

多功能光電計時/計數/測速器介紹與操作說明

編寫者：國立清華大學物理系戴明鳳，更新日期：100.10.05



圖 A-1 多功能光電計時計數測速器(簡稱光電計時器)及紅外光電傳感器(簡稱光電閘)

一、儀器簡介

以紅外光源與精密光感應器配對製作的光電閘，搭配高速微處理運算器測量運動體的運動情形，具特定實驗模組化的測量功能。使用四個循環式操作按鍵即可完成計時和計數功能，及直接測量運動體的移動速率、加速度、重力加速度、周期等六種與運動和時間相關的物理量，經常運用在物理教學實驗中有關運動和計數的實驗中。

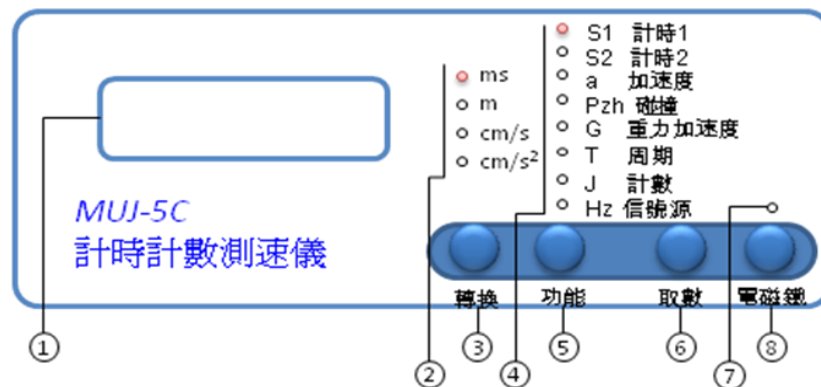
二、儀器規格

- (1) 採用 12 MHz 的石英晶體振盪器做為時基單元，時基精度為 $2 \text{ MHz} \pm 20 \text{ Hz}$ (10 ppm)，以 INTEL MCS-51 數位微處理單元(CPU)為自動測量及數據處理的主控系統。
- (2) 各項物理量有效測量範圍
 - (a) 速度範圍：0.00 ~ 1000.0 cm/s。
 - (b) 加速度範圍： $\pm 0.00 \sim 1200.0 \text{ cm/s}^2$ 。
 - (c) 計數範圍：0 ~ 99999。
 - (d) 計時範圍：0.00 ms ~ 999.99 s。精確度：0.01 ms，有效位數：五位輸出顯示。
- (3) 共有三組顯示器：分別顯示測量的物理量、測量單位，量測選項。具有量程自動定位、自動換檔及自動四捨五入的智慧化數據處理功能。
 - (a) 一組五位元 LED 量測數據顯示裝置：“0.0.0.0.”表測量值超出有效測量範圍。
 - (b) 四個 LED 單位顯示。
 - (c) 八個 LED 功能顯示。
- (4) 可存儲 20 個時間數據。但在周期測量中，可存儲 21 個時間數據，前 20 數據紀錄前 20 次振動的個別周期，第 21 個數據則紀錄從開始測量到結束測量時，物體振動 n 次的累加時間和，但最多僅能累加至 9999 周期的振動時間。
- (5) 可輸出脈衝信號源：提供 1 Hz、10 Hz、100 Hz、1000 Hz、10000 Hz 等五種不同頻率的脈衝信號，輸出幅度近 5V。
- (6) 可提供 6V 電壓/0.5A 電流的直流穩壓電源輸出，由背面板輸出。

- (7) 儀器背板提供四個光電閘信號輸入插座，可同時控制和讀取四個紅外光電傳感器。
- (8) 配有供斜槽軌道和自由落體儀實驗系統之電磁鐵控制插座和功能。

三、面板說明

(1)前面板：見圖 A-2，③、⑤、⑥和⑧等所有按鍵均為循環式的切換開關。



- ①五位元 LED 測量數據顯示列
- ②測量單位指示燈
- ③數值轉換鍵
- ④功能轉換指示燈
- ⑤功能選擇/復位鍵
- ⑥取數鍵(讀取儲存之數據)
- ⑦電磁鐵開關指示燈
- ⑧電磁鐵開關鍵

圖 A-2 MUJ-5C 多功能光電計時計數測速器面板說明

- ① **五位元 LED 測量數據顯示列(data display line)**：顯示測量數據
- ② **測量單位指示燈(unit indicators)**：依所選定的測量功能，顯示所測得之數據的單位，有下列四個時間或速率的單位。
 - (a) ms：毫秒(1/1000 秒)，計時單位。
 - (b) s：秒，計時單位
 - (c) cm/s：公分/秒，速度單位
 - (d) cm/s²：公分/秒平方，加速度單位
- ③ **轉換鍵(Changeover)**：可切換量測單位和設定檔光片的寬度。
 - (a) **不同測量功能選擇**：以一般速度按此轉換鍵，可切換選擇計時、速度或加速度等不同測量功能。
 - (b) **選擇檔光片的寬度設定**：持續按轉換鍵時間超過 1 sec，會循環地顯示 1 cm、3cm、5cm、10cm 等四個內建的不同寬度值於 5 位元 LED 顯示列，當出現擬

選用的設定值時，放開選擇鍵，即完成光電閘之檔光片寬度的設定。

④ **功能轉換指示燈(Measure function indicator)**：顯示測量功能，共有八種功能指示。

⑤ **功能鍵(Function key)**：

(a) **歸零**：光電閘於未遮光時，按一次功能鍵，即歸零。

(b) **測量功能選擇**：在光電閘未遮光的情形下，循環式地按功能鍵，即可選擇指示燈顯示的測量的功能。共有下列八種測量功能可選擇：

1. **Timing I (S1)**：一次遮光時程測量

2. **Timing II (S2)**：二次遮光間的時距測量

3. **Acceleration (a)**：直線運動體單點瞬時速度測量及雙點間加速度值的計算

4. **Collision (Pzh)**：碰撞實驗中，兩運動體碰撞前後的瞬時速度測量

5. **Gravity Acceleration (G)**：自由落體下落至不同高度的時間測量

6. **Cycle (T)**：單擺計次、累計時間、單次擺動週期記錄及測量

7. **Count (J)**：計數遮光次數

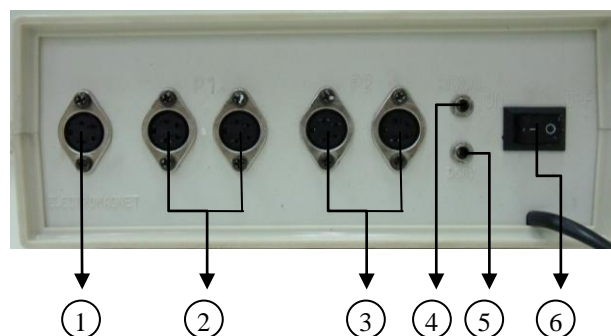
8. **Signal Source (Hz)**：信號產生器，可提供 1 Hz、10 Hz、100 Hz、1 kHz、10 kHz 等五種不同頻率的脈沖信號，輸出振幅約 5V，以供實驗用。信號輸出端點在背板，見下圖 A-3 背面板說明。

⑥ **取數鍵(Data Fetch)**：在計時 1 (S₁)、計時 2 (S₂)、周期(T)測量功能時，儀器會自動儲存前 20 個測量值，按下取數鍵，可顯示儲存的紀錄值。當顯示「En」表示顯示儲存的第 n 值測量值。

⑦ **電磁鐵開/關指示燈**：顯示電磁鐵處於吸合或鬆離的狀態，當紅色 LED 亮時，表示電磁鐵為開啟的吸合狀態；LED 不亮時，則表示電磁鐵為關閉狀態的鬆離狀態。

⑧ **電磁鐵開關鍵(Electromagnet)**：控制電磁鐵的吸合和鬆離的切換鍵，當按鍵上的⑦紅色 LED 指示燈亮時，表示有電磁鐵為開啟的吸合狀態；LED 不亮時，則表示電磁鐵為關閉，處於無電磁力的狀態。

(2) **後面板(Rear Plan)**：見圖 A-3 背面板照片和各插座說明。



① 電磁鐵信號插座

② P1 光電閘信號輸入插座

③ P2 光電閘信號輸入插座












④ 信號源輸出插座

⑤ 6V 直流輸出插座

⑥ 電源開關

圖 A-3 MUJ-5C 多功能光電計時計數測速器背面板說明

四、多功能光電計時器使用說明簡表

多功能光電計時數測速器使用簡表 (永原科學儀器公司製造,型號 A04-153)				
按鍵基本使用說明： (1) 轉換、功能、取樣和電磁鐵四個按鍵均為循環式按鍵。 (2) 檔光片寬度值設定：於測量前先持續按下 Changeover 長於 1 sec，會出現以選取所用之檔光片的寬度值。 (3) 測量後，可迅速(按鍵時間 < 1 sec) 按下 Changeover ，可使切換為時間或速度的測量(速度量測須先設定檔光板寬度)。 (4) 前一次測量並數據顯示後，可按 Function 功能鍵做歸零後，再重新進行測量數據。 (5) 歸零後，再按一次 Function 鍵，即可跳入下一功能測量選擇。				
功能	應用	擋光板	光電閘	時間數據顯示(秒/毫秒)/速度顯示
Timing I	拋體初速 轉動週期		P1 或 P2	<ul style="list-style-type: none"> • 同一光電閘擋光時程/速度 • 按 Data Fetch 顯示 20 組記錄
Timing II	測量物體下落已知高度所需的時間	 	P1 或 P2	<ul style="list-style-type: none"> • 以  擋光片得同一光電閘兩次擋光的時程/速度 • Changeover 選擇時間：以  擋光片得同一光電閘一次擋光的時程 • Changeover 選擇速度：以  擋光片測量檔光片經過光電閘的速度 • 可按 Data Fetch 顯示 20 組記錄
Acceleration	直線等加速度運動		由 P1 至 P2	<ul style="list-style-type: none"> • Changeover 選擇時間：得 P1 的擋光時程 P2 的擋光時程 P1 至 P2 的擋光時程 • Changeover 選擇速度：得 P1 的擋光速度 P2 的擋光速度 P1 至 P2 的加速度
Collision	碰撞運動		P1 或 P2	<ul style="list-style-type: none"> • 以 Changeover 選擇時間或速度 顯示來回 1 至 3 次擋光片經過光電閘的時間或速度
Gravity Acceleration	自由落體		由電磁鐵至 P1~P4	<ul style="list-style-type: none"> • 準備好後，按下 Electromagnet，顯示物體經過電磁鐵下端 P1/P2/P3/P4 各光電閘的時程
Cycle	單擺 複擺 簡諧運動	 	P1 或 P2	<ul style="list-style-type: none"> • Changeover 預設週期數 100 以內：實驗完顯示總時間,再按 Data Fetch 顯示最後 20 週期的時間。 • 不預設週期數而直接測量直到結束：可顯示測量週期序直到結束，按 Changeover 顯示總時間,再按 Data Fetch 顯示最後 20 週期時間。

Count	轉動次數	■	P1 或 P2	• 顯示光電閘被遮光的次數，計數用。
Signal Source	信號源		輸出插座	• 按 Changeover 可輸出頻率為 1 Hz、10 Hz、100 Hz、1 kHz 或 10 kHz 的方波信號。
DC Power	DC6V		輸出插座	• 任何時候可由背面板的插座提供 6V 電壓/0.5A 電流的直流穩壓的電源輸出。

六、操作方法

1. 測量單位：

- (a) ms：1/1000 秒，計時單位。
- (b) s：秒，計時單位。
- (c) cm/s：公分/秒，速度單位。
- (d) cm/s^2 ：公分/秒平方，加速度單位。

2. 先以轉換鍵(Changeover)選擇擬測量的物理量和設定所使用之擋光片的寬度。

(1) Timing I (計時 1, S_1)：一次遮光時程或速度測量

測量光電閘被遮光的時間或速度，可連續測量，並自動存入前 20 個測得的數據。按下取數鍵(DATA FETCH)可查看儲存於計數器內的數據。按功能鍵(FUNCTION)可歸零。

(2) Time II (計時 2, S_2)：同一光電閘連續二次被遮光的時間間距或速度測量

測量光電閘兩次擋光的間隔時間或速度，可連續測量。並自動存入前 20 個數據，按下取數鍵(DATA FETCH)可查看儲存於計數器內的數據。按功能鍵(FUNCTION)可歸零。

(3) Acceleration (加速度, a)測量

測量帶有凹形擋光片的滑行者通過相鄰兩個光電閘的時間或速度，以及通過此兩光電閘間之段路程所需的時間，可連接 2 至 4 個光電閘。在此測量模態時，本計時器的顯示面板上會循環顯示下列數據：

1	第一個光電閘
xxxxx	第一個光電閘測量值(t_1 or v_1)
2	第二個光電閘
xxxxx	第二個光電閘測量值(t_2 or v_2)
1~2	第一至第二光電閘
xxxxx	第一至第二光電閘測量時間或加速度($t_1 \sim t_2$ or a)

如接有第 3、4 個光電閘，則除顯示上測量數據外，並繼續顯示第 3 個光電閘、第 4 個光電閘及 2~3、3~4 段的測量值，如下所列。

3	第三個光電閘
xxxxx	第三個光電閘測量值(t_3 or v_3)
2~3	第二至第三光電閘
xxxxx	第二至第三光電閘測量時間或加速度($t_2 \sim t_3$ or a)

4	第四個光電閘
XXXXX	第四個光電閘測量值(t_4 or v_4)
3~4	第三至第四光電閘
XXXXXX	第三至第四光電閘測量時間或加速度($t_3 \sim t_4$ or a)

按功能鍵(FUNCTION)可歸零，進行另一組新的測量。

(4) Collision (碰撞, Pzh)：等質量與不等質量間的碰撞實驗測量

在計時器后面板的 P1、P2 接頭各接一只光電閘，兩只滑行器上裝好相同寬度的凹形擋光片和碰撞彈簧，讓滑行器從氣軌兩端向中間運動，各自通過一個光電閘後相撞。做完實驗，會循環顯示下列數據：

P1.1	第一次通過 P1 光電閘
XXXXXX	第一次通過 P1 光電閘的遮光時間測量值
P1.2	第二次通過 P1 光電閘
XXXXXX	第二次通過 P1 光電閘的遮光時間測量值
P2.1	第一次通過 P2 光電閘
XXXXXX	第一次通過 P2 光電閘的遮光時間測量值
P2.2	第二次通過 P2 光電閘
XXXXXX	第二次通過 P2 光電閘的遮光時間測量值

- (a) 如滑塊通過 P1 光電閘三次，但僅通過 P2 光電閘一次，則計時器將不顯示 P2.2 而顯示 P1.3，表示物體第三次通過 P1 光電閘的第三次遮光時間
- (b) 如滑塊通過 P2 光電閘三次，通過 P1 光電閘一次，本機將不顯示 P1.2 而顯示 P2.3，表示第三次通過 P2 光電閘的第三次遮光時間。

按功能鍵(FUNCTION)可歸零，進行另一組新的測量。

(5) Gravity Acceleration (重力加速, g)：

將電磁鐵插入電磁鐵插口，2~4 個光電閘插入光電閘插口，電磁鐵開關鍵上方發光管亮時，吸上小鋼球(待測物體)；按電磁鐵開關鍵，小鋼球下落(同步計時)，到小鋼球前沿遮住光電閘(計錄時間)，計時器持續顯示物體從開始下落至通過第 n 個光電閘所經歷的時間：

1	第一個光電閘
XXXXXX	t_1 值(物體開始下落至通過第一個光電閘所經歷的時間)
2	第二個光電閘
XXXXXX	t_2 值(物體開始下落至通過第二個光電閘所經歷的時間)
3	第三個光電閘
XXXXXX	t_3 值(物體開始下落至通過第三個光電閘所經歷的時間)
4	第四個光電閘
XXXXXX	t_4 值(物體開始下落至通過第四個光電閘所經歷的時間)

因 $h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2$ ， $h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2$ ，故有 $g_1 = \frac{2(h_2 - h_1)}{t_2^2 - t_1^2}$ ， $(h_2 - h_1)$ 為第一個和 second 個光電閘之間的距離。

$$g_3 = \frac{2(h_4 - h_1)}{t_4^2 - t_1^2}, \quad g_2 = \frac{2(h_3 - h_1)}{t_3^2 - t_1^2}$$

兩光電閘間的設定距離愈大，則測量誤差越小。按功能鍵或按電磁鐵開關鍵，儀器可自動歸零，使電磁鐵重新吸合。重力加速度的測量方法，也可用計時 2 (S₂) 的功能測量。

(6) Cycle (周期, T) :

測量單擺振子或彈簧振子 1~9999 周期的時間。一只光電閘插入光電閘插口，可選用以下二種方法。

- (a) 不設定周期數：在週期數顯示為 0 時，每完成一個周期，顯示周期數會加 1。按下轉換鍵即停止測量。在顯示最後一個周期數約 1 秒後，將接著顯示累計時間值。
- (b) 設定周期數：按下轉換鍵不放，確認到您所需周期數時放開此鍵即可。(只能設定 100 以內的周期數。) 每完成一個周期，顯示周期數會自動減 1，當最後一次遮光完成，顯示累計時間值。

按取數鍵可顯示本次實驗(最多前 20 個周期)每個周期的測量值，如顯示 E2(表示第二個周期)，xxxxx (第二個周期的時間)...

(7) Count (計數, J) : 測量光電閘的遮光次數

- (8) Source Signal (信號源, Hz) : 經背面板的信號源輸出插座，可輸出頻率為 1 Hz、10 Hz、100 Hz、1 kHz 和 10 kHz 的脈衝信號。由按轉換鍵可切換輸出信號的頻率。

七、光電閘結構

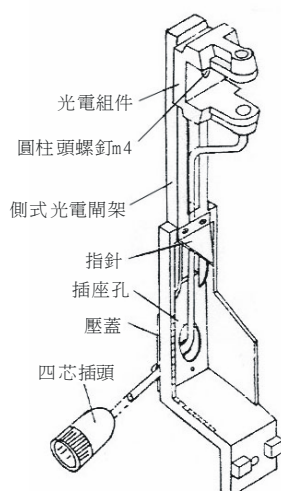


圖 A-4 側式光電閘結構圖

八、自動檢測、調整和維護

1. 本機具有自動檢測功能，按住取數鍵不放，再開啟電源開關，數碼管顯示“22222”、“55555”，所有發光二極管全亮，然後顯示 20.47 ms，說明儀器程序，光電閘輸入工作正常。若出現無計時功能，請檢查光電閘是否正常。
2. 若儀器長期不使用，則每滿 6 個月，應拿出通電 1 小時，以維持儀器的穩定、精確和使用年限。

九、注意事項

1. 若待測的時間小於 1 ms 或大於 99.999 s，則超過本計時器可測量的時間範圍。則若按轉換鍵，將之轉換為速度測量時，5 位元數據顯示列會顯示” 0.0.0.0.”的輸出結果，此即表示超出本計時器的測量範圍。
2. 做完實驗後，請務必關閉計時器的電源開關，並將電源線拔離 110V 的電源插座。
3. 避免儀器直接曝曬陽光，和接近高溫熱源，以免影響儀器的性能和精確度。
4. 儀器出現故障，請找專業技術人員修理。