

从 TTL 与非门谈 三极管倒置问题

梁计锋 西安翻译学院工程技术学院 陕西西安 710105

【文章摘要】

在《数字电路》中,当分析 TTL 与非门的功能时,出现了个“三极管倒置状态”的概念,很多同学很纳闷,在《模拟电路》中讲到三极管有三个状态,分别为:放大、饱和与截止。何为倒置状态呢?本文主要论述了三极管倒置状态的原理及应用,为学习电子技术的同学理清了思路,开阔了视野。

【关键词】

TTL 与非门;晶体三极管;倒置状态;有源负载

一、引言

我们在《数字电路》中分析 TTL 与非门(如图 1)的原理时,当输入低平(如 0.3V)时,三极管 T_1 正常导通。而当输入高电平(如 3.6V)时, T_1 下面两级的三极管导通,使 T_1 基极电压变为 2.1V,集电极电压变为 1.4V,而因为其发射极的电压 3.6V,导致发射极反偏,集电极正偏,所以就 T_1 为“倒置工作状态”。很多同学在学习晶体三极管的工作状态时,知道三极管有三个工作状态,分别为“放大、截止、饱和”,很少提到过“倒置工作状态”。那么到底什么是三极管的“倒置工作状态”,它又有什么用处呢?

二、三极管的工作状态

晶体三极管是电子技术的核心器件,其基本结构与工作原理也是我们必须掌握

的内容之一。由电子技术的基础知识我们知道,晶体三极管有两个 PN 结,我们分别称为发射结(即 e 结)和集电结(即 c 结)和三个极。如果给通过三个极给两个 PN 结加不同偏置的电压就会使得晶体三极管得到不同的工作状态。在几乎所有关于的晶体管的课程和资料中都对其工作状态的划分为放大状态、截止状态和饱和状态。即:当发射结正偏,集电结反偏,则三极管处于放大状态;当发射结、集电结都处于反偏则为截止状态;当发射结、集电结都处于正偏便则为饱和状态。却很少有人知道如果当发射结反偏,集电结正偏时三极管处于什么状态,或者很少人知

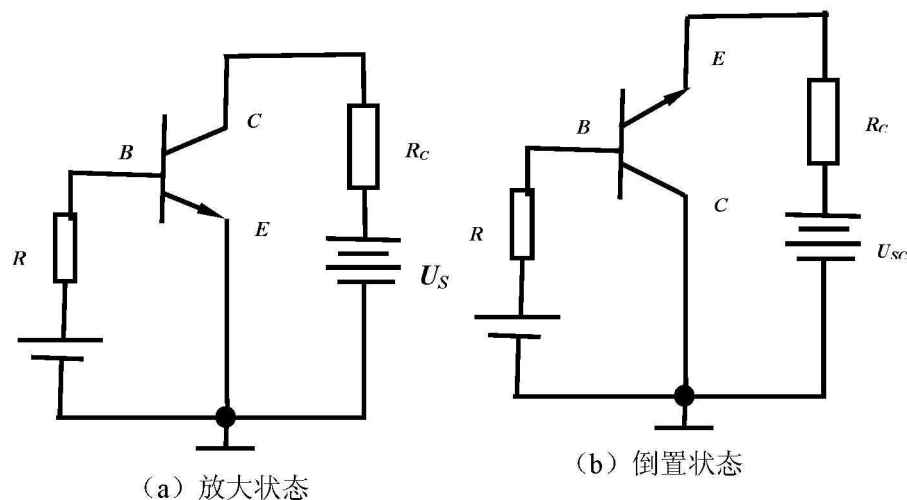
道晶体管的发射极与集电极可否调换使用?其实这两个问题都是对三极管第四种工作状态的疑问,那就是三极管的倒置状态。

三、晶体三极管的结构特点

晶体管在结构上有三个特点,第一是发射区的掺杂浓度要远大于基区的掺杂浓度;第二是基区做得很薄,它的厚度要比基区中少数载流子的扩散长度短得多,一般只有几微米。第三是集电区面积大,但掺杂少,便于收集发射极发射的更多电子。

四、倒置状态的连接形式和电流流向

实际上,当 NPN 型三极管的三个电极电位关系为 $U_E > U_B > U_C$ 时,即三极管内两个 PN 结的状态为集电结正偏,发射结反偏。这时三极管的状态则称为倒置状态。倒置状态的三极管其工作原理与放大状态相似(如图 2)。集电结正偏时,集电区发射电子,一部分自由电子在基区和空穴



如图 2

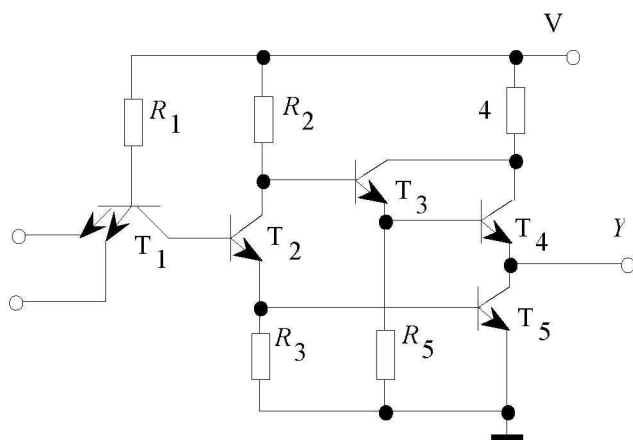


图 1 TTL 与非门

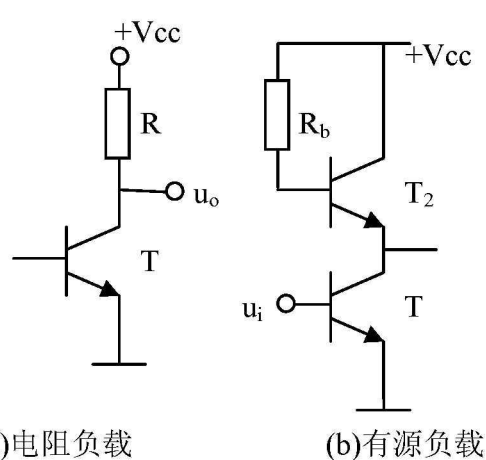


图 3

复合形成基极电流,另一部分电子被反偏的发射结“收集”形成发射极电流。倒置时由于三极管集电区掺杂浓度不高,发射的电子少,同时由于发射区面积小,最终收集的电子也少,形成的电流很小,因此三极管没有放大能力。倒置状态的三极管 β 是小于放大状态的 β 的。当增大“倒置”三极管的基极电流时,倒置的三极管也可以进入饱和状态,但这时基极电流较大,同时管子的导通压降比正接时要小得多。晶体管倒置使用要特别注意:晶体管的集电极—基极的反向电压应小于允许的反向击穿电压,否则会导致晶体管的损坏。

五、晶体三极管倒置状态的应用

由于倒置后晶体管的放大倍数降低,因此很少在放大电路中采用这种方法。那么晶体管的倒置状态究竟能有何种用途呢?据统计,晶体三极管的倒置状态可以用作以下用途。

1. 三极管极性的判别

在使用万用表快速检测判断三极管的三个电极的实验时,对于集电极和发射极的判断就需使用三极管的倒置状态。以 NPN 型三极管为例,万用表选择欧姆档的 $R \times 100$ 或 $R \times 1K$ 量程,用手指捏住三极管的基极和未知电极 X,将万用表黑表笔接未知电极 Y,红表笔接 X 极,观察表针

偏转角度。再用同样的方法换黑表笔与红表笔再测一次 X 极与 Y 极,观察表针偏转角度。比较两次指针偏转角度,偏转大的那一次黑表笔接的是集电极。

这种判断方法的两种接线方式对应了三极管的两种状态:放大状态和倒置状态。其中指针偏转小的那次,黑表笔(万用表内直流电源正极)接三极管的发射极。此时,三极管工作在倒置状态,所以指针偏转较小。另一种接线方式对应为三极管的放大状态,通过指针的电流为集电极电流,这个电流较大,对应万用表的指针偏转也较大。

2. 有源负载

在共射极放大电路中,要提高电压放大倍数 A_u ,而当晶体管 T 确定的前提下唯一的措施是增大负载电阻。但是在电路中做一只阻值较大的电阻是很不容易的,而做一只三极管却十分简单。因此,在集成电路中经常用三极管取代电阻 R。形成有源负载放大电路,如图 3(b)所示。图 3(b)中, T_1 为放大管, T_2 为有源负载三极管,其动态电阻 r_{ce2} 成为 T_1 管的集电极负载,而要使 r_{ce2} 增大,必须选择电流放大系数小的三极管 T_2 ,这对于在同一个集成电路芯片上做出日值相差很大的晶体管有很大的难度。常用的做法是让 T_2 工作在倒置状态,由于电流放大倍数较小,使 r_{ce2} 增

大,而电压放大倍数 A_u 也就随之增大。

六、小结

当晶体管处于倒置工作状态时,虽然发射结处于反向偏置,但仍有电流从发射极流向集电极,正如放大状态时,尽管集电极处于反向偏置,但仍有电流从集电极流向发射极一样。对此,有些教科书则叙述得相当模糊。晶体管具有包括倒置状态在内的四种工作状态,但并不仅限于 BJT 晶体管。与此类似,场效应晶体管同样具有倒置状态。

三极管的倒置状态应用不是很多,但了解倒置状态三极管的工作原理,能够帮助初学者正确使用三极管,进行电路的故障分析。

【参考文献】

- [1] 江晓安,数字电路,西安电子科技大学出版社,2006.7
- [2] 王复亮,晶体管的倒置工作状态及其应用,《吕梁师专学报》,2001.4
- [3] 张义华,三极管倒置状态的分析和应用,《硅谷》,2010.3

【作者简介】

梁计锋,男,33岁,陕西省西安市人,讲师,现在西安翻译学院工程技术学院任电子技术教研室副主任。

》接142页

对刷卡记录的查询和统计,以及学生基本信息注册和修改的操作可以通过上位机软件来实现。

三、软件、硬件设计

1. 硬件设计

由于本系统有一个外接射频读头和一个控制门的电磁锁,为了保证器件能够稳定工作,需要选用输出为 9V—12V 的开关电源作为系统输入电源。

射频读卡部分采用天蓝宇公司的读卡器读头,可以连接 2 个维根接口读卡器,或者 1 个维根接口读卡器、1 个 RS485 接口读卡器。为了驱动的安全性,我们采用 ULN2003 进行驱动。记录存储部分,采用外挂存储,并对卡进行存储判断。发卡器部分采用天蓝宇公司的 EM200 读卡模块,它用 USB 口和计算机连接。

2. 软件设计

软件设计流程图如图 2 所示。

上位机软件具体功能实现可分为以下三部分

(1) 底层通讯部分

底层通讯硬件上采用 RS485 接口进行通讯。先设定好本系统专用的“门禁系

统通讯协议”,然后利用该协议与上位机通讯。

(2) 后台数据库部分

后台数据库采用 ACCESS 数据库,有学生姓名、性别、系别、卡号、选修课类别、班级、考勤时间等基本信息。

(3) 用户界面核心部分

在软件的任务栏中细分了以下几类:

(1) 用户管理

主要用于设置和修改用户的名和密码重新设置。

(2) 系统设置栏

主要有连接中控器、连接发卡器设备、设置设备地址、系统时间设置、考勤时间设置、实时监控、系统初始化等功能

(3) 用户卡管理

主要用来注册用户卡,注销用户卡,修改用户基本信息等。如图 3。

(4) 考勤管理

包括下载考勤记录、考勤情况查询和修改、月考勤统计和查询、学期考勤统计和查询等。

四、调试安装

门转动轴、门锁、闭门器的安装需要

沿门框安装。射频读卡器采用壁式挂装的方式靠近门边安装。中控器与上位机软件通讯接口为 RS485 接口,要将中控器摆在供电方便的地方进行安装。

系统的布线均采用带屏蔽功能的 6 芯铜线,为了保证实训室的整体效果,尽量沿着墙角、门边走线,且用线卡固定。

五、总结

本系统实现了用户使用的 ID 卡刷卡考勤。另外,考虑到将来可能需要各类实训室的考勤信息进行联网共享,所以以后准备在考勤信息无线网络共享方面做改进。

【参考文献】

- [1] 赵军辉主编,射频识别技术与应用,北京:机械工业出版社,2008.7.
- [2] 王志良主编,物联网工程概论,北京:机械工业出版社,2012.7.

【作者简介】

夏光蔚(1980—),男,讲师,工程师,中国电子学会高级会员,湖北高职教育学会电信专业会员,研究方向为智能控制、物联网技术应用。