

簡單電子管測時儀*

慈雲桂 邵大成

利用電子管來測量時間的方法很多，其間應用得最普遍的是結合各型陰極射線管示波器，進行各種微時的觀測。這裏所討論的是只用一個（或兩個）電子管和一個直流電表（電源部分除外），來達到測量各種微時的目的。

利用陰極射線管示波器來觀測微時，當然有很多好處；但在有些場合，如限於空間，或設備較簡的地方，和附屬於某種機器使用時，則本文所提出的簡單測時儀，就會有它突出的優點。

因為限於設備和時間，我們只是進行了一種電路的試製和校準，初步證明它是適用的，特作簡單報導。

一. 線路和它的簡單工作原理

如圖 1 所示，該測時儀的主要部分為一個基本的觸發觸復電路，其間 R_{L1} 和 R_{L2} 略不相等，使在沒有訊號輸入時，電子管 A_1 導電，而 A_2 不導電，呈穩定的平衡狀態，直流微安（或毫安）表 M 接在 A_2 的陰極上，以指示所測的微時。

必須說明，該測時儀，只能測量定期重複的事件的平均工作微時，如雷達所定期發出的射頻脈衝波和它的回波之間的微時等。

在工作時，如圖 2 所示，是利用事件的起始和終止產生兩個脈衝波（如測深儀等的發射脈衝波和回波），起始脈衝加到 A_1 的柵極，使電子管 A_2 和 A_1 交換導電；終止脈衝加到 A_2 的柵極，使 A_2 停止導電， A_1 重複導電。因此， A_2 的導電電流乃為一方形波（圖 2a），其持續時間即等於兩脈衝波之相隔時間。設其重複週期為 T ，所測的微時為 τ ， A_2 的最大電流為 I_π ，平均電流為 I ，則按求平均值的原理可得，

$$I \cdot T = \tau \cdot I_\pi$$

*1955 年 4 月 11 日收到。

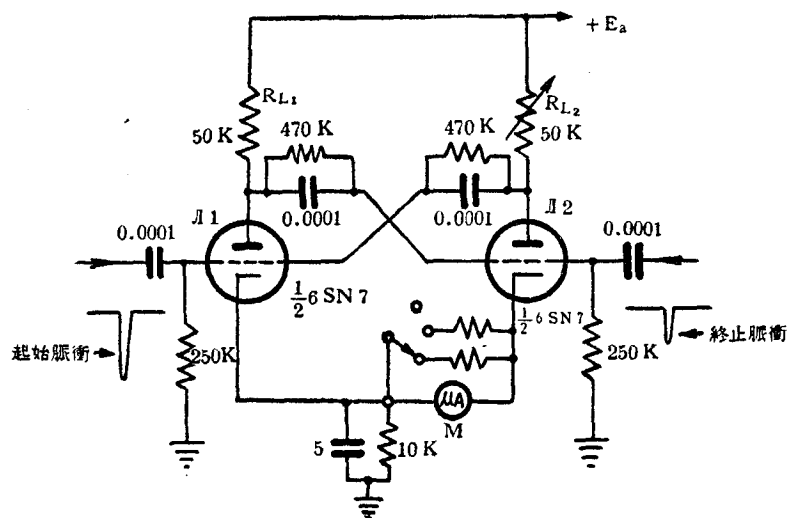


圖 1

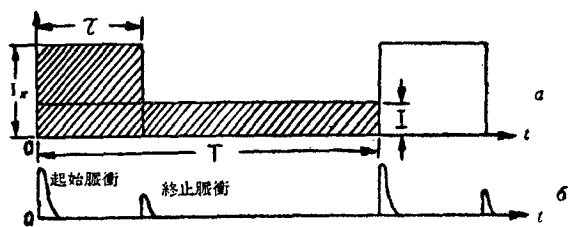


圖 2

即

$$\tau = \frac{T}{I_r} I; \quad (1)$$

式中 T 為定值，當電路常數一定時， I_r 也為定值，因此所要測量的微時 τ 乃正比例於 I_2 的平均電流 I ，可從直流電表上直接讀出。

二. 校準的方法和校準的結果

校準方法：校準時，總方塊圖如圖 3 所示，是以當地 50 週/秒交流電源系統的週期作為時間標準。（據有關的研究單位報告，其準確度保證到百分之一。）將 50 週/秒的交流電源，經全波整流、濾波變成 100 週/秒的交流電後，再經剪波（使成方形波）和微分電路，變成正負尖峯波輸出到示波器的控制柵極，產生輝

亮調制；在時間基線上顯示出等時間間隔的明暗細點，每一間隔等於 $\frac{1}{200}$ 秒。適當的調整示波器的水平放大，可使每一間隔恰佔示波器坐標屏上的十小格，這樣就可以讀到 $\frac{1}{2000}$ 秒。

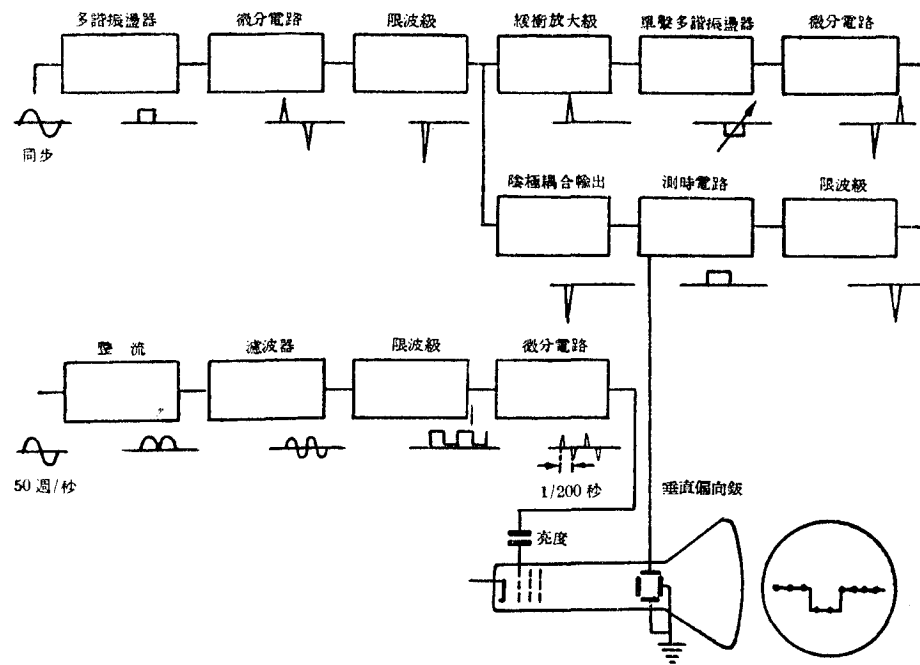


圖 3

另一方面以 50 週/秒的交流電源作為同步訊號，使多諧振盪器產生 25 週/秒的方形波，經微分電路（使成尖峯波）和限波級（使僅輸出負值尖峯波）後，每秒輸出 25 個負值尖峯波。分兩路：一路經陰極耦合級輸出至測時電路 A_8 的柵極，使 A_8 停止導電， A_9 開始導電；另一路經緩衝放大級輸出正值尖峯波，觸發單擊多諧振盪器，產生一定寬度的單擊方形波（其持續時間，即為所校測之時間，可以自由調整）。同樣，經微分電路和限波級後，產生另一負值尖峯波，輸出至測時電路 A_9 的柵極，使 A_9 停止導電， A_8 重複導電，則 A_9 的電流波形為一修整的方形波（其持續時間，等於兩個尖峯波間之間隔時間，亦即所要校測的微時）。將 A_9 的陰極，接到示波器的垂直偏向板，則示波器上即顯示出該方形波，可藉時間標誌讀出其持續的時間，同時可從電流表上讀出相應的平均電流 I （和最大電流 I_m ）。

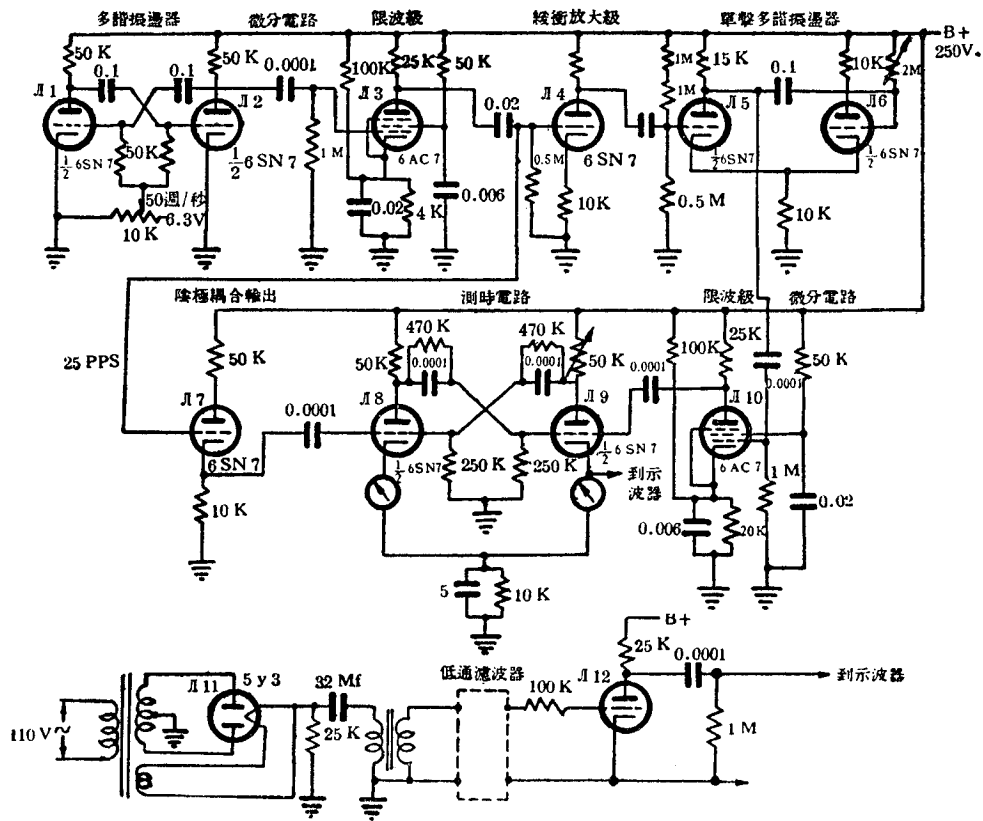


圖 4

實際線路如圖 4 所示，所用乙電為自動穩壓的整流電源，為了便於校準，校測時特用完全相同的兩個直流毫安表分別接在 A_8 、 A_9 的陰極上。（僅記錄 A_9 方面的讀數。）

表 1. 校測結果

1	2		3	4
示波器上讀出的時間 (毫秒)	A_2 方面的電表讀數		計算出的時間 $\tau = \frac{T}{I_n} I$ (毫秒)	(1), (3) 兩項相差 (%)
	I (毫安)	I_n (毫安)		
6	0.90	6.2	5.8	3.3
11	1.65	6.2	10.6	3.3
16	2.45	6.2	15.8	1.3
21	3.20	6.2	20.6	1.7

根據上表，得出直接的校準曲線和計算的校準曲線，如圖 5 所示。該圖說明該兩組曲線幾乎完全一致，而且都近於理想的直線，證明式 (1) 與實驗完全符合，並且經過前後三個星期的讀數，都能保持不變。

校測時，除對 25 週/秒的，進行多次的反覆試驗以外，並曾改換各種不同的頻率，其讀數和計算值也都基本上一致，也都仍能保持直線性，惟頻率低至 6 週/秒以下時，電表指針即開始隨之閃動，越低越厲害，以至無法讀準。（加很大的旁路電容，可以穩定一點。實際電表指針何時開始閃動，主要是由電表指針等的慣性所決定的，一般的電表約在 8 週/秒左近）。

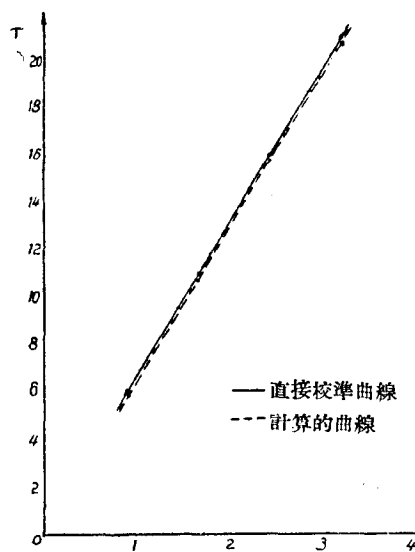


圖 5

三. 討 論

由實驗可知，該儀器是可以實用的，而且構造簡單，易於裝置，也便於使用。同時，祇要輸入脈衝的重複週期 T 是已知的，它便可以由電表讀數和事件的重複週期等來直接計算，定出刻度，以自行校準，簡便迅速，也是它的一個優點。

線路討論：如圖 1 所示，我們實驗時所用的電路中有兩個特點和校正的線性問題及準確度問題有關：

第一，兩個管子的不平衡始態，是由減小 A_2 的板極負荷電阻 R_{L2} 來得到的；

第二，陰極電路中有一大的旁路電容（ $5\mu F$ 電糊的，它的電容值，在較長的應用時間內，是不穩定的）。

由於第一點，如果陰極無旁路電容，則通過陰極的電流應如圖 6 所示。（為易於明瞭起見，圖中比例略誇大了一點，實際試驗時，因為 R_{L1} 和 R_{L2} 相差甚微，所以 I_{π} 和 I'_{π} 相差並不很大。）

圖中 I_{π} 是 A_2 的電流， I'_{π} 是 A_1 的電流，因 R_{L2} 較小，故 I_{π} 較大。

由於第二點，在 τ 較長時，陰極電容充電的時間較長，充電電流又較大，達到的電壓較高，而放電的時間又較短，故平均陰極電壓較高，使 I_{π} 較低。在 τ 較短時，平均陰極電壓較低，使 I_{π} 較大。故可預計 τ 較長時的 I_{π} 值，將較 τ 較

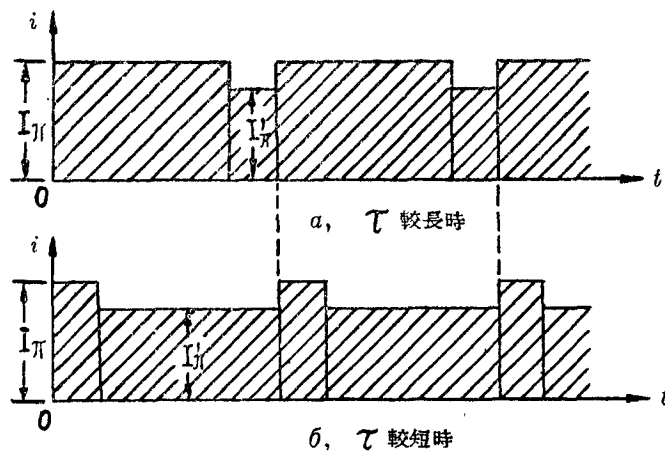


圖 6

短時的 I_{π} 值為小 (I 值也是如此); 也就是說當週期 T 一定時, 所測得的 τ 在較長時, 讀數將較小, 而在較短時, 將較大, 因而會引起校正的非線性。此外, 因為電糊電容器的不穩定, 也將會引起測量時的準確性。

在表 1 中計算時所用的 I_{π} 值, 乃係 A_2 長期通電時所讀出的, 它更接近於 τ 較長時的實際 I_{π} 值, 故所測得的結果, 在 τ 較長時應和計算結果較為接近, 而在 τ 較短時, 則分歧較大。表 1 內第四項所列誤差分佈情況, 可能與此有關, 但因所用電表的準確度祇有 5%, 故此點尚不能肯定。

總之, 由於電路的不對稱, 和陰極電容的作用, 就會引起校正的非線性和對

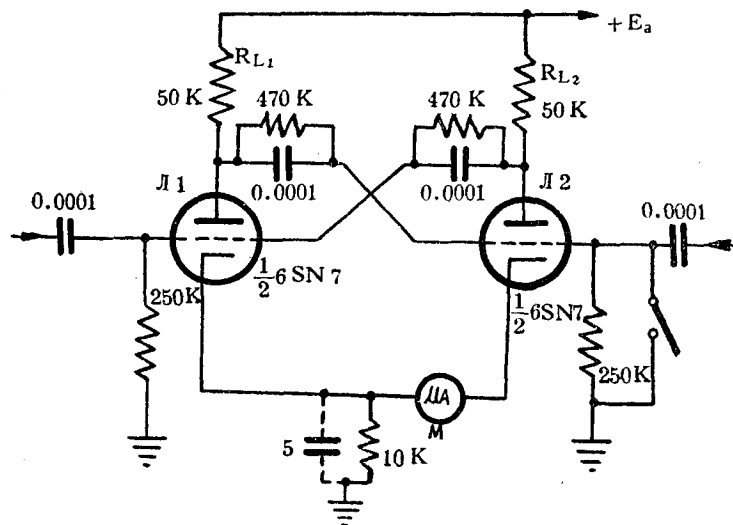


圖 7

測量準確度的影響，所以實際應用時，可作如下的改良：即根本不要陰極電容器，或者改用穩定的電容器，並用對稱的電路（ $R_{L2}=R_{L1}$ ），而在 A_2 柵極上加一個開關（如圖 7），在每次應用之前，先將此開關關上，再打開，即可使 A_2 處於不通電而 A_1 處於通電的情況下。

準確度：根據表 1 內第四項，可以看出，直接讀數與計算值比較，相差最大不到 4%。這可能是由於電路不對稱和電表不夠準（只準到 5%）等的影響，所以若將測時電路依上述分析加以改良，再選用高度穩定性的電路元件，和準到千分之一的電表，並採用更穩定的“恆流”的五極管和穩壓的電源，且以準到千分之一以上的時間標準來校正，則其準確度應能達到千分之一的水平。（因為暫時缺乏更準確的電表和時間標準，故未作進一步的試驗。）

測量範圍：根據試驗，該儀器所能測的最長時間，約達 $\frac{1}{10}$ 秒（讀數穩定準確）。最短時間，則主要是受脈衝技術、電表靈敏度和電子管柵極始態的穩定性等所限制。

應用：它可以用作測深儀之類的指示器，從電表上直接讀出河海的深度，因為測深儀的發波脈衝與回波脈衝間的時間間隔乃與所測深度成正比（ $H=\frac{1}{2}v\cdot\tau$ ），而 τ 又與平均電流 I 成正比，所以所測深度與 I 也成正比，即深度

$$H = \frac{1}{2} v \cdot \tau = \frac{1}{2} v \cdot \frac{T}{I_{\pi}} I = K \cdot I.$$

式中 v 為超聲波在水中的傳播速度，當水的密度、鹽度等為一定時， v 為定值。從實驗可知，當 τ 改變時， I 亦迅速隨之改變。所以當船舶航行時，深度改變情形亦可從電表上連續讀出，如果用記錄電流表，則還可藉以自動的記錄下深度隨航程改變的情況。它的構造應比現有測深儀的指示器簡單，而且可以自行校正，使用方便。

若把它裝成一個獨立的儀器，配備一定數量的測程，則它一方面可以用作測時儀，另一方面也可以用作別種測時儀或測深儀之類的輕便校準器。（當然，使用一定時期或換用零件時，也應用更準確的儀器將它校正一次）。

這種校準器，略加附屬機件，也可以作為各型雷達的簡便校準器，它可以做成獨立的儀器，也可以附裝於雷達機上，隨時校正，比一般的雷達校準器，也都要簡便迅速些。

此外，在工業上和實驗室內我們想它也應該有一定的用處。

本文得中國科學院物理研究所陳芳允、忻賢傑二同志校閱，他們並在線路討論中提出了意見，使分析比較細緻，糾正了原稿的缺點，作者對陳、忻二位同志特表感謝之意。

A SIMPLE ELECTRONIC TIMER

TZE YUNG-KWEI and SCHAW TA-CHEN

ABSTRACT

A new type of simple electronic timer and its operational principle are described. The method and circuits of calibration are explained. The experimental results are tabulated and plotted in comparison with calculated values. Finally, discussions on the circuit, its accuracy, range of operation and applications are presented.