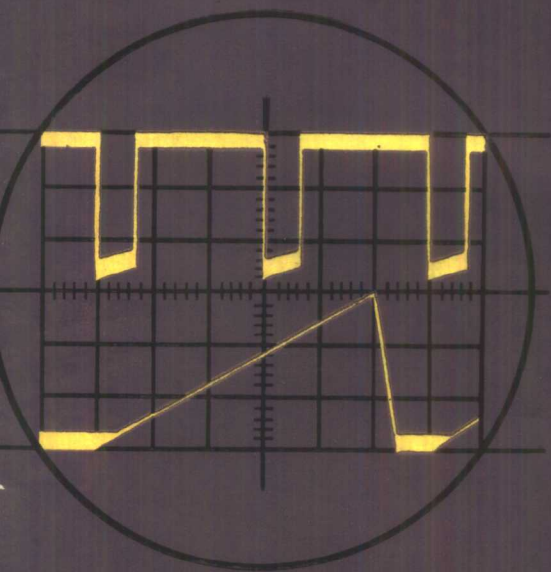


多踪示波与电子开关



李海鹏编著·人民邮电出版社出版

多踪示波与电子开关

李海鹏 编著

人民邮电出版社

多線示波与电子示波

李海鹏 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12月第一版

印张: 2 4/32 页数: 34 1980年9月河北第二次印刷

字数: 4 7 千字 印数: 32,801—42,900册

统一书号: 15045·总2266—无658

定 价: 0.20元

前 言

电子示波器是一种用途比较广泛的电子测量仪器。它可以将各种变化复杂的电、磁量或非电量（需经过非电量——电量转换）以波形图的形式，在示波器的荧光屏上直观地显示出来，供人们对其进行定性、定量地分析、研究和观察，或通过照相的方法加以记录。因此，电子示波器在工农业生产、国防建设和科学实验中的应用日益广泛。

随着电子测量技术的不断发展，产生了许多具有特殊结构或专门用途的电子示波器。多线、多踪电子示波器就是一种应用日益广泛的专用示波器，它除具有普通电子示波器的通用性能外，还可以实现多波形显示，即在电子示波器的荧光屏上同时显示出两个以上互相独立的被测信号的波形图。这种多踪示波器具有很多用途。

在通用电子示波器电路中增设一个电子开关装置就可以方便、简单地实现多波形显示。通常把此种示波法称为“多踪示波法”，把具有这种结构的示波器称为“多踪电子示波器”。

在电子测量工作中，我们可以将电子开关制成一个完整、独立的装置，与通用电子示波器配合，就可以代替专用的多踪电子示波器实现多波形显示。本书将比较详尽地介绍关于这种电子开关装置的结构、工作原理、制作、调试等有关方面的知识，便于读者参考自制电子开关，使通用的普通示波器也能有多踪显示的性能，从而扩大了通用电子示波器的应用范围，发挥更大的效用。

本人虽在这一方面作过一些实践，但是由于实际水平有

限，书中谬误之处实属难免，切望广大读者批评、指正，将不胜感谢。

在本书编写过程中，曾得到永青示波器厂等单位 and 同志的大力帮助和支持，在此深表谢意！

作者

一九七七年十二月于沈阳

内 容 提 要

多踪示波，即在示波器的荧光屏上能同时显示出两个以上互相独立的被测信号波形，这将给电子测量工作带来很大的方便。使用多踪示波器能实现多波形显示，只要加一个自制的电子开关，普通单踪示波器也能实现多波形显示。从而提高普通示波器的使用效能。

本书通俗地介绍了多波形显示和实现多踪示波的方法，比较详细地介绍了电子开关的工作原理和制作、调测方法，可供使用示波器的有关人员阅读参考。

目 录

前言

第一章 电子示波器与多波形显示	1
第一节 通用电子示波器的结构	1
第二节 电子示波器实现多波形显示的意义	3
第三节 电子示波器实现多波形显示的方法	6
第二章 多踪示波装置的结构及工作原理	10
第一节 利用电子开关实现多波形显示	10
第二节 晶体管四踪示波装置的电路及工作原理	18
第三章 晶体管四踪示波装置的制作与调试	39
第一节 元件的选择	40
第二节 晶体管多踪示波装置的调试	42
第四章 多踪电子开关、示波装置电路实例	53
第一节 双踪、四踪电子开关	53
第二节 晶体管双踪示波装置	58

第一章 电子示波器与多波形显示

电子示波器的多波形显示是根据需要在普通示波法及电子示波器的基础上发展起来的。本章将扼要地介绍通用电子示波器的构造以及电子示波器实现多波形显示的实际意义。

第一节 通用电子示波器的结构

一台通用电子示波器常由数百只阻容元件，数十只电子管或晶体管，若干只电位器、转换开关等元件构成。其电路虽然比

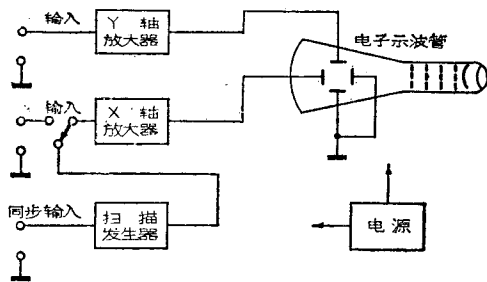


图 1-1

可用图 1—1 所示的方框图表示。

一、电子示波管

电子示波管是电子示波器中的重要器件之一。它是一个外形很象喇叭状的电子管。由阴极发射出的电子束经聚焦、加速、偏转后轰击在涂有磷光物的荧光屏上，以显示出被测信号波形的可见光图形。由于电子的荷质比很大，一般情况下可以认为电子的偏转将不受惯性的影响。因此，电子示波器所显示的图形能够正确地反映被测信号电压变化的真实情形。

二、Y轴、X轴放大器

由于电子示波管本身的偏转灵敏度比较低，为了保证观测较小幅值被测信号时，在荧光屏上能显示出清晰而有足够幅度的图形，就必须对被测信号进行适当的放大。所以，放大器在电子示波器中是必不可少的。我们分别把接在Y、X轴偏转板上的放大器称作Y轴放大器（亦称Y轴增幅器）、X轴放大器（X轴增幅器）。

为保证不失真地重现被测信号波形，对放大器的要求是比较高的。所以，在电子示波器中，Y、X轴放大器多采用高质量的宽频带放大器。

三、扫描信号发生器

当需要在荧光屏上显示被测信号随时间变化的波形时，必须在电子示波管的X轴偏转板上加一随时间作线性变化的锯齿波电压，以保证电子射线产生与时间成正比的水平扫描，形成所谓X轴扫描基线。这个锯齿波电压就由扫描信号发生器电路产生。

四、电源

电源部分向电子示波管、放大器、扫描信号发生器等电路提供其正常工作时所需要的电能。

另外，为了使荧光屏上所显示的波形稳定，并便于调节波形在荧光屏上的位置及其亮度，清晰程度等，在电子示波器中还设有同步电路；电子射线的亮度、移位、聚焦调节等电路。

现代电子示波器中还增设了触发扫描、时间测量、幅度校准等许多辅助电路，使电子示波器的使用更加方便、应用更加广泛。

第二节 电子示波器实现多波形显示的意义

在电子示波器上实现多波形显示会给电子测量工作带来很大的方便。其主要优点如下：

一、能够正确地显示出几个既相关而又互相独立的被测信号波形之间的时间、相位、幅度关系。以利于对它们进行研究、分析和比较，减小测量误差。

例如，比较两个信号波形间的时间、相位、幅度关系，如图 1—2 所示。

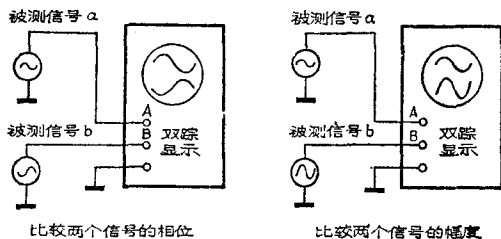


图 1—2

观测某些电路（象传输线、衰减器、晶体管、集成电路、放大器等）的传输特性，

如图 1—3 所示，它可以将原始波形与经过网络后的波形同时显示在荧光屏上，方便地得到测量结果。

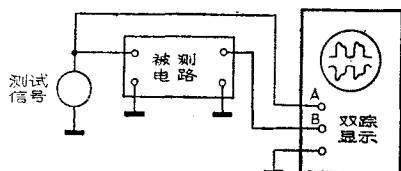


图 1—3

二、能与标准波形进行比较。

例如在生产中，为了保证某些产品电性能的一致性，常需要与标准产品进行比较测量。这时，可将经标准产品的波形作

为标准波形，与被测产品的波形进行比较，从而得出测量结果。如图 1—4 所示。

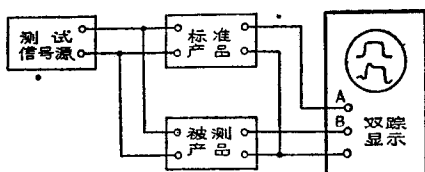


图 1—4

三、能简单地实现两个电信号的“和”、

“差”显示（亦称“代数和”显示）。

例如用它来显示两个矢量的合成与分解运算的结果，如图 1—5 所示。

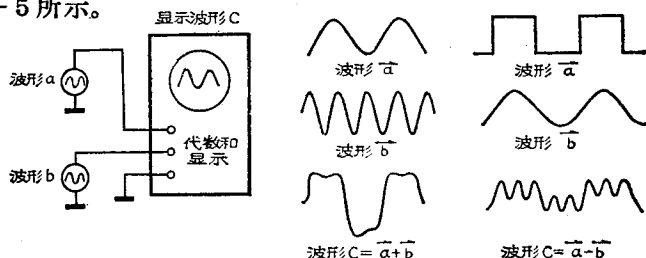


图 1—5

代数和显示在实际中具有某些特殊的应用。例如利用代数和显示可以减小测量过程中的外来干扰，提高信噪比。将杂有干扰的被测信号输入到一个通道上，另一通道只输入上述的干扰信号。然后，利用相位转换开关使两个通道所输出的干扰

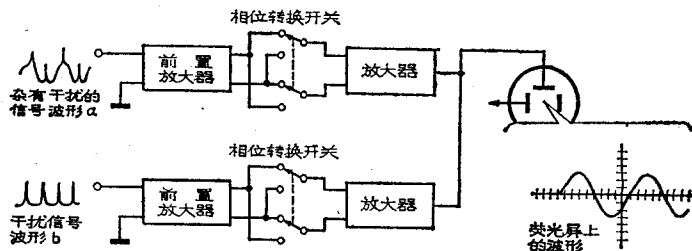


图 1—6

信号的相位恰好相反，即使两干扰信号互相抵消。再仔细地调节，使两通道输出的干扰信号幅度相等，则荧光屏上的干扰信号波形便可被衰减达20倍以上，提高了信噪比。如图1—6所示。

四、简化测量手续，提高测量工作的自动化程度。如果使用普通的单线电子示波器观测多个波形时，就必须测量一次，记录一次；再测量一次，再记录一次。这样接上、拆下，手续复杂还极易产生附加误差。若采用多波形显示就可以一次接好，一次完成观测、记录工作，从而大大地简化了测量手续。

例如，在观测电视接收机中各部分电路各测试点信号波形图时，即可以如此，如图1—7所示。

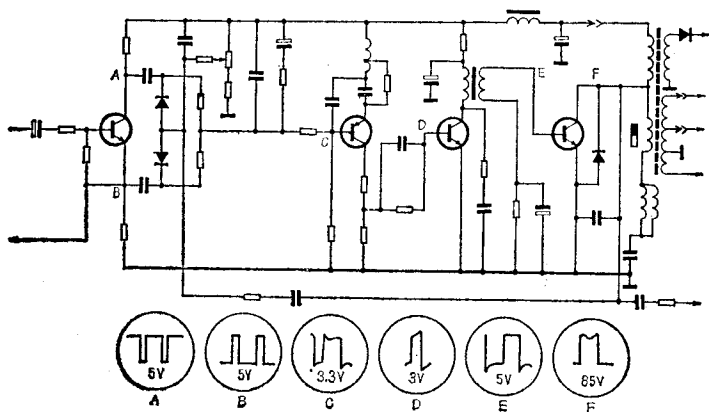


图 1—7

五、可以节省设备。在工农业生产、国防建设和科学实验中，常利用电子示波器作为一种监测仪表，用以监视生产过程是否正常。但在实际上，象这样需要监测的点可能会有很多个，这就必然需要设置对应台数的电子示波器。假若能在同一

台电子示波器上实现了多波形显示，就可节省设备，并减少一定的维修工作量。

第三节 电子示波器实现多波形显示的方法

实现多踪示波一般有两种方法，一是采用多电子枪示波管的示波器（称为多线电子示波器）来实现多线示波；另一种方法是在普通单电子枪示波管的示波器中，加配电子开关来实现多踪（亦称多迹）示波。下面分别进行介绍。

一、多线电子示波器与多线示波法

把多个（通常为2~3个）互相独立的电子枪及偏转系统封装在同一示波管内，并利用同一荧光屏制成所谓多枪示波管，见图1—8所示。或者虽然采用了单电子枪，但电子射束经过一块分隔板后被分成了两束，见图1—9所示。一般把具

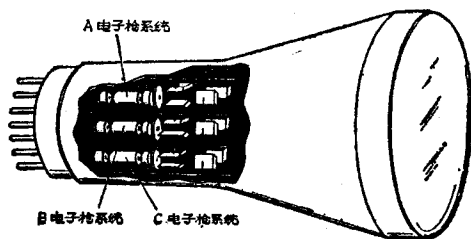


图 1—8

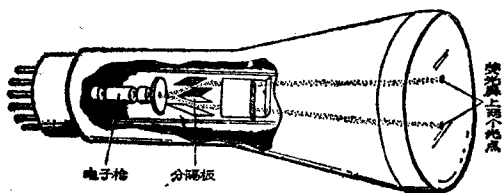


图 1—9

有这种结构的示波器称作“多线电子示波器”，把这种示波法称作“多线示波法”。

图 1—10 给出了多线电子示波器的典型结构。由图中可以看到，多线电子示波器的每一信号通道都必须安装独立而完整

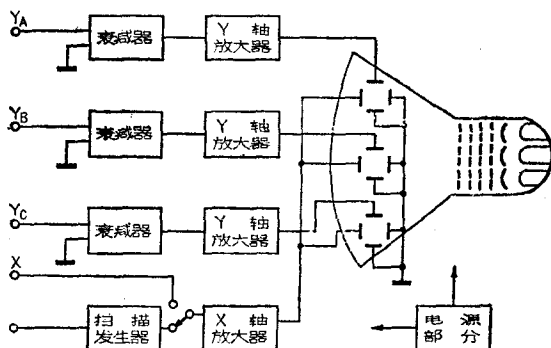


图 1—10

的Y轴放大、偏转系统及电子枪调节系统。因此，它具有的优点是：各通道、各波形之间所产生的交叉干扰比较小；可以很方便地单独调节每一个波形在荧光屏上的位置、亮度、聚焦等；可以显示非周期、非重现信号的波形；所显示出的波形图较明亮而不会产生间断点（系与多踪波相比较而言）；在测量过程中可能产生的附加误差也较小。

但是，由于多枪电子示波管的制造工艺要求较高（例如必须要考虑各电子枪之间的相互干扰；要设法保证各枪水平扫描基线的平行性等等）；电路复杂、元件多，因此成本较高，功耗也大，从而使得它的大量普及应用受到了一定程度的限制。

二、多踪电子示波器与多踪示波法

在普通使用单电子枪示波管的电子示波器上增设一个专用

装置——电子开关来实现多波形显示，这种方法称作“多踪示波法”。

利用电子开关实现多踪示波，可制成专用的多踪示波器，如SBE-7、SBE-10、SR20等双踪电子示波器，SR-2等四踪电子示波器及其它各种多踪电子示波器。多踪电子示波器的典型结构如图1-11所示。从图中可以看出：每一个被测信号

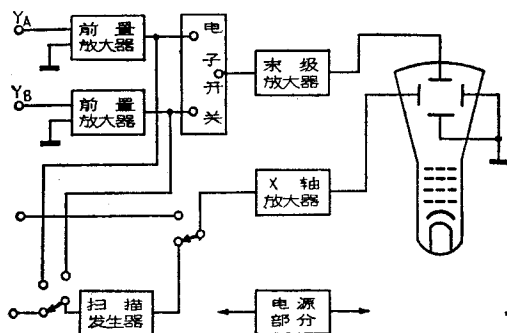


图 1-11

通道都设有独立的前置放大器。因此，各个波形之间所产生的相互影响可以减小。由于电子开关设在示波器内部，所以可非常方便地将其调节在各种工作状态上（如“断续”、“交替”、“代数求和”等，见后面有关内容）。同时，对于电子开关在转换期间的示波管的电子射束容易实现抹迹，从而增加了荧光屏上所显示波形图的亮度，减小测量误差。

也可以将电子开关制成一完整、独立的装置，然后与通用电子示波器配合，实现多踪显示。这种方法对于充分发挥原有通用电子示波器的作用，扩大其使用范围是非常有利的。因此，电子开关作为通用电子示波器的一个重要辅助设备，应用日趋广泛。当然，这种电子开关的性能与专用的多踪电子示波

器比较起来，是有一些差距的。但是，如果不断地提高和改进电子开关的电路设计、精心地制作和调整，它的使用效果还是比较满意的。

第二章 多踪示波装置的结构及工作原理

本章将比较详细地介绍在多踪示波法中所使用的多踪示波装置的结构、转换方式、工作原理及其各种基本电路。

第一节 利用电子开关实现多波形显示

一、电子开关实现多波形显示的原理

图 2—1 为利用多踪电子开关实现多波形显示的原理图。

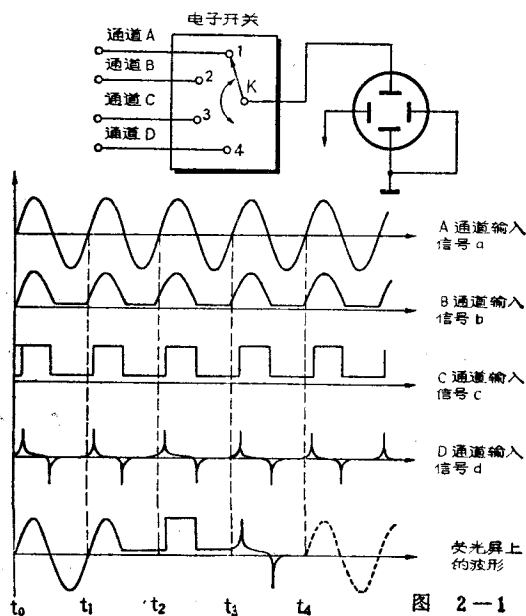


图 2—1