第11章　オシロスコープ

11.1　目的

オシロスコープは、電気信号の振動、発振を観測する装置のことで、直流 (DC) から交流 (AC) の高周波の広い周波数帯域まで観測することができ、同時に周期、周波数、電圧が測定できる。オシロスコープには、アナログオシロスコープとディジタルオシロスコープの 2 種類があり、用途に応じて利用されている。

交流を扱う電気・電子回路では、その特性を調べるのに波形観測が基本になるので、諸君にとってオシロスコープが最も頻繁に使われる測定器であるといってもおかしくない。そのため、各自がオシロスコープを自在に扱えるように測定技術を習得する必要がある。

要項分類	グレード
知識（確認）	☆☆☆
操作（習熟度）	☆☆☆☆☆
観察（注意力）	☆☆☆☆
工夫（アイデア）	☆
結果整理	☆☆☆
法則の確認	☆
考察（理解力）	☆☆☆

11.2　原理

11.2.1　ディジタルオシロスコープの仕組み

図 11.1 にディジタルオシロスコープの外観と、図 11.2 に回路構成の例を示す。A/D（アナログ / ディジタル) コンバータを使用して、測定した電圧をデジタル・データに変換し、波形から連続したサンプルを取得する。波形を表示するのに十分なサンプルが蓄積されると、それを画面上に波形として表示する。

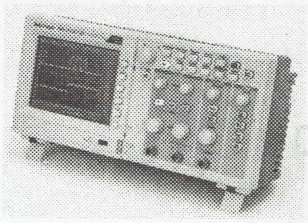

図 11.1: ディジタルオシロスコープの外観例

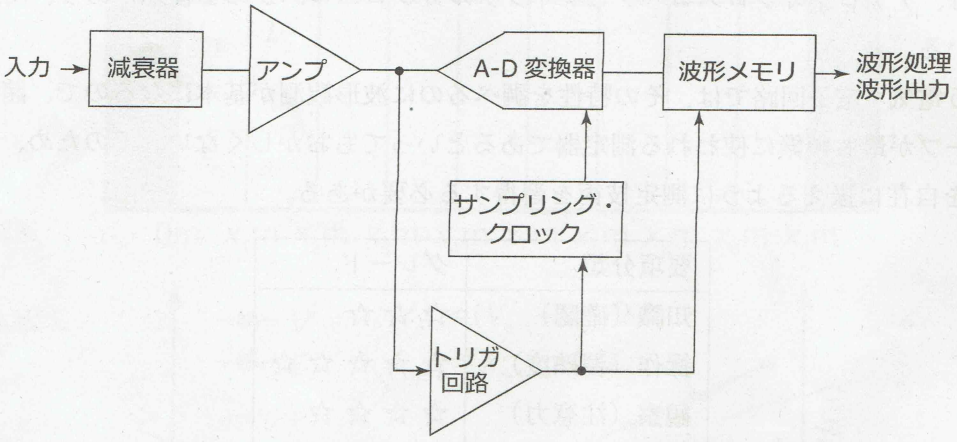

図 11.2: ディジタルオシロスコープの原理図

11.2.2 ディジタルオシロスコープの特徴

ディジタルオシロスコープは、入力信号をディジタル処理しているため、データを解析して画面に数字で表示したり、USB などのインタフェースを介して PC にデータを送り、表計算・グラフ表示などのデータ処理が可能である。

11.2.3 種々のオシロスコープ

オスロスコープには、種々の特殊な目的のために、特長のあるものが開発されてきた。以下にその代表的なものを列記する。

・多現象オシロスコープ：2 つ以上の異なる現象を同時に表示できるようにしたもの

・ディジタルメモリスコープ：信号電圧をデジタル化して内部メモリに記憶し、必要に応じて読み出せるようにしたもの

・ストレージオシロスコープ：特殊なアナログで管面の波形を長時間保存できるようにしたもの

・サンプリングオシロスコープ：高速の繰り返し波形を観測するため、波形の一定間隔ごとにサン

プリングを行って、元の波形を表示するもの

なお、最近のディジタルオシロスコープは、上記の複数の機能を搭載したものがある。

11.3 オシロスコープの主なスイッチと入力測定用プローブについて

11.3.1 オシロスコープの主なスイッチ（アナログオシロスコープ）

はじめに、オシロスコープにある主なスイッチや調整つまみの機能を列記する。実際には、実験に使用する機種，それに付属したマニュアル等を参照し、各種機能を確認してから操作に望んでほしい。

(a) COUPLING：入力結合切り替え

・DC：直流、交流の区別なく入力信号を送る。通常の測定ではこの使用が一般的

・AC：信号の直流分を除いて測定。除かないと測定が行えないもの（例えば、整流して得た直流に含まれるリップルを観測するなど。）

・GND：入力信号は接続されない。水平の輝線を出し、垂直方向の基準位置を定めるときに使用

(b) VERT MODE：vertical mode, 垂直（縦軸）表示方法の選択

・CH1, CH2：1 現象、すなわちそれぞれ 1 チャンネルの表示

・ALT, CHOP：2 現象の表示。ALT は周波数の高い信号、CHOP は低い信号の観測に用いる

・ADD：2 つの信号の和（CH1+CH2）を表示（1 現象）。CH2 には、入力信号の差（CH1-CH2）の表示も可能

・X-Y 表示：他に X-Y 表示の機能もある。通常 CH1 が X 軸 (縦軸)、CH2 が Y 軸 (横軸) の入力

(c) TRIG SOURC：トリガ信号源の選択

・CH1：CH1 または CH2 の入力信号によりトリガをかけたい場合に使用

CH2：最も一般的な使用法。2 現象のときは一方のトリガソースで両チャンネルが動作する

・EXT：外部からトリガ信号を供給。周期性の乱れのある信号や、一定レベルでトリガをかけにくい信号の観測に使用

・LINE：電源信号に同期させてトリガをかけたい場合に使用

(d) TRIG SLOPE, TRIG LEVEL：スロープの選択と、トリガレベルの調整。入力信号により、水平掃引開始のためのトリガパルスを発生させるとき、次の条件の設定を行う機能。

・TRIG SLOPE：入力信号の立ち上がり部分 (+) を使うか、立ち下がり (-) 部分を使うか選択

・TRIG LEVEL：入力信号の瞬時値が、どのレベルになったときトリガパルスを発生させるかを決めるレベル調整

(e) SWEEP MODE：水平掃引のモード選択

・NORM：(d) の設定した条件でトリガパルスが発生し、掃引開始となる

・AUTO：NORM の機能に加えて、トリガパルスを発生させる信号がない場合に、内部発振器で自動掃引させる。直流の場合、NORM ではトリガがかからないが AUTO では自動掃引なので観測可能となる

・LINE：電源信号に同期させてトリガをかけたい場合に使用

・SINGLE：単掃引機能。まず、RESET を押し、READY 状態にした後、NORM と同様の設定条件で発生したトリガパルスにより、1 回だけ掃引が行われる。主として単発的な現象の観測用であるが、ストレージ機能を有しない機種では、定量的な観測は難しい

11.3.2 入力測定用プローブについて

オシロスコープへ信号を入力するときには、通常プローブを用いる。プローブには電圧用の電圧プローブ、電流測定用の電流プローブなどがあるが、通常は 1MΩ 入力端子用電圧プローブを用いる。

1MΩ 入力端子用電圧プローブは、電圧減衰比で 1 : 1(×1), 10 : 1(×10), 100 : 1(×100) に分かれるが、最も多く使用されているのは 10 : 1（入力信号を 10 分の 1(1/10) にしてオシロスコープの入力へ伝える。×10 プローブとも呼ばれる）プローブである。

このような、10 : 1, 100 : 1 プローブを用いる場合の利点を述べる。

(1) 入力インピーダンスが大きくなる。

(2) 入力容量減少のため立ち上がり特性が向上する。

(3) 測定可能電圧範囲が拡大する（微小電圧の測定には不利になる）。

以下、入力インピーダンス関係の説明を簡単に行う。一般に、入力インピーダンスが 1MΩ といっても、1MΩ の抵抗と並列に 20 ～ 30pF の容量成分があり、周波数が高くなるとその容量成分により大幅にインピーダンスが低下する。これに、10 : 1 のプローブを接続すると、プローブに含まれる半固定の可変容量によって、入力インピーダンスが 10MΩ で 5.5pF と、容量成分が改善され有利となる。

11.4 使用機器

・ディジタルストレージオシロスコープ（Tektronix TBS1022 25MHz/2ch 500MS/s）：1 台

・発振器（TEXIO AC-205）：1 台

・抵抗体（1kΩ）：2 本,

（10kΩ）：1 本,

（10MΩ）：2 本

・テスタ（SANWA KID-8D：1 年で作成したもの）：2 台（説明書があると望ましい）

・ブレッドボード

11.5 実験方法

以下、交流電圧・周期の測定、半波整流電圧の測定、分圧電圧の測定の実験方法を示す。

11.5.1 ディジタルオシロスコープを用いた測定

1. オシロスコープの準備・プローブの調整

基本的には、各機器の取扱い説明書を一読して行う必要がある。必要に応じて、別途取扱い説明書を確認しながら進める。

(1) 電源プラグを差し込む前に、電源スイッチが「POWER OFF」になっていることを確認する。

(2) 電源プラグを差し込み、POWER を ON にし、フロント・パネルの Default Setup（工場出荷時設定）ボタンを押して、オシロスコープを既知の開始状態にする。

(3) TPP0101 型の ×10 受動プローブを CH1 入力に接続する。TPP0101 型などの BNC コネクタを使用しているプローブを接続するには、プローブのコネクタがオシロスコープの入力 CH のコネクタに差し込めるまで押しながら回す。次に、プローブのロック・リングを右に回して、プローブのコネクタをそこで固定する。

(4) プローブのワニ口型のグランド・リードをオシロスコープ画面の脇にあるグランド・コネクタに取り付ける。

(5) プローブ・チップをグランド・リード・コネクタの上にある Probe Comp（プローブ補正）コネクタに接続する。このコネクタは 1 kHz の方形波を出力する。

(6) 図 11.3 の適正な波形になっていなければ調整の必要があるので、ドライバでプローブの可変コンデンサを回して、適正な波形になるように調整する。なお、波形を確認し、適正の場合は調整が不要である。

CH1のみ
↓
CH2
の順番でそれぞれ行う。

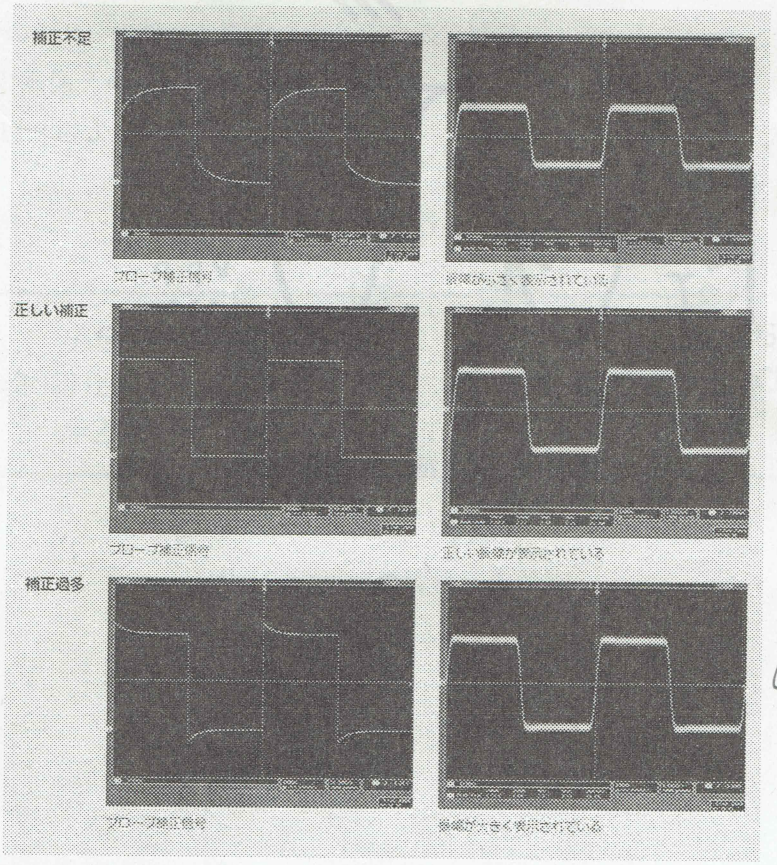

図 11.3: プローブ調整における校正信号波形例

これらは
sin波を重ねたものだが、
高周波になると、
それが正しく測定できない。

絵を自分で書く。

2. 交流電圧・周期の測定

(1) 図 11.4 のように結線する。

(2) 正弦波周波数 200Hz、出力電圧（テスタの読み）2V のときの波形を観測する。

(3) まず、念のため、観測波形をグラフにトレースする。グラフには VOLTS/DIV の値、波形の V_{P-P} の値、1 周期の大きさを表示する。

(4) 観測波形で、VOLTS/DIV の値、波形の V_{P-P} の値、1 周期の大きさを表示し、画像データを USB に出力する。

(5) 周波数を 1kHz として、(3)、(4) を同様に行う。

(6) 結果を表 11.1 のように整理する。

(7) 次に、出力波形を、方形波（、三角波）として、(3)(4) を同様に行う。

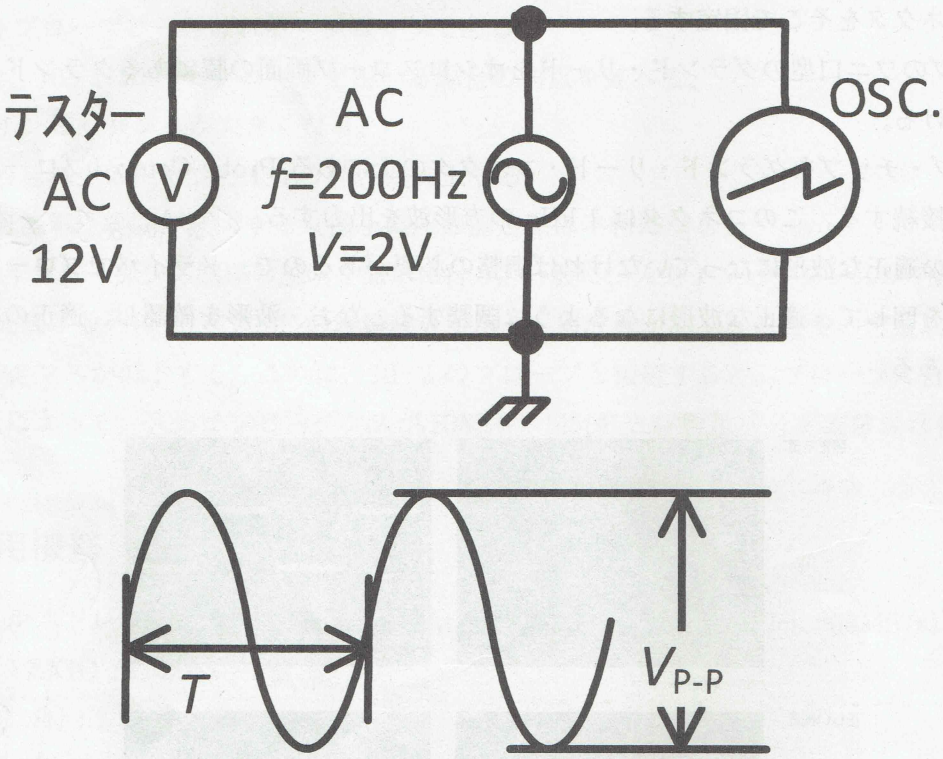

図 11.4: 交流電圧・周期の測定

表 11.1: 交流電圧・周期の測定結果

波形				正弦波	
周波数				f=200 Hz	f=1 kHz
交流電圧の大きさ	テスタ		V_{rms} /V		
	計算値		$V_{0-\mathrm{p}}$ /V		
			$V_{\mathrm{p-p}}$ /V		
	オシロスコープ	カーソル	$V_{0-\mathrm{p}}$ /V		
			$V_{\mathrm{p-p}}$ /V		
		画面表示	V_{rms} /V		
			$V_{\mathrm{p-p}}$ /V		
周期	オシロスコープ	カーソル	T /ms		
			$f = 1/T$ /Hz		
		画面表示	f /Hz		

3. 整流電圧の測定

(1) 図 11.5 のように結線する。

(2) 周波数 200Hz、出力電圧 2V に調整する。

(3) 入力結合を DC とし、波形を観測し、念のためグラフにトレースする。グラフには VOLTS/DIV の値、波形の $V_{\mathrm{P-P}}$ の値、1 周期の大きさを表示する。

(4) 観測波形の画像データを USB に出力する。

(5) 結果を表 11.2 のように整理する。

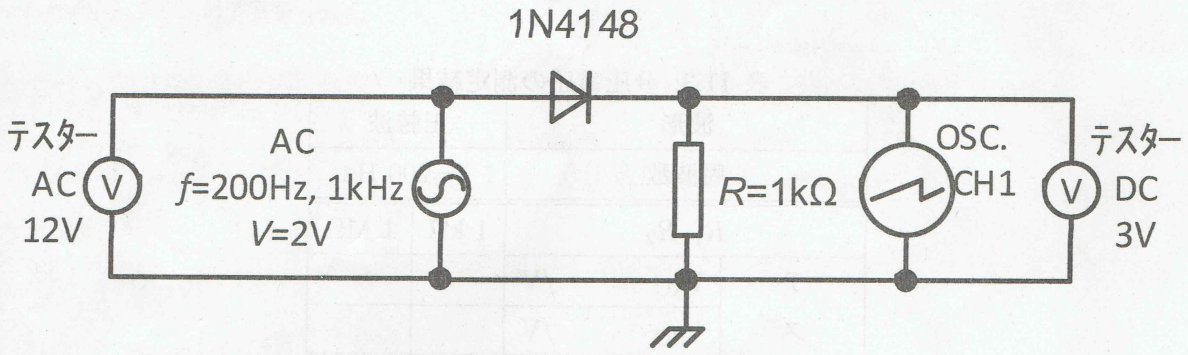

図 11.5: 半波整流電圧の測定

表 11.2: 整流電圧の測定結果

波形				正弦波
周波数				f=200 Hz
テスタ	発振器出力		V_{rms} /V	
	整流電圧		V_{dc} /V	
計算	整流電圧		$V_{0-\mathrm{p}}$ /V	
オシロスコープ	整流電圧	カーソル	$V_{0-\mathrm{p}}$ /V	
			$V_{\mathrm{p-p}}$ /V	
		画面表示	V_{rms} /V	
			$V_{\mathrm{p-p}}$ /V	
	周期	カーソル	T /ms	
			$f = 1/T$ /Hz	
		画面表示	f /Hz	

4．分圧電圧の測定

(1) 図 11.6 のように結線する。抵抗は、$R_1 = R_2 = 1\mathrm{k}\Omega$。

(2) 周波数 200Hz とし、テスタで出力電圧を $V_{\mathrm{AC}} = 2\mathrm{V}$ に調整する。次に V_{BC} を読み取る。

(3) オシロスコープで V_{AC} の大きさを調べ、次の V_{BC} の大きさを調べる。

(4) $R_1 = R_2 = 1\mathrm{M}\Omega$ として、上記の (2)(3) を行う。

(5) 結果を表 11.3 のように整理する。

周波数 200Hz

1K 2K 10K

WAVEWFORM ～ (sin波)

表 11.3: 分圧電圧の測定結果

波形		正弦波	
周波数		f=200 Hz	
R_1, R_2		1 kΩ	1 MΩ
テスタ	V_{AC} /V		
	V_{BC} /V		
	$V_{\mathrm{BC}}/V_{\mathrm{AC}}$		
オシロスコープ	V_{AC} /V		
	V_{BC} /V		
	$V_{\mathrm{BC}}/V_{\mathrm{AC}}$		

AMPLITUDE を高くする

ATTENUATOR

-10 or -20dBにする。

Auto Set を押す。

1K 2 ≒ 10 ~~2K 20K 200K~~

オシロの画像データをそのまま終わり、
はんれいは、キャプションの下

結果もしくは、考察のどちらかに
CH1とCH2の関係を書く。
CH1とCH2の縦軸をそろえ、スケール倍率のVをそろえると、
実効値がCH2に比べてCH1の方が2倍
(1.01V) (2.01)

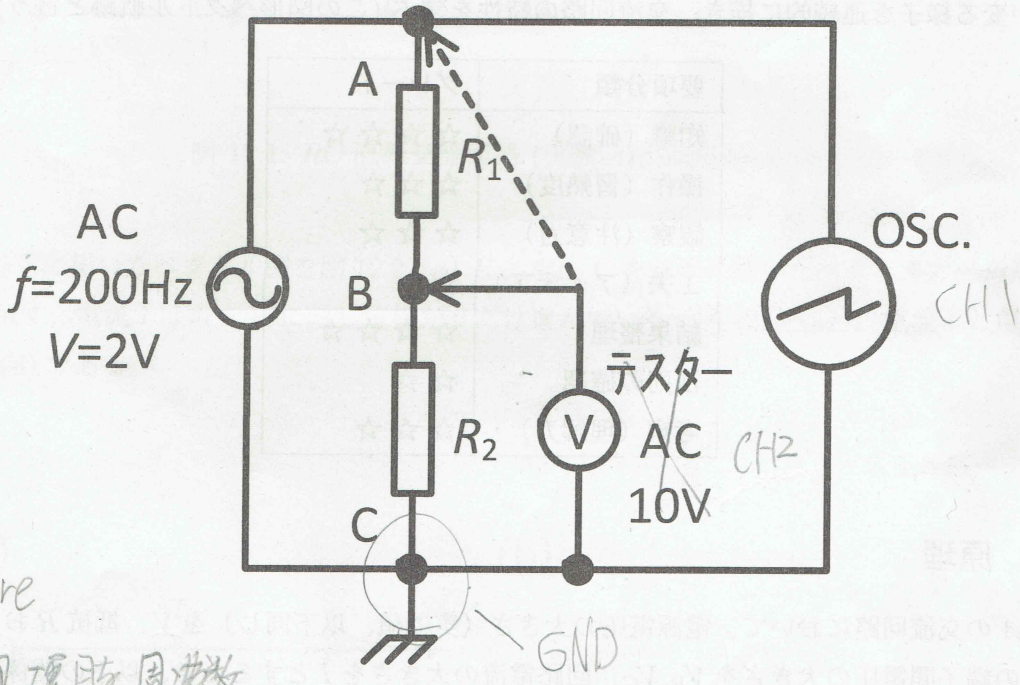

図 11.6: 分圧電圧の測定

Measure
① CH1を 項目を周波数
② CH1を 〃 周期RMS
③ 〃 を 〃 P-P値
④ CH2を 〃 周波数
⑤ 〃 を 〃 周期RMS

→ CHの周期RMS(実効値)が2V ~~(200mV)~~ になるように、
ATTENUATORもしくは、
AMPLITUDEをいじる。

表 11.2: 整流電圧の測定結果

波形				正弦波
周波数				f=200 Hz
テスタ	発振器出力		V_{rms} /V	
	整流電圧		V_{dc} /V	
計算	整流電圧		$V_{0-\mathrm{p}}$ /V	
オシロスコープ	整流電圧	カーソル	$V_{0-\mathrm{p}}$ /V	
			$V_{\mathrm{p-p}}$ /V	
		画面表示	V_{rms} /V	
			$V_{\mathrm{p-p}}$ /V	
	周期	カーソル	T /ms	
			$f = 1/T$ /Hz	
		画面表示	f /Hz	

4．分圧電圧の測定

(1) 図 11.6 のように結線する。抵抗は、$R_1 = R_2 = 1\mathrm{k}\Omega$。

(2) 周波数 200Hz とし、テスタで出力電圧を $V_{\mathrm{AC}} = 2\mathrm{V}$ に調整する。次に V_{BC} を読み取る。

(3) オシロスコープで V_{AC} の大きさを調べ、次の V_{BC} の大きさを調べる。

(4) $R_1 = R_2 = 1\mathrm{M}\Omega$ として、上記の (2)(3) を行う。

(5) 結果を表 11.3 のように整理する。

周波数 200Hz

1K 2K 10K

WAVEWFORM ～ (sin波)

表 11.3: 分圧電圧の測定結果

波形		正弦波	
周波数		f=200 Hz	
R_1, R_2		1 kΩ	1 MΩ
テスタ	V_{AC} /V		
	V_{BC} /V		
	$V_{\mathrm{BC}}/V_{\mathrm{AC}}$		
オシロスコープ	V_{AC} /V		
	V_{BC} /V		
	$V_{\mathrm{BC}}/V_{\mathrm{AC}}$		

AMPLITUDE を高くする

ATTENUATOR

-10 or -20dBにする。

Auto Set を押す。

1K 2 ⇒ 10 ~~2K 20K 200K~~