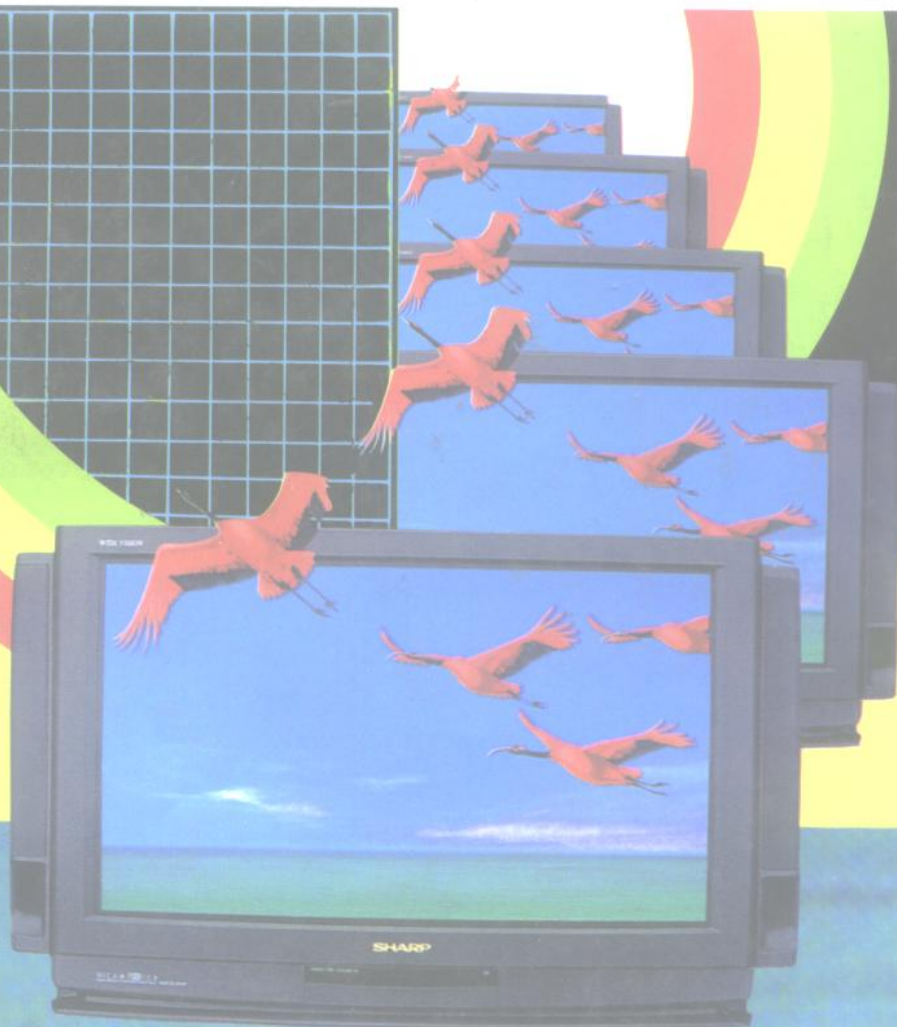


程新生 编

彩色电视机开关电源图集·维修



北京科学技术出版社

62472
5

彩色电视机开关电源 图集·维修

程新生 编

北京科学技术出版社

(京)新登字 207 号

内 容 简 介

本书分两部分。第一部分对目前彩色电视机采用的开关稳压电源做了电路分析,介绍了读识电路的技巧,讨论了故障检修的方法和检修程序,并以典型故障为例深入阐述,同时给出了部分分立元件和厚膜电路的代换型号和数据;第二部分汇集了近 200 个型号的国内外彩色电视机开关稳压电源电路图。

本书内容翔实,深入浅出,通俗易懂,可供电视工程技术人员、无线电爱好者和电视机维修人员阅读、使用。

图书在版编目(CIP)数据

彩色电视机开关电源图集·维修/程新生编著. —北京
: 北京科学技术出版社, 1995. 10 重印
ISBN 7-5304-0965-4

I. 彩… II. 程… III. 彩色电视-电视接收机-电源-电
路图-汇编 IV. TN949.12

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第07661号

北京科学技术出版社出版
(北京西直门南大街 16 号)

各地新华书店经售
河北三河市腾飞胶印厂

787×1092 毫米 16 开本 印张 23 574 千字
1992 年 3 月第一版 1995 年 10 月第二次印刷
印数 15001—21000 册

ISBN 7-5304-0965-4/T·199 定价: 24.00 元

目 录

第一章 彩色电视机开关稳压电源概述.....	1
第一节 开关稳压电源特点.....	1
第二节 开关电路的基本工作原理.....	6
第三节 开关电源的开关干扰及电网隔离措施	20
第二章 各种彩色电视机开关稳压电源电路解析	27
第一节 夏普 C-1411DK 彩色电视机开关电源	27
第二节 日立 CPT1838 彩色电视机开关电源	33
第三节 夏普 C-1834DK 彩色电视机开关电源	39
第四节 三洋 CTP3515 彩色电视机开关电源	43
第五节 上海 Z237-1 彩色电视机开关电源.....	51
第六节 日立 CTP-216D 彩色电视机开关电源	57
第七节 金星 C37-401 彩色电视机开关电源	65
第八节 胜利 7175PK 彩色电视机开关电源	73
第九节 北京 839 彩色电视机开关电源	77
第十节 松下 TC-483D 彩色电视机开关电源	78
第十一节 索尼 KV-1400CH 彩色电视机开关电源.....	83
第十二节 丰泽(ITT)CVC20/2 彩色电视机开关电源	86
第十三节 飞利浦 KT3 彩色电视机开关电源	94
第十四节 三洋 CTP3904(83P)彩色电视机开关电源	95
第十五节 夏普 C-1820CK 彩色电视机开关电源	100
第十六节 天虹 RC-141D 彩色电视机电源电路	103
第十七节 索尼 KV-1882CH 彩色电视机开关电源	106
第十八节 凯歌 4701 彩色电视机开关电源	108
第三章 彩色电视机开关稳压电源检修.....	113
第一节 检修开关稳压电源的读识电路技巧.....	113
第二节 开关电源故障的检修方法.....	117
第三节 开关电源故障的检修实例.....	120
第四节 开关电源故障的检修程序图.....	143
第五节 开关电源厚膜电路及分立元件的代换.....	168
第四章 彩色电视机开关稳压电源电路图集.....	175

第一章 彩色电视机开关稳压电源概述

直流稳压电源是电视机的能源供给中心。由于电视机各部分的电路需要由不同的直流电源供电,因此它应具有十几伏的低压,几百伏的中压及上万伏的高压等多种电源电压。

在电视机中,稳压电源是非常重要的电路部分,它的性能的好坏会直接影响到图象与伴音质量,因此必须符合一定技术指标。

近年来,随着电子技术的发展,电视机制造中已采用很多新技术和新的元器件,同时,在电路结构形式上也有了很大的改进与提高。其中开关稳压电源是70年代以来发展非常迅速的新技术,它已被广泛应用在电视机中,逐步取代了传统的连续调整的串联稳压电源。从而使电视机的性能、效率,以及可靠性都得到了进一步提高。

第一节 开关稳压电源特点

以前在电视机中常采用的连续调整串联稳压电源,它的电路比较简单,稳压性能较好,已有成熟的电路技术,并得到了广泛的应用。我们在讨论开关稳压电源时,先将这两种电源作一比较。

一、开关电源与连续调整稳压电源的比较

1. 连续调整串联稳压电源

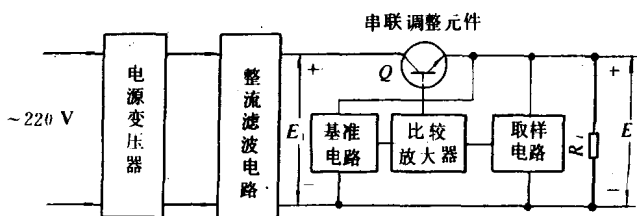


图 1-1 连续调整串联稳压电源方框图

连续调整串联稳压电源的方框图见图 1-1。它包括电源变压器、整流滤波电路、串联调整晶体管、取样电路、基准电压电路、比较放大器等部分。电网输入的 220V 交流电压,经电源变压器变换成所需的较低电压,再经整流滤波取得未稳定的直流电压(该电压随电网电压的变化而变化)。调整晶体管 Q 串联在输入电压 E_1 与输出电压 E_o 之间,输出电压的稳定是依靠调节串联调整晶体管集-射极之间的压降 U_{ce} 来完成的。当输出电压 E_o 变化时,通过取样电路将输出电压的变化与基准电压进行比较,经过比较放大器的放大去控制串联调整晶体管的压降,从而达输出电压稳定的目的。

稳压是通过调节晶体管的压降来实现的。因为调整晶体管在放大区工作,而且全部负载电流 I_o 都通过调整晶体管,所以它的管压降就大,功耗也较大,其功耗为

$$P=U_{ce} \cdot I_o$$

由于调整晶体管功耗大,造成了机内的温升高,可靠性变差。特别是当电网负荷轻而电压上升时,多余的电压将全部降在调整管上,容易导致调整晶体管损坏。从能源的消耗来看,它的效率也很低,一般只在 50% 左右。

2. 开关稳压电源

串联开关稳压电源基本电路如图 1-2(a) 所示。开关晶体管 Q 串联在输入电压 E_1 与输出电压 E_o 之间。当晶体管的基极输入开关脉冲信号,晶体管则被周期性地开关,处在饱和导通和截止两个状态。假定晶体管 Q 为理想开关,饱和导通期间的集-射极之间的压降近似为零。输入电压 E_1 经 Q 加至输出端。在晶体管截止期间,输出为零。晶体管经周期性开关后在输出端得到脉冲电压,且经滤波电路可得到其平均直流电压,因此输出电压 E_o 为

$$E_o = E_1 \frac{T_c}{T}$$

式中 T_c 为开关导通时间, T 为开关脉冲周期。

串联开关稳压电路,可通过改变开关脉冲的占空比,即开关导通时间 T_c 来控制输出直流电压值。

开关稳压电路方框图如图 1-2(b) 所示。由输入的交流电压或负载电流的变化所引起的输出电压的变化,同样可通过取样电路取出其变化量与基准电压作比较,其误差电压通过比较放大器放大,控制(即调制)开关脉冲宽度,达到稳定直流输出电压的目的。脉冲宽度调制电路的功能是对开关脉冲宽度进行调制,即用误差电压作为调制信号,使开关脉冲宽度受误差电压

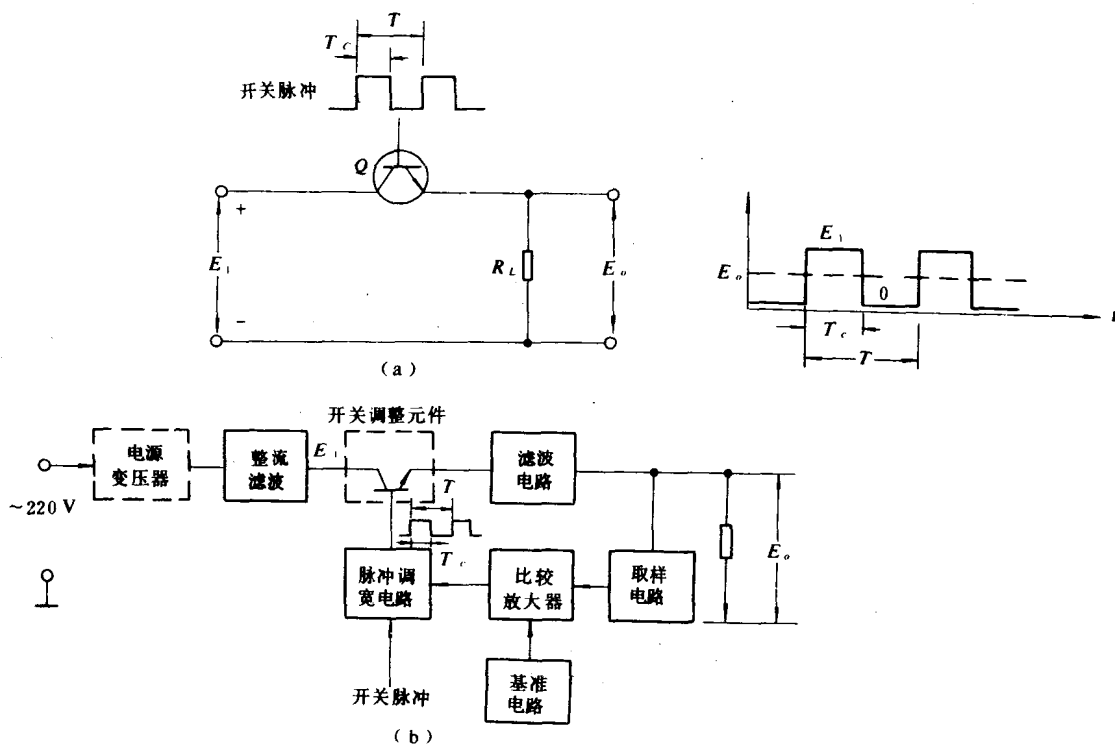


图 1-2 串联开关稳压电源方框图

控制。

由于开关稳压电源的晶体管工作在开关状态,截止期间,晶体管无电流,因此不消耗功率。而导通时,晶体管的功耗为饱和压降乘以电流。电路的功耗很小,效率高,机内温升也低。所以开关稳压电源比连续调整串联稳压电源有明显的优越性。

开关稳压电源通常可省去电源变压器(为了避免与铁氧体脉冲变压器混淆,电源变压器又称为工频变压器)。电网输入的 220V 交流电压,可直接进行整流滤波,也即图中的虚线方框可省去。从而使电源电路的效率得到提高,体积缩小,重量减轻。

二、开关稳压电源的优越性

开关稳压电源在电路结构形式上作了改进,使电视机中的电源部分具有小型化,轻量化,效率高等很多优点。

效率高 开关稳压电源的调整晶体管工作在开关状态,因此开关晶体管功率损耗很小,效率可大大提高,其效率通常可达到 80—90% 左右。

体积小、重量轻 开关稳压电源可将电网输入的交流电压直接整流,这样就可去掉笨重的电源(工频)变压器,节省了大量漆包线和硅钢片,使电源的体积大大缩小,其重量约为原来的五分之一。

稳压范围宽 开关稳压电源当输入的交流电压在 150—250V 范围内变化时,都能达到良好的稳压,输出电压的变化在 2% 以下。而且在输入电压发生变化时,始终能保持稳压电路的高效率。因此开关稳压电源适用于电网电压波动很大的地区,即使在电网电压很低时仍能保证电视机正常收看,而且,电网电压升高时,稳压电路也不会产生故障。

安全可靠 开关稳压电路中,具有自动保护电路。当稳压电路、行扫描输出电路及高压电路出现故障或负载短路时,能自动切断电源,保护功能灵敏可靠。

滤波电容容量小 稳压电路中的开关晶体管采用行频脉冲作为其开关信号,由于开关频率高,滤波电容的容量可大大减小。

功耗小 由于晶体管工作在开关状态,功率消耗小,不需要采用大散热器。此外,机内温升亦低,周围元件不致因长期工作在高温环境下而损坏,有利于提高电视机的可靠性与稳定性。

开关稳压电源虽然有人们公认的上述优点,但它还存在一些问题,如控制电路比较复杂,频率较高的开关脉冲容易对图象造成干扰等。近年来,涌现出了不少彩色电视机的新颖电路,其中包括各种类型的开关稳压电源。这些开关稳压电源,具有效率高、性能优良、开关干扰小等特点,尤其是控制电路部分已集成化,使开关稳压电源的元器件数量大幅度地减少,可靠性得到了进一步提高。

三、开关稳压电源的种类

开关稳压电源的技术发展非常迅速,国内外制造的各种电视机中,所用的电路结构有很多形式。下面对电视机中常用的开关稳压电路作简单分类:

1. 按开关晶体管的连接方式分类

串联型开关稳压电源 如图 1-2 所示。开关晶体管串联在输入电压 E_i 与输出负载之间。正常工作时,可从行扫描输出电路取出行频开关脉冲,经放大整形、驱动开关晶体管,在开关脉冲作用下,使开关晶体管周期性地闭合与断开。

串联开关稳压电源输出的直流电压值决定于开关晶体管的导通时间 T_c ，电路的稳压则是依靠对开关脉冲的宽度调制。当输出直流电压由于某种原因而导致升高时，通过取样电路与基准电压比较，经比较放大器放大后的输出误差电压，去控制脉冲宽度调制电路，使开关脉冲宽度变窄，进而使开关晶体管导通时间减小，结果又使输出电压减小，补偿了原来的输出电压的变化，获得了稳定输出直流电压 E_o 。

串联开关稳压电源属于降压式稳压电路，即输出电压 E_o 比输入电压 E_i 低。

并联开关稳压电源 如图 1-3 所示。开关晶体管 Q 与输入电压及输出负载并联，同样在开关晶体管基极输入开关脉冲，使其周期性地闭合或断开，输出电压为

$$E_o = E_i \frac{T_c + T_o}{T_o} = \frac{E_i}{1 - \frac{T_c}{T}}$$

式中 T_o 为开关晶体管的截止时间。

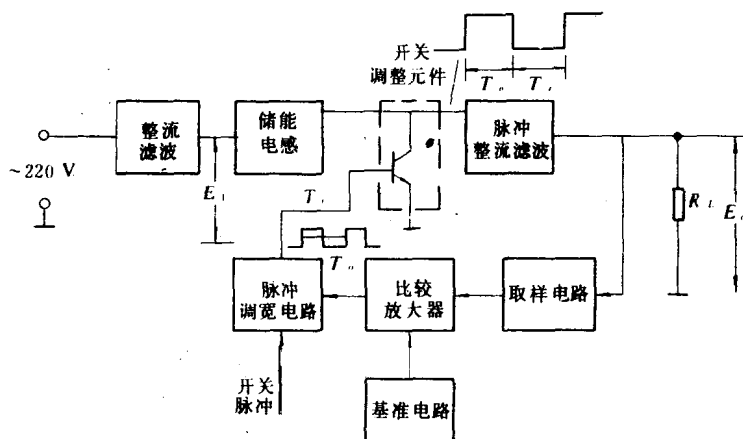


图 1-3 并联开关稳压电源方框图

控制电路与串联开关稳压电源基本相同，晶体管 Q 在开关脉冲的作用下，周期性地处在饱和导通与截止状态，因此在晶体管 Q 的集电极取得大幅度脉冲电压，然后经脉冲整流滤波取得直流输出电压。

电路中的稳压控制也采用脉冲宽度调制方式。当输出电压变化时，通过取样电路将输出电压变化量与基准电压比较，并经比较放大器放大取出误差控制电压，再经脉冲宽度调制电路控制开关脉冲宽度 (T_c) 来稳定直流输出电压 E_o 。

从以上的输出电压与脉冲宽度 T_c 的关系式中可知，并联开关稳压电源属于升压式电路，即输出电压 E_o 比输入电压 E_i 高， E_o 与 E_i 的关系决定于开关晶体管 Q 的导通时间 T_c 。

脉冲变压器耦合开关稳压电源 如图 1-4 所示。开关晶体管 Q 与脉冲变压器初级并接在输入端，晶体管 Q 在开关脉冲控制下周期性地导通与截止，因此在集电极取得脉冲电压，经脉冲变压器耦合，在次级可得到相应的脉冲电压，然后经整流滤波获得直流输出电压 E_o 。

稳压控制电路也包括取样电路、基准电压电路、比较放大器、脉冲宽度调制电路等部分，稳压控制过程与前面所述相同。

脉冲变压器耦合的开关稳压电源，是通过改变脉冲变压器初次级的匝数比来达到升压或

降压的目的。同时,可采用多组次级绕组以获得多档不同值的直流输出电压,使用较灵活方便。

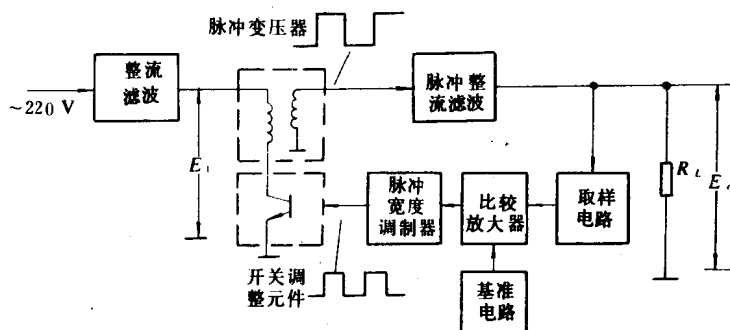


图 1-4 脉冲变压器耦合开关稳压电源方框图

2. 按开关稳压电源启动方式分类

按开关稳压电源启动方式不同,可分为自激形式开关稳压电源与他激形式开关稳压电源。

他激式开关稳压电源 这种电源电路必须附加一个振荡器,振荡器产生的开关脉冲,用来开关电源中的开关晶体管,使电路工作并有直流电压输出。振荡器可以是多谐振荡器或其他电路。振荡器可为启动式的,即仅在开机时工作一段时间,当电视机正常工作后,可由行扫描输出电路提供的行频脉冲作为开关信号。这时振荡器可以停止振荡,所以振荡器只是在开机时工作,以启动开关稳压电源电路进入工作状态。

自激式开关稳压电源 在自激式开关稳压电源中,由电源电路中的开关晶体管和脉冲变压器构成的正反馈环路,来完成自激振荡,使开关稳压电源有直流电压输出。电路类似间隙振荡器。当电视机正常工作时,自激振荡器的振荡频率由行输出电路馈来的行频脉冲触发同步。它与他激式电路相比,解决了开关电源电路独立工作的问题,即使在行扫描电路发生故障时,电源电路仍能自激振荡,且有直流电压输出,方便了电视机的维修与调整。

3. 按稳压控制方式分类

开关稳压电路的输出电压与开关晶体管的导通时间有关,即决定于开关脉冲的占空比,其稳压控制方式有脉冲调宽和调频两种。

脉冲宽度调制方式 开关稳压电路的输出直流电压正比于开关晶体管的导通时间 T_c ,而反比于开关脉冲的重复周期 T 。在电视机中,经常采用频率(周期)固定的形式,即开关脉冲频率由行频锁定。稳压电路则是通过改变开关脉冲宽度 T_c 来控制输出电压使之稳定。常称为脉冲宽度调制。

频率调制方式 在由频率调制的开关稳压电路中,开关脉冲频率不与行频同步。因开关稳压电源输出电压反比于开关脉冲的周期 T ,当输出电压变化时,可通过取样比较,将误差值放大后去控制开关脉冲周期(即频率),使输出电压达到稳定。

4. 按输出直流电压值的大小分类

按输出直流电压值的大小,开关稳压电源可分为升压式、降压式开关稳压电源。也可分为高压开关稳压电源和低压开关稳压电源。

5. 按开关晶体管的连接方式分类

按开关晶体管的连接方式分类,开关稳压电源可分为单端式、推挽式、半桥式和全桥式四种。单端式仅用一个开关晶体管,推挽式或半桥式采用两个开关晶体管,全桥式则采用四个开

关晶体管。目前电视机开关稳压电源常采用单端式。

第二节 开关电路的基本工作原理

开关电路是开关稳压电源的主要部分,以下分别叙述各种形式开关电路的基本工作原理。

一、串联开关电源基本电路

1. 串联开关电路

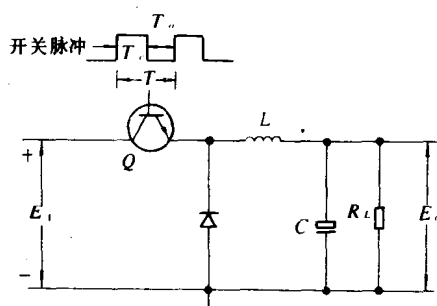


图 1-5 串联开关电源

图 1-5 为串联开关电源基本电路,电路中的 Q 为开关元件,二极管为续流二极管,电感 L 为储能元件, C 为滤波电容, R_L 为负载电阻。

开关晶体管 Q 串联在输入电压与负载 R_L 之间。在晶体管的基极输入开关脉冲信号,则晶体管 Q 被周期性地开关而处于饱和导通和截止状态。

二极管 D 类似于行输出电路中的阻尼二极管,与开关晶体管处在相反的工作状态。在开关晶体管 Q 导通时, D 则截止;而开关晶体管 Q 截止时,二极管 D 导通,从而使负载电路中有连续的电流流通,故称为续流二极管,二极管 D 不仅提高了电路工作效率,同时改善了输出直流电压中的纹波。在讨论电路工作过程时,假定了开关晶体管 Q 与二极管 D 为理想开关元件。

开关晶体管 Q 的基极输入脉冲为正极性 这时,开关晶体管 Q 为饱和导通,假定此时 Q 的集-射极之间压降近似为零,输入电压 E_1 加至续流二极管的负极,所以二极管 D 截止,等效电路如图 1-6(a)所示。

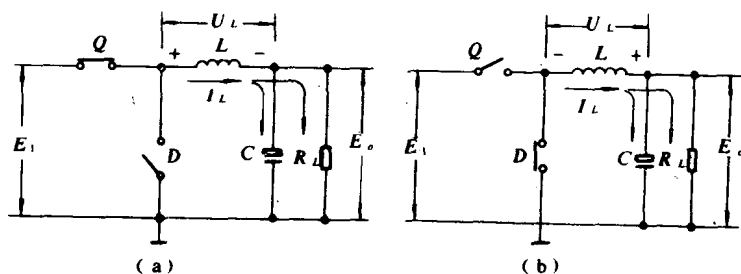


图 1-6 串联开关电源工作时的等效电路

输入电压 E_1 经 Q, L, C, R_L 形成回路,回路电流经 L 向电容 C 充电,并向负载供电,电感中的电流 I_L 基本上是线性上升的。电感与电容类似,可作为储能元件。电容是以电能形式储能,当电荷流入使电容两端的电压上升即储存电能,能量表示式为 $\frac{1}{2}CU^2$ 。而电感是以磁能形式储能的。当电感 L 中通过电流后,使它的磁通增加,其能量表示为 $\frac{1}{2}LI_L^2$ 。因此,随着电感中电流的上升,它储存的能量就更多。此时在电感 L 两端产生的感应电压为

$$U_L = L \frac{dI_L}{dt}$$

感应电压 U_L 的极性如图所示为左正右负,即感应电压极性是阻止电流的变化的。

开关晶体管基极输入负脉冲 这时, Q 截止, 电感中的电流不能跃变, 则在电感上所产生的感应电压的极性为左负右正, 等效电路如图 1-6(b) 所示。电感上的感应电压可使二极管 D 导通, 储存在电感 L 中的能量则通过二极管继续向电容充电, 同时也供给负载电流, 即将电感中的磁能转换为电容的电能或向负载释放。二极管 D 的作用是 p 当晶体管截止时, 使电感 L 中的能量通过其继续释放, 维持了负载电流的连续性。这里, 电感 L 与电容 C 组成了良好的滤波电路, 滤去输出直流电压中的开关脉冲频率的纹波及其谐波。

决定输出电压 E_o 值的因素 开关脉冲为正时, 开关晶体管 Q 饱和导通, 输入未稳定的直流电压 E_1 加到电感 L 上, 电感中的电流 I_L 线性上升, 则感应电压为

$$U_L = L \frac{dI_L}{dt}$$

这里感应电压极性, 已从物理概念上说明, 所以式中未加负号。

假定在电路处于平衡稳定状态时电容 C 上已有直流输出电压 E_o , 则

$$U_L = (E_1 - E_o) = L \frac{\Delta I_{L1}}{T_c}$$

式中 ΔI_{L1} 为电感中电流增加量, T_c 为开关晶体管 Q 的导通时间。因此, 导通时间 T_c 内电感中电流上升量为

$$\Delta I_{L1} = \frac{(E_1 - E_o) T_c}{L}$$

当开关晶体管截止时, 电感上感应电压极性相反, 二极管 D 导通。电感中的电流通过二极管 D 向电容与负载流动, 这时 $U_L = E_o$ 电感中电流减少量为

$$\Delta I_{L2} = \frac{E_o T_o}{L}$$

式中 T_o 为(晶体管 Q 截止而)二极管 D 的导通时间。

在平衡状态, 开关晶体管导通期间内, 电感中的电流增加量为 ΔI_{L1} 。开关晶体管截止而 D 导通期间内, 电感中电流减少量为 ΔI_{L2} 。在每一个开关周期中电感的电流增加量应等于电流减少量, 即达到平衡, 此时

$$\Delta I_{L1} = \Delta I_{L2}$$

也即
$$\frac{(E_1 - E_o) T_c}{L} = \frac{E_o T_o}{L}$$

$$E_o = E_1 \frac{T_c}{T_c + T_o} = E_1 \frac{T_o}{T}$$

式中 $T = T_c + T_o$ 为开关脉冲周期。

根据上式可知, 串联开关电路的输出电压 E_o 与输入电压 E_1 之比决定于晶体管 Q 在开关周期 T 中间的导通时间 T_c , 或者说决定 T_c 与 T 比值(即开关脉冲占空比)。导通时间 T_c 越长, 则输出电压 E_o 越高, 所以可采用改变 Q 导通时间 T_c , 即脉冲宽度调制来调节串联开关电路的输出电压。

2. 开关晶体管 Q 、二极管 D 、 L 和 C 上的电压和电流波形

电路中各点电压、电流波形如图 1-7 所示。图中 U_b 为开关晶体管基极输入开关脉冲信号。

在晶体管 Q 饱和导通时, 其管压降 $U_{ce} = U_{ces}$ (饱和压降 U_{ces} 约为 1V)。电感两端电压近似为 $(E_1 - E_o)$, 即为一恒定值, 所以此时电感中电流 I_L 呈线性上升。晶体管集电极电流 I_c 等于

I_L 。由于电流 I_L 向电容 C 充电,因此电容器 C 上的电压 U_c 上升。电感中的电流除了向电容充电外,还向负载 R_L 供给电流,并以磁能形式在电感中储存能量。

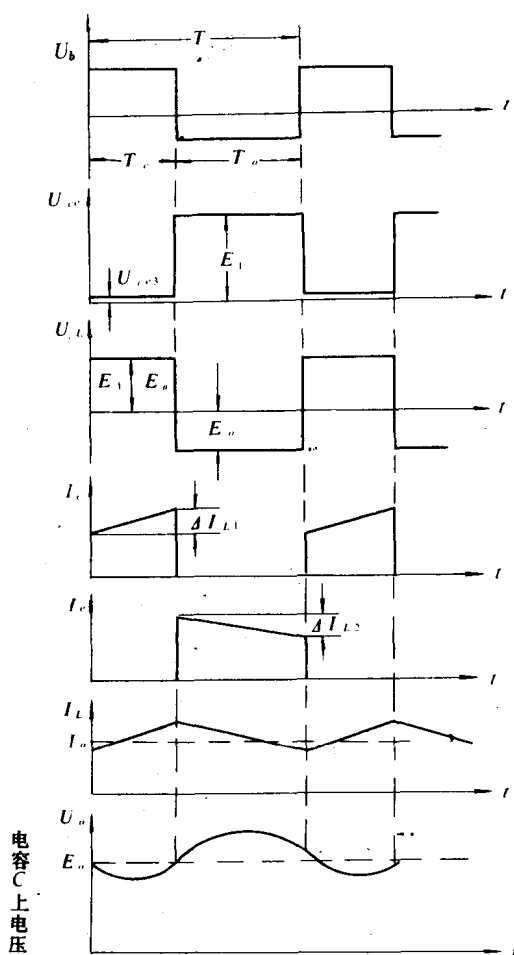


图 1-7 串联开关电路中各点的电压、电流波形

可能造成电流的断续。为了确保输出电流平滑连续,电感释放能量时的电流变化量 ΔI 应比负载电流 I_o 小两倍,如图 1-8 所示,图中虚线波形表示电感为临界值 $L_{\min}$ (即允许最小电感量时)的锯齿电流,其电流变化量为 ΔI 。如果电感量进一步减小,将会造成电流的断续。电感 L 中的电流变化量 ΔI 与输出直流平均电流关系为

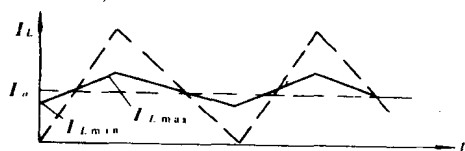


图 1-8 电感量与电流的关系

在晶体管 Q 截止而二极管 D 导通期间,二极管正向压降约为 $1V$,如二极管 D 导通时的压降,忽略不计则此时晶体管 Q 的压降为 $U_{ce} \approx E_1$,电感两端电压 $U_L = E_o$,该期间电感释放能量,也就是说,电感中储存的能量继续向电容与负载供电。从波形中可见电容两端的电压仍在上升,当电感中电流下降至小于负载电流 I_o 时,电容 C 开始放电,以维持负载上的输出电流。由于电容 C 放电使输出电压略有下降,因此输出电压 E_o (即电容 C 上电压)是一个有脉动纹波的波形,其平均输出电压为 E_o 。增加电容器 C 的容量及电感 L 的电感量可减小输出电压中的纹波。二极管电流 I_D 的初始值应等于晶体管截止前的瞬时值,此期间 $I_L = I_D$ 。

同样,当下一周期开关晶体管导通,而二极管截止时,由于上一周期中的电感能量未完全释放完,即 $I_L = I_D$ 未下降至零,所以晶体管开始导通时的电流有一起始值,这就是二极管截止前 I_L 的瞬时值。

电感 L 是储能元件,电感 L 上的锯齿波电流 I_L 的波形与电感量有关。如电感量太小,使电感储存的能量减小,而且释放得快,导致输出电压纹波增加。电感量太小甚至可

$$\Delta I = \frac{E_o}{L} T_o = 2I_o$$

上式经整理,将 L 代入 $L_{\min}$,则电路中允许的最小电感量 $L_{\min}$ 为

$$L_{\min} = \frac{E_o T_o}{2I_o} = \frac{E_o (T - T_c)}{2I_o} \\ = \frac{E_o^2 (1 - \frac{T_c}{T})}{2f P_o} = \frac{E_o^2 (1 - \frac{E_o}{E_1})}{2f P_o}$$

式中 $P_o = I_o E_o$ 为输出功率, f 为开关脉冲频率。 $L_{\min}$ 也就是临界电感量。上式说明要保证 L 中

的电流在整个周期中连续,在输出电压为 E_o ,输出功率为 P_o ,开关频率为 f 时,电感量必须大于 $L_{\min}$ 。

电路中 L 的电感量应适当取得大些,否则将会造成开关晶体管和续流二极管的峰值电流增大,导致输出电压纹波增大,同时也增加了电源内阻,使电压调整率变坏。

3. 串联开关电源的降压变换

开关电源电路因开关晶体管工作在开关状态,可达到很高的效率。在开关晶体管导通时,集-射极间饱和压降很小,晶体管功耗不大。在开关晶体管截止时,输入电压 E_1 加在晶体管的集-射极间,但因晶体管的反向漏电流很小,可忽略不计,即晶体管截止时可认为无功率损耗。

输入功率 从输入端取出的电流是脉冲波形,其幅度为 I_o ,实际上,每一周期 T 内仅有 T_c 时间(晶体管导通)输出电流 I_o ,因此输入电流平均值为 $I_o(\frac{T_c}{T})$,则电流输入功率为

$$P_{\lambda} = E_1 \cdot (I_o \frac{T_c}{T})$$

输出功率 前面已讨论得到,输出电压与输入电压的关系为

$$E_o = E_1 \frac{T_c}{T}$$

输出直流电流为 I_o ,则输出功率为

$$P_o = E_o \cdot I_o = (E_1 \frac{T_c}{T}) I_o$$

以上讨论未计入开关晶体管与二极管的损耗,认为 Q 与 D 都是理想元件,所以输出功率等于输入功率,电路类似一个降压变换器。它从输入端取得的电压为 E_1 ,平均电流为 $I_o(\frac{T_c}{T})$ 。

经电压变换后,在输出端为较低电压 $E_o = E_1(\frac{T_c}{T})$,输出电流增加为 I_o 。

串联开关稳压电源的降压变换,可通过选择比值 $\frac{T_c}{T}$,使输入电压值降为所要求的任意较低的输出电压值。不要求输入电压接近输出电压值。

4. 串联开关电源的效率

上面讨论时假定开关晶体管与二极管为理想开关,实际上电路元件都存在一定的功率损耗。为讨论方便,我们仅考虑开关晶体管与二极管的功率损耗。

开关晶体管的功率损耗 开关晶体管的电压、电流波形如图 1-9 所示。根据电路工作过程可分成四段时间:

(a) 开关晶体管的截止时间 T_{off} :

在截止时间 T_{off} 内,开关晶体管的管压降为 E_1 ,电流为反向漏电流 I_{ceo} ,功率损耗为

$$P_{\text{off}} = E_1 \cdot I_{\text{ceo}} \frac{T_{\text{off}}}{T}$$

(b) 开关晶体管从截止至导通的时间 T_r :

实际上开关晶体管从截止状态至导通状态有一段延迟时间 T_r ,此时晶体管集电极电流 I_c 从 I_{ceo} 上升到 I_o ,而管压降从 E_1 下降至 U_{ces} , T_r 期间的功率损耗是各瞬时的管压降与电流乘积的总和,通过数学积分为

$$P_1 = \frac{1}{6} I_o \cdot E_1 \frac{T_r}{T}$$

(c) 开关晶体管导通时间 T_{on} :

开关晶体管导通时, 管压降 U_{ces} 为饱和压降, 而集电极平均电流为 I_o , 因此 Q 导通时功率损耗为

$$P_{on} = I_o \cdot U_{ces} \cdot \frac{T_{on}}{T}$$

(d) 开关晶体管从导通至截止的时间 T_t :

晶体管从导通至截止经历一段存贮时间 T_r , Q 的集电极电流 I_c 从 I_o 下降至 I_{ceo} , 而晶体管集-射极间压降从 U_{ces} 上升至 E_1 , T_t 期间功率损耗通过数学积分为

$$P_t = \frac{1}{6} I_o \cdot E_1 \cdot \frac{T_t}{T}$$

因此开关晶体管的总功率损耗

$$P_c = P_{off} + P_r + P_{on} + P_t$$

因晶体管的反向漏电流很小, P_{off} 可忽略, 则功率损耗为

$$\begin{aligned} P_c &= P_{on} + P_r + P_t \\ &= I_o \cdot U_{ces} \frac{T_{on}}{T} + \frac{1}{6} I_o \cdot E_1 \cdot \frac{T_r + T_t}{T} \end{aligned}$$

由上式可见, 开关晶体管应挑选饱和压降小, 反向漏电流小, 延迟时间 T_r 和存贮时间 T_t 都小而开关特性好的晶体管。

续流二极管的功率损耗 续流二极管的电流、电压波形

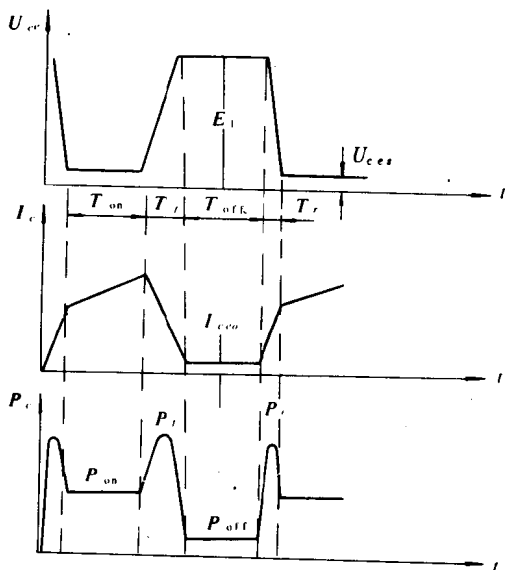


图 1-9 开关晶体管电压电流及功耗波形图

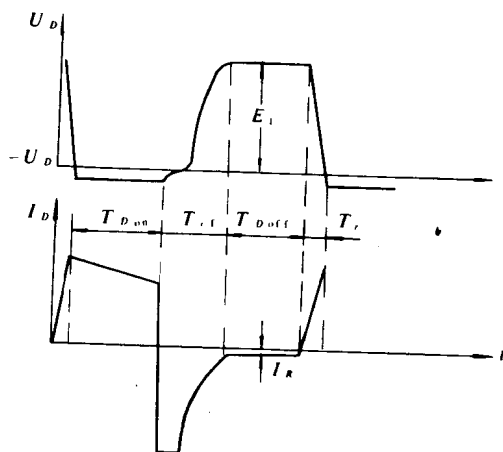


图 1-10 续流二极管导通、截止转换时瞬态电压电流波形

如图 1-10 所示。同样可分成四段时间:

(a) 二极管 D 截止时间 T_{Doff} :

二极管 D 截止时间 T_{Doff} 两端压降为 E_1 , 而反向漏电流为 I_R , 因此该时间功率损耗为

$$P_{Doff} = I_R \cdot E_1 \cdot \frac{T_{Doff}}{T}$$

(b) 二极管 D 从截止至导通时间 T_r :

二极管 D 从截止至导通的电流从 I_R 上升至 I_o , 而 D 的两端压降从 E_1 下降至二极管正向导通压降 U_D , 通过计算可得功率损耗为

$$P_{or} = \frac{1}{6} I_o \cdot E_1 \cdot \frac{T_r}{T}$$

(c) 二极管 D 导通时间 T_{Don} :

T_{Don} 期间, 通过二极管的平均电流为 I_o , 二极管的正向压降为 U_D , 则功率损耗为

$$P_{Don} = I_o \cdot U_D \cdot \frac{T_{Don}}{T}$$

(d) 二极管 D 从导通至截止的反向恢复时间 T_r :

二极管 D 从导通至截止需要经一段反向恢复时间 T_r , 从电流波形图中可见, 必须有一个反向抽出电流, 将二极管剩余的电荷抽去, 才能使二极管从导通变为截止状态, T_r 时间内的二极管的功率损耗为

$$P_{Drr} = \int_0^{T_r} I(t) \cdot U(t) dt$$

也即在反向恢复时间 T_r 中, 功率损耗为二极管反向恢复电流与管压降乘积的积分。

二极管 D 总功率损耗为

$$P_D = P_{Doff} + P_{Dr} + P_{Don} + P_{Drr}$$

二极管反向漏电流很小, P_{Doff} 项可忽略。总功率损耗中, 第三、第四项的值较大。由分析得出, 续流二极管应是具有反向漏电流小, 正向压降小, 反向恢复时间短的器件。

效率的估算 串联开关电源的损耗可以用以下方法估算: 在开关晶体管闭合时, 即 T_{on} 期间, 通过电流为 I_o , 集-射极间压降约为 $1V$, 因此开关晶体管功率损耗为 $I_o \cdot (1V) \frac{T_{on}}{T}$ 。在开关晶体管截止时, 即 T_{off} 期间, 晶体管无损耗, 但续流二极管 D 导通, 电感 L 通过 D 供给输出电流, 二极管正向压降近似为 $1V$, 即该期间二极管的功率损耗也为 $I_o \cdot (1V) \frac{T_{off}}{T}$ 。开关信号工作一周期其功耗可近似为 $I_o(1V)$ 。

此外, 开关晶体管从截止状态至导通状态的延迟时间 T_r 内的功耗为 P_r , 开关晶体管从导通至截止状态所经历的存贮时间 T_s 的功耗 P_s 。同样, 续流二极管也有功耗, 反向恢复时间 T_{rr} 所产生功耗为 P_{Drr} , 截止至导通时间 T_{Dr} 的功耗为 P_{Dr} 。这些功耗与所采用的开关晶体管及续流二极管的开关特性参数有关, 如选用开关特性良好的器件, 开关信号频率约为 $20kHz$, 开关元件通断瞬态的功率损耗可估算为 I_o 乘以 $1V$ 。则效率近似为

$$\eta = \frac{P_o}{P_1} = \frac{P_o}{P_o + I_o \cdot (1V) + I_o \cdot (1V)} = \frac{E_o I_o}{E_o \cdot I_o + 2I_o} = \frac{E_o}{E_o + 2}$$

上式证明串联开关电源的效率较高, 而且效率与输入电压 E_1 的大小无关, 即使在输入电网电压变得较高时, 效率不变。普通连续调整串联稳压电源的效率约为 $\eta = \frac{E_o}{E_1}$, 其效率反比于输入电压 E_1 , 当输入电压上升时, 效率变低。

这仅是对效率的一种估算。当选用具有优良特性的开关晶体管与续流二极管时, 效率可提高。电路效率还与开关信号工作频率有关, 当工作频率升高时, 效率会随之下降。反之, 会提高效率。但工作频率不能太低, 否则会进入音频范围, 产生干扰声。我们在讨论中, 对其它元件的功耗并未考虑在内。

5. 串联开关电源电路特点

- (a) 由于开关晶体管与负载串联,可以降低对开关晶体的反向耐压要求。
- (b) 输出直流电压比输入电压低,相当于一个降压变换器;不能升压,也无脉冲变压器耦合的开关电源,具有多档直流电压的优点。
- (c) 可不使用电源变压器,但这时机内底板带电,电视机修理与调整时必须特别注意安全,检修时可采用电源隔离变压器,防止触电与机件损坏。
- (d) 电路中电感为储能元件,电感量不宜太小。

二、并联升压开关电路

如图 1-11 所示,并联开关电路具有使输出电压比输入电压高的特点。

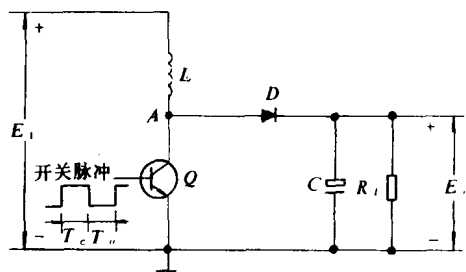


图 1-11 并联升压开关电路

L 为储能电感, L 和开关晶体管 Q 串接后跨在输入电压 E_1 两端, D 为脉冲整流二极管, C 为滤波电容器, R_L 为负载电阻。开关晶体管基极输入开关控制脉冲,使晶体管周期地导通与截止。开关晶体管饱和导通时间为 T_c , 截止时间为 T_o , 开关周期 $T = T_c + T_o$ 。

1. 电路工作原理

当开关脉冲信号为正极性时,则开关晶体管为饱和导通,输入电压 E_1 加在电感 L 的两端,等效电路如图 1-12(a) 所示。此时电感中的电流线性地上升,输入电压 E_1 向电感 L 供给能量,也即电感 L 储存能量。在此期间,假定电容 C 两端已有输出电压 E_o , 二极管 D 反向偏置而截止。若电路已工作了若干周期,达到动态平衡状态后,此期间,负载 R_L 所需的电流,由前一段时间,电容上所充有的电压供给。

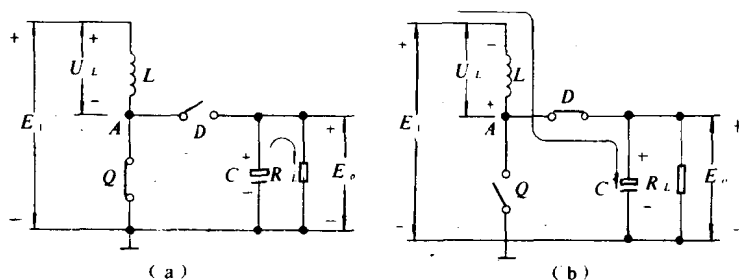


图 1-12 并联开关电路工作时的等效电路

当开关脉冲信号为负极性时,开关晶体管为截止状态。由于电感 L 中电流不能跃变,因此在 L 两端出现感应电压,极性图 1-12(b) 所示,下端为正,上端为负。输入电压 E_1 与电感上感应电压同极性相加,使二极管 D 正向偏置,电路产生的电流通过二极管流向电容及负载 R_L 。电容储存能量为 $CE_o^2/2$ 。

在开关晶体管饱和导通时间内,电感所储存的能量为 $LI_1^2/2$, I_1 为电流线性上升后的最大值。在 Q 截止时,电感中储存的能量开始释放,转换到负载和电容 C 上,补充上一段时间内因电容放电所失去的能量。

从等效电路中可见,在 Q 截止, D 导通期间,电源电压 E_1 和电感 L 的感应电压同极性串

联。所以此时,向负载 R_L 供给的电流及向电容充电电流,是由电源电压 E_1 和电感 L 所释放能量同时提供的。

Q 截止期间,电感 L 两端的感应电压可用比值 T_c/T_o 来控制。开关晶体管 Q 导通时间 T_c 越大,电感 L 中储存能量就越多,峰值电流也越大,因此, T_o 期间 L 两端的感应电压也就更大。

2. 输入—输出电压的关系

在 T_c 时间, Q 饱和导通,开关晶体管集电极(A 点)的电位近似为零,电感两端的电压为输入电压 E_1 ,即

$$U_L = E_1$$

电感中电流的变化率与电压的关系为

$$U_L = L \frac{dI_L}{dt} = E_1$$

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{E_1}{L}$$

因 E_1 与 L 为恒定常数,所以电感中的电流线性地上升, T_c 期间电感中电流增加量为

$$\Delta I_1 = \frac{E_1}{L} T_c$$

在开关晶体管截止时,由于电感上的感应电压使二极管 D 导通,由电感释放能量,同时此期间电流线性地下降,假定在 T_o 期间电流下降量为 ΔI_2 ,则电感的感应电压为

$$U_L = L \frac{\Delta I_2}{T_o}$$

开关晶体管 Q 集电极(A 点)电压为

$$U_A = E_1 + U_L = E_1 + L \frac{\Delta I_2}{T_o}$$

当电路工作达到平衡稳态时,电感 L 在 T_c 时间的电流增加量 ΔI_1 必须等于 T_o 期间的电流减小量 ΔI_2 。

$$\Delta I_1 = \Delta I_2$$

则可得

$$U_A = E_1 + U_L = E_1 + L \frac{\Delta I_2}{T_o} = E_1 + L \frac{\Delta I_1}{T_o} = E_1 + E_1 \frac{T_c}{T_o} = E_1 \left(1 + \frac{T_c}{T_o}\right)$$

A 点的电压波形(如图 1-13 所示)为矩形脉冲波,经二极管峰值整流滤波后,忽略二极管正向压降,可得输出直流电压为

$$E_o = E_1 \left(1 + \frac{T_c}{T_o}\right)$$

上式表示了输出电压与输入电压的关系。由此可见通过改变 T_c/T_o 的比值,可将输出电压调节到所需的值。

开关晶体管截止时,所承受的电压为 E_o ,所以该电路对开关晶体管反向耐压的要求并不高,为了留有余量,选择开关晶体管时,所要求的反向最大耐压为

$$BV_{ceo}/1.5E_o$$

二极管 D 的反向耐压要求与晶体管相同。

在 T_o 期间, Q 截止, D 导通,电感 L 的电流呈线性地下降的理由可说明如下:

因输出端为稳定直流电压 E_o ,不计二极管正向压降,则电感两端电压降为