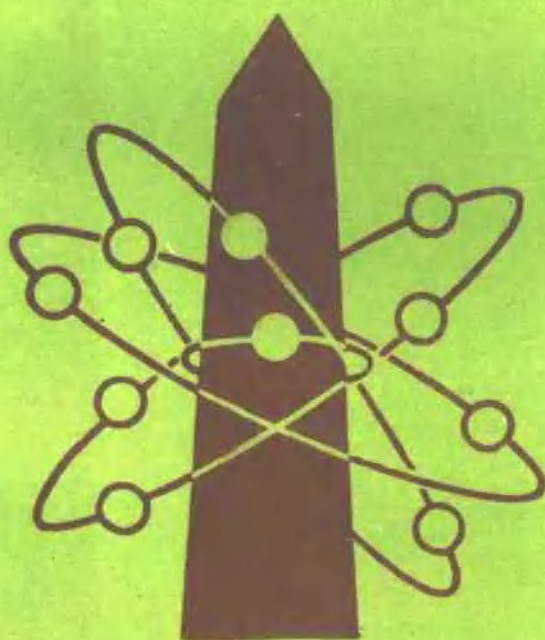


科學圖書大庫

圖解基本電子電路

(下 冊)

譯者 蒙啓馨 校閱 張去疑



徐氏基金會出版

科學圖書大庫

圖解基本電子電路

(下 冊)

譯者 蒙啓馨 校閱 張去疑

徐氏基金會出版

美國徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員

編輯人 林碧鏗 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國五十九年九月十五日初版

中華民國六十一年五月廿七日再版

圖解基本電子電路

(下冊)

定價 新台幣三十元 港幣五元

譯者 蒙啓馨 美國空軍電子訓練中心畢業

校閱 張去疑 國立交通大學教授

內政部內版臺業字第1347號登記證

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 臺北郵政信箱53002號 電話783686號

發行人 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 林碧鏗 郵政劃撥帳戶第15795號

印刷者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段151號 電話979739號

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積蘊意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再邀承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧輝氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有教無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分爲：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，國文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分爲譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當爲該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，磨卽出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

原 序

這是圖解基本電子電路 (*BASIC ELECTRONIC CIRCUITS*) 手冊之下冊，其中所包含的材料乃是基於在 Arborfield 皇家電氣及機械工程學會 (ROYAL ELECTRICAL AND MECHANICAL ENGINEERS) 之電子工程學校 (School of Electronic Engineering)，及皇家空軍技術訓練司令部 (Technical Training Command of the ROYAL AIR FORCE) 之聯合訓練需求下撰寫而成的終結第二部份。在和皇家空軍 (R. A. F.) 謹慎訂定初步計劃和台卡雷達公司 (DECCA RADAR LTD.,) 最後校對後，全集撰寫工作，即交由在 Arborfield 處一個專門的電子訓練調查小組 (Electronic Training Investigation Team) 和技術出版公司 (THE TECHNICAL PRESS LTD.) 編輯人員在密切合作情況下，共同担任。

本集上下兩冊原稿，在付印前，由於遵從數十位專家和在電子工程界實習教官們的建議和指教，至少改寫了三次。手冊內容及插圖均係送請他們鑑定過的。下冊的準備工作因得到台卡雷達公司技術發行負責人 (Head of Technical Publications, DECCA RADAR LTD.,) 及皇家空軍技術訓練司令部 (Technical Training Command, R. A. F.) 的詳細改良建議而更具獨特的價值。

下冊之插圖幾乎全部都是 Arborfield 皇家電氣及機械工程學會學校 (R. E. M. E. School) 繪圖人員所繪製，非技術方面的則由技術出版公司之藝術部 (Art Department of THE TECHNICAL PRESS.) 支援。



本叢書之目的，乃要以插圖及解釋的方式來說明在電子工程各部門中，用途最廣的代表性電路之主要“家族”。儘其所能，我們很仔細地以正規化來表達每一電路之敘述。在我們所選之一般方式中，我們用一頁插繪基本“家族”電路之線路圖，及電路產生之電壓波形，跟着詳述電路工作情形，另

有一、二頁描述討論中之實用電路。大部份介紹之電路均具有真空管及電晶體兩種類型之插圖及說明。兩冊圖解基本電子電路 (*BASIC ELECTRONIC CIRCUITS*) 課文中每一個註有“實用”字樣的電路，係表示經過連接而試驗過的。用圖中所列數值，均可產生如插圖所示之中間部及輸出部電壓波形（然而，應注意是這些指定給波形的特定電壓位準，勿論是在課文或插圖中，所討論到的位準，僅能直接應用於實際敘述之電路。即使是在同一“家族集團”裡，它們亦可能和其他電路不同）。

在介紹每一種電路新家族時以及在叢書中其他相應的地方，均係一些認可及基於基本理論知識的記錄，這些已經是讀者從研讀前面名為圖解基本電子學 (*BASIC ELECTRONICS*) 的手冊時就已獲知者。這一套手冊（共六冊）亦已由技術出版公司 (THE TECHNICAL PRESS) 出版。如將圖解基本電子電路 (*BASIC ELECTRONIC CIRCUITS*) 當作基本電子學叢書的延續來研讀，實是最適合了。但是這一套手冊撰寫的方式是使它在另一名為基本雷達原理 (*BASIC RADAR*) 的手冊中亦佔有其合理的地位。

連同最初五冊基本電學 (*BASIC ELECTRICITY*)：（現已為全大英帝國的學校採做教科書，大部份英國及國際商工團體和聯邦軍隊等所採用）。全部共同核心計劃，形成了一種最新的基本技術訓練插圖課程。



圖解基本電子電路 (*BASIC ELECTRONIC CIRCUITS*) 叢書主要的目的乃是協助我們訓練那些想成為修護階段電子技術人員的學徒或新兵們。

但是另外尚有一個同等重要的目的。即使合格的電子工程師，要想將本叢書所涉及的三、四十種基本電路之工作細節，全部記於腦海中，將是非常困難的。當然他會記住電路的工作原理；但是常常有些時候，在他的工作過程中，他會需要更進一步記起一些電路元件，或者一些作特殊腳色使用的元件典型數值。我們亦希望本叢書包含的範圍，能使它成為更高階層人員們的一種非常便利的參考書籍。

目 錄

(下 冊)

原序.....	III
第一章 簡介.....	1

時 基

第二章 什麼叫做時基 (Time -Bases).....	3
第三章 時基控制.....	9

靜電式偏掃時基電路

第四章 時基是怎樣產生的：靜電式偏掃.....	17
第五章 恆流充電裝置.....	21
(a)五極管鋸齒波電壓產生器.....	26
(b)“靴拔作用”(Bootstrap Action)及靴拔鋸齒波電壓產生器 (Bootstrap Sawtooth Voltage Generators).....	35
第六章 米勒時基產生器 (Miller Time Base Generators).....	55

電磁式偏掃時基電路

第七章 時基是怎樣產生的：電磁式偏掃.....	77
第八章 電磁式偏掃電路.....	83
(a)RCR 電路.....	83
(b)米勒帶梯階電路.....	90

計速光標脉波標記 (Strobe Pulse Markers)

第九章 什麼叫做計速光標.....	97
第十章 計速光標脉波產生器.....	99
(a)“長尾聯”電路 (Long-Tail Pair Circuits).....	105
(b)複振式電路 (Multiar Circuits).....	113
(c)幻形複振器電路 (Phantastron Circuits).....	118

VI

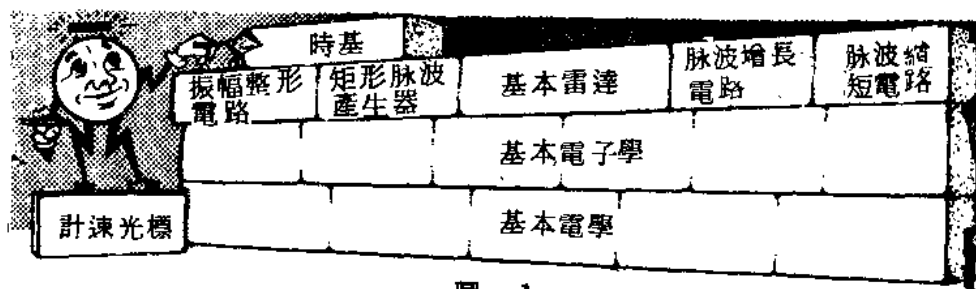
第十一章 移相計速法	127
------------------	-----

鏈接電路 (Linking Circuits)

第十二章 鋸齒波產生器及計速光標脈波產生電路間之鏈接電路	137
索 引	145

第一章 簡介

圖解基本電子電路下冊分為兩個不相等的部份——較長的第一部份是講時基線，這部份電路所產生的電壓及電流波形，可以滿足時基的需求；較短的第二部份，是解說計速光標的性質及用途，和產生這種計速光標電路的工作情形。



圖—1

時基及計速光標在電子學中用得很廣。例如，在陰極射線示波器中，時基最為重要。在電視機，雷達顯示部份，及許多民用和軍用電子設備之主要元件——陰極射線管中，你常會發現這一類電路。它們的用途，是要產生一種電壓或電流，使光點迅速拂過螢光幕之幕面，然後，再以極快之速度，馳返 (Fly back) 至其起始點。

有時，這類電路自己即可產生一串電壓或電流拂掠——及——馳返偏掃信號，勿需另外之輸入。這類時基產生器，稱為自發式。是屬於馳張振盪器這一電路家族系列。

另一種時基產生器，僅產生單一拂掠——及——馳返偏掃信號，係在有所謂觸發脈波或激勵脈波，加至產生器時，才有輸出。這兩式產生器間之差別，主要在實際應用上。

計速光標係一種用來詳細觀察或指示偶發事件往復循環特定部份之脈波。例如，在雷達中，這類“偶發事件循環”可能是一連串時基波形的產生。在這些往復時基波形每一週期特定瞬間所產生之脈波，可以用來指示雷達指

2 圖解基本電子電路（下冊）

示器陰極射線管幕面上所顯示的特定目標距離。

這種脈波稱為計速光標。通常係與一控制器聯用，工作人員轉動控制器，即改變時基起始點及光標脈波間之定時作用。這種時間延遲可以轉換成指示目標距離之碼值，然後從適當的校準距離刻度板上，將之讀出。

計速光標亦可作許多其他的用途——例如，偵測接收信號之頻率和距離，測量接收信號所含許多不同頻率中之個別頻率。它們甚至可用以測量一段已消逝時間中，信號頻率所產生之偏移量。

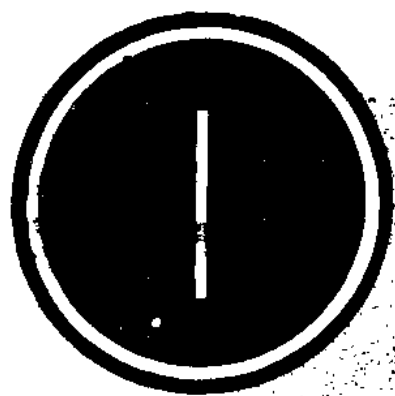
但是，計速光標必須等到你先學過時基以後，才能開始。因為，一波形之任一部份，如不先產生波形顯現之時基，即無從觀察或指示。所以，你現在對於什麼叫做時基，它們作什麼用，如何控制它們，和需用那一種電路來產生你所預期的時基等等問題必須先要了解。

第二章 什麼叫做時基(Time Base)

在基本電子學第四冊中，你已學過，電子电路中，任一點之電流或電壓波形的正確圖形，都可以在陰極射線管螢光幕上將之顯示出來。

如果將靜電式陰極射線管Y偏掃板之一塊接地，另一塊接至一直流電壓時，你首先看到幕面上的光點，會沿垂直方向移至一新的位置——向上或向下移，須視所施電壓之極性而定——然後即靜止不動。

第二，當Y偏掃板所施係一交流電壓時，顯示的情形有何變化，你已考察過。因交流電壓振幅，從零至最大正值，然後向下至最大負值的變化，是連續的。故陰極射線管上的光點，係垂直向上移至最大正值，然後向下移至最大負值，再回至零點——祇要交流電壓繼續存在，光點亦繼續不斷的移動。此時，在陰極射線管螢光幕上之顯示，將係一條在幕面中央上下移動之垂直線條，移動之距離或線條之長短，視所施電壓之最大正值及最大負值之大小而定。



無時基時，交流波形在
陰極射線管螢光上
之顯示。

如果你僅著重於巔值振幅之值，這一顯示已能滿足；但是，如果你想研究波形形狀或測量一週中任一點之振幅時，僅憑這種顯示是不行的。要想測量波形形狀或波形任一點之振幅，你不僅祇是要制止光點在原處上下跳動，同時要使之按另一種量——即時間量——運動的方式，向側橫過幕面而移動。

使光點橫越陰極射線管螢光幕而偏掃之輸入，如以時間的關係來下一定義，即稱為時基 (Time base)。光點橫越螢光幕偏掃時，所畫出來之線條，稱為拂掠 (Sweep) 或光跡 (Trace)。當沿拂掠長度疊加上表示輸入信號電壓位準變化之上下運動時，即產生波形之顯示。

時基直綫度

你知道表示一已知電壓或電流隨時間消逝而變化的情形，最簡單的方法，就是畫一刻有時間單位之水平軸（或 X 軸）及刻畫有電壓單位之垂直軸（或 Y 軸）的座標圖。然後測量連續時間間隔之電壓，將結果繪於座標中，再將之連接起來，即得出一條曲線。你也知道，在大多數情況中，當 X 及 Y 軸兩者之刻度均為直線（非對數或其他方式）時，解說合成曲線或波形之變化更為容易。

當一波形顯示於示波器上時，光點在垂直方向之偏掃，按正常狀況，必須直接與被觀察電壓或電流之振幅成正比，而其橫的偏掃則直接比例於時間。假設用以使電子束偏掃之方法，係使其偏掃量直接比例於控制電壓或電流之振幅，沿 X 軸之偏掃對時間而言係成直線關係，則偏掃電壓或電流本身之增加（或減少）必和時間成直線變化。

產生此種結果之偏掃電壓或電流，即謂之直線時基。



圖—3

許多電子應用中均係採用直線時基，但最重要的是，光點橫越陰極射線管運動之偏掃率，整個拂掠必須均等，此種均等的偏掃率極為重要。草率的偏掃，會使光點橫越螢光幕時的速度，忽快忽慢，造成一不能滿足疊加波形測量和考察所需之光跡。

現在，再重提一下你在基本電子學第五冊中所學過的，兩種不同之光點偏掃方法：

靜電式偏掃

將相位相反的對稱變化電壓施於陰極射線管頸部兩塊水平偏掃板而使光點偏掃的方法；

電磁式偏掃

使一振幅變化之電流流經兩相互垂直的偏掃線圈以獲得偏掃的方法。

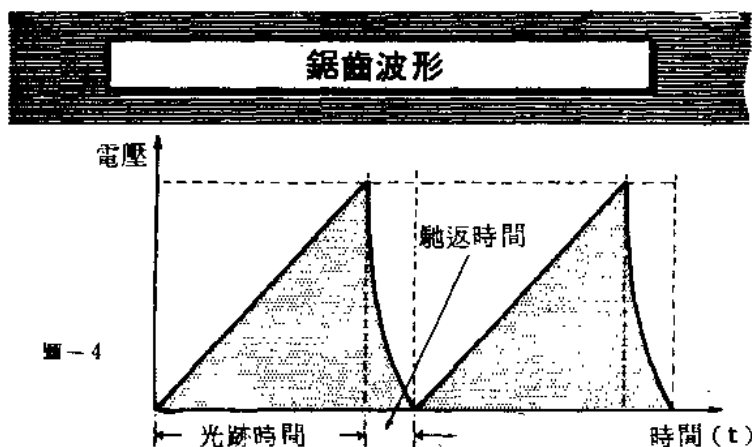
在本書第一部份中，你將會了解，如何利用這兩種方法，產生良好之直線時基。當你在雷達及電子方面的經驗增長時，在某些情況中你會偶然碰到，非直線時基（例如螺旋時基）也很有用。但這種時基，非本書討論之範圍。

“鋸齒” 波形

具有下列預期特性之波形，均可產生滿意之直線時基：

1. 波形（產生穩定時基）上昇部份之直線性最佳。
2. 馳返零壓線須迅速（儘快產生另一次時基）。
3. 各週之變化須極均勻。

實際上，理想之波形，如下圖所示：



你如將本頁所示波形，在你想像中擴展為更多週，你將發現其形狀和木匠所用鋸子之鋸齒，極為相似。此種形狀（無論電壓或電流波形）之波形，因此被稱為鋸齒波；能夠產生此種波形者，稱為鋸齒電壓（或電流）產生器。

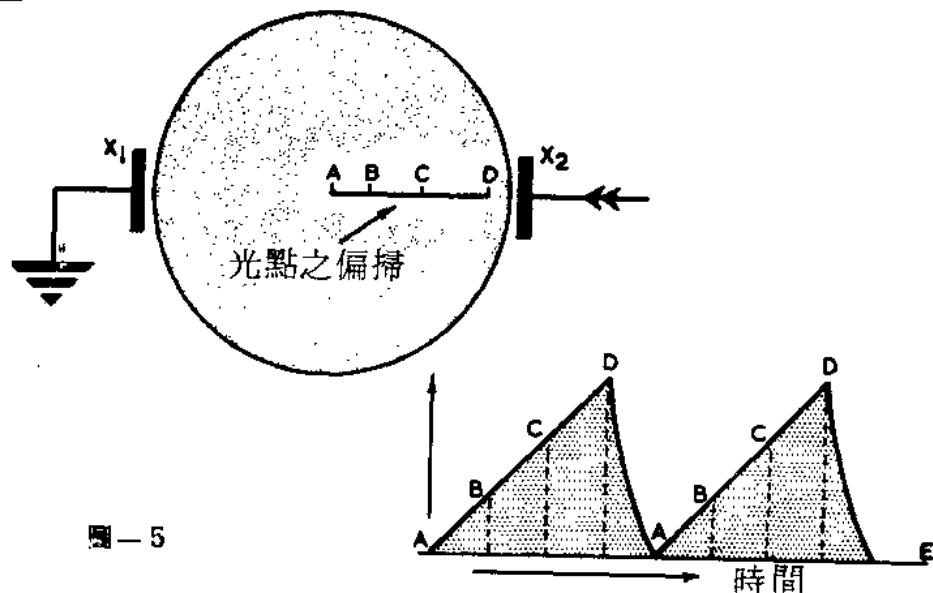
這一電路家族另一名字又叫做鋸齒波時基產生器。

請牢牢記住上圖中這種波形的真正意義，這是一幅電壓如何建立和衰退的圖形。直線上升部份是連接許多分割所得之結果，這些分割即各瞬間之實際電壓。這種成為直線之事實，說明了電壓在上圖所示時間週期內，係按一有規則之比率而上升——例如，電流加上一毫秒後，電壓上升 10 伏，二毫秒後 20 伏，三毫秒後 30 伏，餘類推。

你現在必須了解的是，這種形狀的波形，如何能夠使光點按一有規則之比率，橫越陰極射線管之螢光幕，然後，在一瞬間又使光點回至其開始點。

光跡之直線度如何獲得

你也知道，在陰極射線管頸部之一塊水平偏掃板上，施一以相對一塊水平偏掃板電壓為準而變化之電壓，可使從陰極射線管電子鎗中湧出而奔向螢光幕塗面之電子流，產生水平偏掃（靜電偏掃法）。現在來仔細考察偏掃發生之情形。



圖—5

光跡之直線度如何獲得 (續)

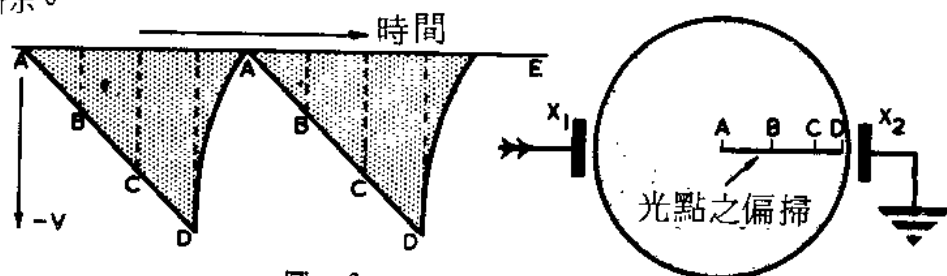
在A瞬間，兩塊X板均係地電位；電子束完全沒有偏掃；光點停留於螢光幕中心之A點。但在B瞬間時， X_2 偏掃板變得較 X_1 偏掃板稍正，電子束受到一吸引力之作用而移至B點。在C瞬間，上昇電壓產生之拉力更強，光點更加移向 X_2 ；至D瞬間時更向前移——此時，正電壓忽然全部移去，吸力消失，光點馳返A點。

但是要注意，螢光幕面上，A、B、C及D各點間之距離，並不均等。換言之，雖然施於 X_2 板者確係一直線鋸齒波電壓，但光跡本身並非直線。

理由是，不但是電壓本身上昇時，電壓作用於電子流之吸力增加，而且當電子束及X偏掃板上之正電荷間之距離減少時，此吸力亦隨之增加。換言之，電子束愈靠近偏掃板，板上電壓所產生之吸力愈強；光點之偏掃度愈大。

所以，顯然的，在確信良好之鋸齒波輸入能够產生一良好之直線時基拂掠以前，尚需多添一點東西。

假使現在將 X_2 偏掃板之電壓切斷而將之接地，同時在 X_1 偏掃板上施一良好之負行鋸齒波電壓，以代替 X_2 偏掃板之正行電壓。發生之情形如下圖所示。



圖—6

此時，負行輸入波即產生一斥力作用於電子束之電子，而將它們推向 X_2 偏掃板。

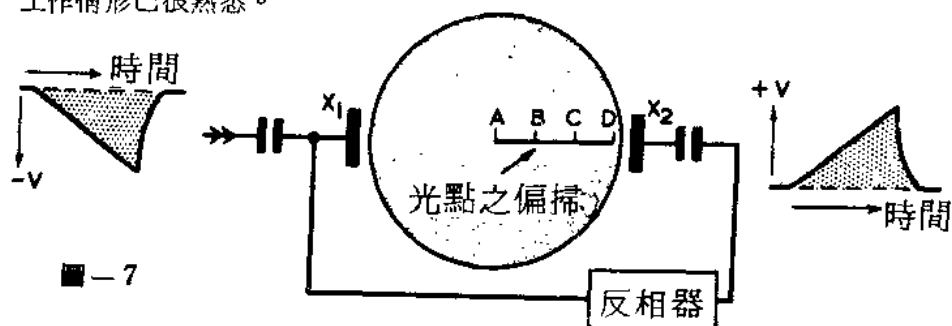
又因，電子束在A點時，較在D點更接近負行輸入，故受到之斥力較強。因此上圖中AB點間之距離，較CD點間之距離為大。

你將看出，此一失真，和你在上頁所碰到的，AB點間的距離較CD點間的距離要小些的情形，恰恰相反。如果能够找出一種使兩種相反失真互相抵銷的方法，即可獲得一非常直線的光跡。

這種失真之抵銷，作起來非常簡單，祇要在 X_2 偏掃板上施一正行鋸齒

波電壓，同時在 X_1 偏掃上施一振幅相等而且與其同步之負行鋸齒波電壓即可。

換言之，陰極射線管幕面上，如果想獲得一良好之直線光跡，則必須分別在兩塊 X 偏掃板上，施以兩個同步，而相位彼此相反的鋸齒波電壓。下圖所示，即為獲得此種電壓之電路——在基本電子學第二冊裡，你對反相器的工作情形已很熟悉。



注意，當陰極射線管中 X 偏掃板物理位置之安裝接近管面時，上述失真之影響，可以被接受而勿需修正；所以有時，你會發現，鋸齒波電壓僅施於 X 偏掃板中之一塊上。但是為要時基顯示準確，兩 X 偏掃板必須供以反相之電壓；且已假定以後所有電路中，均係確實照此實行。