

铁路工人职业技能培训教材



信号工

(电子电气设备检修) (机电设备修配)

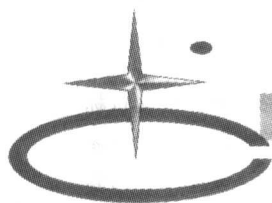
XINHAOGONG

铁道部劳动和卫生司

铁道部运输局



中国铁道出版社



铁路工人职业技能培训教材

信 号 工

(电子电气设备检修)

(机电设备修配)

铁道部劳动和卫生司

铁 道 部 运 输 局

中 国 铁 道 出 版 社

2 0 0 5 年 · 北 京

内 容 简 介

本书以《铁路职业技能标准》、《铁路职业技能鉴定规范》、《铁路运输企业岗位标准》中知识和技能要求为依据,针对信号工(电子电气设备检修)、信号工(机电设备修配)的实际需要编写而成。全书分为基础知识和职业技能两大部分。基础知识内容包括:晶体管应用、电气测量专用仪表、电源设备元器件、道口控制设备、钳工基础知识。职业技能内容包括:继电器等信号设备入所管理及检修,钳工常用加工方法,ZD6型电动转辙机入所检修,信号灯光的调整。

图书在版编目(CIP)数据

信号工. 电子电气设备检修、机电设备修配/铁道部劳动和卫生司,铁道部运输局编. —北京:中国铁道出版社,2005.11

铁路工人职业技能培训教材

ISBN 7-113-06743-3

I. 信… II. ①铁…②铁… III. ①铁路信号—技术培训—教材②电子设备:信号设备—维修—技术培训—教材③电气设备:信号设备—维修—技术培训—教材④机电设备:信号设备—维修—技术培训—教材

IV. U284

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 142151 号

书 名:信号工(电子电气设备检修)(机电设备修配)(铁路工人职业技能培训教材)

作 者:铁道部劳动和卫生司 铁道部运输局

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑:崔忠文

封面设计:马 利

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1 092 1/16 印张:9 字数:213 千

版 本:2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1 7 3 000 册

书 号:ISBN 7-113-06743-3/TP·1626

定 价:18.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话:市电(010)51873146 发行部电话:市电(010)63545969

路电(021)73146

路电(021)73169

铁路行车主要岗位基本技能培训教材

编辑委员会名单

顾 问:俞光耀

主 任:黄礼庆

副主任:吕 进 朱永明

委 员:程 毅 周世青 林国政 李 键

陈永根 陈必行 史智慧 吉志荣

吴育玮 王玉明 徐龙英 黄 纲

汤艳华 赵德麟 李 强 王 勇

前言

根据铁道部党组提出的“原则上要求每个职工每两年都有一次不少于10个工作日的培训机会”和刘志军部长关于“强化安全基础,必须把提高职工基本素质作为治本之策来抓”的要求,为进一步推动运输一线职工强化基本功活动的开展,帮助行车主要岗位(典型岗位、指导岗位)人员提高理解和执行基本规章的能力、作业标准化的能力、非正常情况下应变处理能力、适应新技术新设备发展需要的能力,由上海铁路局教育处组织路局、分局、基层站段和职业学校工程技术人员、教师,编写了这套《铁路行车主要岗位基本技能培训教材》。

编写这套教材的主要依据:《铁路技术管理规程》、《铁路职业技能标准》、《铁路职业技能鉴定规范》、《铁路运输企业岗位标准》中岗位基本技能要求和工作质量要求等。

本套系列教材的特点是遵循“内容优化、贴近实际”的原则,在内容上围绕安全、体现先进,突出岗位作业标准、“四新”知识和技能、非正常情况下应急处理、典型案例分析四方面,力求使培训教材满足“实际、实用、实效”的要求。在形式上打破了传统的固定模式,采用了“模块式、菜单式”,既适用于集中教学,又适用于职工自学;既适用于“两年10天”培训,又适用于强化基本功训练。是一套适用性较好、可读性较强的岗位基本技能培训系列教材。

本套系列教材(共19本)包含机、辆、工、电、车、客六大系统,30个典型岗位、指导岗位。本书适用于车站值班员工种的提速区段车站、编组站、区段站、中间站岗位,由顾金德主编,编写人员有郑志忠、李源青、周宇菀、卢波,上海铁路分局教育分处也参与了编写组织。参加审定人员有史智惠、张岐正。在编写过程中,得到了中国铁道出版社的大力支持,在此表示感谢。

由于铁路改革和发展的进程较快,本书不足之处在所难免,恳请广大读者提出宝贵意见。

上海铁路局教育处

2003年12月



基 础 知 识

电子电气设备检修

第一章 晶体管电路应用	3
第一节 整流电路	3
△第二节 放大电路	6
☆第三节 振荡电路	8
△第四节 稳压电路	12
☆第五节 脉冲与开关电路	15
☆第六节 调制、解调与鉴频电路	19
复习思考题	23
第二章 电气测量专用仪表	24
△第一节 401、405 型电秒表	24
☆第二节 SBD-1 型低频示波器	26
复习思考题	29
第三章 电源设备元器件	30
第一节 交流接触器	30
第二节 中间继电器	31
△第三节 电流继电器和电压继电器	32
第四节 普通熔断器	33
△第五节 液压电磁式断路器	33
第六节 整流器	34
△第七节 变压器	35
△第八节 电流互感器	36
☆第九节 DZD 系列多功能信号点灯单元	37
复习思考题	39
第四章 道口控制设备	40
△第一节 道口控制器	40
☆第二节 道口音响器	42
☆第三节 道口闪光器	47
复习思考题	49

机电设备修配

第五章 钳工基础知识	50
第一节 划 线	50
△第二节 金属材料的性能	52
☆第三节 热 处 理	52
△第四节 螺 纹	55
复习思考题	59

职 业 技 能

电子电气设备检修

第六章 继电器等信号设备入所管理及检修	63
第一节 继电器的出入所检修流程管理	63
△第二节 信号设备入所修作业程序及质量标准	64

机电设备修配

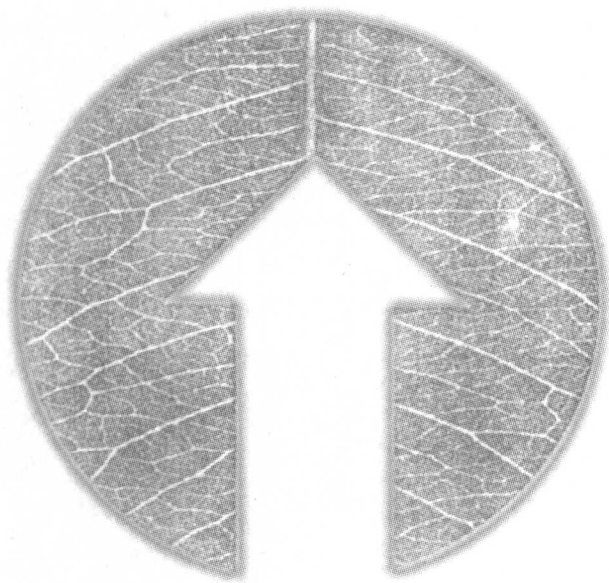
第七章 钳工常用加工方法	85
第一节 常用量具的使用	85
第二节 常用钳工工具的使用	86
第八章 ZD6 型电动转辙机入所检修	93
第一节 ZD6 型转辙机入所修检修作业程序	93
△第二节 修前检查、整机分解与脱漆处理	93
△第三节 机体整修	95
△第四节 电动机的整修	96
△第五节 减速器的整修	102
△第六节 自动开闭器的整修	105
△第七节 转换锁闭装置的整修	109
△第八节 移位接触器的整修	114
☆第九节 ZD6 型电动转辙机的组装与调试	116
第九章 信号灯光的调整	123
第一节 信号光源的选定	123
第二节 透镜组的调整	124
△第三节 信号灯泡的筛选	127
☆第四节 信号显示的调整	128
答 案	130

(目录中用符号区分知识难度,以供读者参考:△表示中级工掌握,☆表示高级工掌握,不标注表示初级工掌握)



信 号 工
(电子电气设备检修)
(机电设备修配)

基 础 知 识



信 号 工
(电子电气设备检修)
(机电设备修配)



电子电气设备检修

第一章

晶体管电路应用

本章重点介绍晶体管电路的应用知识。

第一节 整流电路

整流电路是利用二极管以及其他各种整流元件的单向导电性,把交流电变为脉动的直流电,再通过滤波电路,使波形变得平直,然后经过稳压电路,得到波形既平直、稳定性又好的直流电。

整流电路有可控的和不可控的两种。简单说来,输出直流电压可以控制的叫做可控整流。输出直流电压不能任意调节的叫做不可控整流。

一、单相半波整流电路

(一)半波整流电路的特点

(1)半波整流电路中,由于在负载上得到的电压只有交流电压一个周期中的半个波,这样的整流电路就叫做半波整流。

(2)负载电阻上半个周期的电压在整个周期内的平均值,称为直流电压。

(3)电路构成简单,所用元件少。

(4)整流效率低。

(二)单相半波整流电路及工作原理

单相半波整流电路如图 1—1 所示。电源电压 $u_1 = \sqrt{2} U_1 \sin \omega t$ 是交流电网的电压,变压器副边电压 $u_2 = \sqrt{2} U_2 \sin \omega t$ 也是正弦交流电压。单相半波整流波形如图 1—2(a) 所示,在 u_2 的正半周内 ($0 \sim \pi$ 的一段),变压器副边电压的极性如图 1—1 所示, a 点电位高于 b 点电位,因

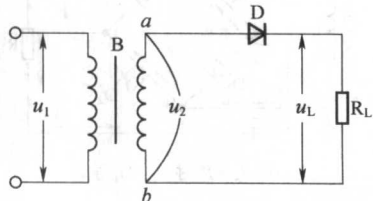


图 1—1 单相半波整流电路

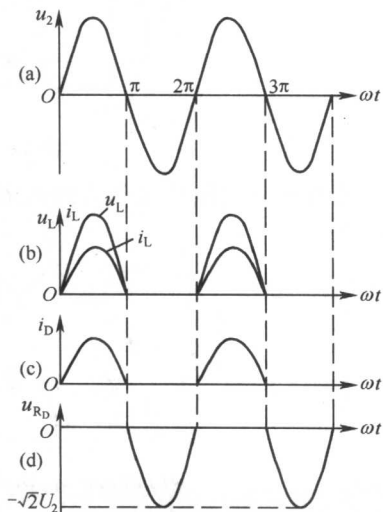


图 1—2 单相半波整流波形图

此,二极管 D 受正向电压作用而导通,电流 i_D 在 R_L 上产生压降 u_L , u_L 的波形与电源电压 u_2 的波形一样,幅值相等。负载电流 i_L 的大小由负载电阻 R_L 决定,波形图如图 1—2(b)所示。

在电压 u_2 的负半周内[图 1—2(a)中 $\pi \sim 2\pi$ 的一段],变压器副边电压的极性如图 1—1 所示, b 点电位高于 a 点电位,二极管 D 承受反向电压,处于截止状态,所以电路中电流为零,负载上没有电压,电压 u_2 全部加在二极管 D 上,如图 1—2(d)所示。

以下的过程是重复的。从图 1—2 可以看出, u_2 虽然是一个有正有负的交流电压,但在负载电阻上却得到了单方向的脉冲电压,也就是把交流电变成了直流电:

$$U_L = 0.45 U_2$$

式中 U_L ——负载直流电压,即半波电压在一个周期内的平均值;

U_2 ——变压器副边交流电压的有效值。

二极管反向截止时所承受的最大反向电压 U_{RDm} ,就是变压器的副边交流电压 u_2 的最大值:

$$U_{RDm} = \sqrt{2} U_2 = 1.41 U_2$$

二、单相桥式整流电路

桥式电路是单相全波整流电路的一种,它由四个二极管组成,接成一个电桥的形式,桥式整流电路的四种画法如图 1—3 所示。

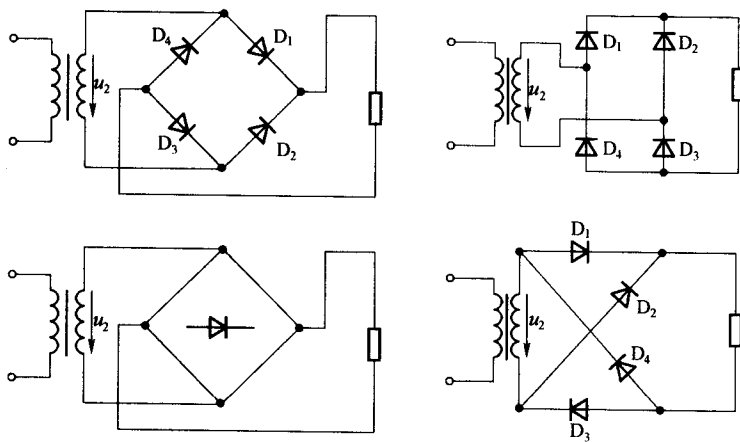


图 1—3 单相桥式整流电路图四种画法

桥式整流电路的工作原理如图 1—4 所示。

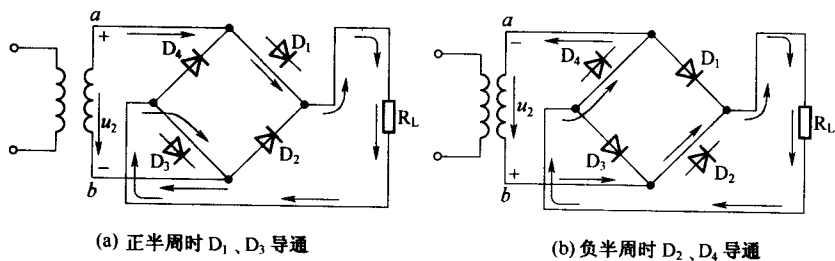


图 1—4 单相桥式电路工作原理

在交流电压 u_2 的正半周, 变压器副边 a 点电位高于 b 点电位, 如图 1—4(a) 所示, 所以二极管 D_1 、 D_3 导通, D_2 、 D_4 截止, 负载电阻上得到一个半波电压, 如图 1—5(b) 中所示 $0 \sim \pi$ 段。

当电压 u_2 极性相反时, 变压器副边 b 端电位高于 a 端电位, 因此二极管 D_1 、 D_3 截止, D_2 、 D_4 导通, 同样在负载电阻上得到半波电压, 如图 1—5(b) 中 $\pi \sim 2\pi$ 段。

由此可见, 在交流电压的一个周期内, 在负载电阻 R_L 上得到一个同单相全波整流电路一样的电压波形, 如图 1—5(b) 所示。整流效率为:

$$U_L = 0.9 U_2$$

二极管截止时所承受的最高反向电压就是电源电压 U_2 。 $U_{RDm} = \sqrt{2} U_2$ 。

桥式整流电路省去了变压器副边的中间抽头, 体积小, 用料省, 因而这种整流电路得到了较为广泛的应用。

三、电容滤波器

整流电路虽然可以把交流电转换为直流电, 但是负载电阻上的单方向电压并不是很平直的直流电压, 因此需要在整流电路之后再加滤波电路, 以改善直流电的平直程度。

所谓滤波, 简单说来, 就是尽可能把直流脉冲电压中的交流成分去掉, 使波形变得平直。最简单的滤波器是电容器, 把一个电容器 C 和负载并联, 就能产生很好的滤波效果。接有电容滤波器的单相半波整流电路如图 1—6 所示。

下面介绍接有电容滤波器的单相半波整流电路的工作原理。

如图 1—6 所示, 电路接通时, 恰恰在交流电压 u_2 过零的时刻。 u_2 从零升起之后, 就开始向电容 C 充电, 由于二极管 D 的正向电阻很小, 电容 C 的端电压就随着电源电压 u_2 按正弦规律上升, 这就是图 1—7(b) 中的 $0 \sim m$ 段。在 m 点 u_2 达到了最大值, 之后电源电压开始下降, 这时 C 就向负载电阻 R_L 放电。由于放电时间常数 $\tau = R_L C$ 很大, 所以电容电压下降的速度比 u_2 的下降速度慢得多, 这个过程中 u_C 大于 u_2 , 使 c 点电位高于 a 点电位, 于是二极管 D 截止。当电

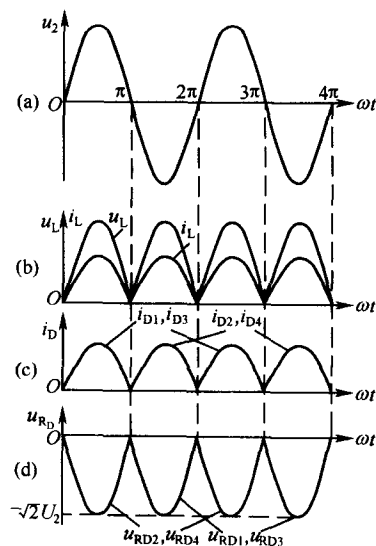


图 1—5 单相桥式整流电路波形图

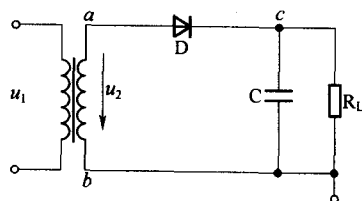


图 1—6 接有电容滤波器的单相半波整流电路

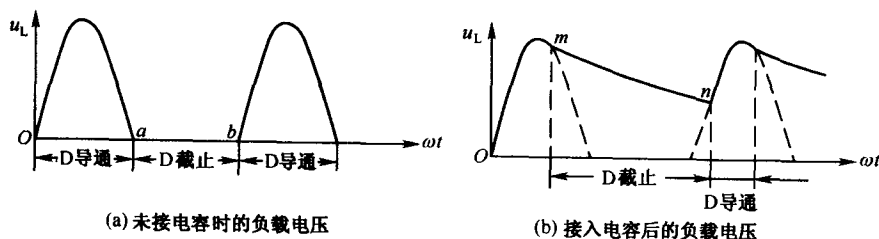


图 1—7 电容器的滤波作用

容 C 放电到 n 点时,电源电压 u_2 重新高于电容电压 u_C ,于是二极管 D 又导通,电容电压又上升到 u_2 的最大值,然后又进行放电。如此反复进行,负载电压的波形比没有滤波电容时平直得多了。

电容滤波器的主要缺点,是负载直流电压受负载电阻的影响比较大,只适用于负载电流比较小的场合。

滤波电容器的数值一般在几微法到几百微法,其耐压应大于负载的输出电压最大值。一般采用电解电容,使用时注意其极性。

四、可控整流电路

二极管整流电路有一个很大的缺点,就是在交流电源电压一定时,输出的直流电压是一个固定值,一般来说不能任意调节。但是,在许多场合下,需要电压可以改变的直流电源,即具有可控的特点,因此经常用到可控整流电路。

单相半波可控整流电路,如图 1—8 所示。

单相可控桥式整流电路,如图 1—9、1—10、1—11 所示。

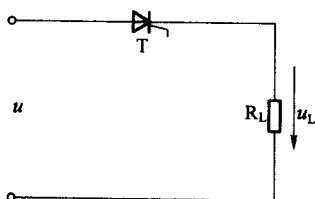


图 1—8 单相半波可控整流电路

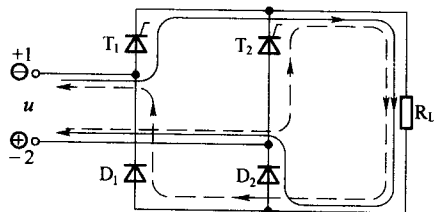


图 1—9 单相可控桥式整流电路

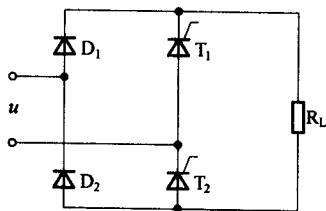


图 1—10 两只晶闸管串联的可控桥式整流电路

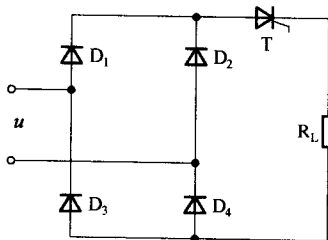


图 1—11 只用一只晶闸管的单相可控桥式整流电路

第二节 放 大 电 路

一、放大器的基本概念

在生产实际中,往往需要将微弱的电信号变化到足够大,通常使用的就是放大器。根据实际需要使用放大器时,又有一定的要求:放大器应有一定的放大倍数,有一定宽的通频带,另外工作应可靠,放大后畸变要小,噪声要小,耗电量要小等。

二、三极管放大电路

(一) 三极管放大电路的几种基本接法

1. 共基极电路

共基极电路如图 1—12 所示。

2. 共发射极电路

共发射极电路如图 1—13 所示。

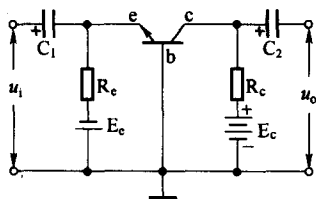


图 1—12 共基极电路

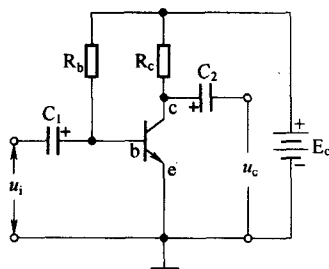


图 1—13 共发射极电路

3. 共集电极电路

共集电极电路又称射极输出器，如果 1—14 所示。

以上三种电路都有一个共同的特点，它们的输入和输出都有一个共同端子，这个共同端在三极管的哪一极上，该电路就称其为共该极电路。例如，输入和输出共同的端子是发射极，那么就称为共发射极电路。

(二) 三极管放大电路的工作原理

晶体管放大器最基本的作用，就是将一个微弱的电信号放大，如图 1—15 所示。

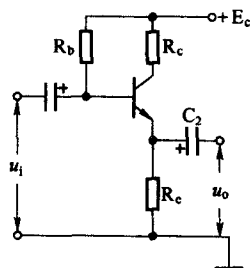


图 1—14 共集电极电路

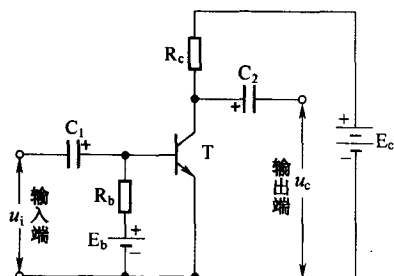


图 1—15 晶体管放大器基本电路

以共射极放大电路为例，看看这个电路是怎样工作的，电路中的元件各有什么作用。

前面讲过，晶体管是一个电流控制元件，即集电极电流的大小受基极电流的控制，它们的关系是 $\Delta I_c = \beta \Delta I_b$ 。先看看输入回路的情况。在输入端加入了输入信号 u_i （就是需要放大的微弱电信号），输入电路中有两个电源一同起作用，一个是基极直流电源 E_b ，一个是交变信号 u_i ，晶体管的基极电流 i_b 是由两个电源共同作用所引起的。基极电源 E_b 通过电阻 R_b 建立一个恒定的基极电流 I_b ，叫做基极偏置电流。外加的交变信号电压 u_i 将引起一个交变的基极电

流 i_b 。由于晶体管的电流放大作用,交变的基极电流 i_b 将在集电极回路中引起交变的集电极电流 i_c ,它们的关系是 $i_c = \beta i_b$ 。也就是说,放大的集电极电流 i_c 实际上是受外加信号 u_i 控制的。

下面再看输出回路中的情况。集电极电流 i_c 在集电极电阻 R_c 上产生一个压降 $u_c = i_c R_c$,只要 R_c 足够大, u_c 的数值就可以比输入信号 u_i 大得多。于是借助于集电极电阻 R_c ,晶体管便有了电压放大作用。由于电源 E_c 的内阻很小,对于交流信号来说,相当于短路,所以输出电压在数值上就等于 u_c 。

集电极 E_c 的作用是给集电结加上反向电压,这是晶体管能够有放大作用的必要条件之一。同时 E_c 又是整个放大器的能源。因为所谓晶体管的放大作用,其实是用输入端一个微弱的信号,通过晶体管去控制 E_c 供给的电流,从而在输出端得到一个能量较大的信号。

电容 C_1 和 C_2 分别接在输入端和输出端,叫做隔直电容。它的作用是使放大器的工作状态不受外界因素的影响,使交流信号畅通无阻地经过放大器放大,沟通信号源—放大器—负载三者之间的交流通路。

第三节 振荡电路

晶体管振荡器是一种不需要外加信号,而能产生出不同频率信号的晶体管电路。它广泛地应用在铁路信号设备中。

一、振荡器的工作原理

(一)LC 振荡电路

1. 基本原理

如图 1—16 所示。

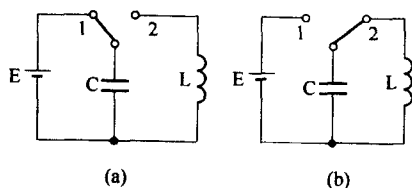


图 1—16 LC 振荡电路

(a)图中,先将开关倒向“1”,给电容 C 充电,当电容两端电压达到 E 值时将开关倒向“2”,使 C 接到 L 上,此时电容器 C 经 L 放电,当电容放电完毕后,其所储存的能量全部转移至电感 L 上,电感中的电流最大,而后电感 L 对 C 反充电,电感中的能量又转变为电容能量,当电流减小至零时,电容的反充电完毕。接着电容又开始放电,这样重复地充放电,在 LC 回路中出现了交变电流 i ,这种现象叫做 LC 振荡回路中的自由振荡。

2. 自由振荡的频率

回路中两种能量每秒钟转换的次数,就是自由振荡的频率,用 f 表示。 f 的大小由回路中的 L 和 C 决定。当回路损耗较小时,自由振荡频率 $f \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 。自由振荡的波形是正弦波,如图 1—17 所示。

3. 减幅振荡

振荡电路在振荡过程中若无能量损耗,则 LC 谐振回路可以保持等幅振荡。但 LC 回路不可能没有损耗,每振

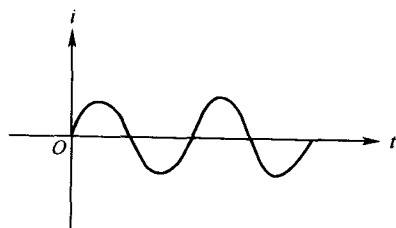


图 1—17 自由振荡的波形

荡一周都有能量损耗在电阻上,因此振荡的幅度就会越来越小,直到能量全部消耗完;振荡电路也就停止了振荡,这种振荡叫做减幅振荡。回路损耗越大。振幅减小越快。如图 1—18 所示。

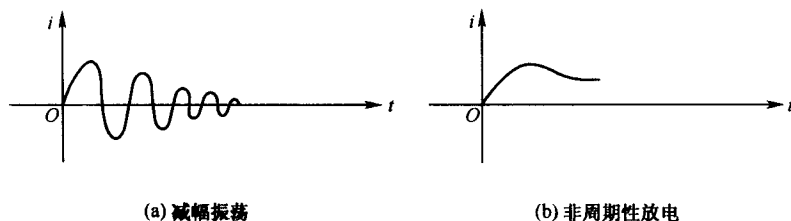


图 1—18 LC 回路中的自由振荡波形

(二) 振荡器

如图 1—19 所示。振荡器中,如果将反馈电压取得适当,回路就会保持振荡。实际上在这个电路中,振荡能量的损耗是通过反馈电压 $\dot{U}_f$ 补充的。

(三) 振荡条件

振荡器若要保持等幅振荡必须满足几个条件。

(1) 正反馈,即反馈回的电压与输入电压同相位。

(2) 正反馈电压必须大于或等于输入信号电压。

一个自激振荡器组成后,它应包括三个组成部分:第一部分是放大器;第二部分是具有选频特性的正反馈网络,以保证有足够的正反馈电压及正弦输出电压;第三部分是非线性元件,以保持等幅振荡。

(四) 电感三点式振荡器

如图 1—20 所示。

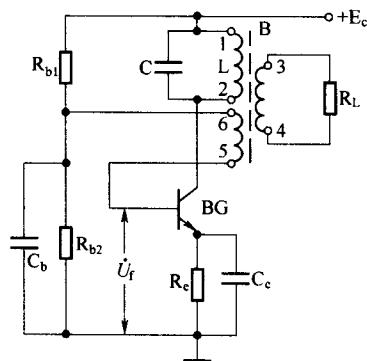


图 1—19 振荡器

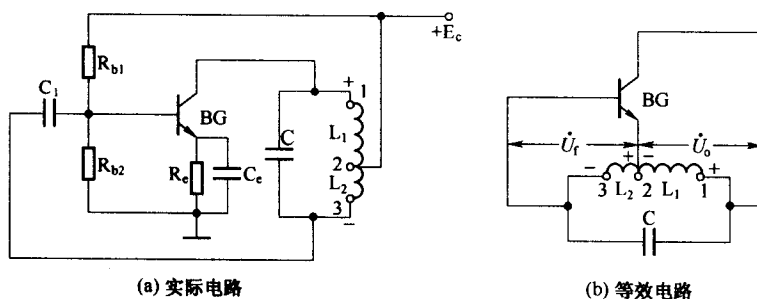


图 1—20 电感三点式振荡器

由交流通路可知,当线圈的 1 端为正电位时,3 端则为负电位,此时 2 端电位低于 1 端而高于 3 端,即 $\dot{U}_f$ 与 $\dot{U}_o$ 是反相的,经其发射极电路反相放大后,也就是形成正反馈,满足相位条件。

反馈电压是从 L_2 两端取出的,加在三极管的输入端,因此改变中心抽头的位置,就可以改变反馈电压的大小。由于 L_1 和 L_2 之间耦合很紧,故易于起振,输出幅度也较大。其振荡频

率为:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_1 + L_2 + 2M)C}}$$

(五) 电容三点式振荡器

如图 1—21 所示。

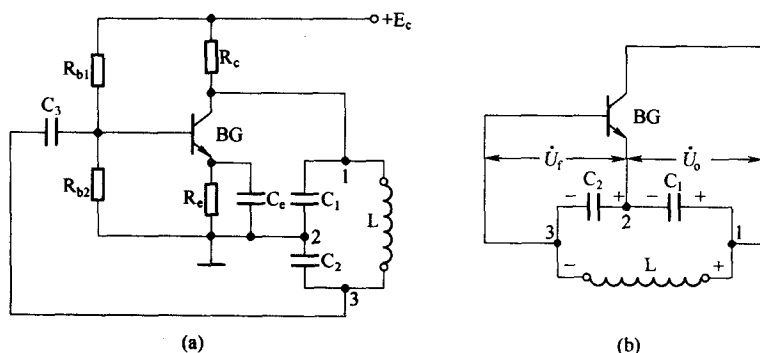


图 1—21 电容三点式振荡器

把电感三点式振荡器的电感和电容互换一下,即可得到电容三点式振荡器。其振荡频率为:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

与电感三点式振荡器相比较,电容三点式振荡器的特点是,振荡频率可做得较高,但调整频率不方便。

(六) 石英晶体振荡器

1. 石英晶体谐振器的压电效应及等效电路

在石英晶体上按一定方位角切下的薄片,叫石英晶片,在石英的晶片两个对应表面,喷涂一对金属板,再加封装,就构成了石英晶体谐振器。

在石英晶体振荡器极板上加以突变电压,晶体就会产生机械振动,又使表面产生交变电压,如图 1—22 所示。石英晶体可以等效为电感、电容、电阻等组成的电路,其中 C_0 为晶片与金属板构成的电容, L 、 C 为压电谐振的等效电感和等效电容, R 为摩擦损耗等效电阻。该石英晶体谐振器谐振的频率为:

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

$$f_{02} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot \frac{C \cdot C_0}{C + C_0}}}$$

如图 1—23 所示,石英晶体振荡器有两个振荡频率,其一是由 L 、 C 组成的谐振,其二是由