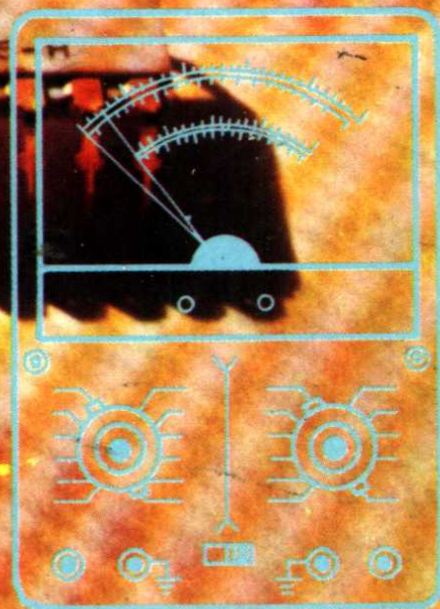


自製集成化電子儀器

黎華添編著·萬里書店出版

*MAKE ELECTRONIC TEST
INSTRUMENTS BY IC*



自製集成化電子儀器

黎華添編著

香港萬里書店出版

自製集成化電子儀器

黎華添編著

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：信義印刷公司

九龍官塘偉業街154號五樓

定價：港幣七元二角

版權所有 * 不准翻印

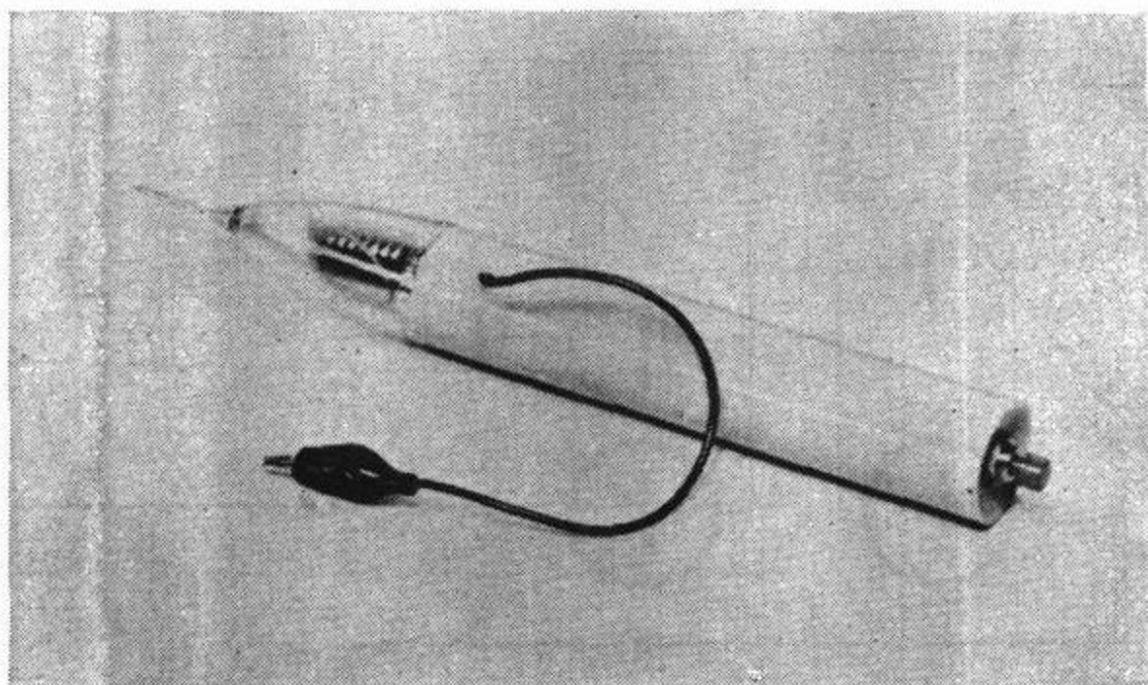
(一九七八年四月版)

目次

1. 訊號注入器.....	1
2. 晶體管交流毫伏表.....	10
3. 方形波產生器.....	22
4. 寬頻率的方形波產生器.....	34
5. 諧波失真儀.....	44
6. 音頻訊號產生器.....	54
7. 電容測試器.....	68
8. 大電容量測試器.....	78
9. 電阻、電容、電感電橋.....	87
10. 晶體管特性曲綫儀.....	101
11. 晶體管分類儀.....	115
12. 455 kHz 擺頻訊號產生器.....	130
13. 高效能穩壓器.....	146

1. 訊號注入器

理論上說明方形波或其他不規則的脈衝是由它的基波和很多高次諧波組成，而且這些高次諧波含量極其豐富。利用上述的特點，我們可以用幾百 Hz 或 1 kHz 的方形波去檢查電路的故障。因為幾百 Hz 或 1 kHz 的音頻很悅耳，而其高次諧波可伸展至幾 MHz。對於檢查收音機或電視機很有幫助。如圖 1 所示的就是這種方形波產生器，它的體積很小巧，我們通常稱它為訊號注入器。

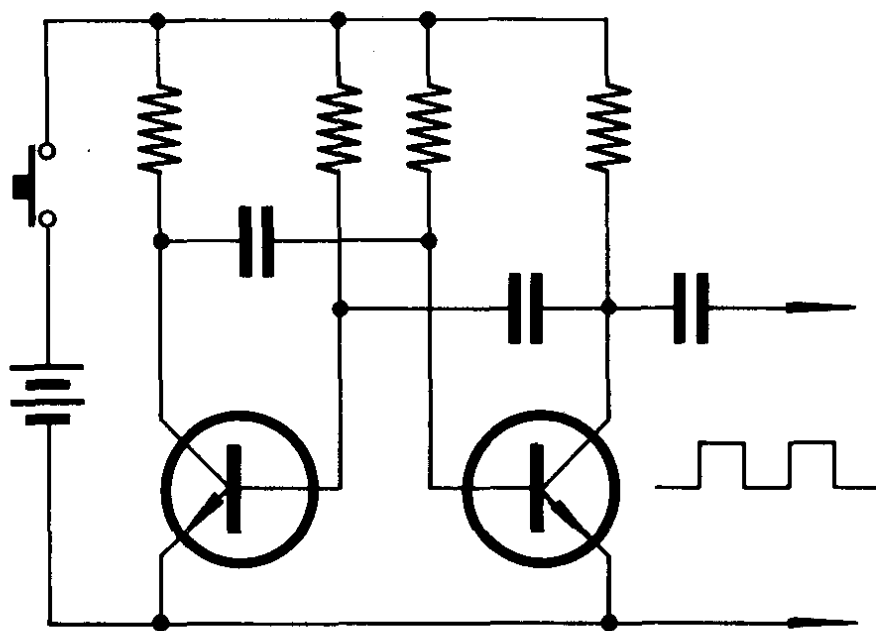


圖一

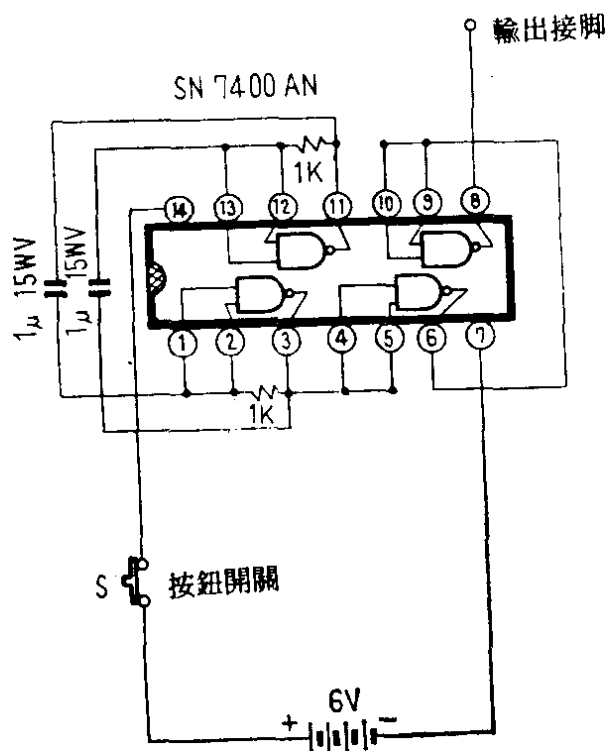
電路說明

產生方形波最簡單的方法莫如多諧波振盪電路（如圖二所示）。從圖中可見該電路是由兩級晶體管放大器互相交連而成。振盪頻率是與交連電容器的容量及基極電阻阻值成反比。只要適當安排交連電容器的容量，便可產生 1kHz 左右的音頻方波。圖二的方法雖然產生方波，但電路結構不及採用集成電路(IC)那麼簡單。

圖三方框內是 **SN7400** 內部的邏輯符號。在圖中見有四個半圓形的符號。每個符號代表一個「與非」門電路。每個門有兩個輸入端可以作為邏輯運算，但在本電路我們把兩輸入端並連在一起，成為一個反相器。如圖四(a)下圖所示。每個反相器的輸入——輸出特性曲綫則如圖四(a)上圖。從圖中可見，當輸入

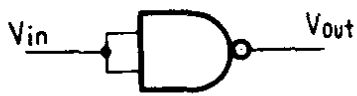
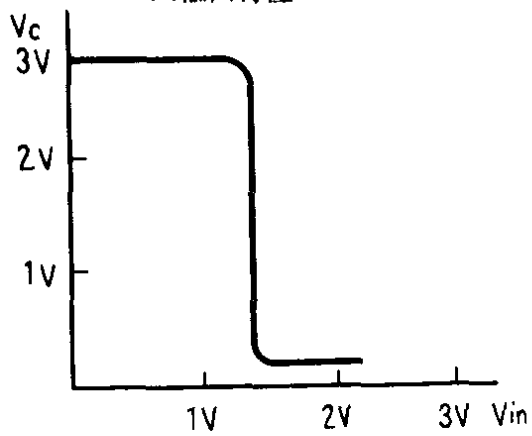


圖二



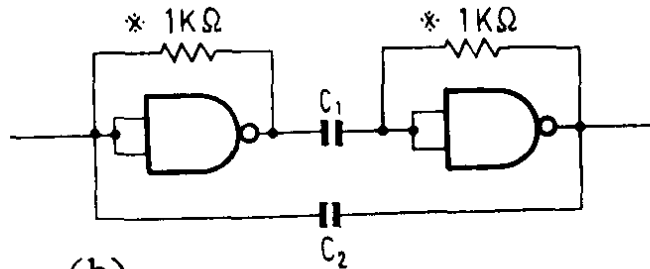
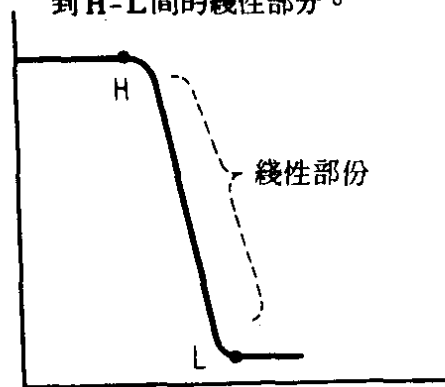
圖三

一個 NAND 的輸入輸出特性。



(a)

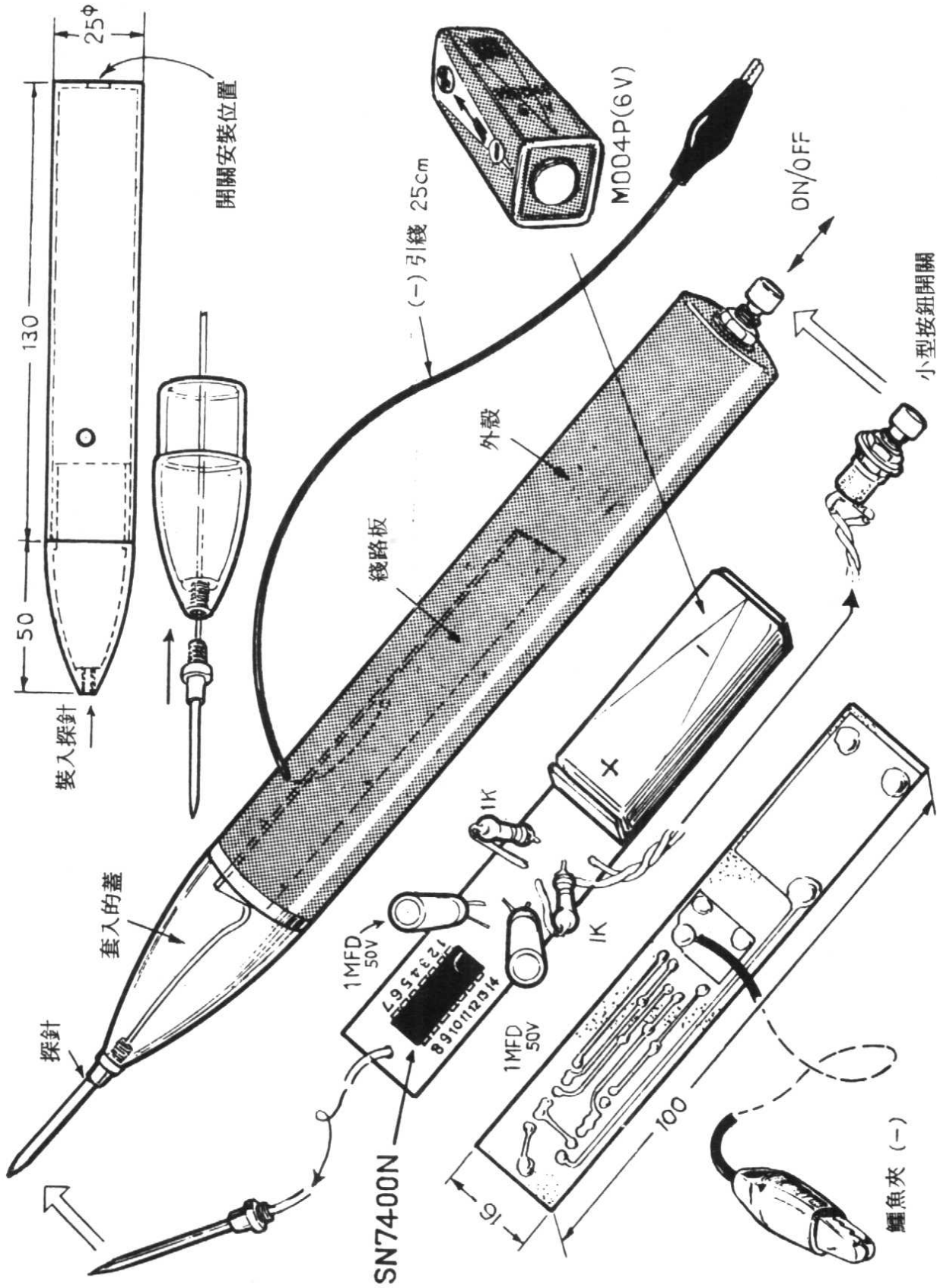
圖中有 * 號的電阻為回輸電阻，此電阻之阻值使得得到 H-L 間的綫性部份。



(b)

圖四

圖五



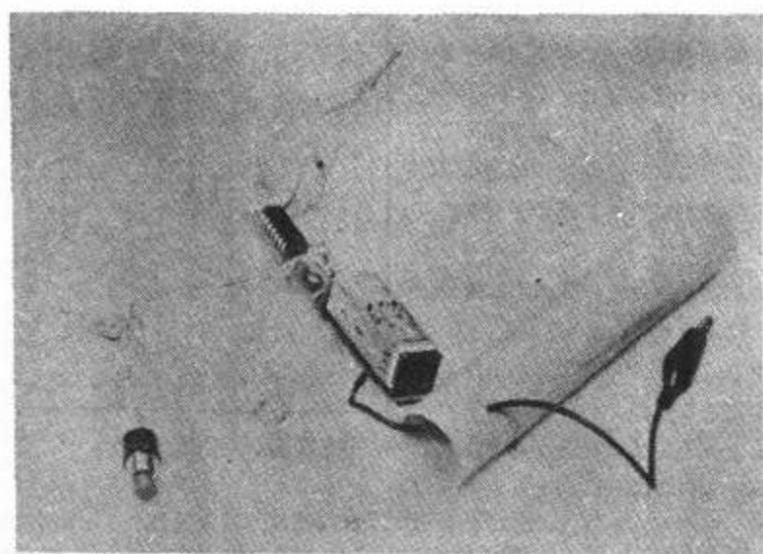
端電壓低於1.4V時，輸出端立即躍升至3V。輸出與輸入端只有反相關係。假如在門電路的輸入與輸出端加接一隻500Ω至1KΩ電阻，由於有負回輸關係，迫使「與非」門電路有一段放大特性如圖四(b)所示。在這情況下每個「與非」門電路相等於圖二的其中一個晶體管。兩個「與非」門電路互相通過C₁和C₂回輸便產生多諧波振盪。振盪頻率在800Hz至1KHz左右，音調亦很悅耳。整個訊號注入器的電路如圖三所示。IC內除了利用兩個「與非」門作為振盪之外，剩下的兩個「與非」門則作為緩衝之用。

TTL或IC的電源電壓原為5V。但是市面出售的M004p(6V)積層電池體積很小(見圖五)，很適合本機採用。雖然M004p積層電池的電壓比TTL IC的電壓高出1V，但是實際試驗結果，對IC不會有損害。

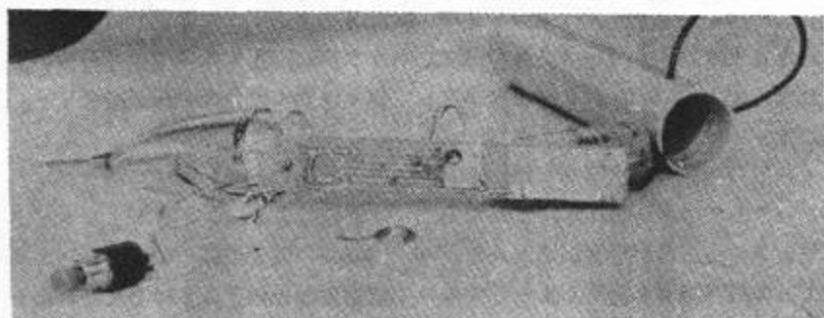
本器的結構

本訊號注入器的內部結構如圖五所示。鱷魚夾由電源負極引出，它是在使用時用來夾着被測機的公共地綫。電路的正電源要經過一隻小型按鈕式開關，當使用本機時，右手食指按下S才接通電源以產生方波。方波訊號由IC的第八接腳輸出，接本機前端的金屬針，在使用本機時金屬針碰觸被試機的各部分，把訊號逐級注入。

圖六是本機未裝入外殼時的情況。本機的外殼可以用外直徑25mm的膠筒，前端用個塑料套筒套上。一些喉糖或咳糖的鋁筒亦很適合。使用什麼材料做外殼是視乎各讀者方便，沒有什麼嚴格規定。



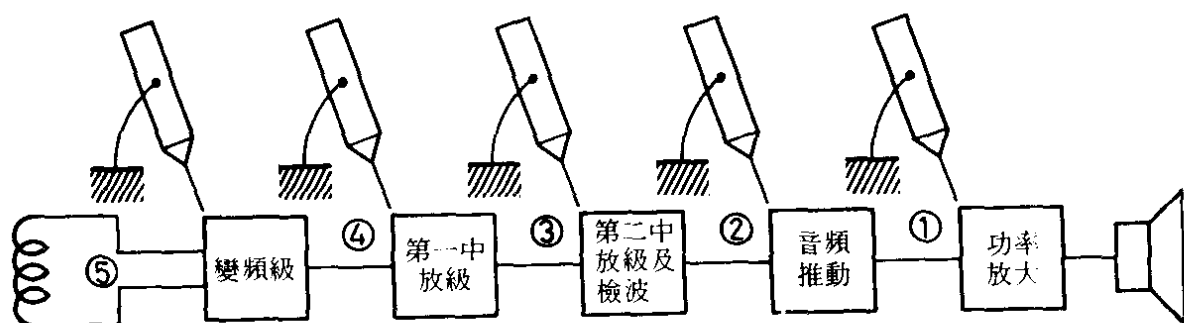
圖六



使用方法

本機的使用方法有幾種，首先談談應用於收音機電路上。應用本機時，地綫鱷魚夾夾着被試收音機的地綫。被試收音機要開啓電源，及把音量開至最大。本機的探針按圖七那樣，當探針接觸功率級晶體管的基極時，揚聲器應有聲音發出，但聲音不很大。假如無聲則表示功率級有故障，應檢查輸入變壓器、功率晶體管、輸出變壓器及耳塞插座揚聲器等。假如探針碰觸二隻其中的一隻晶體管的基極有聲，而另一隻則無聲，則無聲那隻晶體管及其附屬電路有毛病；這時聲音會失真沙啞。

若功率級沒有毛病時，本機的探針應改為碰觸推



測試點 區分	1	2	3	4	5
故障	無聲	第1點注入訊號有聲從第2點注入無聲	第2點注入訊號有聲而從第3點注入無聲	第3點注入訊號有聲而從第4點注入訊號無聲	第4點注入有聲而從第5點注入無微聲
修理概要	檢查功率放大級及其附屬電路	檢查音頻推動級及其附屬電路	檢查第二中放及檢波級電路	檢查第一中放及其附屬電路	檢查變頻級包括天綫綫圈、振盪綫圈及其附屬電路

圖七

動級晶體管的基極，假如無聲時，當屬推動級有問題，應小心檢查推動晶體管的偏流及交連電容器等有關零件。

檢查完畢證明推動級良好。探針應移至碰觸第二中放級，這時揚聲器應有相當大的聲音。假如無聲，就檢查中頻變壓器，中放晶體管及其附屬電路，檢波二極管等。

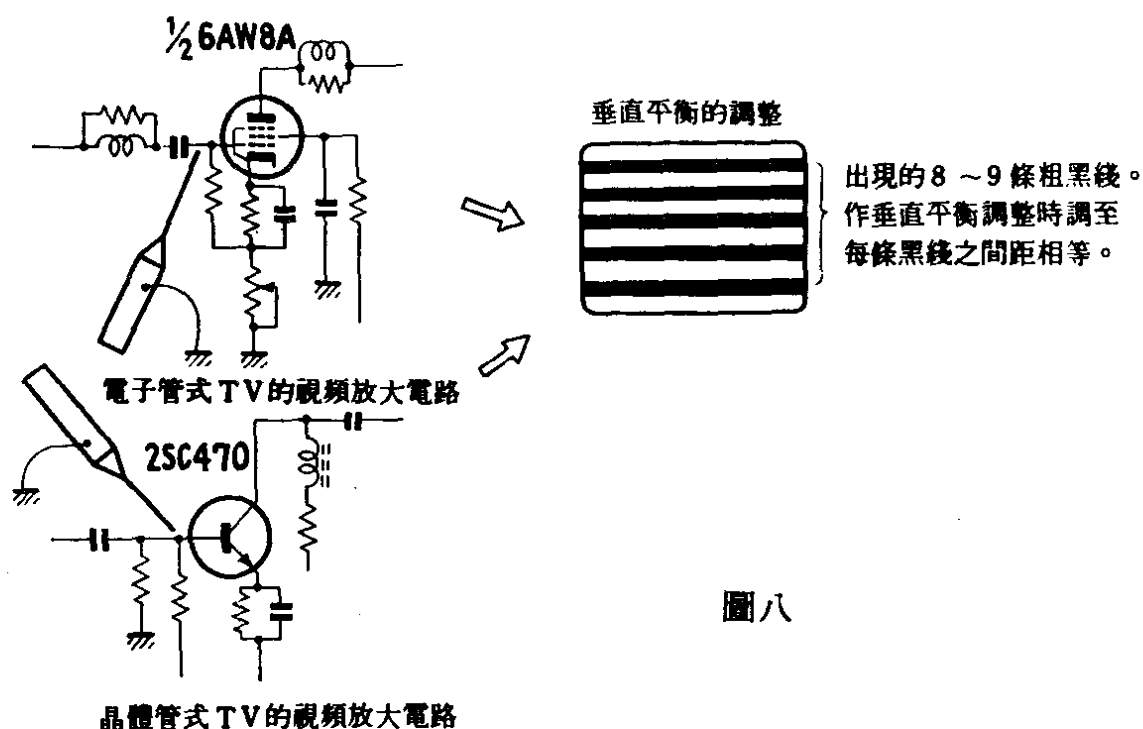
要是一切都表現正常，再繼續向第一中放晶體管的基極接觸，揚聲器亦應有相當大的聲音發出。無聲時，要檢查第一中放晶體管的偏流、傍路電容器有無開路、中頻變壓器有無開路或短路等。

中放級檢查完畢後，探針向變頻晶體管的基極接觸，揚聲器亦應有聲音發出。無聲時檢查變頻晶體管

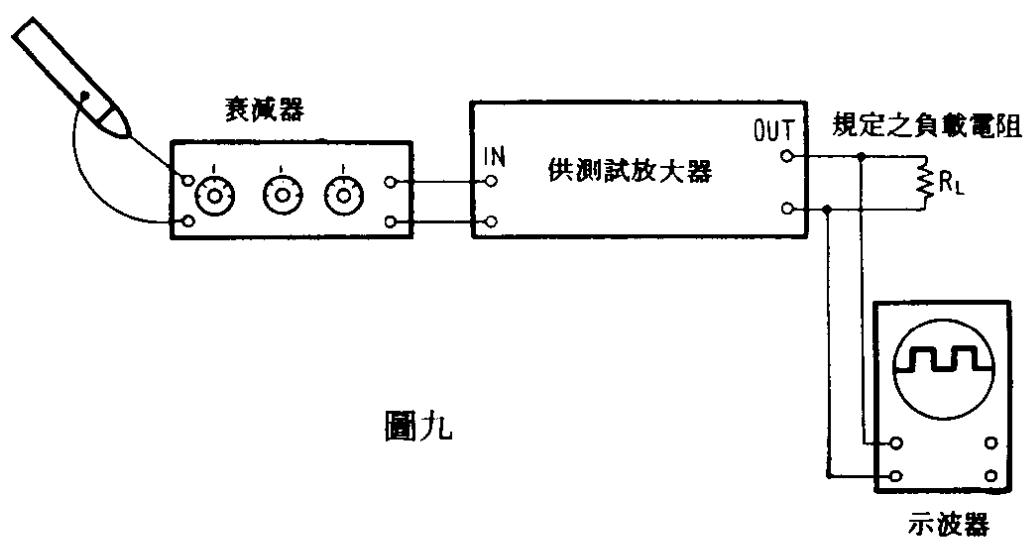
的偏流、天綫綫圈有無開路，或是中頻變壓器開路、短路等故障。

本機輸出的方波諧波成份頻率達數MHz。故此亦可以利用作為電視機視頻放大級檢查之用。當本機訊號注入視頻放大級真空管的柵極或晶體管的基極時，熒光幕應有8~9條橫行粗黑綫出現。沒有黑綫或黑綫很模糊，表示視頻放大級失效或增益衰退。檢查時如圖八那樣注入訊號。同樣的方法亦可用來調整視頻放大級之垂直平衡。

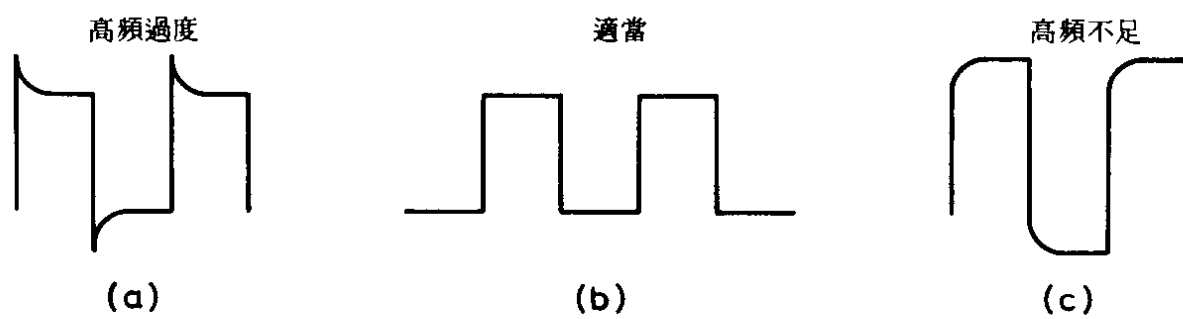
本機的方波輸出方法經衰減器（可用一隻100K電位代替）接成如圖九那樣就可以測試擴音機的頻率響應。從示波器中，見波形如圖十(a)那樣，表示擴音機高音過度。(b)表示頻率響應平坦，(c)表示高音不足。故此從示波器波形可測知擴音機的頻率響應。



圖八



圖九



圖十

2. 晶體管交流毫伏表

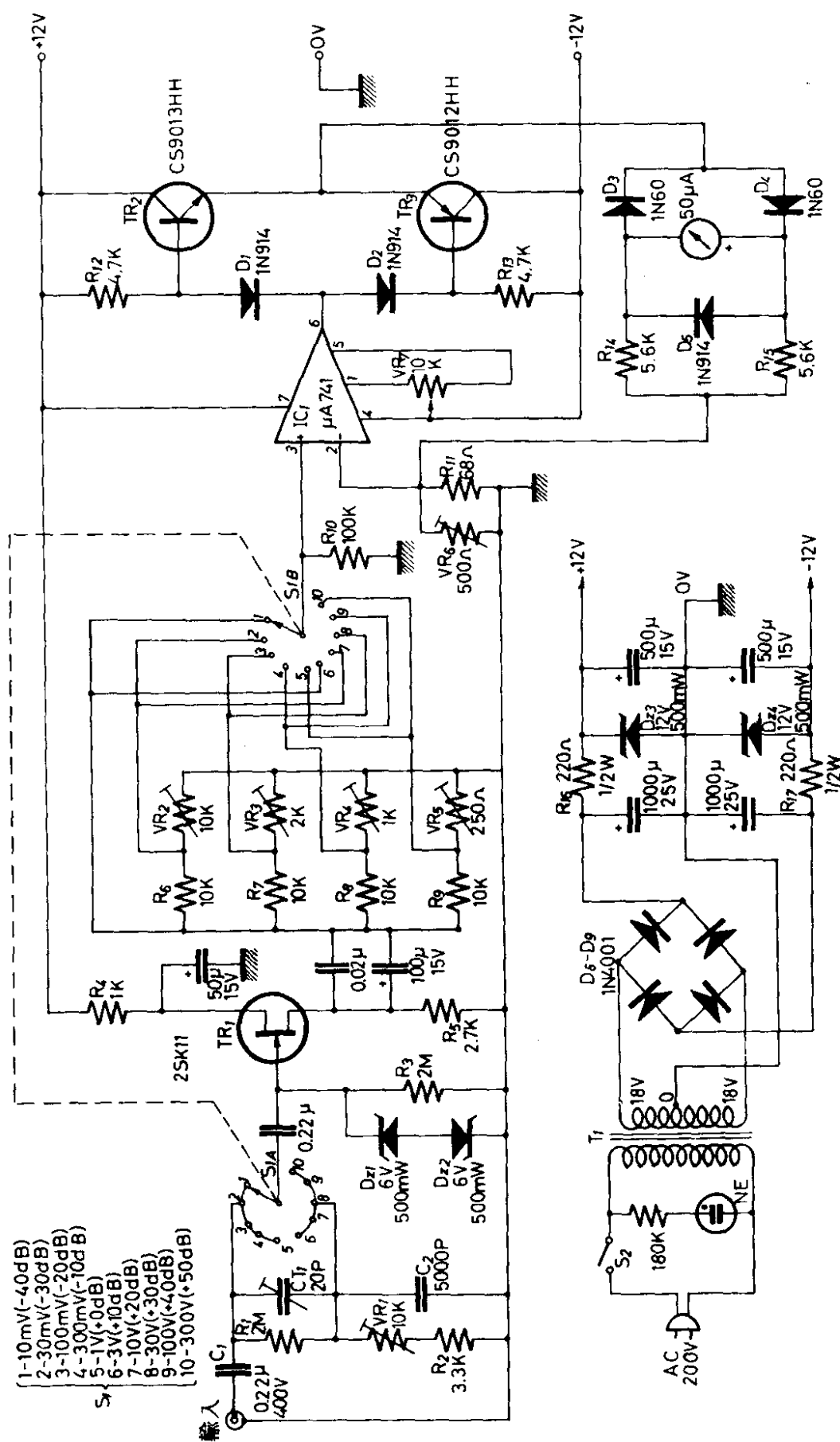
用音頻訊號產生器配合交流 (AC) 毫伏表，能測量擴音機的頻率響應、靈敏度、級間增益；配合電阻箱更能測量輸入阻抗和輸出阻抗。此外對測量唱頭或錄音頭的輸出電壓等也很合用。

現在介紹給讀者試製的晶體管交流毫伏表採用場效應晶體管 (FET)、運算放大集成電路及晶體管互補放大器，電路比較新穎。

本儀的放大級增益很高，開環增益（無回輸時）可達30,000~50,000。故可以加入大量負回輸，使電路工作穩定，失真度減小，綫性度佳，同時頻率響應十分平滑，減少不同頻率的電壓誤差。

電路原理

圖一是本儀的全電路，圖中的三角符號代表運算放大器，爲了降低放大器的輸出阻抗，提高電流增益，故在 IC_1 之後加入了一組全對稱的互補放大器。二極管 D_1 、 D_2 給 TR_2 、 TR_3 提供一定的偏流，同時還起溫度補償作用，其原理和一般OTL放大器的二極管一樣。整個放大器開環時，其電壓增益基本上和 IC_1 本身的電壓增益一樣，是極之高的。負回輸由放大器的輸出通過電流表頭和整流電路接至 IC_1 的反相輸入



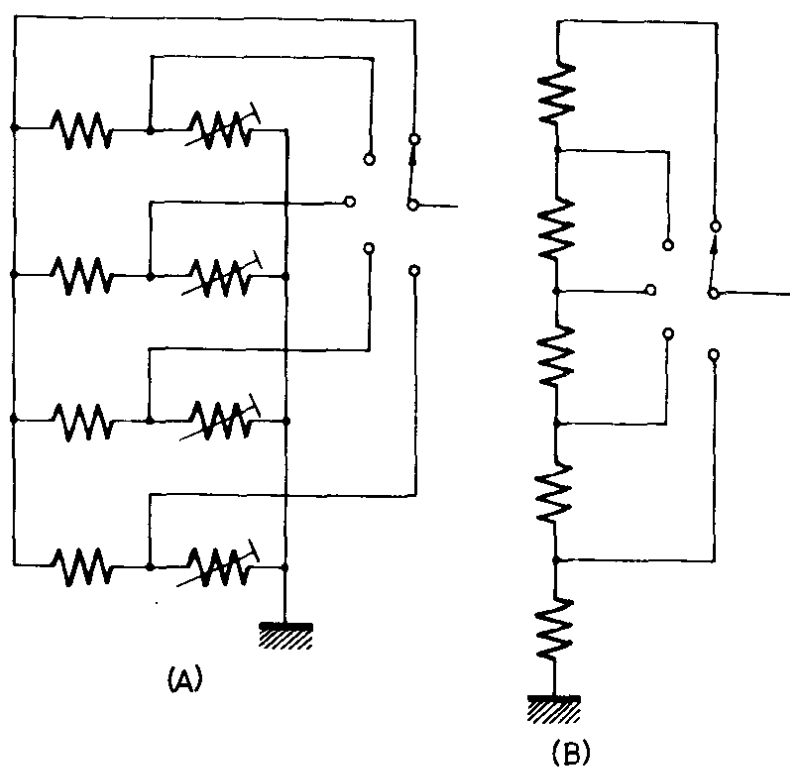
圖一 晶體管交流毫伏表

端，負回輸量由 VR_6 和 R_{11} 並連後的阻值所控制，由於負回輸量頗大，故能把 D_3 和 D_4 的非綫性特性加以修正，電流表表面的刻度就能保持綫性。

訊號由 IC_1 的同相輸入端注入。由於 IC_1 的輸入阻抗不夠高，訊號在輸入 IC_1 之前先經一級阻抗變換級，這一級採用結型場效應晶體管，這種場效應晶體管的輸入阻抗非常高，其工作特性曲綫和五極電子管差不多。在場效應晶體管的閘極輸入訊號，由源極輸出訊號，情形和電子管的屏極接地電路一樣，輸出電壓雖然略為比輸入小（即沒有電壓放大作用），但是輸出阻抗很低，它能匹配分壓檔和 IC_1 的輸入阻抗。場效應晶體管的閘極不比電子管柵極的結構那麼堅固，假如在使用本儀器時，不慎把毫伏檔誤輸入較高電壓（例如幾十伏或百餘伏），很容易使場效應晶體管的閘極受損毀，故此在場效應晶體管的閘極電阻上並連了兩隻反方向串連的然納二極管，每隻然納二極管的電壓為 $6V$ ，該等然納二極管的順向降壓為 $0.6V$ ，兩隻然納二極管反向串連後的然納電壓為 $6.6V$ 。有了然納二極管並聯在 TR_1 的閘極電阻之後，當輸入電壓大於 $6.6V$ 時，然納二極管就導通，把輸入訊號電壓限制於 $6.6V$ 之內，這樣，場效應管就受到保護，雖然如此，在使用本儀時仍要小心，盡可能在測量未明數值的電壓時，將電壓選擇掣 S_1 擲在高電壓檔，發覺讀數太小時，才旋至較低的電壓檔。

凡裝過電壓表的讀者，都會發覺找尋那些阻值零碎而要求準確的電阻實在十分困難，因為在許多零件店都不易購買得到。即使用串聯或並聯的方法湊足數值，也覺得十分麻煩，因為一般業餘者都沒有精密的電橋以鑒定阻值。

圖二(B)是普通商品交流毫伏表的分壓電阻，各檔的分壓電阻是串連的，阻值既零碎又要準確，在業



圖二

餘條件下不容易辦得到。圖二(A)的方法很適合業餘愛好者裝製，每檔分壓電阻都是獨立的，只要一次過調校妥各半固定電阻之後便可應用。各分壓電阻的阻值不能太高，否則會引起一定的潛佈電容量，對高頻有相當大的衰減，故此，分壓檔電阻每檔是 $10k\Omega$ 左右。爲了簡化分壓開關的刀 (POLE) 數，將分壓檔的輸入並聯（見圖一），四檔（10mV與3V檔不經 S_{1B} 分壓檔，訊號直入）並聯後，總輸入阻抗只有 $2.5k$ 左右，這剛好配合阻抗變換級的輸出阻抗。

輸入端的 C_1 用來隔離直流電壓，因爲遇有測量電子管電路時（例如電子管的屏極），常接觸帶有高壓直流的交流訊號。 C_1 之後是一組分壓器，這個分壓器的衰減量爲300倍，故此 R_1 的阻值較大($2M\Omega$)，加上電路上的潛佈電容量，對高頻訊號就帶來相當的衰減量。爲了補償高頻訊號的損失。在 R_1 上並聯一隻半固定電容器 CT_1 ，只要符合 $CT_1 \cdot R_1 = (R_2 + VR_1) \cdot C_2$ ，音頻範圍內的頻率響應就能保持平直。