号が通過した。**入力信号の周期**を求めよ。ただし、基準信号の周波数 f は、100[Hz]とする。

基準信号の周波数は、 $f = 100$ [Hz]であるので、

周期は $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = 0.01$ [sec]となる。

従って、入力信号の周期 $T = 0.01$ [sec] \times 500[個] = 5[sec]