・**実験目的**

　オシロスコープの基本的な使用法を学ぶ。また、その使用法を簡単な実験に応用する

・**実験原理**

　・**オシロスコープの構造**

　　オシロスコープの最も本質的な部分は、表示部のブラウン管であり、ブラウン管は電子銃、偏向電極、蛍光面からなる。電子銃によって、陰極から出た電子は一定速度まで加速され、細いビーム上の電子流になる。電子流は２組の偏向電極の電解を通った後、蛍光面に当たり輝点を生じる。２組の偏向電極は向きが直行していて、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方向(X軸)と鉛直方向(Y軸)に独立に変位する。

図１．ブラウン管の構造

　・**使用法**

　　・**時間掃引**

図２．時間掃引での同期の設定

時間tとともに直線的に変化する掃引電圧をＸ軸に加えると、輝点は水平方向に等速運動をする。よって、時間的に変化する信号V(t)を同時にＹ軸に加えると、V(t)の図形が表示される。掃引電圧はオシロスコープ内に作られる。そのため、外からの入力の必要はない。

信号波形が周期的な場合、時間掃引を繰り返すことで、波形の断続的な表示ができる。しかし、掃引の周期が信号に周期と無関係のとき、掃引毎に波形の位置が一定にならないため、波形が移動して見える。波形を静止させるために、掃引の周期を信号に周期の整数倍にすることを同期という。同期させるために、掃引開始(trigger)を波形の１周期内の同じ点に合わせればよい。掃引開始の電圧(level)を設定する。掃引速度を速くすれば、時間が短縮し波形の一部だけが表示され、遅くすれば何周期も連続した波形が表示される。図２はこの設定の図である。このように、表示したい入力信号を利用する同期方法をinternal triggerという。

これに対し、表示したい信号とは別の信号によって同期をとる方法をexternal triggerという。また、オシロスコープに電力を供給している電源(line)の50Hzまたは60Hzの正弦波による同期をline triggerという。何にも同期を取らない掃引をfree runという。

入力端子が２つ以上あるオシロスコープでは、複数の信号を同時に表示することができるため、信号の周波数比や位相差などを容易に調べることができる。

　　・**X-Y動作**

　　　YだけでなくX軸にも外部の信号を加える使い方をX-Y動作といい、２つの信号をX軸とY軸に別々に加えると、両者の関係を一目で見ることができる。また、両方の信号が正弦波のときに描かれる図形をリサージュ図形(Lissajous figure) といい、この図形によって、２つの信号の周波数比や位相差を容易に測定することができる。

・**実験方法**

　・**オシロスコープの操作方法**

　　・**時間掃引とX-Y動作の選択**

時間掃引の場合、TIME/DIVダイヤルを回して、希望する時間掃引速度を選ぶ。HOLD OFFを「NORM」の位置にしたときにTIME/DIVダイヤルの表示通りの掃引速度になる。それ以外の位置では中間的な掃引速度になる。X-Y掃引を選ぶにはダイヤルを「X-Y」の位置にする。

・**入力信号の接続、表示の選択**

入力したい信号をINPUT(CH1)かINPUT(CH2)、あるいはその両方に接続する。時間掃引の場合、表示したい信号を垂直表示切替スイッチで選ぶ。２つの信号を同時に表示したいときは「CHOP」または「ALT」にセットする。「CHOP」では約３００kHzで２つの信号を切り換えて表示し、「ALT」では１掃引ごとに２つの信号を交互に表示する。「ADD」では２つの信号の和が表示される。

・**入力結合の選択、感度、位置調整**

入力信号のうち、直流から約４Hzまでの低い周波数成分も表示したいときは、入力結合切替スイッチで｢DC｣を選択する。大きな直流電圧に重畳された小振幅の交流成分を拡大して見たいときは、「AC」にセットして直流成分を除き、感度ダイヤルを右に回して感度を上げる。｢GND｣では入力信号に関係なくゼロ電圧の位置が表示される。「POLARITY」というつまみを引くとINPUTYの信号の正負が反転する。

・**トリガ信号源の選択**

時間掃引の場合、切替スイッチによりトリガ信号源を選択する。通常｢INT｣にセットする。｢INT｣のとき、さらに押しボタンにより信号源をCH1かCH2から選び、「EXT」にセットしたときには、EXT TRIG INPUT端子に外部信号を接続する。また、｢LINE｣では電源電圧５０Hzまたは６０Hzに同期して掃引が行われる。

・**掃引モードの選択、トリガ調整**

時間掃引の場合、押しボタンは通常｢AUTO｣を選ぶ。トリガ信号の結合切替スイッチは｢AC｣にする。LEVELつまみを回し、また、押したり引いたりして希望する同期状態を探す。｢FIX｣にするとLEVELが自動的に設定される。｢AUTO｣で同期がかかりにくいときは｢NORM｣を選ぶ。｢NORM｣では同期がかかったときのみ掃引が行われる。

　・**応用課題＜音速の測定＞**

　　超音波送信器への信号と受信器の出力信号の位相差から空気中の音速を求める。使用する超音波送信器は４０kHz付近でもっとも効率よく超音波を出すため、周波数カウンターで周波数を４０kHzになるように確認する。４０kHzで発信された超音波の波形をch1で見えるようにし、受信器で受信した超音波の波形をch2で見えるようにする。ch2の波形を観察しながら発信器の周波数を変えて、振幅が一番大きくなる周波数を探す。X-Yモードにし、リサージュ図形にして、受信器を動かし、リサージュ図形が右上がりの直線になるようにして、その位置を読み取り、とする。受信器をものさしの上で順次スライドさせ、波形が１周期ずれたときの位置を読み取り～を測る。－が波長λであり、音速：よりを求める。また、気温がｔ℃のとき、より、実験結果と比較する。

・**実験結果**

室温t℃、周波数及び受信器の位置を２０回×２回測った結果は表１，２のようになった。

室温：25.2℃　　周波数：40.0176 kHz

表１．受信器の位置の測定結果（１回目）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 受信機の位置(mm) | | 受信機の位置(mm) | | １０波長分の長さ(mm) | | 波長λ(mm) | 残差(mm) | () |
|  | 4.0 |  | 91.9 | - | 87.9 | 8.79 | -0.002 | 4E-06 |
|  | 12.8 |  | 100.5 | - | 87.7 | 8.77 | -0.022 | 0.000484 |
|  | 21.5 |  | 109.4 | - | 87.9 | 8.79 | -0.002 | 4E-06 |
|  | 30.2 |  | 118.1 | - | 87.9 | 8.79 | -0.002 | 4E-06 |
|  | 39.4 |  | 126.8 | - | 87.4 | 8.74 | -0.052 | 0.002704 |
|  | 48.1 |  | 135.1 | - | 87.0 | 8.7 | -0.092 | 0.008464 |
|  | 52.0 |  | 144.1 | - | 92.1 | 9.21 | 0.418 | 0.174724 |
|  | 65.9 |  | 153.2 | - | 87.3 | 8.73 | -0.062 | 0.003844 |
|  | 74.4 |  | 161.5 | - | 87.1 | 8.71 | -0.082 | 0.006724 |
|  | 83.1 |  | 170.0 | - | 86.9 | 8.69 | -0.102 | 0.010404 |

 mm　=0.20736

平均値の標準偏差：=0.048 mm

よって、8.792±0.048 mm

周波数：40.0176 kHzより、= 351.8347 m/s =1.920845 m/s

よって、=351.8±1.9 m/s

表２．受信器の位置の測定結果（２回目）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 受信機の位置(mm) | | 受信機の位置(mm) | | １０波長分の長さ(mm) | | 波長λ(mm) | 残差(mm) | () |
|  | 3.5 |  | 91.2 | - | 87.7 | 8.77 | 0.027 | 0.000729 |
|  | 12.2 |  | 100 | - | 87.8 | 8.78 | 0.037 | 0.001369 |
|  | 21.1 |  | 109.1 | - | 88 | 8.8 | 0.057 | 0.003249 |
|  | 30 |  | 117.8 | - | 87.8 | 8.78 | 0.037 | 0.001369 |
|  | 39.1 |  | 126.2 | - | 87.1 | 8.71 | -0.033 | 0.001089 |
|  | 47.9 |  | 135 | - | 87.1 | 8.71 | -0.033 | 0.001089 |
|  | 56.4 |  | 144 | - | 87.6 | 8.76 | 0.017 | 0.000289 |
|  | 65.4 |  | 152.8 | - | 87.4 | 8.74 | -0.003 | 9E-06 |
|  | 74 |  | 161.2 | - | 87.2 | 8.72 | -0.023 | 0.000529 |
|  | 82.9 |  | 169.5 | - | 86.6 | 8.66 | -0.083 | 0.006889 |

=8.74 mm =0.01661

平均値の標準偏差：= 0.013585123 mm

よって、8.74±0.01 mm

周波数：40.0176 kHzより、= 349.8739 m/s =0.543644 m/s

よって、=349.87±0.54 m/s

・**考察**

　・**誤差の計算結果**

，室温：25.2℃より、理論値=346.7464 m/sとなる。

　　１回目の相対誤差：≒1.47 ％

　　２回目の相対誤差：≒0.90 ％

　・**音速を正確に測る方法についての改善案**

　　距離を測る回数を多くし、測定データを多くとることによって精度を高くすることができると考えられる。また、オシロスコープの感度をしっかりと上げ、正確な値を読み取ることによって誤差を小さくすることができると考えられる。