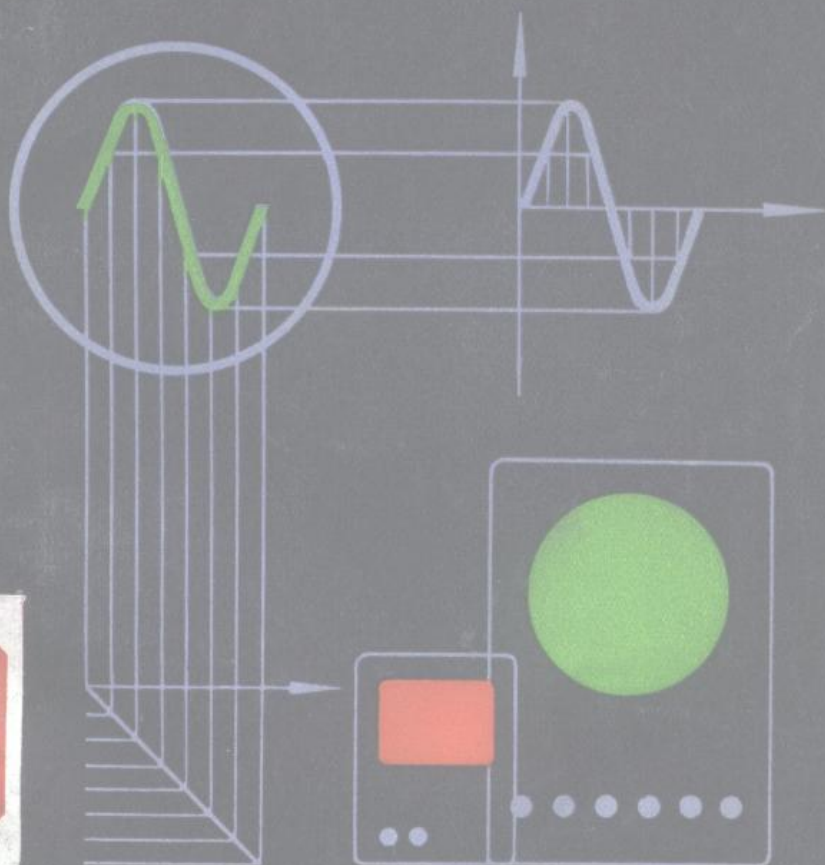


微波原理与检修

秦金和 编著

Shi bo qi Yuan li Yu Jian xiu



79.88
457

示波器原理与检修

秦金和 编著

1106835

人民邮电出版社

075.1/06
内 容 提 要

本书介绍示波器的原理、使用和障碍检修方法，作者根据多年从事示波器维修工作的经验，比较详细地介绍和分析了SB-10型示波器的结构原理、使用方法和常见故障检修方法。对于SBT-5型示波器，则着重结合它的特点作了分析和介绍。

本书的内容通俗易懂，联系实际应用，可供使用、维修示波器的广大读者阅读参考。

示 波 器 原 理 与 检 修

秦金和 编著

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 1978年8月 第 一 版
印张：4 16/32 页数：72 1978年8月河北第一次印刷
字数：100千字 插页：2 印数：1—97,000 册

统一书号：15045·总2251-无650

定价：0.40 元

前 言

示波器是一种用途广泛的电子测量仪器。现已越来越多地应用于生产、科研和教学实验。随着我国国民经济和科学技术的迅速发展,示波器的应用将更加广泛,更加普及。

示波器的种类很多,功能也各不相同。但是使用最普遍的是通用示波器,其中又以单踪单扫描的通用示波器最为常用。因此本书选用 SB-10 型和 SBT-5 型的单踪单扫描示波器为典型,分别介绍它们的基本结构原理和使用方法,并以 SB-10 型示波器为重点,详细分析各种常见故障的原因及检修方法,这些对于分析和检修其他类型的示波器一般来说也是适用的。

本人多年来在维修示波器的实践中,深深感到正确掌握示波器的调整使用方法,学会修理技术,对提高工作效率,提高设备利用率,迅速准确地完成测试任务,是很重要的。因而本人利用工作之余,把个人的一些实践和体会编写出来,供有一定电子电路基础的同志使用或修理示波器时参考。

在编写过程中力求简明扼要,通俗易懂。初稿完成后,曾在校内电力、自控等专业及有关短训班教学试用,并征求意见,又作了力所能及的修改和补充,但是由于本人水平有限,缺点错误仍然难免,欢迎读者批评指正。

本书的编写工作是在我院党委的关怀下进行的,并得到工业电子学教研室同志们的大力支持,特别是林家瑞,陈婉儿两位老师在百忙中抽时间审稿。高洁同志也帮助做了不少工作,在这里谨表示感谢。

编著者 1978.1
于华中工学院

目 录

第一章 SB-10 型示波器的原理及使用方法	1
第一节 结构原理	1
一、阴极射线示波管	2
二、X 轴偏转系统	10
三、Y 轴放大系统	17
四、电源	25
第二节 使用方法	25
第二章 SB-10 型示波器的故障及检修	29
第一节 检修的一般方法	31
一、检修前须知	31
二、故障部位的大体判断	31
第二节 电源部分常见故障及检修	33
一、机壳带电	33
二、加不进电源	35
三、保险丝熔断	36
四、直流负载短路	38
五、直流负载开路	40
六、变压器的故障	41
第三节 移位、亮度、聚焦常见故障及检修	50
一、移位失调	50
二、亮点暗淡	53
三、聚焦不良	54
第四节 Y 轴放大器常见故障及检修	56
一、放大器无输出	56

二、放大倍数减小	58
三、放大器的失真	59
四、放大器受到干扰	63
第五节 X 轴系统的故障及检修	66
一、锯齿形电压的非线性失真	66
二、放大器受到干扰	68
第六节 其它故障及检修	69
一、波形跳动	69
二、整步无效	71
三、消隐不良	72
四、试验电压无输出或输出正弦波失真	72
五、波段开关松动, 分档不明	72
第三章 SBT-5 型示波器的原理及使用方法	78
第一节 结构原理	81
一、原理方框图	81
二、X 轴偏转系统	81
三、Y 轴放大系统	97
四、时标及比较信号产生器	102
五、电源及显示电路	104
第二节 使用方法	109
一、面板各旋钮的作用	110
二、脉冲信号的测量	114
第四章 SBT-5 型示波器常见故障及检修	116
第一节 X 轴偏转系统故障及检查方法	117
一、单稳态触发器和扫描电路故障的判别	117
二、触发信号输入和单稳态触发器故障的判别	118
第二节 高频高压系统故障及检查方法	119
一、高频高压低落及其常见故障的检修	119

二、高频高压振荡器故障的检查判别	120
第三节 时标故障及校准	122
附录一 SBT-5 型示波器的主要元件位置	123
附录二 SBT-5 型示波器各系统的电压及波形	126
附录三 示波管型号命名的意义及管脚的识别	132
附录四 普通示波管的参数	133
附录五 常用电子管型号命名的意义及管脚的识别	134
附录六 示波器常用电子管的管脚编号及一般应用 参数	135

第一章 SB—10 型示波器的原理及使用方法

SB—10 型(原新建 175 A 型)示波器,其主要特点是采用连续扫描的方式,适用于观察频率范围较宽的信号波形。除了能直接观察信号动态变化的过程外,还可以用来测定各种电参量,如频率、调幅指数、相位差等。本章主要介绍它的基本工作原理及各部分的作用,同时介绍调整使用的方法步骤。

第一节 结构原理

SB—10 型示波器主要由阴极射线示波管、X 轴偏转系统、Y 轴放大系统、电源等四部分组成。采用的电路有放大电路、脉冲电路、振荡电路等,其原理方框图见图 1—1 (a),电原理图见图 1—1 (b)。

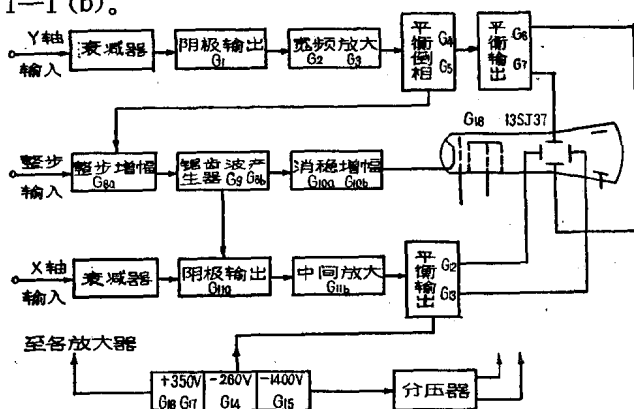


图 1—1 (a) SB-10 型示波器原理方框图

一、阴极射线示波管

示波管是示波器的关键部件，其作用是把待观测的电压信号转换成发光的图形显示出来。示波管主要由电子枪、偏转板、荧光屏三部分组成。

(一) 电子枪

电子枪的作用是产生和发射出一束高速的电子射线射向荧光屏，电子枪包括灯丝、阴极、控制极、第一阳极、第二阳极和第三阳极。结构见图 1—2。

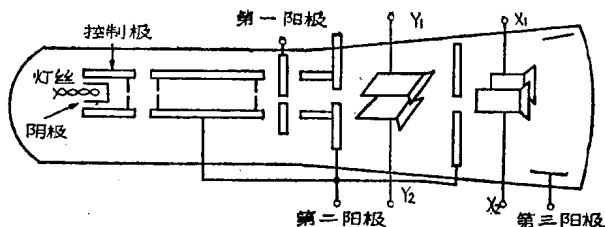


图 1—2 示波管结构示意图

灯丝 一般是通 6.3 伏的交流电压，以加热阴极。

阴极 是一个内径约 3mm 的圆管，包在灯丝的外边。灯丝通电后，使阴极受热而发射电子，阴极射线示波器“阴极射线”的名称，就是由此而来的。

控制极 是一个约 1cm 长的圆筒，包在阴极的外面，中间有一个直径约 2mm 的圆孔，以控制阴极发射出来的电子数。

第一阳极(也称聚焦阳极)是一个直径约 3cm 的圆片，中心有一约 5mm 的圆孔，在第二阳极的第一、第二两部分之间，和第二阳极组成一个电子透镜系统，对电子射线进行聚焦。

第二阳极(也称加速阳极) 由三部分组成，第一部分是长

约 4cm 的圆管，其作用主要是加速从阴极发射出来的电子。第二部分是直径约 4cm 的圆片，中心有个直径约 2mm 的圆孔，它的作用一方面是配合第一阳极对电子射线进行聚焦，另一方面是对电子射线进行加速。第三部分和第二部分的大小一样，固定在 Y 轴和 X 轴两对偏转板之间，它的作用有两个，一是因电子射线通过 Y 轴偏转板之后，受偏转板电位改变等因素的影响，使少数电子离开电子射线束，利用第二阳极的这一部分，可以挡住这些离开电子射线束的电子，不使它们飞向荧光屏。二是由于 Y 轴和 X 轴两对偏转板之间不可避免的存在分布电容，特别是在频率较高时会互相影响，所以在两对偏转板之间，增加了这一部分作为静电屏蔽。为了避免屏蔽部分和两对偏转板之间存在电位差而产生静电场，影响示波管的正常工作，所以该部分与第二阳极的前面部分是同电位的。这样交变量可以通过电容器 C_{46} 旁路[见图 1—1 (b)]。

第三阳极 是在示波管锥体内部涂上一层石墨形成的。它有三个作用，第一，加快经过偏转区后的电子射线束的速度，使电子射线束获得更大的能量，以便轰击荧光屏后获得足够的亮度。第二，回收因电子射线以很高的速度射向荧光屏后而产生的二次电子。第三，因第三阳极是在示波管的整个锥体内，还可以起到屏蔽作用，使电子射线不受外来强电场的干扰。

(二) 偏转板

偏转板有两对、靠近电子枪的一对是 Y 轴偏转板(或称垂直偏转板)，另一对是 X 轴偏转板(或称水平偏转板)。偏转板的作用是使电子束按一定规律上下左右移动，如果没有偏转板的控制作用，亮点只能停留在荧光屏中间。

(三) 荧光屏

它是用发光材料——荧光粉涂在玻璃屏的内壁形成的。电子束轰击荧光屏使它发光，显示出被测信号的图形。荧光粉的材料不同，荧光屏的发光颜色也不同，通常有绿、黄、蓝、白等色。

当电子束停止轰击后，因荧光粉的发光作用要经过一段时间才停止，这段时间叫作余辉时间，或称延续发光时间。一般分长余辉、中余辉和短余辉三种，SB-10 型示波器所用的示波管是属于中余辉管。观测频率较低的信号时，用余辉时间较长的示波管；观测频率较高的信号时，用余辉时间较短的示波管。

(四) 亮点亮度控制原理

亮点亮度的控制是通过改变控制极和阴极之间的电位差，控制通过控制极的电子数目而实现的。如控制极电压负值越大，控制极和阴极之间电位差越大，通过控制极圆孔的电子数目就越少，荧光屏上亮点较暗，相反的如两极之间电位差小，通过控制极圆孔的电子数目就越多，荧光屏亮点就越亮。

图 1—3 表示示波管各电极的电位分布，图中 W_7 是亮度控制电位器，从图中可以看出，旋动 W_7 使电阻值增大，控制极负电压减小，控制极和阴极之间的电位差也减小，控制极对阴极发射出来的电子数目相应增加，荧光屏亮点的亮度也相应增加。旋动 W_7 使电阻值减小，控制极的负电压增大，控制极和阴极之间的电位差增大，控制极对阴极发射出来的电子的排斥作用增大，使阴极发射出来的电子减少，荧光屏亮点的亮度减弱。电位器 W_7 常称“辉度”或“亮度调节”。

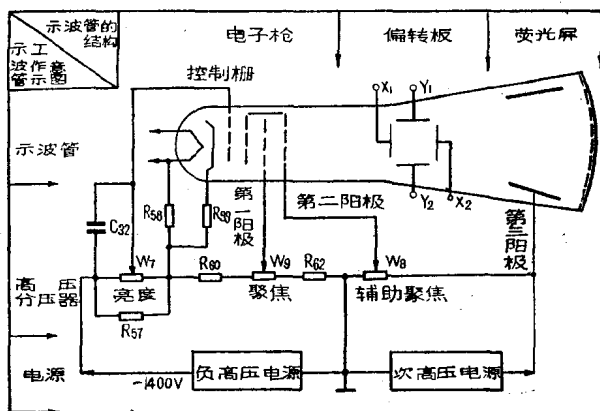


图 1-3 示波管各电极的电位分布

(五) 亮点聚焦原理

示波器亮点的聚焦，是由第一阳极和第二阳极组成的电子透镜系统所产生的静电场来完成的。图 1-4 是亮点聚焦原理示意图。

第二阳极长圆管部分与控制极和第一阳极相比是处于正电位，并有一定电位差。见图 1-3，因此它们之间就有静电场存在，根据电子逆电力线切线方向运动的原理，电子从阴极发射出来以后，进入第一阳极和第二阳极中间部分的静电聚焦区时，受到静电场的作用，从不同方向运动的电子，逆电力线切线方向被迫向示波管的中心方向集中，改变第一阳极和第二阳极之间的电位差，等于改

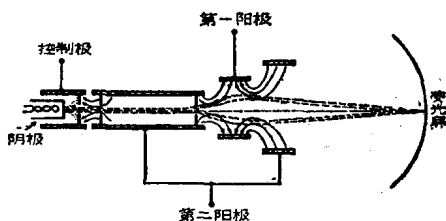


图 1-4 亮点聚焦原理示意图

变静电场电力线的分布,使电子集中,形成一束很细的电子射线,轰击荧光屏时,呈现一点。改变第一阳极和第二阳极之间的电位差是分别调节电位器 W_8 、 W_9 实现的。 W_8 常称“辅助聚焦”调节, W_9 常称“聚焦调节”。

为了减小示波管阴极和灯丝之间的电位差,避免阴极和灯丝击穿的可能,负高压通过 R_{58} 降压加到灯丝,见图 1—3。

(六) 示波器波形形成原理

现在常用的示波管一般是采用静电偏转的方法,所谓静电偏转,就是在偏转板两极板之间加上一定的电压,这样就会在偏转板两极板之间产生静电场。当电子射线通过偏转区时受到电场力作用产生偏转。

1. 偏转板加直流电压

如图 1—5 所示在偏转板上加上直流电压,两块偏转板之

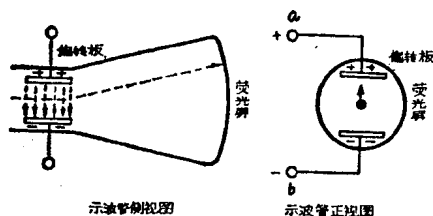


图 1—5 亮点移位原理示意图之一

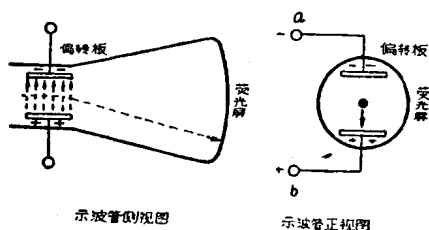


图 1—6 亮点移位原理示意图之二

间产生静电场,电场的电力线方向是由上向下,所以电子射线将向上移动。如果把所加电压极性对换一下,则电场方向相反,电子射线向下移动,见图 1—6。

如果偏转板两极之间电位相等,亮点在荧光屏的中心,见图 1—7。

水平移位的原理与垂直移位的原理相同。

2. Y 轴偏转板加周期性变化电压

如果在 Y 轴偏转板两极板上加周期性变化的电压，两极板间产生交变电场，偏转板之间的电场也将随着周期性

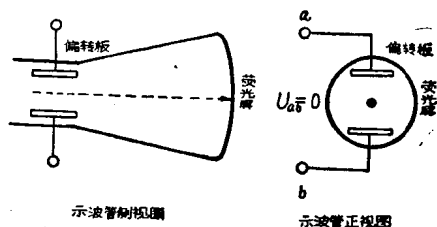


图 1—7 亮点移位原理示意图之三

性电压的变化而变化，电子射线经过偏转板时将受到交变电场的控制。由于荧光屏的余辉和人们眼睛的视觉残留作用，荧光屏上就显示出电子射线周期性运动的轨迹——垂直线。见图 1—8。

3. X 轴偏转板加锯齿形电压

X 轴偏转板和 Y 轴偏转板的作用和原理一样。示波

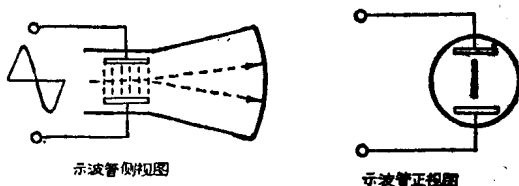


图 1—8 Y 轴偏转板加正弦电压的现象

器观测一个随时间变化的信号波形必须在荧光屏的水平方向显示出—条扫描线。如果在 X 轴偏转板上，加上锯齿形电压，就能得到水平扫描线。

为了分析的方便，我们把锯齿形电压的一个周期 $t_1 \sim t_4$ 分为三段来讨论，见图 1—9 (a)。

第一段 $t_1 \sim t_2$ ，在这段时间内，锯齿形电压处于正半周，假设偏转板的 a 极处于正电位，b 极处于负电位，亮点向左移动，见图 1—9 (b)。当时间 $t_1 \rightarrow t_2$ 时，锯齿形电压的幅值由正峰值 $\rightarrow 0$ ，偏转板 a b 之间的电位差减小，电场力也逐渐减小，亮点将逐步向荧光屏的中心移动。在时间 t_2 ，X 轴偏转板 a b 之间的电压相等，亮点就处于荧光屏中心，见图 1—9 (c)。

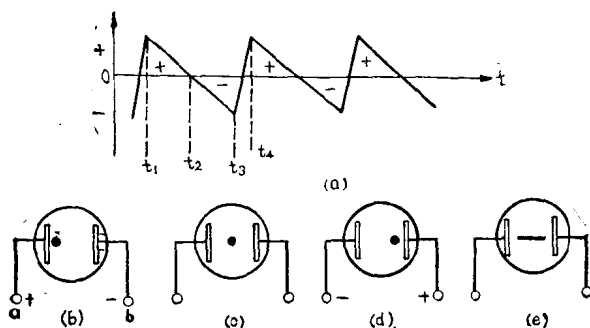


图 1—9 锯齿形电压及扫描线的形成

第二段 $t_2 \sim t_3$ ，锯齿形电压从 0 下降到负半周的峰值，此时偏转板所加电压极性与 $t_1 \sim t_2$ 时间相反，a 极为负电位，b 极为正电位，亮点从中间逐步向右移动。在时间 t_3 ，亮点到达荧光屏右边，见图 1—9 (d)。

第三段 $t_3 \sim t_4$ ，锯齿形电压从负峰值瞬时上升到正峰值，亮点从荧光屏的右边迅速回到左边，见图 1—9 (b)。

锯齿形电压的一个周期完成一次扫描，如果每秒钟扫描次数在十几次以上，加上荧光屏的余辉作用，我们在荧光屏上就能看到一条水平扫描线，见图 1—9 (e)。水平扫描线的长短与加在 X 轴偏转板上的锯齿形电压幅度有关，电压幅度大，扫描线长；电压幅度小，扫描线短。

4. 波形的形成

如在 Y 轴偏转板加一个变化量，同时在 X 轴偏转板加另一个变化量，在荧光屏上就能显示两个变化量的函数关系。一般在 X 轴偏转板上加锯齿形电压；在 Y 轴偏转板上加被测信号电压。下面具体分析波形的形成：从图 1—10 可见，锯齿形电压从“0”变到“2”，正弦波电压由 0 上升到正峰值，荧光屏上显示为 0~2 段；锯齿形电压从“2”变到“6”，正弦波电压

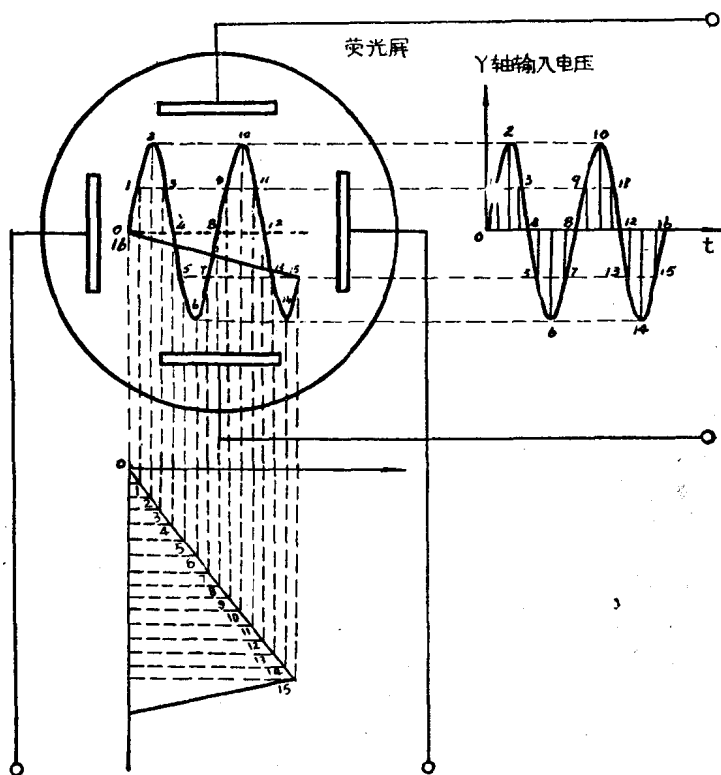


图 1—10 波形形成图解

由正峰值下降到负峰值，荧光屏上显示为 2~6 段；以下依此类推。当锯齿形电压由“15”变到“16”时，电压由最大值回到起始值，完成锯齿形电压的一个周期，而正弦波在这段时间内完成两个周期，因此荧光屏上显示两个完整的波形。

由于锯齿形电压的回扫时间很短，加上还有消隐电路，所以回扫时的图形很暗淡，一般是看不见的。

1106835

二、X 轴偏转系统

X 轴偏转系统由锯齿形电压产生器、消隐、整步、X 轴放大器等电路组成，见图 1—1 (b)。

(一) 锯齿形电压产生器

锯齿形电压产生器由 G_9 和 G_{8b} 两管组成，见图 1—11，其

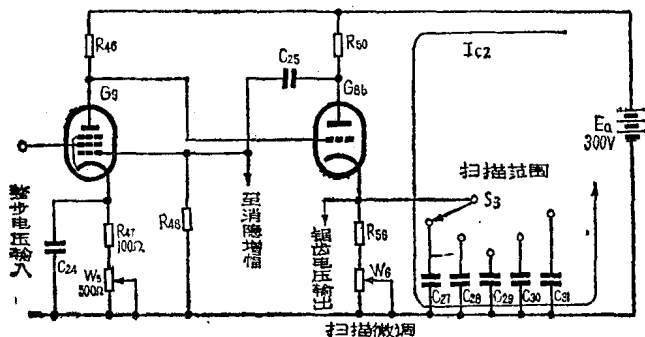


图 1—11 锯齿形电压产生器

工作原理如下：

(1) G_9 导通， G_{8b} 截止， C_{25} 充电

当接通电源后， E_a 经 R_{50} 对 C_{25} 充电，其充电回路见图 1—12(a)。由于充电起始电流很大，在 G_{8b} 阳极电阻 R_{50} 上产生的压降也大，促使 G_{8b} 阳极电压降低；充电起始的电流使 G_9 的栅极获得正栅偏压， G_9 饱和导通，其阳极电流很大，它在 R_{46} 上产生的压降也大，促使 G_9 的阳极电压降低， G_{8b} 的栅极电压也随之降低，因此 G_{8b} 在接通电源的瞬间几乎是截止的。

(2) G_9 截止， G_{8b} 导通， C_{27} 充电

C_{25} 的充电时间常数 $\tau = R_{50} C_{25}$ 很小，因此充电很快结