物理学実験レポート：オッシロスコープ

理工学部 １年ル組 （69919262）

実験日：１９９９年１１月２４日（木）ＡＭ

1. 実験目的
   * + - 電気計測において不可欠なオッシロスコープの基本的な使用法について学ぶ。
       - オッシロスコープを簡単な実験に応用する
2. 実験原理
   1. オッシロスコープについて

オッシロスコープとは、交流信号のような時間とともに変化する電気現象をブラウン管の蛍光面上に描いて可視化する電子計測器である。通常、水平入力（Ｘ軸）と垂直入力（Ｙ軸）の２つの入力端子を持つ。ブラウン管上の輝点はそれぞれの入力端子とアース端子間の電圧に比例した変位をする。周期的な信号ならその周期や振幅を測ったり、他にも減衰振動や非同期的パルスの観察も可能である。また複数の信号を同時に入力し、それらの間の周波数比や位相差なども測定することができる。

* 1. オッシロスコープの構造

オッシロスコープの表示部であるブラウン管は図１のように電子銃・偏向電極・蛍光面から成っている。電子銃は電子を一定の速度まで加速し、細いビーム状の電子流を作り出す。電子流は２組の偏向電極の電界を通った後、蛍光面に当たって輝点を生じる。２組の偏向電極の向きは直交していて、輝点はそれぞれの電極に加えられた電圧に比例して水平（Ｘ軸）・垂直（Ｙ軸）方向に独立に変位する。

偏向電極

電子銃

蛍光面

図１．ブラウン管

* 1. 時間掃引と同期

ＴＩＭＥ／ＤＩＶダイヤルを「Ｘ－Ｙ」以外の位置にすると、輝点は水平（Ｘ軸）方向に左から右へ等速で変化する。これは、掃引電圧が内部で作られ、Ｘ軸に入力されているためである。したがって、同時に時間とともに変化する電圧Ｖ(ｔ)をＹ軸に入力すると、ｙ＝Ｖ(ｘ)の図形が表示される。垂直表示切替スイッチを「ＣＨＯＰ」に設定すると２つの信号を同時に表示、「ＡＬＴ」に設定すれば掃引１回ごとに切り替えて交互に表示することもできる。

Ｙ軸に入力した信号の波形が周期的な場合には時間掃引を繰り返すことによって波形を継続的に表示できる。しかし、掃引の周期が信号の周期と無関係だと波形が掃引ごとに移動してしまう。波形を静止させるために掃引の周期を信号の周期の整数倍にすることを同期という。同期を取るためには、図２のような電圧で掃引してやればよい。

t1

t2

t3

掃引電圧

t

t

t1

t2

t3

入力電圧

表示

Level

図２．時間掃引

同期を取るためには掃引開始を波形の１周期内の同じ点にあわせればよい。この方法をinternal triggerという。

他にも、電源電圧と同じ周期で掃引が行われるline trigger、外部から他の信号を入力して掃引するexternal trigger、何にもとらないfree runがある。単発現象を観測するときには時間掃引を１回だけ行うsingle sweep機能などもある。

* 1. Ｘ－Ｙ動作

　ＴＩＭＥ／ＤＩＶダイヤルを「Ｘ－Ｙ」の位置にすると、Ｙ軸だけでなくＸ軸にも信号を入力できる。これをＸ－Ｙ動作という。Ｘ軸、Ｙ軸へ入力した信号が両方とも正弦波の場合にはリサージュ図形（Lissajous figure）というものが表示される。この図形から、２つの信号の周波数比や位相差を測定することができる。

1. 実験方法

Ｏ．オッシロスコープのテスト

ＴＩＭＥ／ＤＩＶダイヤルを「Ｘ－Ｙ」の位置にして、乾電池にボリュームをつけただけのものをＣＨ１に接続する。乾電池のボリュームで乾電池の電圧を操作するなどして、ブラウン管の輝点の動きをみる。また、ＶＯＬＴＳ／ＤＩＶダイヤルを操作してその変化を観察する。ＣＨ２にもつなぎ代えて同様のことを観察する。

Ａ．時間掃引

* + 1. 波形の観察

約１ＫＨｚの正弦波を発振器からオッシロスコープのＣＨ１に入力し波形を観察する。ＴＩＭＥ／ＤＩＶダイヤルは０．２ｍｓにあわせる。波形の周波数と振幅を読むために注意することや、トリガのlevelとslopeを変えたときの変化などを調べる。矩形波での場合も観察する。

* + 1. ＬＩＮＥ

トリガ信号源の切り替えスイッチを「ＬＩＮＥ」にしたとき、波形がほぼ静止して見える周波数は何かを調べる。

* + 1. ＡＣ結合

トリガ信号源の切り替えスイッチを「ＩＮＴ」に戻して、周波数を３Ｈｚにして入力結合スイッチによる変化を観察する。また、「ＡＣ結合」がどのような場合に役立つかを考える。その後、発振器の「ＤＣ　ＯＦＦＳＥＴ」をひっぱり左右にまわすなどしながら、１Ｈｚの周波数をＴＩＭＥ／ＤＩＶダイヤルを１ｍｓ、ＶＯＬＴＳ／ＤＩＶを１Ｖにして観察する。

Ｂ．Ｘ－Ｙ動作

1. 同じ信号を入力

ＴＩＭＥ／ＤＩＶダイヤルを「Ｘ－Ｙ」の位置にして、同じ発振器の信号をＣＨ１・ＣＨ２に分岐して接続、出てくる図形を観察する。

1. 違う発振器を使用

　ＣＨ１・ＣＨ２に、別々に発振器を接続し、周波数ｆ１,ｆ２が

ｆ１=ｎ・ｆ2（ｎ：整数）

の場合のリサージュ図形を観察する。

応用課題１．

応用課題１は時間の都合で省略した。

応用課題２．＜音速の測定＞

　図３のように発振器、周波数カウンター、超音波送信機・受信機を接続する。周波数を効率よく超音波を出すことのできる４０ｋＨｚに設定し、垂直表示切替スイッチを「ＣＨＯＰ」にする。表示で曲線を確認しながら、両者の位相の合う状態から徐々に距離を離していき、再び合う送信機・受信機間の距離をものさしで測定することによって音速を測定する。

発振器

周波数カウンタ

オッシロスコープ

ＣＨ１

ＣＨ２

超音波受信機

超音波送信機

図３．音速の測定

1. 結果と考察

Ｏ．オッシロスコープのテスト

ＶＯＬＴＳ／ＤＩＶダイヤルを１Ｖにして乾電池のボリュームを最大にすると、輝点は原点から３ｃｍ動いた。１ｃｍでＶＯＬＴＳ／ＤＩＶダイヤルの値の分を表すことが分かった。乾電池のボリュームを上下すると、輝点は原点と先ほどの点の間を移動した。ＣＨ１に接続したときはＸ軸上を、ＣＨ２に接続したときはＹ軸上を輝点が動いた。また、キャリブレーションつまみをひっぱると感度は５倍になり、左までまわすと感度が半分になることが分かった。

Ａ．時間掃引

* + 1. 波形の観察

波形の振幅と周波数を正しく読むには、ＴＩＭＥ／ＤＩＶダイヤルが何秒で１マスを動くよう設定されているかを確認する。トリガのlevelを＋にまわすと曲線は左に移動し、－にまわすと右に移動する。どちらにも、ある程度まで行くと同期を取ることができなくなる。「ＦＩＸ」に合わせると、自動的に同期が取れる事がわかった。また、slopeを変える（引っぱる）と上下が反転する。このつまみは曲線の表示開始点を定めている事が確認できた。levelは掃引開始電圧を表し、slopeはその勾配を表している。

* + 1. ＬＩＮＥ

トリガ信号源の切り替えスイッチを「ＬＩＮＥ」にすると、周波数が９９．９２、１２４．９３、１４９．９６、１７４．９７、１９９．９０のとき、波形がほぼ静止して見えた。このことから、周波数が電源の５０Ｈｚの半分である２５Ｈｚの整数倍のときに波形が静止していることが分かる。５０Ｈｚの整数倍だけでないのは、反転した信号ともトリガーをかけるタイミングが合うためであると考えられる。

* + 1. ＡＣ結合

　トリガ信号源の切り替えスイッチを「ＩＮＴ」に戻し、入力切替スイッチを「ＤＣ」、周波数を３Ｈｚにした。このとき、ＴＩＭＥ／ＤＩＶを２０ｍｓにすると波形は正しく表示された。入力切替スイッチを「ＡＣ」に切り替えると、「ＤＣ」のときよりも振幅の小さい波形が表示された。

　入力切替スイッチ「ＤＣ」では、直流（０Ｈｚ）から交流までの信号を測定できるが、「ＡＣ」では直流の成分をカットして、信号の交流成分を観測できるようになっている。これにより、低い周波数の信号を「ＡＣ」で観測しようとするとき、直流成分をカットする回路の影響を受けてしまう。低い周波数の信号は減衰されてしまうため、実際よりも振幅が小さく表示されてしまうのである。

　その後、発振器の「ＤＣ　ＯＦＦＳＥＴ」を使用して１Ｈｚの交流信号に直流電圧を加え、入力切替スイッチを動かしてみた。「ＤＣ」の状態では直流電圧とともに曲線が上下するが、「ＡＣ」では常に同じ曲線が同じ位置に表示された。うまく直流電圧が取り除かれた結果である。

　結論として、周波数が小さい交流成分は「ＡＣ」ではなく「ＤＣ」を使って観察する必要があると言うことができる。

Ｂ．Ｘ－Ｙ動作

1. 同じ信号を入力

　Ｘ軸、Ｙ軸に同じ信号を入力すると、図４のようなリサージュ図形が表示された。ｘ＝sinωt、ｙ＝sin（ω’t＋Δφ）において、周波数比は１：１、Δφ＝０の状態である。

図４．まったく同じ信号を入力

1. 違う発振器を使用

　Ｘ軸・Ｙ軸に違う周波数を入力すると、その周波数比に応じて図５のようなリサージュ図形が表示された。ただし、完全な周波数比を実現するのは難しいので、実際には位相が時間とともに変化して見えた。

ω：ω’

Δφ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | π/4 | π/２ | 3π/4 | π |
| １：１ |  |  |  |  |  |
| １：２ |  |  |  |  |  |
| １：３ |  |  |  |  |  |
| ２：３ |  |  |  |  |  |
| ３：４ |  |  |  |  |  |

応用課題２＜音速の測定＞

波長をλ、周期をＴとおくと、音速ｖは



で表される。

この実験では、周波数は４０ｋＨｚであったので、



波長λは９．８ｍｍを実験によって測定できた。したがって、



となる。

　理論値を計算すると、



実験時の気温２１℃を代入すると、



となる。

　理論値と実験値の間の誤差はとても大きいことが分かった。原因としては、気温の測定の不正確さ、１周期の目測の誤り、ものさしの上の送信機・受信機を手で動かす際のあいまいさなどが上げられる。１回しか行わなかった実験の回数を増やすなどして解決することができるのではないだろうか。

1. 課題プリント

課題のプリントをレポートの最後に添付しておく