

工業電子裝置

ELECTRONIC SETS FOR INDUSTRY



麥明德編著・香港萬里書店出版

工業電子裝置

明德編著

香港萬里書店出版

工業電子裝置

明德編著

出版者：萬里書店

香港北角英皇道486號三樓

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：劬華文化服務社

九龍官塘偉業街116號聯邦工業大廈二樓

定價：港幣四元六角

版權所有 * 不准翻印

(一九七八年七月印刷)

目 次

1.	可調節時間的電子開關器	1
2.	有延遲時間的實用電子鎖	8
3.	光控開關和熱控開關	19
4.	交流電壓自動穩壓器	27
5.	聲控開關及超聲頻開關器	35
6.	手觸即停的保險開關	46
7.	S C R停電照明器	57
8.	電子溫度計和光度計的製作	62
9.	聲控式自動錄音裝置	71
10.	直流變交流的電壓變換器	82
11.	電流過荷保護器的製作	90

1 . 可調節時間的電子開關器

在許多工業產品製作過程中，往往需要一個能夠有自動作用的電子開關。例如塑膠袋的加熱熔接便是其中一個應用例子。甚至攝影界放大照片的感光時間控制，也可以採用這種電子開關。

這裏介紹的這個電子開關器，由於綫路簡單，靈敏度甚高，而且製作費用少，所以很適合一般讀者仿製。

電路的特點

本機與其他的計時開關不同，使用上十分簡便，只要按動電源按鈕開關，本器就立即工作直至電容器充電完畢，本器的電源及受控制的電源亦同時自動中斷開。例如用作電鈴計時器時，只要按動按鈕一下，電鈴就會發聲，直到所設定的時間，電鈴會自動停止，而毋需像一般電鈴那樣需在响鈴的時間內要不停地按下開關，這樣可以大大節省人力。此外，電鈴發聲的

時間可以任意調節，以適合用者的需要。而且，當工作停止時，本機是完全不會耗電的，因此，它是一個相當有用的一種電子開關設計。

工作原理

有關本機的工作原理，可分為三部分來討論。第一部分為 **R C** 充電及放電部分，第二部分為 **D C** 放大器，第三部分為繼電器及功率晶體管的保護，現分述如下：

① **R C** 充電及放電部分

當按鈕按下時，電池立即導電，有電流向電容器 **C** 充電，因此有電流通過晶體管 Tr_1 的基極電路，以致有足夠的電流通過繼電器。於是繼電器產生磁力，使接觸點 **B** 與 **C** 接觸，這時雖然電源開關 **SW₁** 開路，但繼電器接點 **B** 與 **C** 已代替了電源開關的地位，使電路仍然獲得電源的供應。直至電容器 **C** 充電的電壓與電源電壓差不多相等時，通過 **D C** 放大器的電流才會自動地停止。因此繼電器的接觸點 **B**、**C** 就回復原來的開路狀態。

當電源開關開路，沒有 **D C** 電壓加在電阻 $R_1(4K\Omega)$ 之上時，於是電容器 (**C**) 經半導體二極管 **D₂** 及電阻 R_1 而放電，因為電容 **C** 放電完畢之後，電位就會變為零值，然後才可以進行下一次的充電。放電時，因 R_1 的阻值低，所以放電的時間很短就能使 **C** 的電位

完全消失。這種放電方法，十分實用並且也符合放電時間比充電時間短的需要。

②直流放大電路

爲了增加繼電器的靈敏度，所以本機所用的DC放大器，是一個達靈頓電路 (Darlington circuit)，它有很高的電流增益。因爲達靈頓電路電流放大倍數約等於 T_{r1} 管的 hfe_1 與 T_{r2} 管的 hfe_2 的乘積

$$\text{即 } IG = hfe_1 \times hfe_2$$

若 $hfe_1 = 100$ ， $hfe_2 = 100$ ，則總電流放大率應爲 $100 \times 100 = 10,000$ 倍。若12V繼電器所需的推動電流爲50mA，則輸入 T_{r1} 管基極所需的電流應爲 $\frac{50}{10,000} = 5\mu A$ 就可以了。

DC放大器的輸入電阻會很高，因爲繼電器的繞圈接在 T_{r2} 管發射極電路中，因此兩晶體管的輸入電阻與它的電流放大率成正比，設 $hfe_1 \times hfe_2 = 10,000$ ，繼電器的DC電阻爲 160Ω ，則輸入電阻應爲 $10,000 \times 160 = 1,600,000 = 1.6\text{meg}\Omega$ ，所以在 T_{r1} 管的輸入電路中，並聯一個可變電阻(R)，它的阻值爲 $100K\Omega \sim 250K\Omega$ 也不會被晶體管的輸入電阻發生嚴重分路的作用。因此本機的靈敏度很高，如果所用的電容器C爲 $10\mu F$ ， $R = 250K\Omega$ 時，則計時器最長的時間爲15秒，若改用 $100\mu F$ 時，R的阻值仍爲 $250K\Omega$ ，則繼電器的工作最長時間爲12分鐘。讀者如製作時，最好能夠設立一個電容器選擇器，以作所需的工作時間範圍選擇。在試製的製作中，這個電容器是利用一對接綫板外接的，這樣就可以較易地換入不同的電容器以取得不同的控制時間。

在可變電阻(R)的兩端，並聯有一個半導體二極管(D_2)，在電容充電的時間內， R 的正電壓很高所以 D_2 不會導電，因為它的陽極為負，陰極為正之故。但是當充電完畢之後，可變電阻 R 兩端的正電壓消失，此時電容 C 的電位使 D_2 的陰極為負，而陽極為正，因此 D_2 的正向電阻很低，所以電容器經 D_2 及 R_1 而放電，於是電容 C 很快地就消失電壓的存在。

③繼電器及功率管的保護電路

本機所用的繼電器，是12V的大型繼電器，內阻為 160Ω ，但是當受控制的電器是一個大功率器件時，則繼電器就要採用大型接點的繼電器，以能容納所通過的工作電流，並要充分注意到它能夠承受的電壓。

繼電器的接點，最低限度要有雙刀單擲的基本條件，因為其中的一組是用作維持導電之用。這組接點是與電源開關並聯，不能與受控制的器件連接，另一組接點則用來控制受控制的器件。

但有一點要特別注意的，就是當繼電器的電流停止時，收縮的磁場會產生一感應電壓(e)，假若電流很大時，感應電壓就會很高，繼電器的電感量愈大，感應電流也愈大，感應電壓的數值可依下式計算：

$$e = \frac{L \Delta i}{\Delta t}$$

L ——繼電器的電感量 (Henry)

Δi ——電流的變化量 (Ampere)

Δt ——時間的變化量 (Sec.)

這個感應的高壓會使功率管 Tr_2 被擊穿 (Break-down)。因此，要保護功率管就要如圖般採用一個二

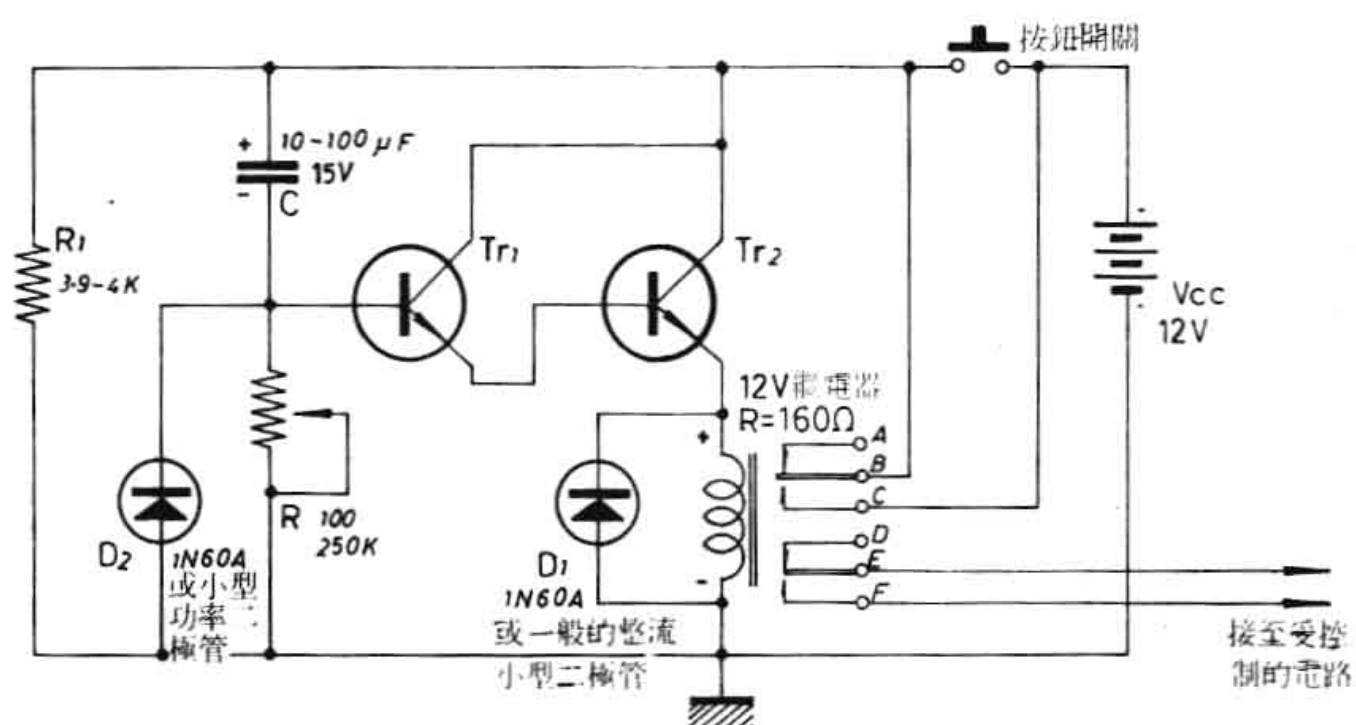
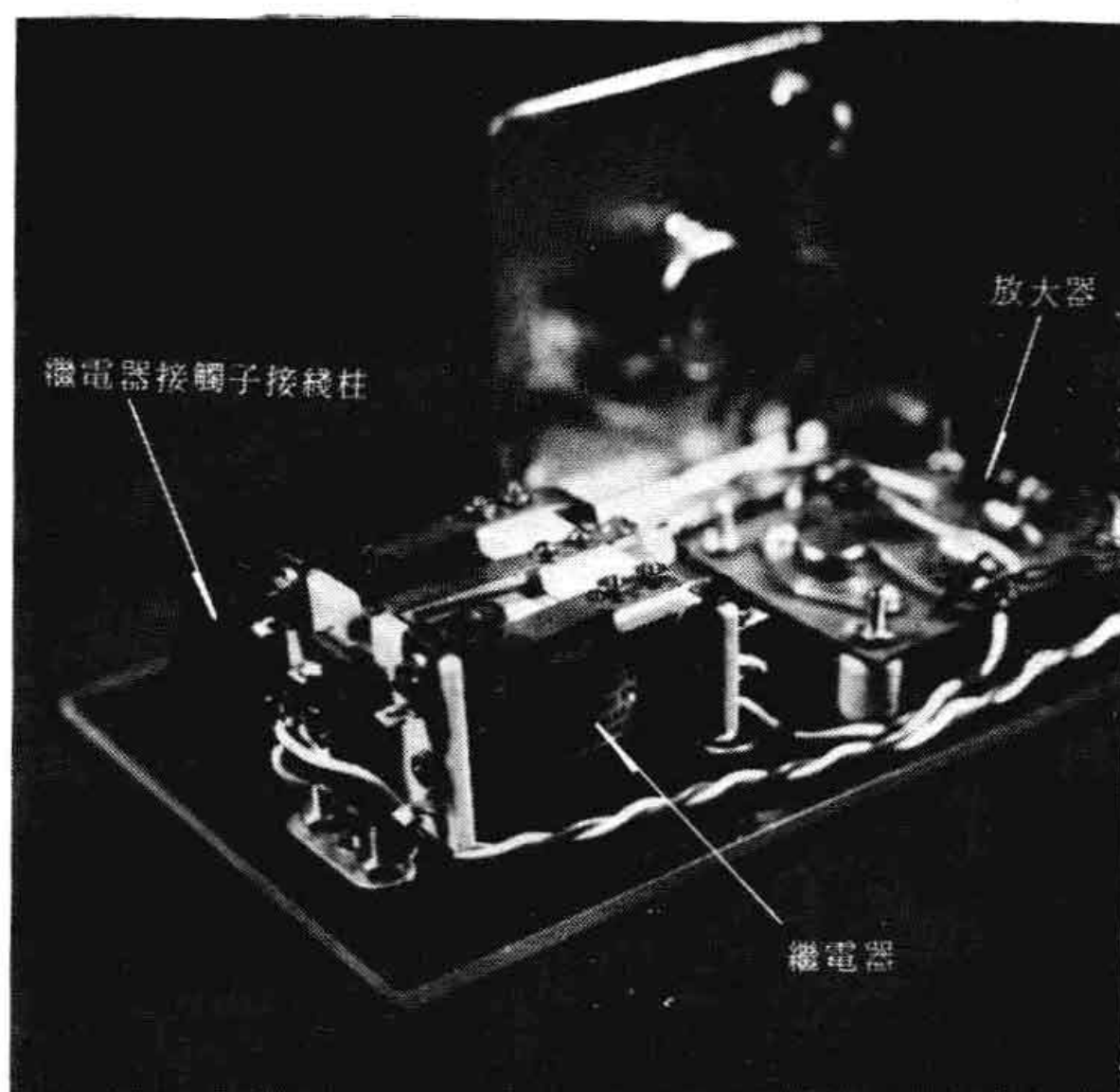


圖1



極管 D_1 ，以作保護。由於半導體二極管 D_1 與繼電器綫圈並聯，當繼電器導電時， D_1 是不會導電的，因為繼電器的電壓降，使 D_1 的陽極對陰極為負之故。當電流停止時，感應電壓很高，而且對 D_1 來說，是一個正向電壓，因此就很容易把電能吸收起來，同時，二極

管 D_1 接上之後，可使繼電器工作更加穩定，因為通過繼電器的電流是容許單方向的導電，反方向的電流時就要通過二極管 D_1 ，所以輸入電路有任何AC成份也不會影響繼電器的正常工作。所以不會振動不定。

本機所用的晶體管，以用矽晶體管較好，因為它們的集-射極間漏電流較鍺晶體管要小得多；而漏電流假若較大的話，那就會破壞了達靈頓電路工作的優點。其中的 Tr_1 可用一般的小功率管如2SC372、2SC735 或本港製的 NPN 型大黑豆等。 Tr_2 是中功率管，如 2SC485、2SC481，或本港製的中功率管都可使用，但要注意檢查那些廉價，無編號晶體管的漏電流以保證它們的質量。

本機所用的印刷電路見圖 2。

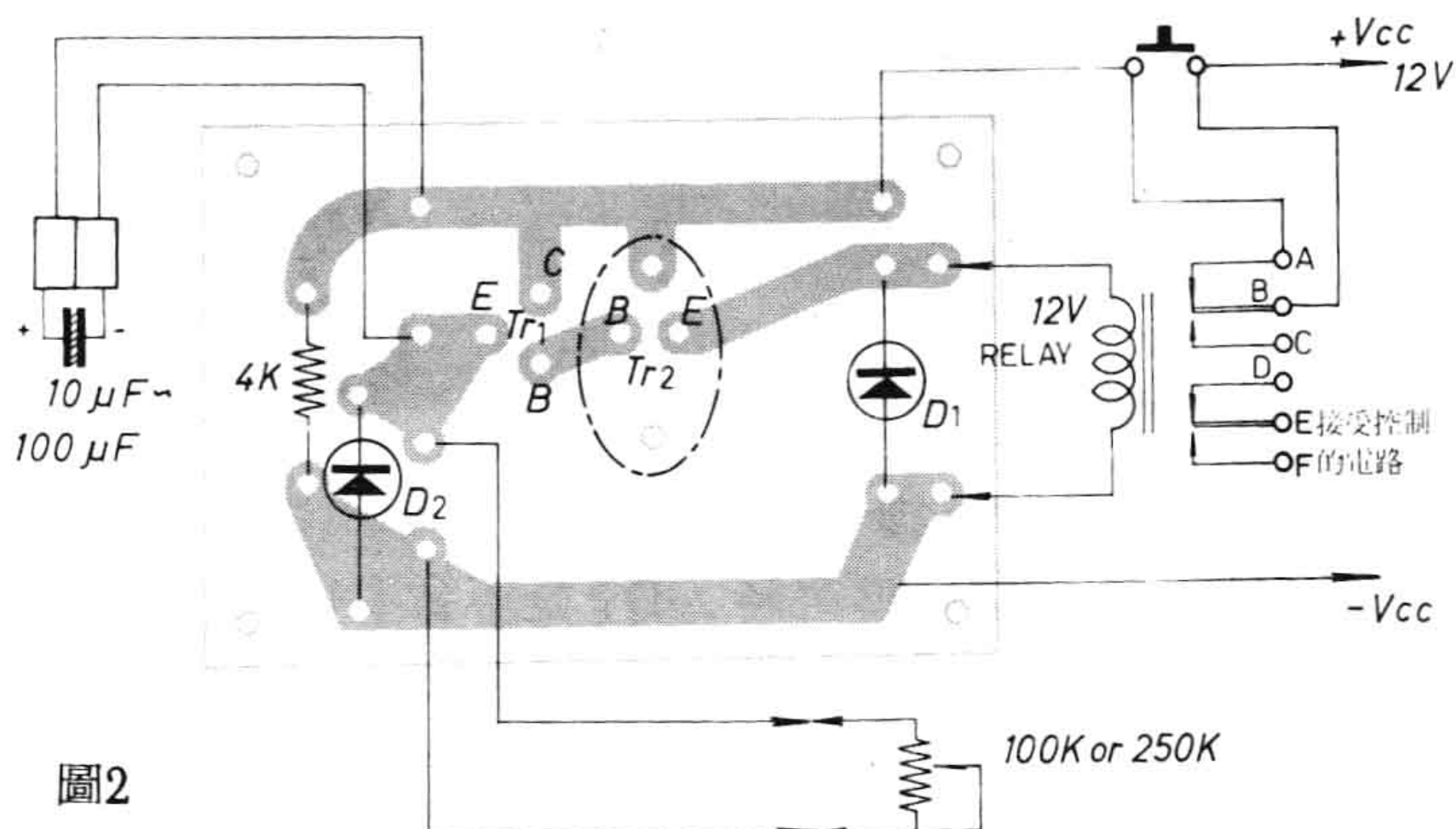
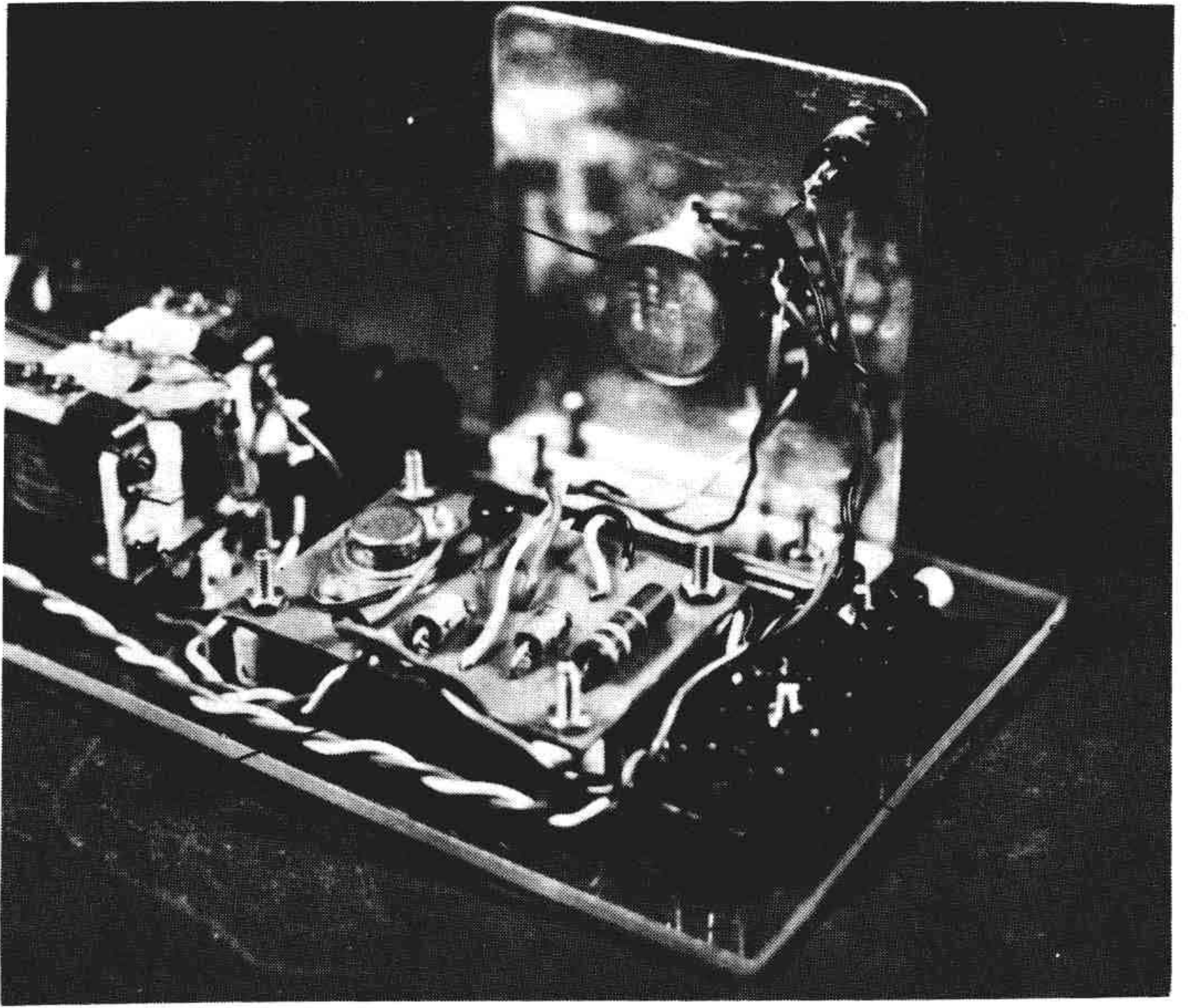


圖2



2. 有延遲時間的實用電子鎖

許多商店或工廠的鐵閘是用電力來開啓或關閉的，汽車的開動器也是用電力來推動的，但一切的電力用具都可以用電子鎖來控制。電子鎖的鎖匙就是一支普通的電阻，因為它的阻值特別，所以別人不清楚你的鎖匙的阻值時，就無法打開你的電門或電閘。這裏所介紹的電子鎖有雙重保險作用：第一，鎖匙電阻的「插蘇」是多孔的，若不了解電阻插入的位置是無法開動電門的。同時，如有人採用一個可變電阻用嘗試的方法來開動電門，但由於本電子鎖設有一個延遲時間電子開關器，因此，用嘗試的方法簡直無所施其技！結果便能有效地起防犯盜竊作用。

在外國，使用電子鎖已很普遍，但本港則不甚流行，因此筆者把電子鎖的結構和工作原理敘述如下，以便讀者進行自製。

工作原理

本電子鎖的主要工作，是採用兩個繼電器，只要兩個繼電器一起工作，每個繼電器的接點都同時處在導通的情況下，受控制的電動機就會把電閘開啓，如

①差動放大器

The diagram shows a 12V relay control circuit. It includes a +VCC 12V supply, a balance regulator (平衡調節器) with a 10K(B) potentiometer, and two relays (Ry1 and Ry2) with 12V 160Ω coils. The circuit uses several transistors (Tr1, Tr2, Tr3, Tr4, Tr5, Tr6) and resistors (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100, R101, R102, R103, R104, R105, R106, R107, R108, R109, R110, R111, R112, R113, R114, R115, R116, R117, R118, R119, R120, R121, R122, R123, R124, R125, R126, R127, R128, R129, R130, R131, R132, R133, R134, R135, R136, R137, R138, R139, R140, R141, R142, R143, R144, R145, R146, R147, R148, R149, R150, R151, R152, R153, R154, R155, R156, R157, R158, R159, R160, R161, R162, R163, R164, R165, R166, R167, R168, R169, R170, R171, R172, R173, R174, R175, R176, R177, R178, R179, R180, R181, R182, R183, R184, R185, R186, R187, R188, R189, R190, R191, R192, R193, R194, R195, R196, R197, R198, R199, R200, R201, R202, R203, R204, R205, R206, R207, R208, R209, R210, R211, R212, R213, R214, R215, R216, R217, R218, R219, R220, R221, R222, R223, R224, R225, R226, R227, R228, R229, R230, R231, R232, R233, R234, R235, R236, R237, R238, R239, R240, R241, R242, R243, R244, R245, R246, R247, R248, R249, R250, R251, R252, R253, R254, R255, R256, R257, R258, R259, R260, R261, R262, R263, R264, R265, R266, R267, R268, R269, R270, R271, R272, R273, R274, R275, R276, R277, R278, R279, R280, R281, R282, R283, R284, R285, R286, R287, R288, R289, R290, R291, R292, R293, R294, R295, R296, R297, R298, R299, R300, R301, R302, R303, R304, R305, R306, R307, R308, R309, R310, R311, R312, R313, R314, R315, R316, R317, R318, R319, R320, R321, R322, R323, R324, R325, R326, R327, R328, R329, R330, R331, R332, R333, R334, R335, R336, R337, R338, R339, R340, R341, R342, R343, R344, R345, R346, R347, R348, R349, R350, R351, R352, R353, R354, R355, R356, R357, R358, R359, R360, R361, R362, R363, R364, R365, R366, R367, R368, R369, R370, R371, R372, R373, R374, R375, R376, R377, R378, R379, R380, R381, R382, R383, R384, R385, R386, R387, R388, R389, R390, R391, R392, R393, R394, R395, R396, R397, R398, R399, R400, R401, R402, R403, R404, R405, R406, R407, R408, R409, R410, R411, R412, R413, R414, R415, R416, R417, R418, R419, R420, R421, R422, R423, R424, R425, R426, R427, R428, R429, R430, R431, R432, R433, R434, R435, R436, R437, R438, R439, R440, R441, R442, R443, R444, R445, R446, R447, R448, R449, R450, R451, R452, R453, R454, R455, R456, R457, R458, R459, R460, R461, R462, R463, R464, R465, R466, R467, R468, R469, R470, R471, R472, R473, R474, R475, R476, R477, R478, R479, R480, R481, R482, R483, R484, R485, R486, R487, R488, R489, R490, R491, R492, R493, R494, R495, R496, R497, R498, R499, R500, R501, R502, R503, R504, R505, R506, R507, R508, R509, R510, R511, R512, R513, R514, R515, R516, R517, R518, R519, R520, R521, R522, R523, R524, R525, R526, R527, R528, R529, R530, R531, R532, R533, R534, R535, R536, R537, R538, R539, R540, R541, R542, R543, R544, R545, R546, R547, R548, R549, R550, R551, R552, R553, R554, R555, R556, R557, R558, R559, R560, R561, R562, R563, R564, R565, R566, R567, R568, R569, R570, R571, R572, R573, R574, R575, R576, R577, R578, R579, R580, R581, R582, R583, R584, R585, R586, R587, R588, R589, R590, R591, R592, R593, R594, R595, R596, R597, R598, R599, R600, R601, R602, R603, R604, R605, R606, R607, R608, R609, R610, R611, R612, R613, R614, R615, R616, R617, R618, R619, R620, R621, R622, R623, R624, R625, R626, R627, R628, R629, R630, R631, R632, R633, R634, R635, R636, R637, R638, R639, R640, R641, R642, R643, R644, R645, R646, R647, R648, R649, R650, R651, R652, R653, R654, R655, R656, R657, R658, R659, R660, R661, R662, R663, R664, R665, R666, R667, R668, R669, R670, R671, R672, R673, R674, R675, R676, R677, R678, R679, R680, R681, R682, R683, R684, R685, R686, R687, R688, R689, R690, R691, R692, R693, R694, R695, R696, R697, R698, R699, R700, R701, R702, R703, R704, R705, R706, R707, R708, R709, R710, R711, R712, R713, R714, R715, R716, R717, R718, R719, R720, R721, R722, R723, R724, R725, R726, R727, R728, R729, R730, R731, R732, R733, R734, R735, R736, R737, R738, R739, R740, R741, R742, R743, R744, R745, R746, R747, R748, R749, R750, R751, R752, R753, R754, R755, R756, R757, R758, R759, R760, R761, R762, R763, R764, R765, R766, R767, R768, R769, R770, R771, R772, R773, R774, R775, R776, R777, R778, R779, R780, R781, R782, R783, R784, R785, R786, R787, R788, R789, R790, R791, R792, R793, R794, R795, R796, R797, R798, R799, R800, R801, R802, R803, R804, R805, R806, R807, R808, R809, R810, R811, R812, R813, R814, R815, R816, R817

• 9 •

通，電閘就會發生工作。

②繼電器推動器

筆者製作時是採用小功率管 2SB156 担任功率放大器。

讀者們仿製時應該改用 2SB178、2SB200、2SB189或OC81這一類有較高 V_{CBO} 之小功率管，這樣才有較大的使用可靠性。嚴格來說， Tr_5 及 Tr_6 實際應該使用中功率管來担当這樣的工作，但因這二個晶體管每次工作的時間都很短，故此仍可使用小功率管，這樣一來，也可以節省一些零件費用。

在電路中，如果繼電器的靈敏度不太差的話，只要有50mA的集電極電流，就可使繼電器工作。因 Tr_3 的集電極電流就是 Tr_6 的基極電流，而 Tr_2 的集電極電流就是 Tr_5 的基極電流，若 Tr_5 和 Tr_6 的 h_{fe} 為100的話，則要基極電流 I_{B5} 和 I_{B6} 為0.5mA就夠了， Tr_5 和 Tr_6 是採用發射極接地方式的，爲了增加電路的靈敏度，所以採用DC正回輸以提高放大的作用。當 Tr_1 和 Tr_2 上的電流增加時， Tr_5 的基極電流亦大增，在繼電器勵磁線圈的電壓降亦增加，這個增加的電壓會經3.3 K Ω 輸入 Tr_1 管的基極，使基極正向電壓大增，因而加強差動放大的工作能力，使電子鎖更爲靈敏可靠。所以稱爲再生開關器(Regenerative switch)。

③鎖匙電阻

本機的鎖匙是一個電阻或由幾個電阻串聯、並聯而成，它的阻值可隨意選擇，一般爲100 Ω 至100K Ω ，它的容差率要爲 $\pm 1\%$ 至 $\pm 5\%$ ，變值愈低，則愈佳。

調節 Tr_4 的基極電位器可使電路達到平衡，使兩個繼電器一同工作。若調整不正確、差動放大器不平衡時， Ry_1 工作， Ry_2 則停止工作；或 Ry_2 工作，而 Ry_1 則停止。在此情形之下，不同步工作的結果，電門仍然不會導電的， R_1 的阻值應該等於 R_x 的阻值。

在差動放大器的 Tr_2 和 Tr_3 的發射極電路中，加上一個可變電阻，它的阻值為 $5K\Omega$ ，調節這個電阻，可使差動放大器的工作電流改變，因而獲得良好的穩定性和最佳的靈敏度。

④延遲時間調節器

爲了防止有人用一個可變電阻來推動電子鎖工作，因此把電子鎖的接觸點與延遲開關器的電源開關並聯，因此當鎖匙電阻正確時，延遲開關要滯後15秒才可以發生工作，有關延遲時間調節器的工作原理茲敘述如下：

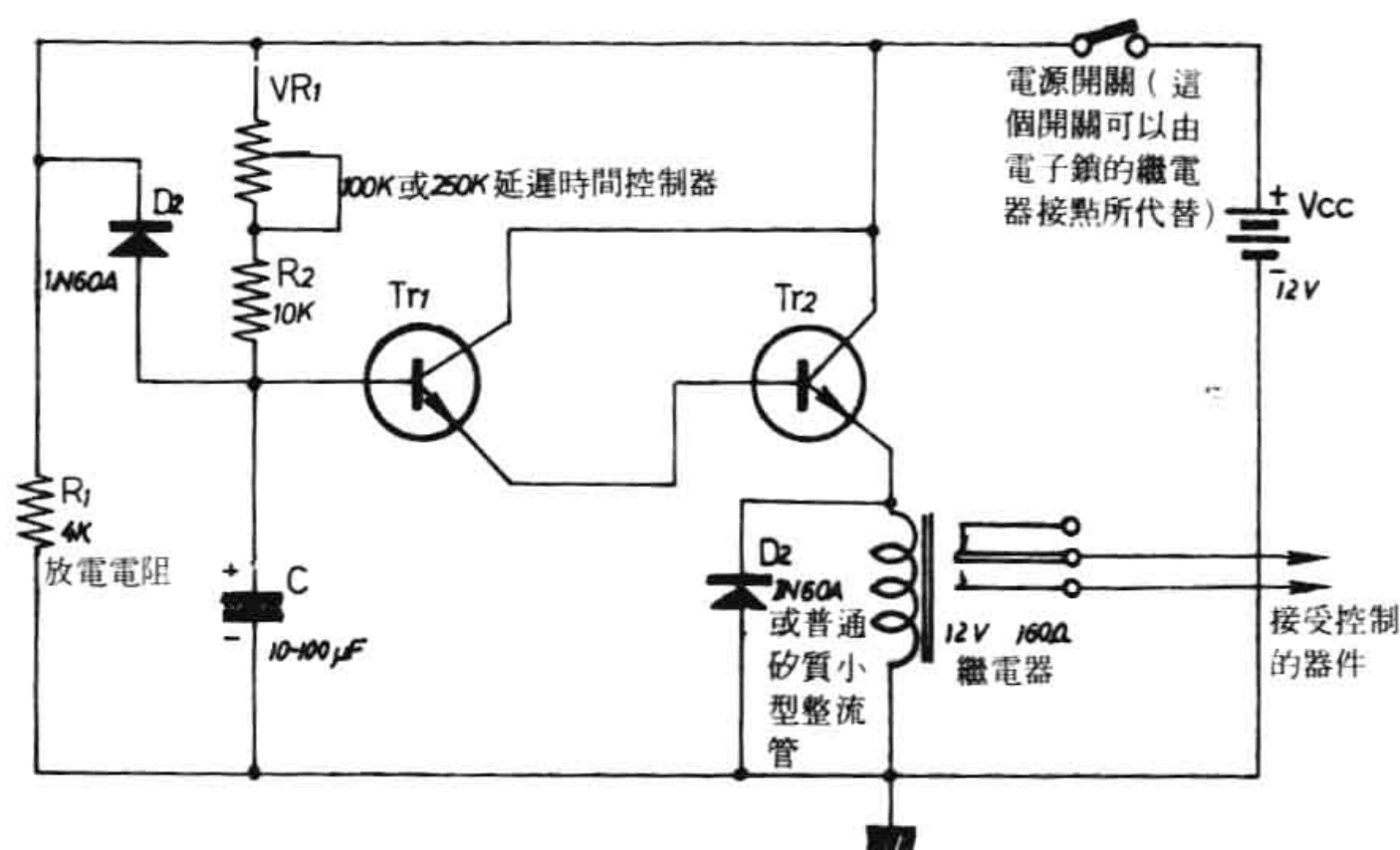


圖 2 延遲時間調節器的綫路圖

如圖2所示，就是延遲時間調節器的綫路圖，DC放大器由兩個晶體管担任(Tr_1 和 Tr_2)，接成一個達靈頓電路，有較高的輸入阻抗和很大的電流增益， Tr_1 和 Tr_2 可用大型矽質晶體管，只要它的容許最大集電極電流為100mA， h_{fe} 近似於100就適合。它的結構與前章所述的有時間控制的電子開關器有些相同。如圖2所示，在 Tr_1 的輸入電路中，接上一個容量為 $10\mu F$ 至 $100\mu F$ 的電容器，當電源開關器接通時（或電子鎖的兩個繼電器的接點導通時），會有電流向這個電容器充電，於是使它的電位漸漸上升。最初時，因為C的電位很低，所以不能觸發 Tr_1 和 Tr_2 的導電，於是在 Tr_2 發射極電路的繼電器是不會工作的。但是，當電容器C的電位上升至某一數值時，就可使 Tr_1 和 Tr_2 導電，因此繼電器才會工作。延遲時間的長度，是由串聯電阻R和電容器C的時間常數（Time constant）來決定

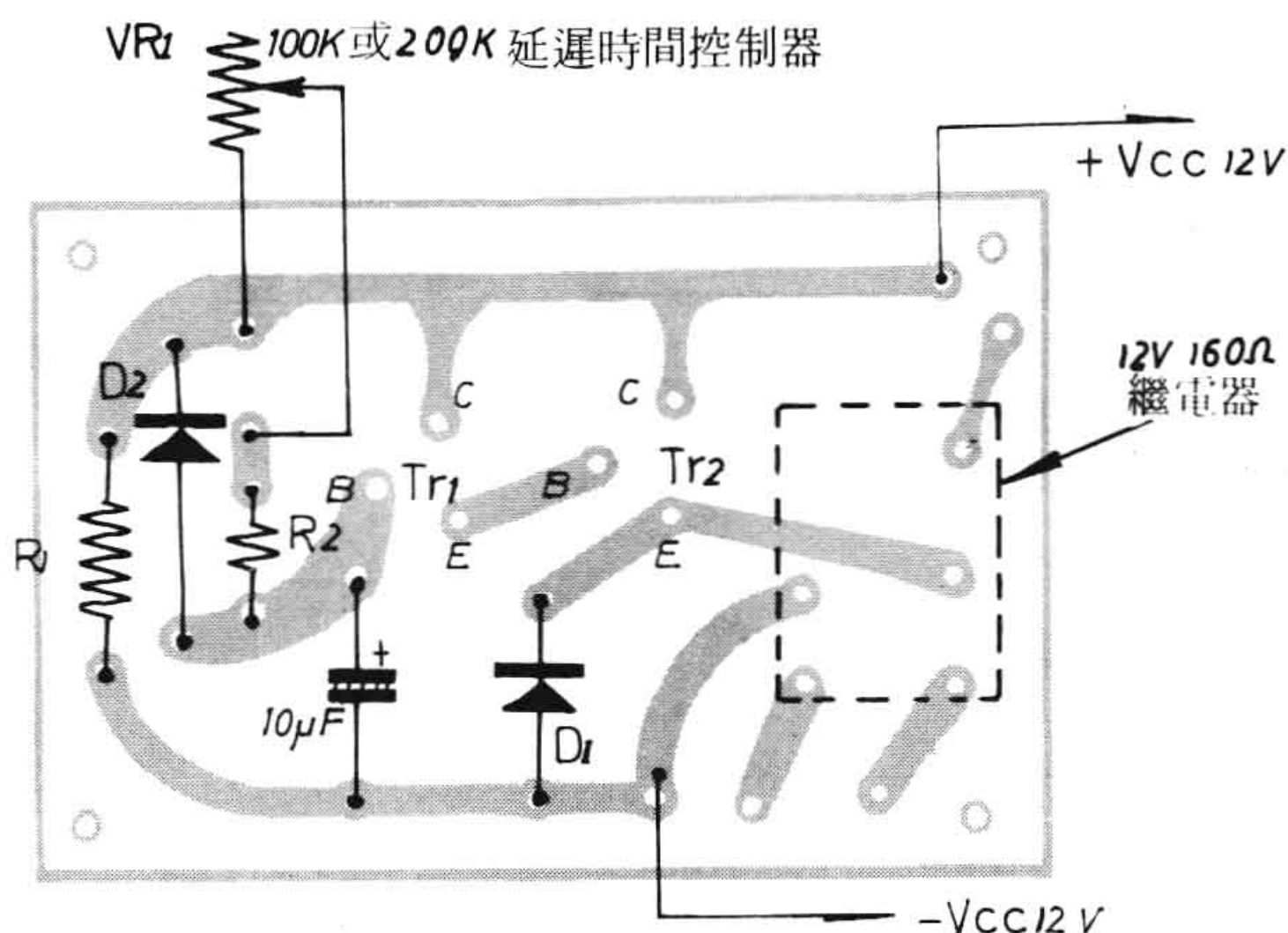


圖 3 延遲時間調節器的印刷綫路板

的，若 C 不變，則 R 的阻值變化，就可改變延遲的時間。

所以，當你的正確鎖匙電阻插在插座之上時，要 10 秒至 15 秒之後，電閘才會自動地發生工作的，此時由於電容 C 的電位很高，所以繼電器連續不停的工作，直至把鎖匙電阻拔出為止。當電源開關器開路時，電容器 C 會經過二極管 D_1 向 $R_1(4K\Omega)$ 放電，由於 R_4 的阻值低，所以不需要很長的時間放電就會完畢，然後準備應付另一次的充電工作。

在繼電器兩端的半導體二極管 D_1 ，它的目的是用來保護功率管的，防止在電流停止時，磁場收縮所產生的感應電壓對晶體管發生擊穿的作用。電阻 $R_2(10K\Omega)$ 是基極保護電阻，以防過大的充電電流燒毀晶體管 Tr_1 和 Tr_2 。綫路板的繪製可參閱圖 3。

電路的調整

當安裝完畢之後，就要進行測試。測試時，應採用一個 $0\sim 250mA$ 的 DC 電流表（或用萬能電表）測量電路的 DC 電流，在 12V 的電源電壓之下，若單方面的繼電器發生工作時，電流約為 $60mA$ 左右，但是調整平衡調節器，使電路達到平衡，兩個繼電器均同時工作，此時 DC 電流為 $120mA$ 左右。

測試完畢之後，把鎖匙電阻從插座中拔出，此時，電路失去平衡，因此只有一個繼電器工作，然後再把鎖匙電阻插回原來的插座中，兩個繼電器應該再次一起