光电门探头的使用方法

上海市第六十中学　王伯雄

打开光电门菜单，屏幕显示如图１，前１－４项为光电门的一些典型用途。如１： motion，可以用于测物体的速度和加速度，３：pendulum 可以用于测单摆的振动周期等。这些功能是由光电门的各种计时模式的特点决定的。本文根据光电门的 TI 计算器程序及光电门的使用体会，对此进行一些讨论。

图１

图２

一．Motion，当光电门被设置成这种模式时，可以用来测物体的速度、加速度，为配合光电门的使用，通常还要备一个如图２所示，形如栅栏的遮光片。这可以用透明的硬质塑料薄膜自已制作，遮光的部分设法涂黑。当我们选中 motion 选项后，屏幕出现图３所示的子菜单，我们先要选中 1:select device,于是出现图４所示的下一级子菜单，如采用自已制作的遮光片，应选3:custom device 选项。随后按屏幕的提示，输入遮光条边沿的间距，遮光条的数目等参数，图５所示为一个遮光条间距为 10 毫米、遮光条数目为８条的遮光片参数输入情况。按下 enter 键，屏幕又出现图３的菜单，我们可以选 2:collect data 选项，准备测量，屏幕出现 READY…此时让运动物体带着遮光片穿过光电门，当第一个遮光条的边沿遮住光电门上的红外光束时，光信号产生了一个下降沿，此时计时被触发，计时开始，t=0，当第二个遮光条遮住红外光束时，光信号又产生了一个下降沿，对应的时刻为 t_1，如果共有八个遮光条，那么 CBL 将记录总共７个绝对时间，即后面７个遮光条边沿通过光电门的时刻，程序根据这７个时间和遮光条间距进行计算，即可以得到 6 组速度、加速度的值。(初时刻 t=0 和末时刻 t_7 的速度及加速度无法求出，程序最后不再保留这二个时间数据)最后程序将 t_1~t_6 这 6 个时刻及与之对应的 6 个位移、6 个速度、6 个加速度的值分别存入数组 L_1、L_4、

图３

图４

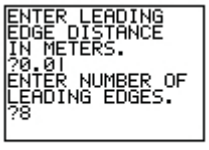


图５

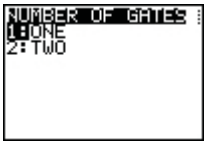


图６

L_5、L_6 中。这种模式下，遮光条的数目不能少于 4 个，否则会产生出错信息。概括地说，光电门在 motion 计时模式下，按下降沿－下降沿触发记录每个下降沿事件的绝对时间，程序将第2 个下降沿至第 N-1 个下降沿发生的时刻存在L_1数组中，根据这个特点使用者可以加以灵活应用。

二．Gate 模式：这种模式下又分一个光电门和二个光电门两种情况，(如图 6 所示)现以一个光电门为例加以说明。使用这种模式时，运动物体需带一个遮光条，在释放这个运动物体前，屏幕显示如图 7 所示的信息，它要求实验者用手通过光电门，以便让其作好采集数据的准备，我们按要求将手划过光电门后，CBL 屏幕显示闪动的 samping 字样，当遮光条通过时，程序按下降沿－上升沿触发方式记录光信号被阻塞的时间，程序将这时间显示于屏上，同时将该时间存入数组 $L_1(1)$中。如果多次重复用 Gate 模式测量时间，那么每一次的测量结果都被依次存在L_1数组里。

图 7

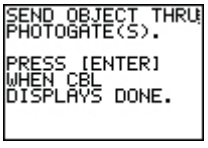


图 8

三．Pendulum 模式：

这种计时模式主要用于测量单摆平均振动周期。启动 Pendulum 功能后，程序要求输入单摆全振动的次数，设为 N 次，当单摆的摆球每次挡住光电门时，产生光信号的下降沿，程序按下降沿、下降沿触发计时，但它与 motion 模式不同，它记录相邻二次下降沿的时间间隔，是相对时间，而不是绝对时间。它相当于半个周期，所有的时间间隔暂存于 L_2 数组中，程序计算出每个周期的值，并将这有用的 N 个周期值存入数组 L_1 中，最后算出平均周期，将其显示于计算器屏幕上。简言之，这种计时模式测量二个下降沿事件的时间间隔，据此计算出单摆全振动的平均周期，显示于屏上，明白了这一点，它就不限于用来测单摆的周期。

四．Pulse 模式：

这种计时模式按下降沿－下降沿触发，即当运动的挡光条边沿遮光时，产生光信号的下降沿时，启动触发，开始计时，当挡光条边沿再次将光电门遮光时，产生光信号的下降沿，又产生一个触发信号，计时结束。程序记录产生光信号二次下降沿事件的时间间隔，并将这时间显示于计算器的显示屏上。

五．光电门几种计时模式的应用：

下面我们以测玩具电动机的转速为例，说明这几种计时模式的应用。先做一

个如图 9 所示的遮光圆片，它共有10 个黑色的遮光的齿和 10 个透明的齿相互间隔而成，将该圆片的圆心固定在玩具电动机的转轴上，并使圆片与电动机的轴垂直，电动机带动圆片转动时，光电门将输出一系列由光脉冲转换而来的信号脉冲。现在我们试着以不同的计时模式来测电动机的转速。

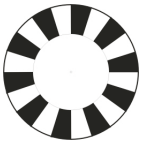


图 9

1. 用 Motion 模式：按屏幕提示输入遮光条数目，我们可以输入 12，当程序问及遮光条间距时，如果我们并不打算测出圆片上红外光束穿过处的线速度，那么可以随便估计一个值输入，准备就绪时按下enter 键，等到 CBL 显示 done 时，退出程序，查出 L_1 数组中的第 10 个元素 $L_1(10)$中存入的数值，此数值即为转动一周的总时间即周期T。

2. 用 Gate 模式：当程序显示测量完成时，显示屏上的时间即为一个黑齿阻塞光电门的时间，它等于 1/20 周期。

3. Pendulum 模式：按屏幕提示，输入 5 次全振动，(次数可以任意取)程序测量结束后，计算器显示屏上显示的平均周期的数值等于圆片转动的1/5 周期。

4. Pulse 模式：程序测量结束后，计算器显示屏上显示的时间等于 1/10 周期。

以上所述的几种测小电动机转动周期的不同方法，经试验，所测得的结果可以互相验证。当然有的方法不很方便，主要想通过这些实验，体会不同计时模式的特点。实际操作起来以 pulse 模式测周期最易理解，也最简单。用这种方法测周期，甚至不必做齿轮状的遮光片，只要做一个如图 10 所示的凸轮，齿的宽度不论，以能遮住红外光束就行，将其固定于转轴上，轴转动一周，齿的边沿两次遮光，产生 2 个信号电压下降沿，pulse 模式测出的这个时间间隔正好就是一个周期。

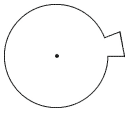
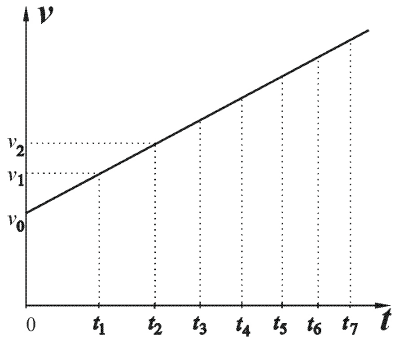


图 10

附录 1 ：光电门 Motion 模式下测速度及加速度的原理。



程序将通过键盘输入的相邻遮光条边沿的距离 d，换算成遮光条每个边沿的位置值，

例如一个由 8 个黑色遮光条组成的遮光片，如果相邻两个遮光条相距0.0 1 米，那么每一个遮光条边沿的位置数据分别为0、0.01、0.02、0.03、0.04、0.05、0.06、0.07 每个边沿通过光电门的时刻分别为 0~t_7。程序根据这些数据计算出 6 组速度和加速度分别存入 L_5 和 L_6 数组中。下面讨论一下计算速度及加速度的原理。由距离 d 及 t_1 可以求出 0~t_1 期间的平均速度

$$v_1 \quad \frac{d}{t_1}$$

及 t_1~t_2 期间的平均速度

$$v_2 \quad \frac{d}{t_2 \quad t_1}$$

如果把这个运动看成是匀变速运动，它们分别等于 0~t_1 及 t_1~t_2 的中间时刻的瞬时速度，设为 $v_1^{'}$ 、$v_2^{'}$ 。设 t_1 时刻的瞬时速度为 v_1，0~t_2 期间的加速度为 a，则有

$$v_1 \quad v_1^{'} \quad a \ \frac{t_1}{2} \qquad (1)$$

$$v_2^{'} \quad v_1 \quad a \ \frac{t_2 \quad t_1}{2} \qquad (2)$$

从以上两式可以解得

$$v_1 \quad \frac{v_1^{'}(t_2 \quad t_1) \quad v_2^{'}t_1}{t_2}$$

$$a_1 \quad \frac{2(v_2^{'} \quad v_1^{'})}{t_2}$$

程序中计算速度及加速度的公式较长，但简化后就是上述这两个式子。求其余时间段内的速度及加速度也是一样的方法。

附录 2：光电门的 TI-83 图形计算器程序。

```
\start83\
\comment=Program file dated 02/24/01, 13:06
\protected=TRUE
\name=PHZTIMER
\file=E:\PROGRA~1\TIEDUC~1\TI-GRA~1\CBL_CBR\PHZTIMER.TXT
ClrHome
[A](4,3)\->\U
```

```
[A](4,4)\->\D
If G=1 and [A](4,3)\!=\Ø
Goto 5
Disp "CONNECT"
Disp "PHOTOGATE"
Disp "TO CHANNEL 1."
Output(8,1Ø,"[ENTER]"
Pause

Lbl 1
ClrHome
Ø\->\[A](4,4)
Ø\->\[A](4,3)

Lbl O
Menu("**TIMING
MODES**","MOTION",Ø,"GATE",B,"PENDULUM",C,"PULSE",D,"CHECK
GATE",2,"RETURN TO MAIN",3)

Lbl Ø
Menu("*MOTION       TIMING*","SELECT       DEVICE",M,"COLLECT
DATA",N,"TIMING MENU",1)

Lbl M
Ø\->\Y
Menu("SELECT        DEVICE","VERNIER        PICKET",F,"SMART
PULLEY",G,"CUSTOM DEVICE",L)

Lbl F
.Ø5\->\D
8\->\U
Goto Ø

Lbl G
1Ø\->\Y
Menu("SMART    PULLEY","1Ø    SPOKE    INSIDE",H,"1Ø    SPOKE
OUTSIDE",I,"3 SPOKE INSIDE",J,"3 SPOKE OUTSIDE",K)

Lbl H
.Ø15\->\D
Goto Ø

Lbl I
.Ø16\->\D
Goto Ø

Lbl J
3\->\Y
.Ø48\->\D
Goto Ø

Lbl K
3\->\Y
.Ø52\->\D
Goto Ø
```

```
Lbl L
ClrHome
Disp "ENTER LEADING"
Disp "EDGE DISTANCE"
Disp "IN METERS."
Input D
Disp "ENTER NUMBER OF"
Disp "LEADING EDGES."
Input U
Goto Ø

Lbl N
{1,1,2}\->\L\6\
Send(L\6\)

Lbl 6
If Y>Ø
Then
ClrHome
Disp "ESTIMATE NUMBER"
Disp "OF REVOLUTIONS."
Input R
99+int(.5*826\->\U
If Y*R>U
U/Y\->\R
Y*R\->\U
End

Lbl 5
ClrHome
Disp "PRESS [ENTER]"
Disp "TO ARM GATE."
Ø\->\S
Ø\->\W
Ø\->\L
D\->\[A](4,4)
U\->\[A](4,3)
Pause
ClrHome
Disp "READY...."
{3,Ø,U,3,21,1,Ø,1,1}\->\L\6\
Send(L\6\)
Get(L\1\)
Get(L\1\)
seq(D*N,N,Ø,U-1,1)\->\L\4\
ClrHome
Disp "TIME IN L\1\"
Disp "DISTANCE IN L\4\"
L\1\-(L\1\(1))\->\L\1\
U\->\dim(L\5\
U\->\dim(L\6\
For(N,2,U-1,1)
(((L\4\(N)-L\4\(N-1))/(L\1\(N)-L\1\(N-1)))*(L\1\(N+1)-
L\1\(N))+((L\4\(N+1)-L\4\(N))/(L\1\(N+1)-
L\1\(N)))*(L\1\(N)-L\1\(N-1)))/(L\1\(N+1)-L\1\(N-1))\-
>\L\5\(N)
```

```
2*((L\4\(N+1)-L\4\(N))/(L\1\(N+1)-L\1\(N))-(L\4\(N)-L\4\(N-
1))/(L\1\(N)-L\1\(N-1)))/(L\1\(N+1)-L\1\(N-1))\->\L\6\(N)
End
Disp "VELOCITY IN L\5\"
For(N,1,U-1,1)
L\1\(N+1)\->\L\1\(N)
L\4\(N+1)\->\L\4\(N)
L\5\(N+1)\->\L\5\(N)
L\6\(N+1)\->\L\6\(N)
End
Disp "ACC. IN L\6\"
U-2\->\dim(L\1\
U-2\->\dim(L\4\
U-2\->\dim(L\5\
U-2\->\dim(L\6\
Output(8,10,"[ENTER]"
Pause

Lbl 7
1\->\H
prgmPHZGRAPH
Menu("**REPEAT?**","NO",O,"YES",5)

Lbl B
{1,1,5}\->\L\6\
Send(L\6\)
0\->\I
1\->\Z
Menu("NUMBER OF GATES","ONE",X,"TWO",Y)

Lbl Y
2\->\Z

Lbl X
I+1\->\I
{3,.25,Z,5,1,1}\->\L\6\
Send(L\6\)
ClrHome
Disp "TO ARM CBL, MOVE"
Disp "HAND THRU GATE."
Output(8,10,"[ENTER]"
Pause
ClrHome
Disp    "SEND    OBJECT    THRU","PHOTOGATE(S).","","PRESS
[ENTER]","WHEN CBL","DISPLAYS DONE."
Pause
Get(L\3\)
ClrHome
Float
Output(1,1,"TIME(S) STORED"
Output(2,1,"IN L\1\"
Output(4,1,"TIME ="
Output(5,1,L\3\(1)
Output(5,13,"SEC."
If Z=2
Then
```

```
Output(6,1,L\3\(2)
Output(6,13,"SEC."
Output(2,7,"AND L\2\"
L\3\(2)\->\L\2\(I)
End
L\3\(1)\->\L\1\(I)
Output(8,10,"[ENTER]"
Fix 3
Pause
ClrHome
Menu("**REPEAT?**","NO",1,"YES",X)

Lbl C
ClrHome
ClrList L\1\
Disp "ENTER NUMBER OF"
Disp "OSCILLATIONS"
Input N
{1,1,2}\->\L\6\
Send(L\6\)
ClrHome
Disp "READY EXPERIMENT"
Disp "PRESS [ENTER] TO"
Disp "COLLECT DATA."
Pause
{3,0,2*N+1,3,21,1,0,1,2}\->\L\6\
Send(L\6\)
Get(L\2\)
Get(L\2\)
1\->\C
For(I,3,2N+1,2)
L\2\(I)+L\2\(I-1)\->\L\1\(C)
C+1\->\C
End
ClrHome
Output(1,1,"PERIOD STORED"
Output(2,1,"IN L\1\."
Output(4,1,"AVG PERIOD ="
Output(5,1,mean(L\1\))
Output(5,13,"SEC."
Pause
ClrHome
Menu("**REPEAT?**","NO",1,"YES",C)

Lbl D
0\->\I
Lbl Z
ClrHome
I+1\->\I
{1,1,2}\->\L\6\
Send(L\6\)
Disp "PRESS [ENTER]","TO ARM GATE."
Pause
ClrHome
Disp "READY...."
{3,0,2,3,21,1,0,1,1}\->\L\6\
```

```
Send(L\6\)
Get(L\2\)
Get(L\2\)
ClrHome
L\2\-L\2\(1)\->\L\2\
L\2\(2)\->\L\1\(I)
Disp "TIME STORED"
Disp "IN L\1\"
Output(5,1,L\2\(2)
Output(5,14,"SEC"
Output(8,1Ø,"[ENTER]"
Pause
Menu("**REPEAT?**","NO",1,"YES",Z)

Lbl 2
ClrHome
{1,1,2}\->\L\6\
Send(L\6\)
{Ø}\->\L\1\
{3,.1,\(-)\1,Ø}\->\L\6\
Send(L\6\)
Output(1,1,"MONITORING "
Output(2,1,"PHOTOGATE. PRESS"
Output(3,1,"[+] TO QUIT"
While getKey\!=\95
Get(L\1\(1))
If L\1\(1)\<=\1.1:Output(6,1,"BLOCKED  "
If L\1\(1)>1.1:Output(6,1,"UNBLOCKED"
End
Goto 1

Lbl 3
Return

\stop83\
```