

实用电源技术丛书

UPS 电路分析与维修

侯振义 王义明 编著

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书系统地论述了 UPS 的基本原理、应用和维护。全书共分十二章,第一、第二章介绍了 UPS 的功能、分类、系统组成、工作原理、发展趋势、常用集成器件、常用功率器件,第三至第十章重点对构成 UPS 的各功能部件逐一进行了深入探讨,第十一章用足够的篇幅对 UPS 的选型、测试、使用、维护和常发故障的排除方法及技巧进行了论述,第十二章给出了具有代表性的三种常用机型实例。

本书侧重理论基础和方法技巧。书中提供了 280 多幅翔实的电路图,深入浅出、先易后难,物理概念清晰,方法技巧可行。

本书可作为大、中专院校相关专业的教材及 UPS 维护使用人员的培训教材,还可供从事 UPS 产品研制开发、使用维护的工程技术人员以及其他从事电力电子工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

UPS 电路分析与维修/侯振义,王义明编著.-北京:科学出版社,2001
(实用电源技术丛书)
ISBN 7-03-009131-0

I. U… I. ①侯…②王… II. ①电子计算机-不停电电源-系统分析
②电子计算机-不停电电源-维修 N. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 02159 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

源海印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2001 年 7 月第一次印刷 印张:21 3/4
印数:1—3 000 字数:560 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈杨中〉)

前 言

UPS 在发展初期,仅仅被视为一种备用电源。由于许多地区供电质量并不理想,而计算机、通信设备、各种精密仪器对电源的要求又极为严格,所以在出现电网干扰或数 ms 的电源波动和中断时,会发生敏感元件遭受损坏、信息丢失、程序被冲等事故,使用户蒙受巨大的经济损失。正因为如此,UPS 日益受到高度的重视,并逐渐发展成为一种具备稳压、稳频、滤波、抗干扰、防浪涌等多种功能的电力保护系统。随着信息时代的到来,计算机得到了飞速发展,UPS 不仅在国防、通信、航空航天等重要领域得到普及,而且已经渗透到国民经济的各个领域,如医院、金融、保险、商贸乃至家庭,在人们的日常生产、生活中发挥着越来越重要的作用。现在,UPS 设备在国内几乎随处可见,连供电质量较佳的欧美、日本等国家也都将 UPS 视为标准设备。

随着 UPS 的广泛使用,不仅其数量越来越多,而且像其他设备一样,更新越来越快,技术越来越新,型号越来越多。目前广泛使用的 UPS,既有模拟控制的 UPS,又有模拟与数字混合控制的 UPS,还有纯数字化的 UPS。因此,UPS 已经成为一种涉及电力电子技术、数字通信技术、计算机技术等多种学科的技术密集型产品。但是目前用户对 UPS 的了解甚少,使用维护方面存在的问题较多。究其原因,有将 UPS 视作普通电源、思想上不重视、认识上不到位等因素,还有由于商业竞争、厂家保密等原因致使资料缺乏、加之更新换代快等重要因素。本书编者通过长期从事 UPS 科研和教学实践,深深认识到:只有打牢 UPS 的理论基础和实践基础,才能跟上 UPS 的发展步伐,管好、用好、维护好 UPS。因为只有深刻理解了 UPS 各主要功能单元的工作原理,掌握了其理论分析方法,熟悉了其测试技巧和维修技能,对于 UPS 的发展变化,才能做到触类旁通。本书出于上述考虑,侧重理论基础,侧重方法技巧。在叙述方法上不按机型讨论,而是在介绍了 UPS 系统的构成之后,对功能电路进行深入的分析讨论,不仅讨论后备式 UPS,也讨论在线式 UPS;不仅讨论小型 UPS,也讨论大中型 UPS。为了使读者对 UPS 系统有一个完整深刻的了解,本书在第十二章给出了三种常用机型实例。书中还用足够的篇幅介绍了 UPS 的日常使用维护及常发故障的排除技巧及方法,旨在帮助读者打好 UPS 的理论基础和工程实践基础。本书的出版,若能为普及 UPS 系统知识、提高相关工程技术人员及使用维护人员的理论水平和技术水平做点贡献,作者甚感欣慰。

本书第一、二、七章,第十至第十二章由侯振义编写,第三、五、六、八章由王义明编写,第四章由喻中华编写,第九章由夏峥编写。全书由侯振义综合整理并作了文字加工。

本书在编写过程中得到了中国电源学会学术委员会专家的指导,还得到了西安星海电子有限公司的大力支持与帮助。此外,喻中华、夏铮同志帮助绘制了书中的大量电路图,对此深表感谢。

UPS 是一个技术密集型产品,鉴于编者水平有限,书中不尽人意甚至有误之处在所难免,恳请读者指正。

编著者

二〇〇〇年十月

第一章 UPS 概述

随着电子技术的飞速发展,各种各样的用电器越来越多,而这其中的绝大部分都是非线性负载,即它们从电网提取的电流的波形与电压波形不一致。这无疑给电网带来了大量的谐波以及其他的公害,使供电的质量越来越差。另一方面,一些重要的用电部门(如机场、医院、银行)和一些重要的用电设备(如计算机、通信设备)对供电质量的要求越来越高,不仅要求不停电,还要求电压、频率、波形准确完好,不能受到电网的任何干扰,要有一个干净或净化的电源条件。这就使负荷(用电器)与电网供电质量之间的矛盾日益加深。为解决这一矛盾,一种称之为 UPS 的新型供电系统迅猛发展并普及起来。

UPS 是英文 Uninterruptible Power Supply 的缩写,即不间断供电电源,人们习惯将其简称为 UPS。UPS 不仅仅是一个备用电源,它还具备电力净化的功能。随着计算机、各种办公设备、精密电子仪器的普及,UPS 得到了广泛的应用。没有电就没有一切,UPS 作为不可或缺的电力保障和净化设备已为广大用户认可,连供电质量较佳的欧美、日本等国家都将 UPS 视为标准设备。

1.1 UPS 的功能

1.1.1 电网的干扰及危害

随着计算机的普及和信息处理技术的广泛应用,越来越多的系统和部门对市电供电质量提出了更高的要求。而实际的市电电网本身难以满足这些要求,这是因为造成电网污染的因素除了众所周知的电压波动、频率变化外,还有来自电网外部、内部的各种噪声和干扰,它们主要有以下几种:

(1) 电压浪涌

电压浪涌是指在一个周期或多个周期内,电压超过额定电压值的 110%。比如重型设备的关机,由于电网中电流突然消失,其线路电感(分布参量)反电势会造成电压上升;另一方面,线路电阻上电压降突然消失,也会造成电压上升。

(2) 电压尖峰

电压尖峰是指在二分之一周期至 100ms 期间内,叠加达 60kV 以上的电压脉冲。这主要由雷电、开关操作、电弧式故障和静电放电等因素造成。

(3) 电压瞬变

电压瞬变是指在 10ms 至 100ms 期间,叠加在市电电压上达 2kV 的脉冲电压。它产生的原因和电压尖峰大致相同,只是在量上有区别。

(4) 噪声电压

噪声电压是指叠加在工频电压上的幅度低而频率范围很宽的高频分量。这种现象在电网中很普遍,一般是由电机电刷打火、继电器动作、广播发射、微波空中传播、电弧焊接、

远距离雷电等引起的。

(5) 过压

过压是指超过电网电压正常有效值一定百分比的稳定高电压。一般由接线错误、电厂或电站的误调整、附近重型设备关机引起。对单相电压而言,也可能是由于三相负荷不平衡或中线接地不良等原因造成。

(6) 电压跌落

电压跌落是指一个或多个周期内的电压低于额定电压有效值的 80%~85%。这主要是由附近重型设备的启动或电动机启动造成的。

(7) 欠压

欠压是指低于正常市电有效值一定百分比的稳定低电压。这主要是由于过负荷而造成电网电压的降低。

(8) 电源中断

电源中断是指超过一个周期的无电状态。

以上污染或干扰对计算机或其他敏感先进仪器设备所造成的危害不尽相同。例如电源中断,可能造成硬件损坏;电压跌落,可能会使硬件提前老化、文件数据丢失;过压或欠压、浪涌电压,可能会损坏驱动器、存储器、逻辑电路,还可能产生不可预料的软件故障;噪声电压和瞬变电压,可能损坏逻辑电路和文件数据。

1.1.2 UPS 的功能

消除这些电网公害的影响的方法,一方面是制定有关的法规,如国际电工技术委员会制定的标准 IEC 555-2(1982 年生效)和 IEC 1000-3-2(1996 年 1 月 1 日生效,取代 IEC 555-2)、欧洲标准 ASE3600 以及美国标准 IEEE519 都对用电器给公共电网带来的公害进行限制;另一方面就是人们用了几十年的时间来寻找解决的方法,最后才创造出 UPS 这样的新型设备,使电网和用电器隔离,既避免了负载对电网产生干扰,又避免了电网中的干扰影响负载。表 1-1 列出了近年发展的各种防电网干扰的电力装置的功能。由表 1-1 可见,只有 UPS 的抗电网干扰的功能最全,性能最好。

表 1-1 各种电气装置抗电网干扰的功能比较

	隔离 变压器	稳压器	电源 净化器	调谐 滤波器	D-M-G 动态机组	铁-磁共振 UPS	电力 UPS
噪 声	*		*	*	*	*	*
电压变化		*	*		*	*	*
频率变化							*
瞬间间断					*	*	*
断 电					*	*	*
谐 波				*	*	*	*
后备时间	无				有		

UPS 的主要功能可以归纳为五个方面:

(1) 双路电源之间的无间断相互切换功能

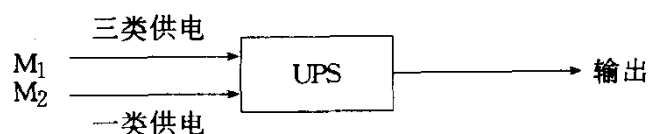


图 1-1 UPS 的双路电源无间断相互切换功能

(2) 隔离功能

将瞬间间断、谐波、电压波动、频率波动以及电压噪声等电网干扰阻挡在负载之前,既可使负载对电网不产生干扰,又可使电网中的干扰不影响负载。

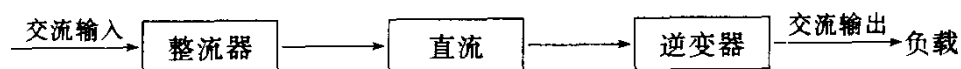


图 1-2 UPS 的隔离功能

(3) 电压变换功能

可以将输入电压变换成需要的电压。

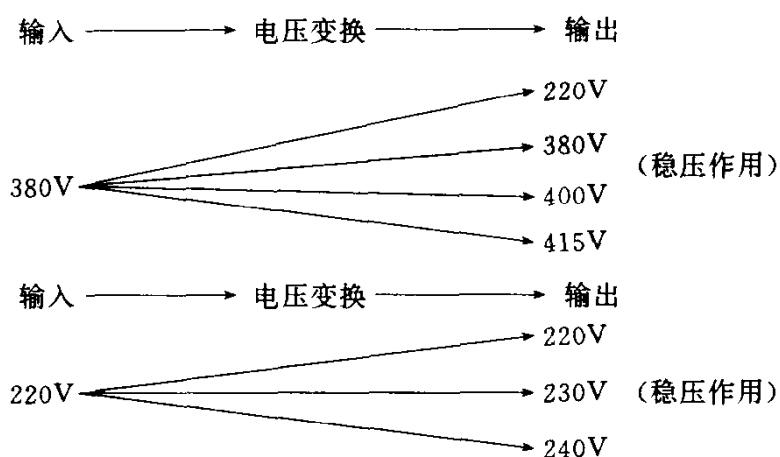


图 1-3 UPS 的电压变换功能

(4) 频率变换功能

可以将输入电压的频率变换成需要的频率。

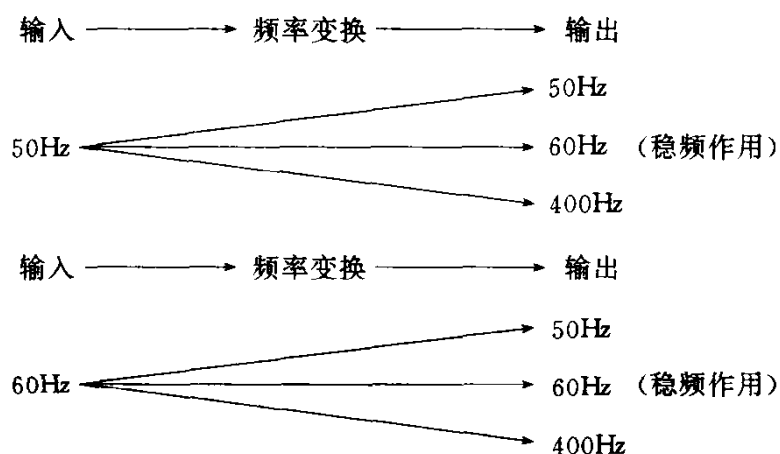


图 1-4 UPS 的频率变换功能

(5) 后备功能

UPS 后备功能如图 1-5 所示。UPS 带有蓄电池,贮存一定的能量,一方面在电网停电或发生间断时可继续供电一段时间来保护负载;另一方面在 UPS 的整流器发生故障时可使用户有时间来保护负载。按照用户的要求,后备时间可以是 5 分钟、10 分钟、15 分钟、30 分钟、90 分钟甚至更长。

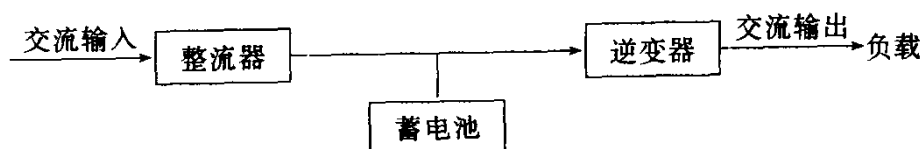


图 1-5 UPS 的后备功能

综上所述,UPS 既可保证对负载供电的连续性,又可保证给负载供电的质量。

1.2 UPS 的分类及工作原理综述

1.2.1 UPS 的分类

(1) 按工作原理分

UPS { 动态式
静态式 { 后备式
 { 在线式 { 三端口式
 { 串联在线式

(2) 按输入、输出方式分

UPS { 单相输入、单相输出
 { 三相输入、单相输出
 { 三相输入、三相输出

(3) 按容量分

UPS { 小功率 5kVA 以下
 { 中功率 5kVA~30kVA
 { 大功率 30kVA 以上

(4) 按输出波形分

UPS { 方波
 { 正弦波
 { 梯形波

1.2.2 UPS 工作原理综述

(1) 动态式 UPS

动态式 UPS 是发展较早的一种,它的主要组成部分是整流器、电池、直流电动机、惯性飞轮和交流发电机,系统中惯性飞轮是储能装置。当市电停电时,利用飞轮的巨大的惯性使发电机组继续供电,同时启动油机,当油机转速与发电机转速相同时,油机离合器与发动机相连,完成由市电到油机的转换。

这种系统稳定可靠、维护简单,但设备庞大,操作控制不方便,效率低,噪音大。因此,现在常用的 UPS 是无旋转部件的静态 UPS。

(2) 静态后备式 UPS

当市电正常时,市电经 EMI 滤波和抗浪涌无源滤波器后直接输送给负载,同时充电器给蓄电池充电,这时逆变器不工作;市电断电后,逆变器启动,将蓄电池的直流电压转换为交流电压(即 DC/AC 变换)并输送给负载。在此期间有一个转换时间,转换时间主要由

继电器的机械跳动时间和逆变器的启动时间决定,一般要求在 10ms 内完成。其特点是线路简单、易于实现、价格便宜,但由于它有切换时间,电源输出容易受电网波动的影响,因此供电质量不高,尤其是精密设备不宜采用,要求带发电机及长时间供电的用户更是不能接受。

(3) 静态在线式 UPS

在线式 UPS 分为三端口式 UPS 和串联在线式 UPS 两种。

1) 三端口式 UPS

三端口式 UPS 是美国 DELTEC 公司推出的。它具有利用铁磁谐振原理达到稳压效果的稳压变压器结构,铁芯上有三个绕组:市电绕组、双向变换器绕组、输出绕组,而它的主要工作方法是靠铁磁谐振原理实现稳压。另一核心部分是双向逆变器(即整流逆变器),在市电正常时,双向变换器起整流器作用,保持负载的不间断用电并给蓄电池充电;当市电失压或中断时,双向逆变器又起逆变器的作用,将电池的直流电压变成 50Hz 的交流电,使输出继续下去。

因为长时间后备供电有困难,且输入电压范围较窄,这使它的应用受到限制。

2) 串联型在线式 UPS

这种 UPS 在市电正常时,输入交流电先经 EMI 输入滤波器将电网中的污染滤掉,再经整流滤波,一方面给电池组提供直流充电电压,另一方面给逆变器提供工作电压。逆变器在调制信号的控制下,其输出波形再经高磁密变压器及交流滤波器后,输出一个稳压稳频的交流给负载供电。当市电不正常或断电时,由蓄电池给逆变器提供工作电压,逆变器将蓄电池提供的直流电压变换为交流电压给负载供电,实现不间断供电。当逆变器输出过压、过流或 UPS 出现故障时,逆变器能够自动关闭,并通过静态开关不间断地转至市电旁路,由市电直接给负载供电。

这一类 UPS 的特点是线路复杂,保护功能和扩展功能强,能适应较宽的市电范围和频率跟踪范围,可以满足用户的较高要求,但其价格也较高。

1.3 UPS 的工作原理

1.3.1 在线式 UPS 工作原理

在线式 UPS 原理框图如图 1-6 所示,在线式 UPS 主要是由以下几部分组成:充电器、

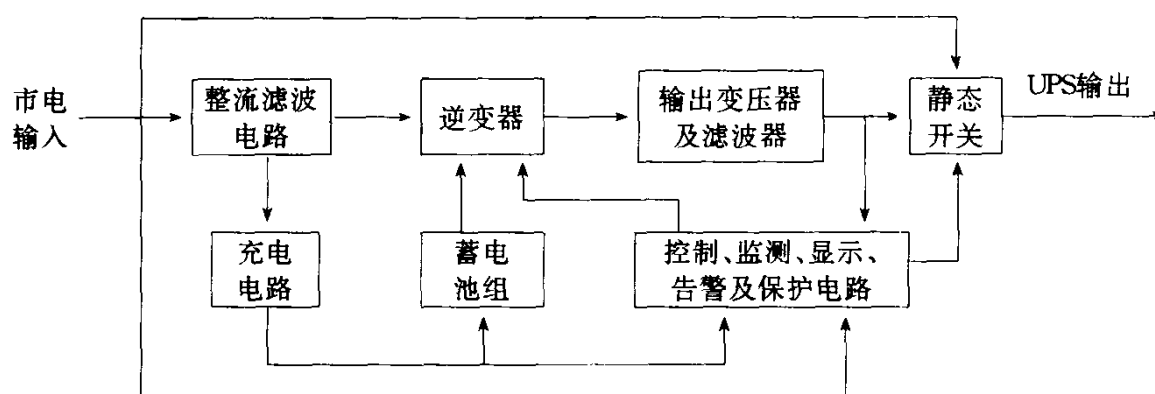


图 1-6 在线式 UPS 原理框图

逆变器、输出变压器及滤波器、静态开关、蓄电池组、整流滤波电路、充电电路和控制、监测、显示、告警及保护电路,在新型 UPS 中还有功率因数校正电路。在线式 UPS 的输出波形通常为标准正弦波,其工作原理如下:

① 当市电正常时,输入电压经过整流滤波电路,一路给逆变器提供电压,逆变器输出经过输出变压器和输出滤波电路将 SPWM 波形变换成隔离的纯正弦波,另一路送入充电器给蓄电池补充能量。该种工作状态时,静态开关切换到逆变器端。UPS 由市电经整流滤波器、逆变器及静态开关给负载供电,并且由逆变器来完成稳压和频率跟踪的功能。

② 当市电出现故障(无市电,市电电压过高或过低)时,UPS 工作在后备状态,静态开关仍然切换在逆变器端,此时 UPS 由逆变器将蓄电池的直流电压转换成交流电压,通过静态开关输出到负载。

③ 在市电正常,逆变器出现故障或输出过载时,UPS 工作在旁路状态,静态开关切换到市电端,由市电直接给负载供电。如果静态开关的转换是由逆变器故障引起,UPS 会发出报警信号;如果是由过载引起,当过载消失后,静态开关重新切换回逆变器端。

控制、监测、显示、告警及保护电路提供逆变、充电、静态开关转换所需的控制信号,并显示各自工作状态,当出现过压、过流、短路、过热时及时告警,同时提供相应保护。比如当负载发生短路时,保护电路会很快将逆变器关断,使其免受损害,静态开关也不会转换到市电,短路消失后逆变器会重新自行启动,恢复供电。

由此可见,对于在线式 UPS,无论市电是否正常,其输出总是由逆变器提供,所以在市电故障的瞬间,UPS 的输出不会有任何间断。另外,由于在线式 UPS 有输入 EMI 滤波器和输出滤波器,再加上市电的交流输入经整流滤波器变为直流,再由逆变器逆变为交流,所以几乎所有来自电网的干扰经过 UPS 以后都能得到很大程度的衰减;同时逆变器的稳压功能很强,所以在线式 UPS 能给负载提供干扰小、稳压精度高的电源。

1.3.2 后备式 UPS 工作原理

后备式 UPS 原理框图如图 1-7 所示,由图 1-7 可见,后备式 UPS 系统与在线式 UPS 相比较有以下不同:没有输入整流滤波电路,故逆变器仅由蓄电池供电,即市电正常时,逆变器不工作;输出没有滤波器,输出一般为方波;输出变压器在市电正常时起交流稳压器的功能,在逆变时起变压器功能。

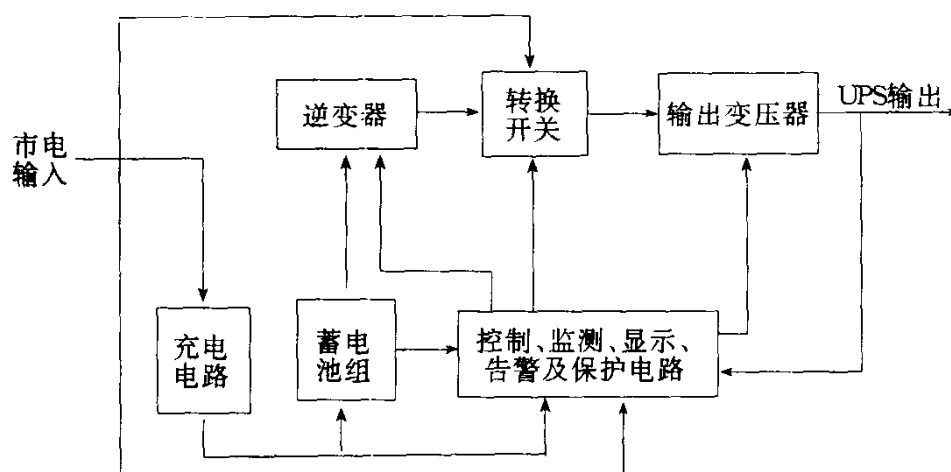


图 1-7 后备式 UPS 原理框图

① 当市电正常时,UPS 工作在市电旁路工作状态,转换开关切换到市电输入端,输入市电经转换开关接至由输出变压器构成的交流稳压器稳压后给负载供电。当市电发生变化时,UPS 通过改变继电器的接点来改变交流稳压器的输出绕组,从而实现稳定输出电压的功能。

② 当市电出现故障(无市电,市电电压过高或过低)时,UPS 工作在后备状态,当 UPS 内部的检测控制电路检测到市电故障时,就启动逆变器并将转换开关切换至逆变器端,由蓄电池经逆变器转换成交流电给负载供电。此时 UPS 的输出波形为方波,当负载发生变化时,逆变器通过改变输出方波的宽度来实现稳压的功能。

后备式 UPS 的逆变器在市电正常时处于“冷”状态(不工作),只有在市电出现故障时,才启动逆变器使其进入“热”状态,同时其转换开关一般为继电器,而继电器的转换开关需要一段动作过程,使得后备式 UPS 在由市电供电→逆变器供电或由逆变器供电→市电供电的转换过程中有一段转换时间,一般为 3~10ms。另外,后备式 UPS 的稳压是通过调节变压器的变比来实现的,所以其输出电压稳定度比在线式 UPS 低。

1.4 UPS 的组成

综上所述,UPS 由七大部分组成,即输入整流滤波电路、功率因数校正电路、蓄电池组、充电电路、逆变器电路、静态开关电路以及控制、监测、显示及保护电路。

1.4.1 输入整流滤波电路

UPS 内部蓄电池、逆变器及控制电路均需要直流电,这就要求 UPS 内部必须有整流及滤波电路。整流电路主要的功能是:

- ① 将交流电变换为直流电。
- ② 具有输出电压保持能力。
- ③ 抑制电网的干扰信号。

整流电路主要有单相不控整流、单相可控整流、三相不控整流和三相可控整流等形式。滤波电路可用一级或多级滤波电路构成,其基本形式是在整流输出端加滤波电容或加电感扼流线圈。滤波器大体上可划分为电容输入或电感扼流线圈输入两种形式。电容输入虽然输出电压高,但它要求变压器输出的峰值电流大,且负载调整率差。扼流线圈形式虽然输出特性好,但它需要较大的扼流线圈且成本较高。因此,目前在 UPS 中常采用电容、电感组成的 LC 滤波器。

1.4.2 功率因数校正电路

在 UPS 中,一般由交流市电输入整流,整流后大都采用大容量的电容器进行滤波(在 UPS 中还并联有蓄电池),这就在电容器充电期间形成了脉冲电流。该电流峰值很高,由于电流波形畸变会导致功率因数下降,并产生高次谐波电流形成的噪声源,反过来会对电网造成干扰。功率因数校正电路的作用就是提高功率因数,降低谐波干扰,使电网输入电流成为与输入电压接近同相位的正弦波。

1.4.3 蓄电池组

蓄电池组是 UPS 的心脏,没有蓄电池组的 UPS 只能称作交流稳压稳频电源。目前在 UPS 中,广泛使用蓄电池作为储存电能的装置。当市电正常时,蓄电池由直流电源对其充电,将电能转化为化学能而储存起来;当市电供应中断时,UPS 用储存在蓄电池中的能量维持其逆变器的正常工作,此时蓄电池通过放电将化学能转化为电能提供给 UPS 使用,因此蓄电池是一种可逆电源。目前在中小型 UPS 中被广泛使用的是所谓的免维护的密封式铅酸蓄电池,它的价格较贵,一般占 UPS 总生产成本的 $1/4 \sim 2/5$ 。在返修的 UPS 中,由于蓄电池故障而引起 UPS 不能正常工作的比例大约占 $1/3$,对于长延时(4 或 8 小时)UPS 而言,蓄电池的成本甚至超过 UPS 主机的成本。由此可见,正确地使用并维护好蓄电池组,对延长蓄电池使用寿命关系极大,不能掉以轻心。如果使用正确,蓄电池的寿命一般可达 3~5 年,有的甚至可达 10 年左右。

1.4.4 充电电路

UPS 中的充电电路将蓄电池放电后损失的能量重新补充,一般充电电路是独立于逆变器而工作的,也就是说即使不用逆变器,只要将电源接通,充电电路就可以工作。在充电过程中,充电器的控制电路检测整流充电过程,一般在充电阶段是恒流充电过程,随着电池电压的上升,当蓄电池的电压达到浮充电压以后,充电器工作在恒压阶段,直到电池被充满。因此,充电电路的反馈回路一般有两个,一个作为电流反馈,另一个是电压反馈。主电路一般采用开关型电路,其类型一般有降压电路和升压电路两种。这些电路称为基本充电电路。为了减少充电时间,各种快速充电电路在 UPS 中也得到了应用。

1.4.5 逆变电路

UPS 逆变器的功能是将由市电整流所得的直流电压或蓄电池电压变换成交流电压,在后备式 UPS 中其逆变器输出波形一般为准方波,而在在线式 UPS 中其逆变器输出多为正弦脉宽调制波(SPWM),该波形经 LC 低通滤波器滤波得到标准正弦波。

1.4.6 静态开关电路

静态开关是 UPS 的保护设备和供电转换器件,它一方面保护 UPS 和负载,另一方面作为市电旁路供电和逆变器供电的转换器件。当 UPS 输出过载时,为了保护逆变器,当市电正常时 UPS 通过静态开关将输出由逆变器转换到市电;当逆变器出现故障时,为了保证负载不断电,UPS 输出也通过静态开关输出切换到市电。由于 UPS 内部一般都有同步锁相电路,同时静态开关转换时间较短,因此在转换过程中不会出现间断。小型 UPS 一般采用快速继电器作为静态开关,大中型 UPS 则采用一对反向并联的快速可控硅作为静态开关。

1.4.7 控制、监测、显示及保护电路

控制电路是 UPS 的神经中枢,其输出电压精度高低、波形失真度大小以及长期工作可靠性的均与控制电路密切相关。控制电路主要有 SPWM 产生电路、闭环调压电路、

同步锁相电路等。为了使 UPS 可靠工作,它应具有较为完善的保护电路,一般的 UPS 都具有电池电压过低自动保护电路、逆变器输出过载或短路自动保护电路、逆变器过压输出自动保护电路、市电输入电压过高自动保护电路、UPS 延迟启动自动保护电路等保护电路。为了随时掌握和了解 UPS 工作状态和运行情况,UPS 一般还设有监测电路、显示电路及报警电路。

1.5 UPS 的发展趋势

1.5.1 智能化

一个智能化的 UPS 的硬件部分,基本上是由普通的 UPS 加上微机系统所组成。微机系统通过对各类信息的分析综合,除完成 UPS 相应部分正常运行的控制功能外,还应完成以下功能:

- ① 对运行中的 UPS 进行实时监测,对电路中的重要数据信息进行分析处理,从中得出各部分电路工作是否正常。
- ② 在 UPS 发生故障时,能根据监测结果,及时进行分析,诊断出故障部位,并给出处理方法。
- ③ 完成部分控制工作,在 UPS 发生故障时,根据现场需要及时采取必要的自身应急保护控制动作,以防故障影响面的扩大。
- ④ 完成必要的自身维护。能根据不同电池的不同要求,对电池进行不同的充电,并自动完成电池状态测试与维护。
- ⑤ 自动显示所监测的数据信息,在设备运行异常或发生故障时,能够实时自动记录有关信息,并形成档案,供工程技术人员查阅。
- ⑥ 能够用程序控制 UPS 的启动或停止,实现无人值守的自动操作。
- ⑦ 具有交换信息功能,可以随时向计算机输入或从联网机获取信息。

1.5.2 高频化

第一代 UPS 的功率开关为可控硅,第二代为功率晶体管,第三代为场控型器件(MOSFET 和 IGBT)。功率晶体管开关速度比可控硅高一个数量级,场效应晶体管 MOSFET 比功率晶体管又高一个数量级,而 IGBT 功率器件电流容量比 MOSFET 大得多,且导通电阻小,工作频率比 MOSFET 低,但也可使功率变换电路的载波频率高达 50kHz。变换电路频率的提高,使得用于滤波的电感、电容大大减少,UPS 效率、噪声、体积、动态响应特性和精度大大提高。

1.5.3 绿色化

各种用电设备及电源装置产生的谐波电流及滞后电流严重污染电网,随着各种政策法规的出台,对无污染的绿色电源装置的呼声愈来愈高。UPS 除加装高效输入滤波器外,还应在电网输入端采用功率因数校正技术,这样既可消除本身由于整流滤波电路产生的谐波电流,又可补偿功率因数,使 UPS 的输入功率因数达 0.98 以上。

第二章 UPS 中的常用元器件

2.1 UPS 中的常用集成电路

2.1.1 R-S 触发器

R-S 触发器是由两个“与非”门采用交叉连接方法组成的触发器,根据其功能又有置“0”、置“1”触发器(也称复位、置位触发器)和计数式触发器之分。其电路如图 2-1 所示,其中(a)为置“0”、置“1”触发器,(b)(c)(d)为计数式触发器。

R-S 触发器在 UPS 控制电路中使用较多,现将其输入输出的关系说明如下。

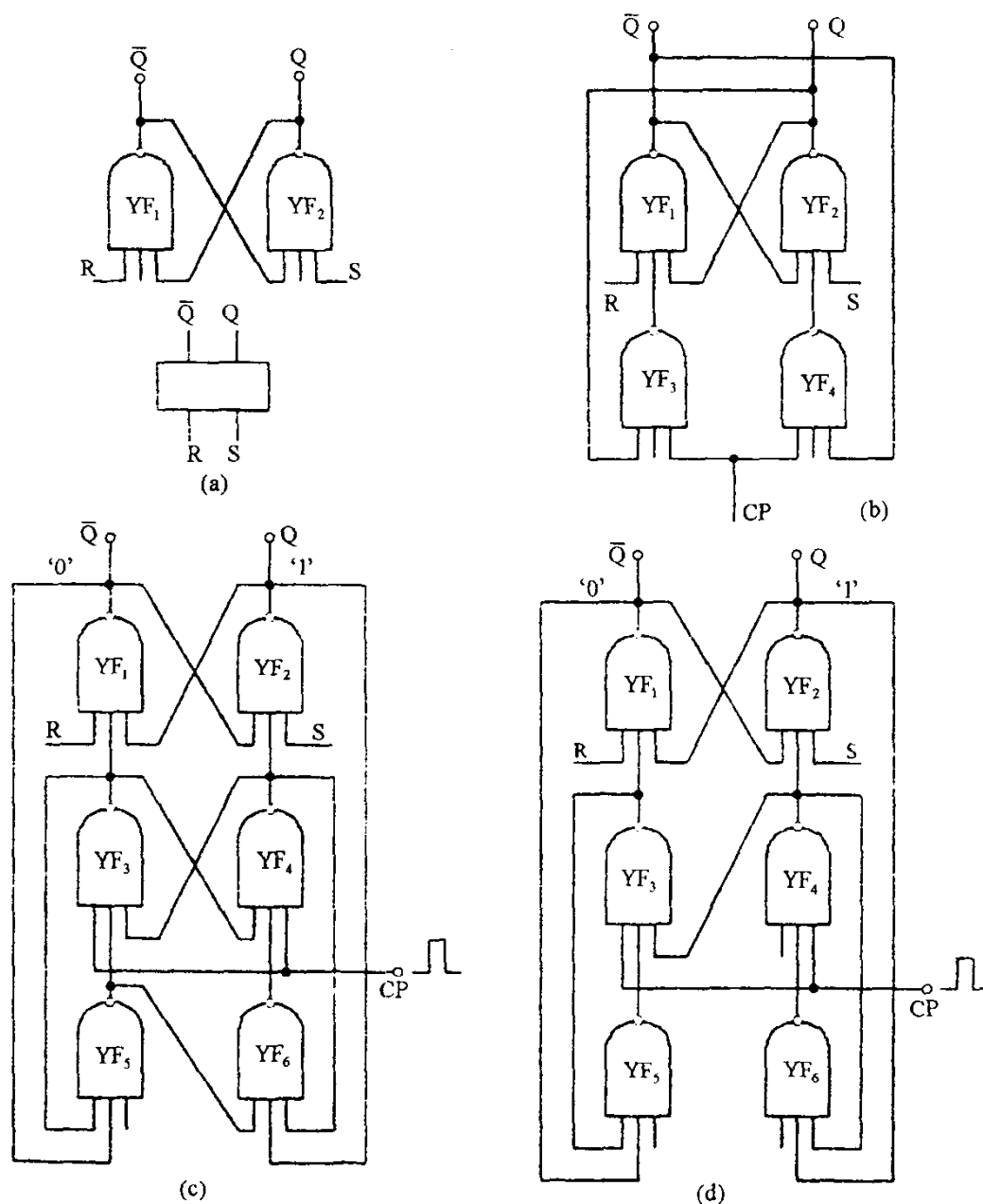


图 2-1 R-S 触发器与计数式触发器

1. 置“0”、置“1”触发器输入输出的关系

(1) 当 R 端(置“0”端)输入低电平, S 端(置“1”端)为高电平时, YF_1 输出高电平, YF_2 输出低电平。也就是说, 这时触发器被置“0”。其输出端: $Q=0, \bar{Q}=1$ 。

(2) 当 S 端(置“1”端)输入低电平, R 端(置“0”端)为高电平时, YF_2 输出高电平, YF_1 输出低电平。也就是说, 这时触发器被置“1”。其输出端: $Q=1, \bar{Q}=0$ 。

(3) 当 R、S 端均为高电平时, 触发器保持原有的状态不变。如触发器为“1”状态时, 因为 $Q=1, R=1$ (未用的输入端也为高电平), 所以, YF_1 的输入端均为高电平, 故输出为低电平。该低电平又使 YF_2 的输出为高电平, 所以, 这时触发器的状态仍保持 $Q=1, \bar{Q}=0$, 即触发器保持原来的“1”状态不变。假如触发器原来的状态为“0”, 即 $Q=0, \bar{Q}=1$ 。这时因为 $Q=0, S=1$, 所以, YF_2 的输入端均为高电平, 故 YF_2 输出为低电平。该低电平又使 YF_1 的输出为高电平, 故这时触发器的状态仍保持 $Q=0, \bar{Q}=1$, 即触发器保持原来的“0”状态不变。

2. 计数式触发器

由上所述可知: 置“0”、置“1”触发器只有置“0”、置“1”功能, 而不能计数, 也不能构成移位寄存器。在控制电路中, 有时需要具有计数功能的触发器。为此, 在置“0”、置“1”触发器中的两个与非门的输入端, 增加一个计数脉冲的输入, 这时, 只要把计数脉冲恰当地引导到应该触发的一边(即输入为高电平的那一边), 就能起到计数的作用, 其电路如图 2-1(b) 所示。

由图 2-1(b) 电路可知, 该电路与置“0”、置“1”触发器相比, 增加了两个与非门(YF_3 、 YF_4)作为引导电路。两个与非门的连接方法是把计数脉冲引导到应该触发的一边, 且计数脉冲必须是高电平。当计数脉冲为低电平时, YF_3 、 YF_4 均输出高电平, 这时的触发器与置“0”、置“1”触发器完全相同。但当计数脉冲为高电平时, 则会使触发器翻转一次。设原触发器为“1”状态, 即 $Q=1, \bar{Q}=0$ 。当有计数脉冲时, 由于 YF_3 的输入端均为高电平, YF_4 则有一个输入端为低电平, 故 YF_3 输出低电平, YF_4 输出高电平。 YF_3 输出的低电平, 导致 YF_1 输出高电平, YF_1 输出的高电平和 YF_4 输出的高电平, 又使 YF_2 输出低电平, 即触发器这时的状态为 $Q=0, \bar{Q}=1$ 。也就是说, 触发器由原来的“1”状态, 翻转成为了“0”状态。

同理, 如果触发器原为“0”状态, 即 $Q=0, \bar{Q}=1$ 。则当计数脉冲到来时, 由于 YF_4 的输入端均为高电平, YF_3 则有一个输入端为低电平, 故 YF_4 输出低电平, YF_3 输出高电平。 YF_4 输出的低电平又导致 YF_2 输出高电平, YF_2 输出的高电平和 YF_3 输出的高电平, 又导致 YF_1 输出低电平, 即这时触发器的状态变为 $Q=1, \bar{Q}=0$ 。也就是说, 触发器由原来的“0”状态翻转成为了“1”状态。

当然, 这种电路对计数脉冲的宽度有严格要求。太窄(小于两级门延迟)会引起翻转不可靠; 太宽(大于三级门延迟时间)可能引起多次翻转, 这种现象称为“空翻”或“竞态现象”。为了防止竞态现象的发生, 在实际应用中经常用增加两个门的方法, 来封锁在计数脉冲存在期间, 输出端变化对引导作用的影响。其电路见图 2-1(c)。这种触发器, 就是人们

常说的“维持-阻塞触发器”。

由图 2-1(c)可知:当触发器的状态为“0”时,若无计数脉冲到来,即 CP 为低电平时, YF_3 、 YF_4 均输出高电平,触发器的状态不会改变,这时的触发器与置“0”、置“1”触发器完全相同。同时,这时 YF_6 输出高电平, YF_5 输出低电平,为正确引导下一个计数脉冲准备了条件。即当下一个脉冲到来时, YF_5 输出的低电平将 YF_3 封死,计数脉冲只能通过 YF_4 将触发器置“1”。只要计数脉冲的宽度大于两级门的延迟时间,触发器就能可靠翻转,当计数脉冲宽度大于三级门的延迟时间时,则因 YF_4 的输出接到 YF_6 的输入端的连线(置“1”维持线)将 YF_6 封锁,使 YF_4 仍能维持低电平(置“1”脉冲), YF_4 输出的低电平又通过 YF_4 的输出到 YF_3 的一个输入端的连线(置“0”阻塞线)将 YF_3 封死,因而不会因触发器输出的变化而引起再次翻转。

同理,当触发器的状态为“1”时,在无计数脉冲到来时,由于 CP 为低电平, YF_3 、 YF_4 均输出高电平,触发器的状态不会改变。与此同时, YF_5 输出高电平, YF_6 输出低电平,为正确引导下一个计数脉冲准备了条件。当计数脉冲到来时, YF_6 输出的低电平将 YF_4 封死,计数脉冲只能通过 YF_3 将触发器置成“0”。只要计数脉冲的宽度大于两级门的延迟时间,触发器就能可靠翻转。当计数脉冲大于三级门的延迟时间时,则因 YF_3 的输出到 YF_5 的输入端的连线(置“0”维持线)将 YF_5 封锁,使 YF_3 仍能维持低电平(置“0”脉冲)。 YF_3 输出的低电平又通过 YF_3 的输出到 YF_4 的一个输入端的连线(置“1”阻塞线)将 YF_4 封死,也不会因触发器输出的变化,而引起再次翻转。

图 2-1(d)的工作原理与图 2-1(c)的工作原理完全一样。 YF_5 的输出接到 YF_6 的一个输入端的连线既代替了从 YF_2 的输出到 YF_6 的反馈线,也代替了 YF_3 的输出到 YF_4 的一个输入端的连线(置“1”阻塞线)。因为触发器从“1”翻转到“0”时, YF_3 输出低电平,该电平将 YF_5 封死, YF_5 的输出又通过 YF_6 将 YF_4 封死,故图 2-1(c)中的置“1”阻塞线就没有连接的必要了。

同理,图 2-1(c)中 YF_2 的输出到 YF_6 的一个输入端的连线,便由 YF_1 的输出经 YF_5 再到 YF_6 的一个输入端的连线所代替。这种触发器用得很多,也很可靠。当然这种触发器的置“1”、置“0”信号是不能同时的,一旦同时出现,它的状态就不能确定了。

2.1.2 D 触发器

D 触发器是一个只有一个信号控制端的触发器,在控制电路中常用来构成分频。它的逻辑符号与输出波形如图 2-2 所示。

从图 2-2 波形图可知:这种触发器的输出端,能在时钟脉冲 CP 的作用下,变成与触发器 D 端输入值一样的状态,而且这种变化只发生在时钟脉冲 CP 从低电平变化到高电平的时刻。也就是说,当触发器的 D 端为高电平“1”时,在时钟脉冲由低电平变为高电平的时刻,能使触发器的输出端也变成高电平“1”;同样,在触发器的 D 端为低电平“0”时,在时钟脉冲由低电平变为高电平的时刻,也能使触发器的输出端变成低电平“0”。

D 触发器的真值表如表 2-1 所示。

如果将 D 触发器的输出端 $\bar{Q}$ 端与输入端 D 端相连,则可以方便地构成分频器。分频器在 UPS 控制电路中应用很多。

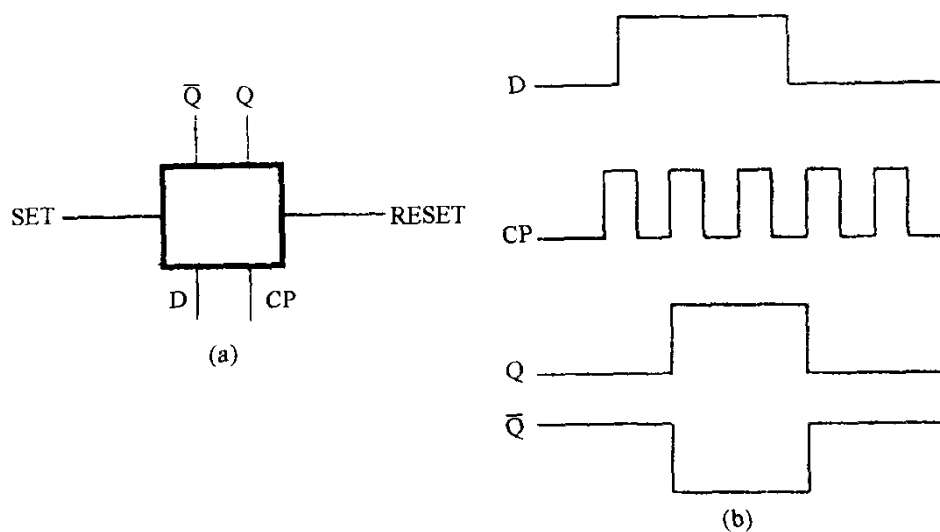


图 2-2 D 触发器的逻辑符号与输出波形

表 2-1 D 触发器的真值表

RESET	SET	CP	D	Q	$\bar{Q}$
1	0	任意		1	0
0	1	任意		0	1
1	1	由 0 变 1	1	1	0
1	1	由 0 变 1	0	0	1

2.1.3 NE555 组件

1. NE555 的工作原理

NE555 组件在 UPS 中多用于工作状态指示与报警电路,其功能如图 2-3 所示。由功能图可知,NE555 由以下几部分组成:

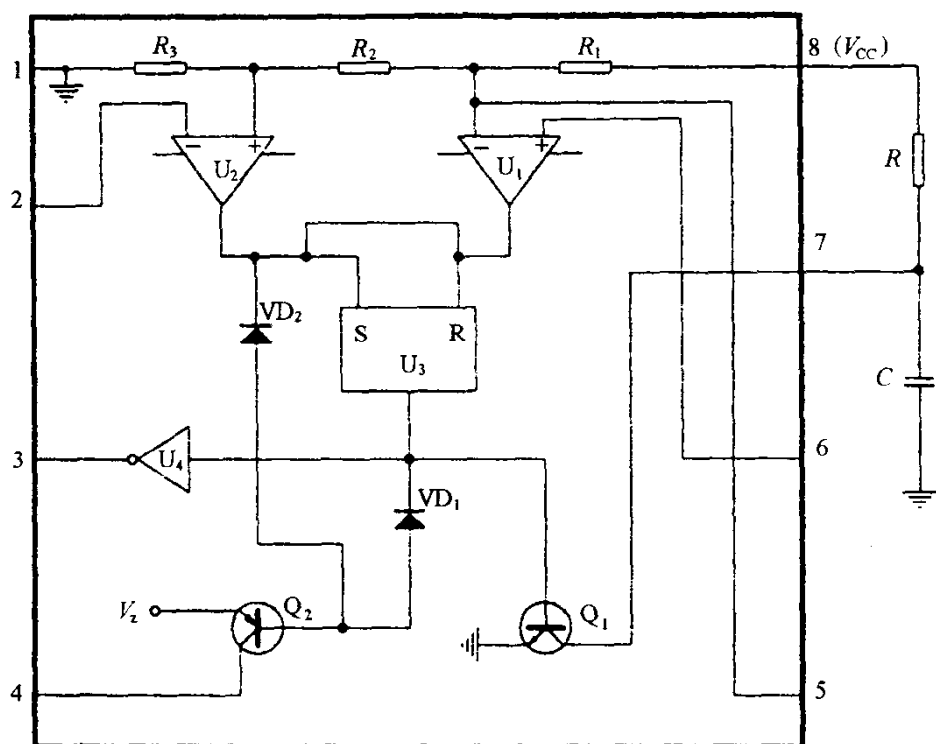


图 2-3 NE555 组件功能图

① 由电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 组成的电阻分压器。

② 电压比较器 U_1 和 U_2 。

③ R-S 触发器 U_3 。

④ 晶体管 Q_1 、 Q_2 和输出门 U_4 。

NE555 的管脚接线为:第 1 脚接地,第 2 脚接触发信号,第 3 脚为输出信号,第 4 脚为复位信号,第 5 脚为控制电压,第 6 脚为阈值门限电压,第 7 脚为放电端,第 8 脚为电源端。

由电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 组成的电阻分压器的作用是提供电压比较器 U_1 、 U_2 一个基准电压。由图可知,接第 8 脚的电压 V_{CC} 通过 R_1 与 R_2 、 R_3 串联后接地。由于 R_1 、 R_2 、 R_3 三个电阻的阻值相同,故电压比较器 U_2 同相端的基准电压为 $\frac{1}{3}V_{CC}$,电压比较器 U_1 反相端的基准电压为 $\frac{2}{3}V_{CC}$ 。电压比较器 U_1 和 U_2 的另外两端接第 6 脚和第 2 脚,第 6 脚外接阈值门限电压,第 2 脚外接触发电压。 U_1 的反相端,还接到控制电压端第 5 脚,受外来控制电压的控制。

U_1 、 U_2 两个电压比较器的输出,控制着 R-S 触发器的状态。而触发器的输出,又送到输出门 U_4 的输入和晶体管 Q_1 的基极。故当触发器 U_3 输出高电平时,接第 7 脚的电容器 C 可以通过晶体管 Q_1 放电,当触发器 U_3 输出低电平时, V_{CC} 又可经电阻 R 给外接放电端第 7 脚的电容器 C 进行充电。同时, U_4 将触发器 U_3 的输出信号反相后送到输出端第 3 脚。

Q_2 是一个 PNP 晶体三极管。它的发射极固定接一个比电压 V_{CC} 稍小的基准电压 V_Z ,它的基极接到复位端第 4 脚, Q_2 的输出通过二极管 VD_2 同时送到 R-S 触发器的 R 端和 S 端。

因此,当送到第 4 脚的电平大于 V_Z 基准电压时,晶体管 Q_2 截止。它的存在对 NE555 的工作状态不产生任何影响。但当送到复位端第 4 脚的电平低于 V_Z 基准电压时,晶体管 Q_2 导通, V_Z 基准电源通过 Q_2 与二极管 D_1 加到晶体管 Q_1 的基极,又使晶体管 Q_1 导通。外接第 7 脚的电容 C 通过 Q_1 放电。同时, Q_2 集电极的电位经 U_4 反相后,使第 3 脚输出低电平,并使 R-S 触发器保持在高电平状态。

2. NE555 应用

显然,采用不同方法外接不同元器件,NE555 就可以作多种用途,如作为单稳触发器、自激多谐振荡器等。

(1) 单稳触发器

当 NE555 作为单稳触发器时,其电路接法如图 2-4 所示。

从图可知:NE555 的复位端第 4 脚与接 V_{CC} 的第 8 脚相连。这样,晶体管 Q_2 永远处于截止状态。而第 6 脚与第 7 脚相连,故电压比较器 U_1 受电容器 C 两端电压的控制。该电路的工作原理是这样的:当触发器第 2 脚没有触发信号时,其电位为高电平,电压比较器 U_2 反相端的电位高于同相端的电位,所以,电压比较器 U_2 输出低电平。刚加电时,由于电容器上的电压不能突变,故第 6 脚的电位为 0,该电平加到电压比较器 U_1 的同相端,而反