

电子测量仪器原理及应用
王松武
张植朴
编

电子测量仪器 原理及应用

王松武 张植朴 编

哈尔滨船舶工程学院出版社

93
9

哈尔滨船舶工程学院出版社

电子测量仪器 原理及应用

王松武 张植朴 编

哈尔滨船舶工程学院出版社

(黑)新登字第9号

内 容 提 要

本书所介绍的仪器仪表是大专院校、科研单位、工矿企业中常用的电子仪器,具有较强的通用性。全书共分五章,前三章介绍电子电压表、信号发生器、电子示波器等模拟式仪表,后两章介绍数字频率计、数字电压表等数字式仪器仪表。在每一章里,先介绍基本的带有共性的内容,然后以实际的商品化仪器作为机型分析,在分析原理的基础上介绍仪表的使用、维护和校准。在每章的末尾介绍该类仪表的其它组成方案。各章均设有习题,供学习时选用。为适应仪器仪表更新换代的需要,本书还介绍了仪器仪表中采用的新技术、新器件。

本书可作为大中专院校或社会办学教材和供学习电子线路者参阅。它也是工程技术人员的实用工具书。

电子测量仪器原理及应用

王松武 张植朴 编

责任编辑 李英

责任校对 张彦

*

哈尔滨船舶工程学院出版社出版

新华书店首都发行所发行

毕升电脑排版有限公司排版

哈尔滨船舶工程学院印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 12 插页 3 字数 260 千字

1994 年 4 月 第 1 版 1994 年 4 月 第 1 次印刷

印数: 1—1000 册

ISBN 7-81007-434-2

TM·5 定价: 6.50 元

前 言

电子仪器仪表是工程技术人员的基本工具,在工作中经常涉及到仪器仪表的使用、维修和校准。人所共知,对仪器仪表的使用、维修和校准,是建立在熟悉仪器仪表的工作原理基础上的。只有这样才能在使用中得心应手,充分开发其功能;才能对仪表的指标进行测试和校准;才能在维修中很快抓住故障实质。然而仪器仪表所涉及到的知识面极为广泛,包揽了电工基础、电子线路、自动控制、微机原理等各门课程的知识。有的仪器仪表具有声、光、磁、电、机械一体化,要涉及到传感器和其它学科,特别是当代电子仪器,采用一系列新技术、新器件、新工艺。中大规模集成电路、微处理器、A/D和D/A变换器、数据采集器及各类存贮器在仪器仪表中的应用,构成了自动化程度高、功能齐全、智能化仪器。仪器仪表作为一门独立的学科,在科学技术领域起着重要作用。目前,国内外仪器仪表的更新换代相当迅速,如美国的泰克公司和日本的岩崎公司每年都推出新产品。我国的电子仪器仪表行业是在80年代得到大发展的,工艺设计和电路设计水平大为提高。国内外厂商生产的各种新型电子仪器仪表使得当今电子市场呈现一片繁荣景象。本书就是为适应电子仪器仪表的发展和社会需要而编写的,其主要特点是:

1. 书中所介绍的仪器仪表都是大专院校、科研单位、工厂中常用的电子仪器,具有较强的通用性。为了尽量反映当代仪器仪表的新动向、新技术,还介绍了几种更新换代的仪器。

2. 在编写体系上,本着由浅入深、先易后难、突出重点的原则。开始的章节先介绍几种较简单的仪表,以后逐步引出复杂的仪表以至于数字仪表。在每一章里,先介绍些基本知识或带共性的内容,然后以实际的商品化仪器的机型分析为主,着重分析整机线路的工作原理、各部分参数计算、信号的处理过程等。在分析原理的基础上介绍该仪表的使用、校准和维修,然后在每章末尾介绍该类仪表的其它组成方案和工作过程。各章均设有习题,供学习时选用。

3. 当前,在电子类专业的教学中,普遍有一种呼声,要求增设电子线路系统课,这是继学完低频电路、数字电路、高频电路后的一门综合性强的课程,以克服前述课程只讲授单元电路之不足。而仪器仪表是一个整机电路,本身就构成一个独立的电子线路系统,因此在学习或讲授本书时,应向电子线路系统方面引伸,以“系统”的观点分析仪器仪表线路。在分析时注重仪器仪表的设计思想、系统的组成、指标分配单元计算、元器件选择及总体评价,使本课程和电子线路紧密结合,成为电子线路的延伸和“课尾”。这样对于巩固前述知识,提高整机识图能力和工程估算能力是有实用价值的,而仪器仪表中采用的新器件、新技术、新工艺则能开拓人们的思路,具有借鉴的价值。

本书可作为工程技术人员的参考书，亦可作为大中专院校的教材。本书在编写过程中得到上海无线电廿一厂和内蒙古电子仪器厂的协助，在此表示感谢。限于编者水平及资料缺乏等原因，书中难免有错误之处，恳请读者指正。

编 者

1994 年 1 月

目 录

第一章 电子电压表	1
第一节 概 述	1
第二节 电子电压表中的典型应用电路	2
第三节 DA-16 型晶体管毫伏表分析	10
第四节 HFJ-8 型超高频晶体管毫伏表分析	16
第五节 其它电子电压表	20
习 题	28
第二章 信号发生器	29
第一节 概 述	29
第二节 XD-2 低频信号源分析	30
第三节 XT-23A 彩色/黑白电视图象信号发生器分析	34
第四节 合成信号发生器	51
第五节 QF-680 型锁相式电平振荡器分析	59
第六节 其它信号发生器	70
习 题	75
第三章 电子示波器	76
第一节 概 述	76
第二节 示波管及示波原理	78
第三节 示波器中的典型电路技术	80
第四节 XJ4316 型二踪单扫示波器分析	94
第五节 SS-5705 三踪双扫示波器分析	109
第六节 其它电子示波器	123
习 题	127
第四章 电子计数器	129
第一节 概 述	129
第二节 电子计数器的基本工作原理	130
第三节 电子计数器的时序逻辑控制	133
第四节 电子计数器的电路技术	137
第五节 HWS3342 多功能计数器分析	147
习 题	152

第五章 数字电压表	154
第一节 概 述.....	154
第二节 逐次逼近比较式 DVM	157
第三节 脉宽调制式 DVM	159
第四节 双积分式 DVM	161
第五节 电荷平衡式 DVM	165
第六节 斜坡式 DVM	167
第七节 DT890 型数字万用表分析	168
习 题.....	179

附 图

附图 1 DA - 16 晶体管毫伏表电原理图
附图 2 HFJ - 8 型超高频晶体管毫伏表总电路图
附图 3 XD - 2 型低频信号发生器总电路图
附图 4 分频器电原理图
附图 5 亮度信号形成电原理图
附图 6 色度形成部分电原理图
附图 7 XJ4316 垂直系统电原理图
附图 8 XJ4316 水平系统电原理图
附图 9 XJ4316 主机系统电原理图
附图 10 SS5705 示波器垂直控制器电原理图
附图 11 HWS3342 数字频率计电原理图
附图 12 DT - 890 型数字万用表电原理图

第一章 电子电压表

第一节 概 述

电子电压表是常用的测量仪器之一，是各类测量仪器中较为简单的一种仪表。电子电压表是在万用表的基础上加上放大环节，把微弱的被测电压加以放大，然后再利用磁电式表头进行测量，使电表的灵敏度大为提高，特别是扩大了测量量程的下限。有的电子电压表也象万用表那样，做成多用式的，如测电压、电阻、电流，故有繁用表之称。指针式电子电压表又称作模拟电压表。如果说万用表是无源网络，电子电压表便为有源网络。

一、电子电压表的基本结构

电子电压表一般由五部分组成：分压器、磁电式指示表头、检波器、放大器、整机电源。有的电子电压表做成斩波式放大器，因此设有调制器和解调器。按着检波器在放大器之前或之后，电子电压表有两种组成形式：检波-放大式和放大-检波式。

1. 放大-检波式（图 1-1）

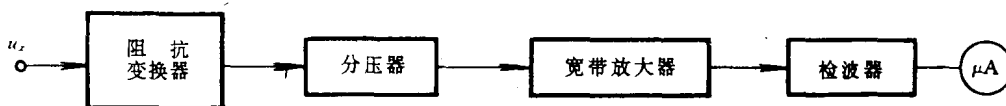


图 1-1 放大-检波式框图

这种方案是用放大器将被测信号预先放大，提高灵敏度；检波器进行大信号检波，避免了因检波器的非线性产生的失真。又由于在放大器之前有阻抗变换器，输入阻抗较高。这些优点对于测量小信号都很有利。其缺点是被测信号的频率受到放大器带宽的限制，影响了整机的带宽。放大-检波式的通频带一般 2Hz~10MHz，测量的最小幅值为几百微伏或几毫伏，因此一般称低频毫伏表。

2. 检波-放大式（图 1-2）

这种方案的特点是被测信号先检波后放大，因此带宽主要取决于检波器，其带宽很宽，上限频率可达 1000MHz，故有超高频毫伏表之称。但缺点是不能进行阻抗变换，输入阻抗低，最小量程是毫伏级，检波器工作于小信号检波状态，非线性失真大，影响测量精度。

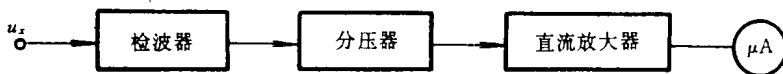


图 1-2 检波-放大式框图

二、电子电压表的性能指标

1. 工作频率范围

这是指电子电压表能以规定的准确度进行电压测量的频率范围。这个范围的大小与电子电压表的电路结构有密切的关系,不同类型的电压表都有规定的频率范围。例如,DA-16 型低频毫伏表,电路结构是放大-检波式,其频率范围为 20Hz~1MHz;HFC-1 型超高频毫伏表,电路结构是检波-放大式,其频率范围为 5kHz~1000MHz。因此必须根据被测信号电压的频率范围选用适当的电子电压表。

2. 灵敏度和电压量程

电压量程是指电子电压表可以测量电压的范围;灵敏度是指量程的下限值,而其上限值则取决于电子电压表本机的分压器和衰减探头。例如,DA-16 毫伏表的量程为 1mV~300V;HFC-1 超高频毫伏表的量程为 1mV~3V,如采用 100:1 衰减探头,测量电压的上限可扩展到 300V。

3. 准确度和工作误差

电子电压表的准确度通常由基本误差、频率附加误差、温度附加误差等系统误差来表征。例如,HFC-1 超高频毫伏表的电压基本误差:1mV 挡小于 $\pm 10\%$,3mV 挡小于 $\pm 5\%$;频率附加误差:5kHz~500MHz 小于 $\pm 5\%$;电源附加误差:220V $\pm 10\%$ 时小于 $\pm 1\%$ 。当然,不同类型的电子电压表的准确度是不同的。一般来说,电子电压表的基本误差为 $\pm 2\%$ 左右,而频率误差的出入较大,约从 $\pm(2 \sim 10)\%$ 范围不定。

4. 输入阻抗

指输入电阻 R_i 和输入电容 C_i 的并联值。输入阻抗的大小对测量电压的准确度有很大影响,我们希望 R_i 越大越好, C_i 越小越好。例如 DA-16 低频毫伏表的输入电阻大于 1M Ω ,输入电容约 50pF;而 HFC-1 超高频毫伏表的输入电阻大于 50k Ω ,输入电容小于 2pF。在使用中常采用衰减探头以提高输入阻抗。

第二节 电子电压表中的典型应用电路

一、分压器

由于电子电压表的灵敏度很高,能测微小电压,当被测电压高时,要用分压器将高电压变为低电压。特别是为适应多量程测量,分压器常做成多挡步进式。电子电压表中的分压器有三种类型。

1. 可变分压器 (图 1-3)

当 K 置“1”时,分压比 $K_1=1$;当 K 置“2”时,分压比 $K_2 = \frac{R_2 + R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$;当 K 置“3”时,分压比 $K_3 = \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$ 。可见,改变波段开关 K 可以很方便地改变量程。

2. 补偿式分压器 (图 1-4)

在可变电压器中,我们都希望采用大的分压电阻,以提高输入阻抗。但分压电阻大,使寄生电容的影响变得更为突出,而使工作频率降低,因此采用补偿式分压器。

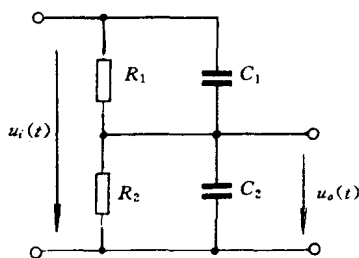


图 1-4 补偿式分压器

$\frac{R_2}{R_1 + R_2}E$; 时间常数 $\tau = RC$ 。则

$$u_o(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2}E + \left(\frac{C_1}{C_1 + C_2}E - \frac{R_2}{R_1 + R_2}E \right) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1-3)$$

当电路参数不同时,有三种响应状态:

状态一:当 $\frac{C_1}{C_1 + C_2} > \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 时, $R_1C_1 > R_2C_2$, 即 $u_o(0^-) > u_o(\infty)$, 过补偿。

状态二:当 $\frac{C_1}{C_1 + C_2} < \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 时, $R_1C_1 < R_2C_2$, 即 $u_o(0^-) < u_o(\infty)$, 欠补偿。

状态三:当 $\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 时, $R_1C_1 = R_2C_2$, 即 $u_o(0^-) = u_o(\infty)$, 临界补偿。

三种补偿所对应的输出如图 1-5, 易见, 在 $R_1C_1 = R_2C_2$ 临界补偿时, 输出 $u_o(t)$ 是不失真的阶跃信号, 这时网络具有宽频带特性。

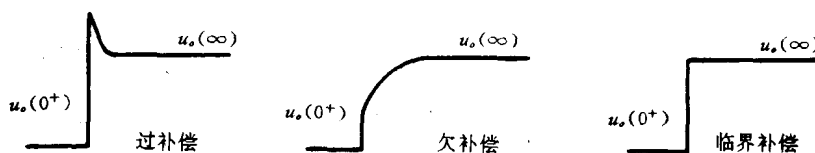


图 1-5 三种补偿所对应的响应

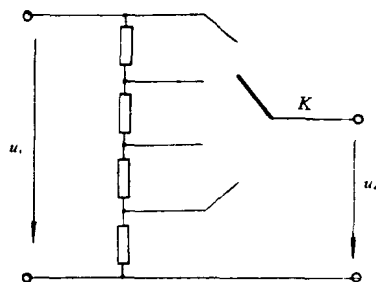


图 1-3 可变电压器

器。在图 1-4 中, 当电路满足条件

$$R_1C_1 = R_2C_2 \quad (1-1)$$

电路具有宽频带的平坦的响应。此特性可用阶跃信号激励证明:

设输入 $u_i(t)$ 为阶跃信号, 从零跃变到 E , 应用快速公式

$$u_o(t) = f(\infty) + [f(0^-) - f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1-2)$$

式中, 瞬态值 $u_o(0^-) = \frac{C_1}{C_1 + C_2}E$; 稳态值 $u_o(\infty) =$

3. 带阴极输出器的分压器(图 1-6)

在补偿式分压器中,引入 C_1 、 C_2 可减轻分布电容的影响,展宽频带,但却使输入电容增加,引起输入阻抗变低。因此,用阴极输出器以提高输入阻抗,亦可用源极输出器或射极输出器。

二、检波器

电子电压表中常用的检波器有峰值式和均值式。

1. 均值检波器的工作原理(图 1-7)

均值检波器有两类,(a)、(b)为半波,(c)、(d)为全波。但无论哪种类型,均值检波器都要求电路的时间常数很小,

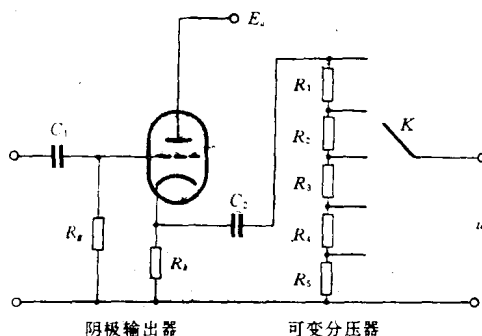


图 1-6 带阴极输出器的分压器

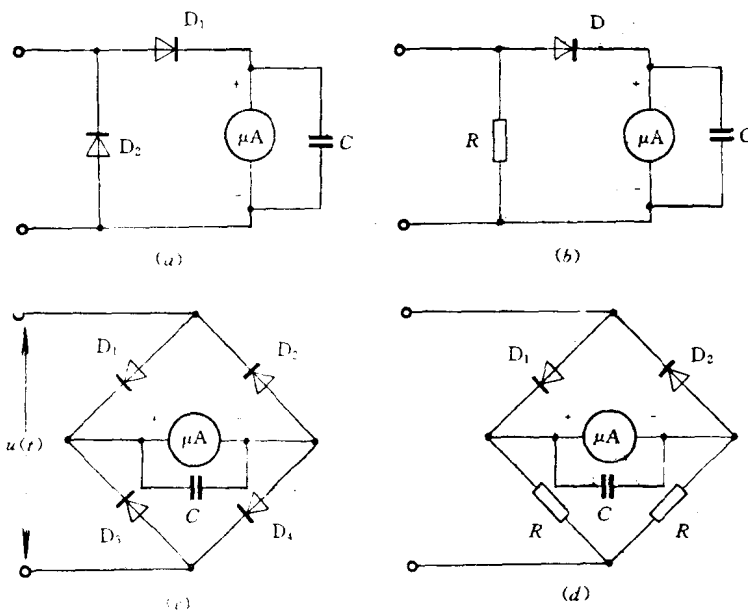


图 1-7 常用平均值检波电路

(a)、(b) 半波式； (c)、(d) 全波式

所以检波后不接 RC 充放电回路,表头两端一般并一个小电容 C ,是为防止表头流过交流使表针抖动,以及消除表头动圈内阻产生的热损耗。以图 1-7 (c) 电路为例,设被测电压为 $u_i(t)$,四个二极管具有相同的正向电阻 R_d ,微安表内阻为 R_m ,于是二极管导通而流过微安表的正向平均电流为

$$\bar{I} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{|u_i(t)|}{2R_d + R_m} dt = \frac{\bar{U}}{2R_d + R_m} \quad (1-4)$$

易见, 流过表头的电流 $\bar{I}$ 正比于被测电压的平均值 $\bar{U}$, 故表头可按电压定度。注意到在上式中并未涉及到被测电压 $u_i(t)$ 的波形, 即表头示值正比于被测电压的平均值而与波形无关。由于被测交流电压大多数为正弦电压, 而且希望测量其有效值, 所以表头都以正弦电压的有效值定度, 即表头示值即为被测正弦电压的有效值。

$$\alpha = U = k_F \bar{U} \quad (1-5)$$

式中 α 为电压表读数(示值); U 为正弦电压有效值; k_F 为波形因数, 对于正弦波 $k_F = 1.11$ (全波检波器 $k_F = 1.11$, 半波检波器 $k_F = 2.22$)。由于不同波形电压的 k_F 值不同, 故当用这类电压表测非正弦电压时, 其示值 α 无直接的物理意义, 只有把读数除以 1.11 后才是被测电压的全波平均值

$$\bar{U} = \frac{\alpha}{1.11} = 0.9\alpha \quad (1-6)$$

然后由被测电压的波形因数 k_F , 按(1-5)式计算出该电压的有效值。

均值检波器的输入阻抗为(证明从略)

$$R_i = 2R_d + \frac{8}{\pi^2} R_m \quad (1-7)$$

设 $R_d = 500\Omega$, $R_m = 1k\Omega$, 得 $R_i = 1.8k\Omega$ 。可见均值检波器的输入阻抗很低, 因此多用于放大-检波式电压表中, 前面可加射随器等阻抗变换装置。

2. 均值检波器的线性补偿

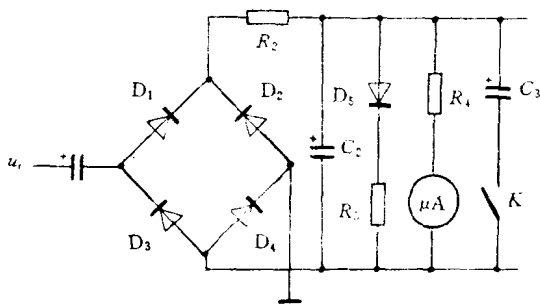


图 1-8 简单的线性补偿电路

由于检波二极管伏安特性的非线性, 特别在小信号检波时尤为严重, 因而造成表头刻度起始部分的非线性, 为此对检波器采取线性补偿措施。常用的补偿电路如图 1-8、图 1-9、图 1-10 所示。

在图 1-8 中, 利用二极管 D_5 的内阻动态变化作补偿。补偿的原理是: 当输入信号很小时, D_5 内阻增加, 流过 D_5 支路的电流很小, 但流过表头的电流增加, 表头读数增加。这种补偿电路简单, 但由于 D_5 的阻尼作用使表头灵敏度降低。图 1-9 的补偿原理与图 1-8 基本相同, 当输入信号很小时, D_1 、 D_2 的内阻较大, 流经 D_1 、 D_2 反馈支路的电流较小, 放大器的增益较高, 表头读数增加。这种补偿是利用放大器的级间负反馈, 因此补

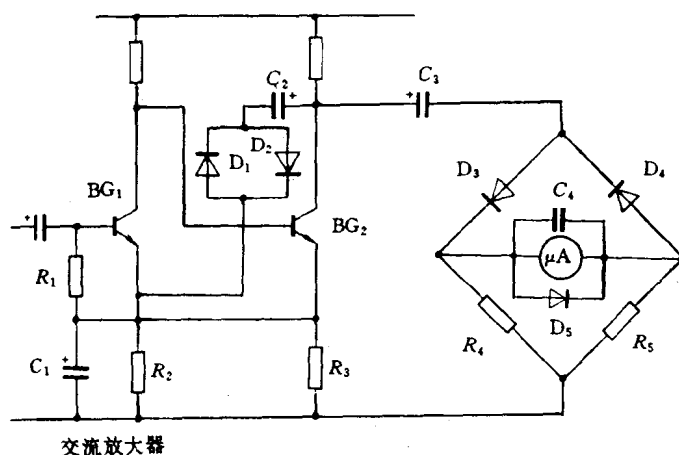


图 1-9 放大器级间负反馈补偿电路

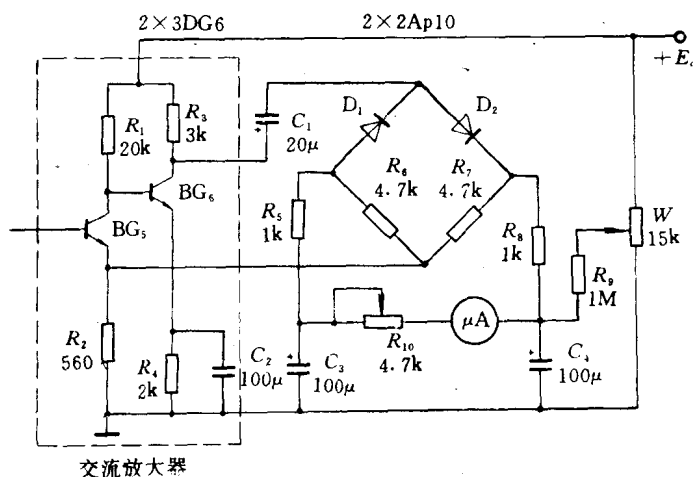


图 1-10 闭环负反馈线性补偿电路

偿的范围较大。图 1-10 的补偿原理是：当输入信号较小时，由于检波二极管的非线性，使输出电流偏小，负反馈电压小，放大器增益高。这种补偿范围宽、线性好。

3. 峰值检波器的的工作原理

峰值检波器是检波后的直流电压正比于输入交流电压峰值的检波器。有串联型和并联型两类，其基本电路和工作波形如图 1-11、图 1-12。

在图 1-11 和图 1-12 中，若信号源内阻 R_s 忽略不计，则充电时间常数 $\tau_{\text{充}} = R_d C$ ，放电时间常数 $\tau_{\text{放}} = RC$ 。其中 R_d 为二极管 D 的正向电阻，因此峰值检波器满足条件

$$\left. \begin{array}{l} \tau_{\text{充}} = R_d C \ll \tau_{\text{放}} = RC \\ RC \gg T_{\text{max}} \end{array} \right\} \quad (1-8)$$

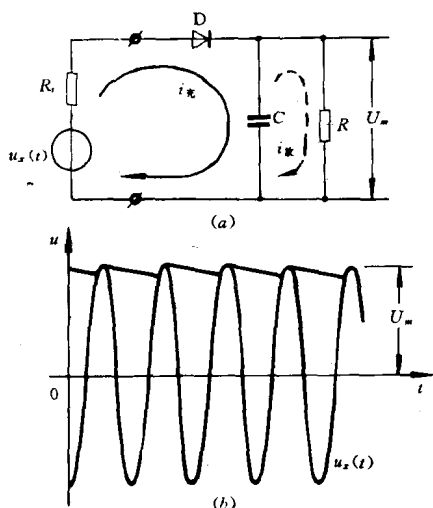


图 1-11 串联型峰值检波器

(a) 基本电路; (b) 工作波形

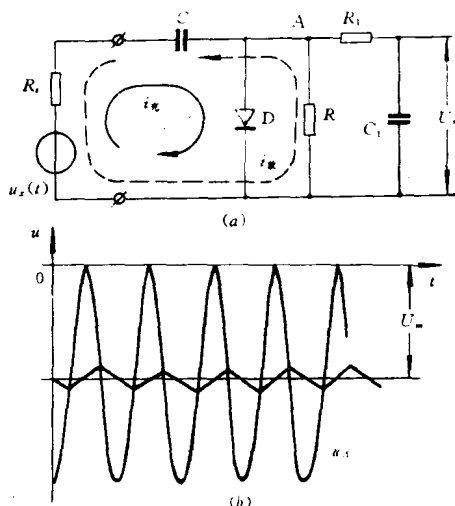


图 1-12 并联型峰值检波器

(a) 基本电路; (b) 工作波形

式中 $T_{\max}$ 为被测电压的最大周期。由式 (1-8) 易知: 电容 C 上总是充有输入电压的峰值, 二极管 D 仅在输入电压峰值到来时才导通, 其导通角 θ 趋近于 0° , 因此二极管工作于乙类, 使峰值检波器的输入电阻大为提高, 其输入电阻为 (证明从略)

$$R_i = \frac{R}{3} \quad (1-9)$$

式中 R 为检波器的负载电阻, 一般数十到数百兆欧。由于峰值检波器的输入阻抗较高, 适于作检波-放大式。注意到式 (1-9) 是在理想条件下推导出来的, 实际输入电阻比计算值小, 特别在高频小信号时要小得多。

均值检波器中的负载就是微安表, 其内阻较小, 为 $10^2 \sim 10^4 \Omega$ 量级, 否则检波灵敏度降低; 而在峰值检波器中, 为满足检波条件, 负载电阻 R 应尽量选的大些, 通常在 $10^7 \sim 10^8 \Omega$, 因此流经 R 的电流很小, 不便于串联电流表测量, 应当用高输入阻抗的直流电压表来测量输出的直流电压 U_0 。

同均值检波器一样, 峰值检波器也用正弦有效值定度, 表头示值即为正弦电压有效值。

$$\alpha = U = \frac{U_p}{k_p} \quad (1-10)$$

式中 α 为示值; U 为正弦电压有效值; k_p 为波峰因数, 正弦波的 $k_p = \sqrt{2}$ 。

由于不同波形电压的 k_p 值不同, 当测任意波形时, 示值 α 没有直接的物理意义, 只有把它乘以 $\sqrt{2}$ 后才等于被测电压的峰值, 然后根据该电压的波峰因数 k_p , 按式 (1-10) 计算有效值。例如, 用峰值检波器测三角波, 示值 $\alpha = 5V$, 则其峰值为 $5\sqrt{2} = 7.07V$, 由于三角波的 $k_p = 1.73$, 则其有效值为 $U = \frac{U_p}{k_p} = \frac{7.07}{1.73} = 4.087V$ 。

4. 双峰值检波器 (图 1-13)

双峰值检波器又称倍压检波器, 图 1-13 中的两种电路工作原理相同, 仍满足 $\tau_{充} \ll \tau_{放}$ 和 $RC \gg T_{max}$, 但检波输出的直流电压是输入交流电压峰值的 2 倍。其优点是传输系数大, 缺点是输入阻抗低。

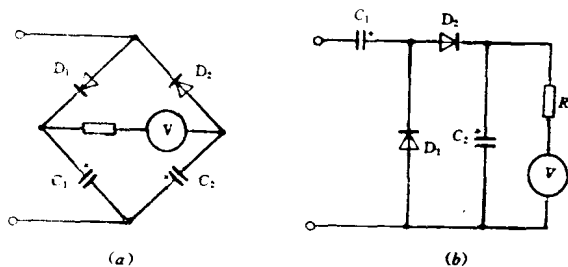


图 1-13 双峰值检波器

三、放大器

电子电压表中的放大器应具有的特点是: 输入阻抗高、频带

宽、动态范围大、线性好。为满足上述要求, 要采取一些电路技术来满足。例如, 前置级采用阴极输出器 (射极输出器或源极输出器) 以提高输入阻抗; 用较高的电源供电, 采用饱和压降小的三极管和选取合适的静态工作点以扩大动态范围; 采用线性补偿、负反馈以获得良好的线性; 为扩展上限频率, 在电子电压表中采用各种高频补偿措施。高频补偿在仪表中应用相当广泛, 这项技术也十分成熟, 在后面的章节中经常看到高频补偿的实例。常用的高频补偿电路是:

1. 选用截止频率高的晶体管, 尽量用小的集电极负载电阻以减小负载电容和分布电容。
2. 电路中引入较深的负反馈。如放大器的开环增益为 A_0 , 反馈系数为 F , 则加负反馈后高频截止频率扩展为原来的 $(1+A_0F)$ 倍。
3. 采用共射-共集级联电路。由于共集电路的输入阻抗高, 输入电容小, 从而减小了共射电路集电极回路电容; 同时它的输出阻抗低, 负载电容的影响变小。亦可用共射-共基电路, 由于共基组态的截止频率较高, 也能扩展上限频率。
4. 在电路中用电抗元件加以补偿。在分布电容较大或集电极电阻较大时, 可在集电极负载支路中串入电感 L , 如图 1-14 (a)。图中: L 为高频补偿电感、 C_0 为分布电容、 C_L 为负载电容、 R_L 为负载电阻。图 1-14 (b) 为其交流等效电路。调节 L 大小使之与 C_0 、 C_L 谐振, 可以克服 C_0 、 C_L 的影响, 从而使高频端提升。

5. 当电路中的 R_L 或 R_0 较小时, 对高频补偿电感 L 的阻尼作用变大, 补偿不明显, 这时可采用射极并电容 C_e 。但这时 C_e 不是旁路电容而是容量较小的补偿电容。接入 C_e 后, 随频率的增加, 放大器的电流串联负反馈减小, 因而增益提高, 通频带扩展, 当满足

$$C_e R_e = (C_0 + C_L) R_L \quad (1-11)$$

为最佳补偿。

当然也可同时采用集电极串电感 L 和射极并电容 C_e , 以获得更好的效果。采用以上各种措施后, 放大器的通频带可以做到数十兆赫, 精心设计可达 100MHz。

6. 为扩展下限频率, 采用直流放大器, 可使下限频率扩展到直流。但直流放大器不

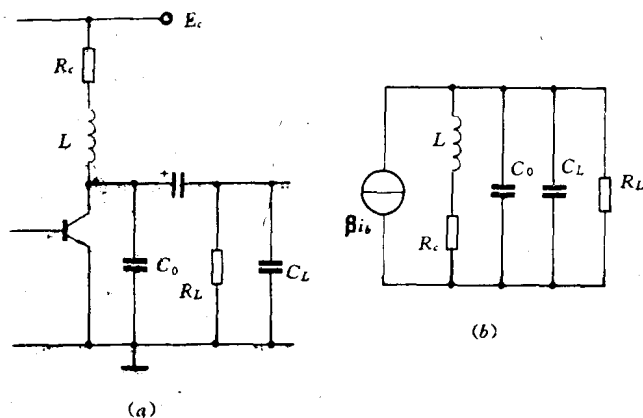


图 1-14 并联电感补偿

(a) 电路图; (b) 等效电路; (c) 频率响应

可避免地存在着零点漂移, 为克服这一缺陷, 有的电子电压表采用斩波式放大器, 如图 1-15。

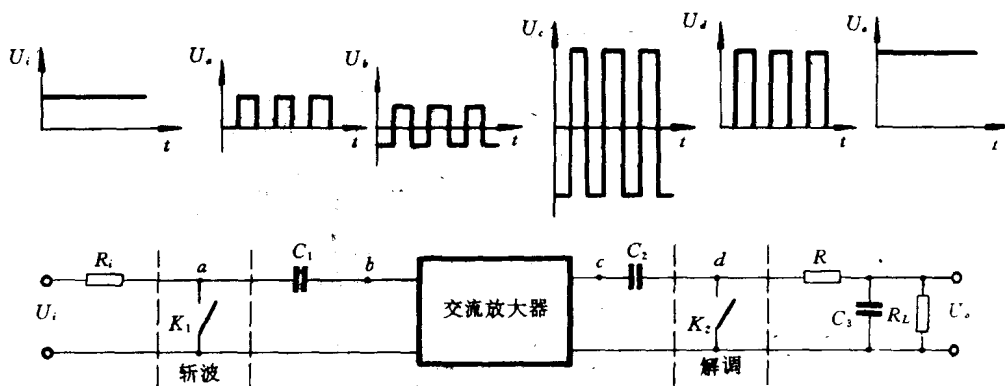


图 1-15 斩波式放大器

其工作原理是: 输入电压 u_i 通过斩波器调制变为交流信号 u_a , 其峰值等于输入电压, 经耦合电容 C_1 后成为对称的交流电压 u_b , 经交流放大器后成为交流电压 u_c , 经解调和滤波后还原为直流电压。它与输入电压成正比, 比例系数即等效的直流放大倍数。调制器和解调器实际上是一组同步工作的模拟开关, 即 K_1 和 K_2 , K_1 、 K_2 由同一控制信号源驱动。当 K_1 、 K_2 断开时, a 、 b 点有输入, c 、 d 点有输出; 当 K_1 、 K_2 闭合时, $a \sim d$ 点均无电压, 通过 K_1 、 K_2 的开与关将输入直流电压斩波成交流电压, 经 R 、 C_3 平滑滤波后即成为直流电压。由于斩波放大器有隔直电容 C_1 、 C_2 , 所以不受零点漂移的影响。在实际的斩波式放大器中, 调制器都作成平衡式电路。斩波器有机械振子式的, 也有电子开关式的, 而

解调器则采用全波式以提高效率。

第三节 DA-16 型晶体管毫伏表分析

一、性能指标和整机组成

1. 性能指标

(1) 测量电压范围

100 μ V $\sim$ 300V。量程为 1、3、10、30、100、300mV，1、3、10、30、300V，共十一挡。

(2) 被测电平范围

-72 $\sim$ +30dB (600 Ω)。

(3) 被测电压频率范围

20Hz $\sim$ 1MHz。

(4) 固有误差

小于 $\pm 3\%$ (基准频率 1kHz)。

(5) 频率响应误差

100Hz $\sim$ 100kHz 小于 $\pm 3\%$ ；20Hz $\sim$ 1MHz 小于 $\pm 5\%$ 。

(6) 输入阻抗

在 1kHz 时输入电阻大于 1M Ω ；输入电容在 1mV $\sim$ 0.3V 各挡约 70pF，1 $\sim$ 300V 各挡约 50pF。

2. 整机组成框图 (图 1-16)

从框图可以看出，该电压表为放大-检波式，因此属于低频毫伏表，表头按正弦有效值定度。

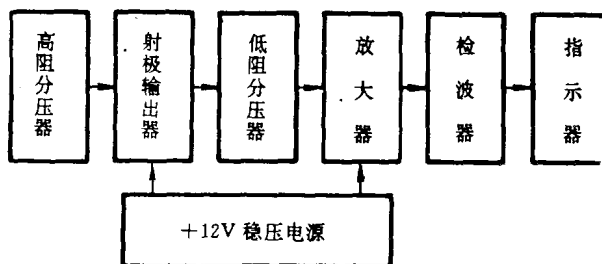


图 1-16 DA-16 晶体管毫伏表框图

二、整机工作原理分析

DA-16 毫伏表的整机电路见附图 1，按整机框图分五部分叙述工作原理。

1. 分压器 (图 1-17)

分压器是为满足多量程测量的要求而设置的，以便对不同的输入电压采用不同的衰