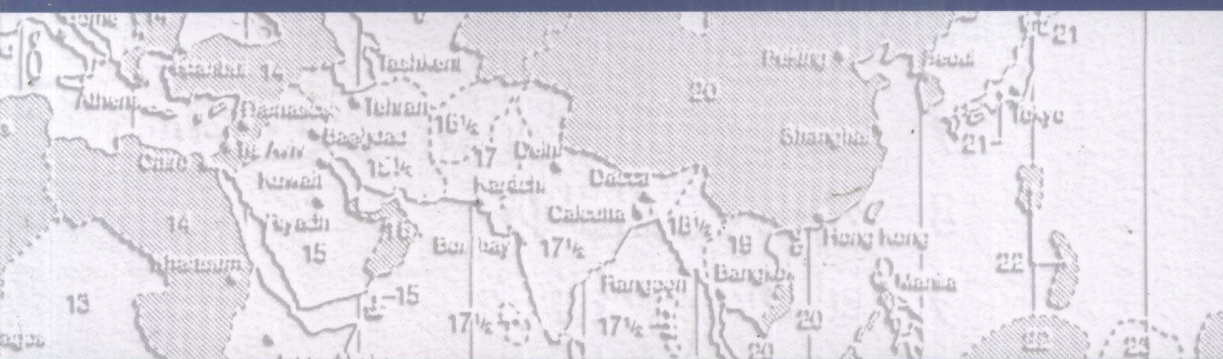




卓越系列·21世纪高等教育精品规划教材



电子类专业 学生创新能力培养实训教程

——电子产品、电路设计与创新

薛居宝 杨善迎 主 编

卓越系列·21世纪高等教育精品规划教材

电子类专业 学生创新能力培养实训教程

——电子产品、电路设计与创新

主 编 薛居宝 杨善迎
参 编 朱英明 何玉广 孟宪超
宋 健 宋泽清

内 容 提 要

本书是山东省高等学校教学改革研究项目“电子类专业学生创新能力培养的实践与探索”(项目号:C05114)项目组基于课题研究编写的电子类专业学生创新能力培养的实训教材。

本书共分两大部分:第一部分为创新能力实训项目,以培养学生的创新思维和创新能力的目标,通过23个电路的制作和拓展,将电路分析、制作,启发学生思考、展宽思路及创新试制新产品有机结合,融为一体,使创新能力培养贯穿于整个实训过程,以培养学生的创新能力;第二部分为创新能力实训理论基础,为学生的专业实训提供参考资料。

本书可作为高职高专电子类专业学生创新能力培养的实训教材,也可以作为电气、通信、自动化、计算机等专业的实训教材或从事电子工程技术人员的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子类专业学生创新能力培养实训教程:电子产品、
电路设计与创新/薛居宝,杨善迎主编。—天津:天津
大学出版社,2010.1

(卓越系列)

21世纪高等教育精品规划教材

ISBN 978-7-5618-3373-5

I. ①电… II. ①薛…②杨… III. ①电子产品-设计-高等学校:技术学校-教材②电路设计-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TN02②TM02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 016695 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 169mm×239mm

印 张 12.25

字 数 252 千

版 次 2010 年 1 月第 1 版

印 次 2010 年 1 月第 1 次

印 数 1-5000

定 价 25.60 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

本书是山东省高等学校教学改革研究项目“电子类专业学生创新能力培养的理论与实践”(项目号:C05114)项目组在课题研究过程中,依据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的精神编写而成的,可作为高职高专电气、通信、自动化、计算机等专业学生动手能力、创新能力培养的实训教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

项目组在课题研究过程中,针对教学中存在的重知识传授和验证性实验,缺乏创新性指导和训练,学生普遍存在被动接受知识,缺乏创新意识,创新能力不强,不能适应当今电子企业对人才需求的状况,根据高职高专培养目标的要求和基于工作过程导向的高职课程开发理念,编写了本教程,用于对学生创新能力的培养。本书在内容选取上以现代电子技术在学生熟知的日常工作、生活中的应用为实例,使电子实践制作与各种新技术、新应用有机结合在一起,拓展内容,难度适中,力争符合学生的实际水平;在内容编排上以培养学生的创新能力为目标,将电路分析、制作,启发学生思考、拓宽思路及创新试制新产品有机结合,融为一体,使创新能力培养贯穿于整个实训过程。每个电路实例都有创新训练项目要求,最后附有创新实训参考资料。

书中编入的电路,大部分为编者近几年设计与制作的,另一部分电路和资料参考了有关的电子报刊和书籍,在此向这些技术资料的原作者表示感谢。

由于编写时间仓促及编者水平有限,书中难免存在一些问题,敬请广大读者多提宝贵意见。

编 者
2010 年 1 月

目 录

第一篇 创新能力实训项目	(1)
项目一 无线调频话筒	(3)
项目二 防酒后驾车控制器	(6)
项目三 光标式电子检流计的设计	(10)
项目四 电视伴音转发器	(15)
项目五 电视自动静噪器	(18)
项目六 红外线烟雾粉尘报警器	(24)
项目七 单线红外遥控开关	(27)
项目八 LED 通用电平显示器	(30)
项目九 可调稳压电源	(34)
项目十 频率、幅度可调振源的设计	(37)
项目十一 NE555 应用电路	(42)
项目十二 光控式路灯长寿节能开关	(47)
项目十三 微弱光信号前置放大电路	(49)
项目十四 风扇模拟自然风控制电路	(54)
项目十五 由 NE555 制作的自动漏电保护器	(57)
项目十六 无线四路遥控开关的设计	(61)
项目十七 楼道灯自动开关	(67)
项目十八 定时电铃	(70)
项目十九 数字频率计的设计	(74)
项目二十 正负电荷检验电路	(81)
项目二十一 自动水龙头	(85)
项目二十二 用单片机制作煤气泄漏检测报警器	(88)
项目二十三 多路可编程控制器设计	(95)
第二篇 创新能力实训理论基础	(105)
理论点一 时基电路 555	(107)
理论点二 音频功率放大器——TDA2030	(111)
理论点三 交流无触点开关——双向晶闸管	(115)
理论点四 部分单、双向晶闸管参数	(122)
理论点五 三端固定输出稳压器的原理与应用	(123)
理论点六 三端可调精密电压基准电路 TL431	(127)

理论点七 电容降压式直流电源的应用探究	(131)
理论点八 小功放电路 LM386 的性能及应用	(134)
理论点九 编码解码芯片 PT2262/PT2272 原理介绍	(136)
理论点十 LM358 双运算放大器电路简介	(139)
理论点十一 运算放大器使用技巧	(140)
理论点十二 集成电路及其分类	(148)
理论点十三 数字集成电路的分类与特点	(150)
附录 A 常用 4000 系列标准数字电路的中文名称	(154)
附录 B 74 系列数字电路的中文名称	(159)
附录 C 常用运算放大器性能参数	(165)
附录 D 常用光耦合器性能参数	(172)
附录 E 部分晶体三极管封装形式	(182)
附录 F 集成电路标准封装形式	(183)
附录 G 常用晶体二极管参数	(184)
附录 H 常用晶体三极管参数	(185)
参考文献	(187)

第一篇

创新能力实训项目

项目一 无线调频话筒

【创新能力实训目标】

- (1) 了解无线调频话筒电路的组成、各元件的作用及电路工作原理。
- (2) 学会无线调频话筒电路的安装、调试及维修技术。
- (3) 进一步熟练和提高电路装配技能。
- (4) 通过熟悉调频发射原理、高频电路特点从而改进和创新高频电路产品。

【电路实例】

1. 电路组成与工作原理

图 1.1 所示为一种结构简单、性能良好的无线调频话筒电路。高频晶体管 VT 与组成集电极谐振回路的 L 、 C_3 ，基极电容 C_2 ，集电极与发射极间电容 C_4 组成高频振荡电路，频率在调频波段的 87~108 MHz 之间，振荡信号通过 C_5 耦合向空中发射。 R_2 是晶体管的基极直流偏置电阻，为振荡提供合适的工作

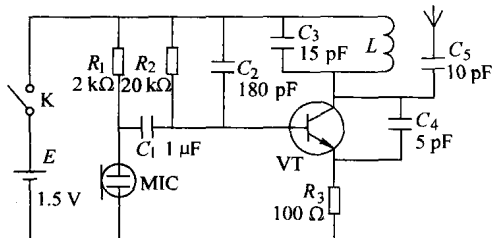


图 1.1 无线调频话筒电路

电流； R_3 是晶体管电路的电流负反馈电阻，起稳定工作点的作用； R_1 是话筒 MIC 的偏置电阻，为话筒提供合适的工作电流； C_1 是音频信号耦合电容，它的作用是传输音频信号，同时隔离高低频电路，使它们的直流工作点互不影响。无线调频话筒工作基本原理是：声音信号通过话筒转变为音频电信号，通过 C_1 的耦合，基极电位随音频信号的变化而变化，使集电极电容容量发生微小变化，从而影响到高频振荡的频率随音频信号的变化而发生微小变化，这就实现了调频，即高频等幅波中“携带”了音频信号的信息。

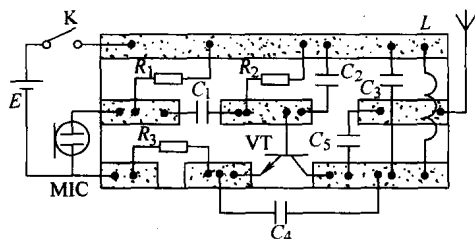


图 1.2 无线调频话筒线路安装板

2. 元件选择与电路安装

线路安装板如图 1.2 所示，如安装数量不多，可采用刻制的线路板。VT 工作在高频状态，需选用截止频率大于 100 MHz 的高频硅材料三极管。根据安装经验，若用 3DG204、3DG56、3DG80 等高频管，不如用 3DG6、3DG201 易于调试成功，并且 3DG6、3DG201 的截止频率都大于 100 MHz，足以满足要求，而且稳定性也比较好。电流放大倍数 β 值宜选在

60~100之间。谐振线圈 L 需自制,可用直径 $d=0.6\text{ mm}$ 的漆色线在 $\Phi=3.5\text{ mm}$ 的普通圆珠笔芯上绕制 9 匝。 C_4 决定着频带宽度,一般选取 $3\sim10\text{ pF}$,以 $5\sim8\text{ pF}$ 为宜。 C_2 与调制深度有关,一般选取 $100\sim200\text{ pF}$ 。 C_5 选取容量在 $10\sim20\text{ pF}$ 即可。安装时,高频部分的元件留脚一定要短,以减少干扰,有利于 LC 参数的稳定,使发射频率准确落在 $80\sim108\text{ MHz}$ 之间。元件布局要高低频分开,连线不要相互交叉,线路板上印刷线路间要留有大于 1 mm 的间隙,安一处焊一处,焊点要圆滑。

【思考与启发】

无线调频话筒是最受学生欢迎的一种电子制作项目。由于初学者缺乏实践经验,虽按资料安装调试,却往往不能成功。下面结合实例谈谈无线调频话筒的制作技巧和常见故障的排除方法,供电子专业学生和爱好者参考。

(1)正确计算和选择 LC 参数。 LC 参数是决定电路是否振荡及发射频率高低的重要因素,尤其是谐振回路中的 L 与 C_3 ,它决定着调频接收范围,是制作成功与否的关键。笔者经过理论推导,精密测量,安装验证,利用公式 $N=2.565\times10^7 d/\Phi^2 f^2 C$ 选择 LC 数值准确可行,其中, N 、 d 、 Φ 、 f 、 C 分别表示线圈匝数、漆包铜线直径、线圈内径(即绕线圈所用临时骨架的直径)、发射频率、谐振回路电容值。式中所用单位均为实用单位,分别为匝、毫米、兆赫、皮法。例如,谐振电容 C 选 15 pF ,发射频率为 95 MHz ,若用 $d=0.6\text{ mm}$ 的漆包线在 $\Phi=3.5\text{ mm}$ 的普通圆珠笔芯上绕制线圈,经计算需绕制 9 匝。注意:按此公式计算的匝数是指单层密绕,即匝与匝之间紧密排列,不留空隙,绕好后脱胎而出。漆包铜线(镀银线更佳)直径尽可能大些,这样可减少线圈的损耗电阻,提高品质因数 Q ,以增大高频振荡电路的增益。

(2)谐振回路的元件留脚要短。 L 或 C_3 的留脚过长,就相当于增加了 L 的匝数和电感量,对于只有几匝的线圈,相当于增加一、二匝,从而降低谐振频率,这是不容忽视的。

(3)正确判断高频电路的工作状态。判断电路是否振荡方便可行的办法是:在供电回路中串入毫安表观察整机电流,当手持螺丝刀金属杆触及 VT 集电极时,电流有增大变化,离开后又回复原值,即证明高频振荡工作正常;触及时,电流值变化大,说明振荡强;不变化,说明不振荡。电路不起振的原因有:①直流工作点不合适,可通过调整 R_2 使整机电流在 $2\sim3\text{ mA}$ 之间(对 3 V 电源的电路整机电流可在 $3\sim7\text{ mA}$ 之间);②VT 高频性能差或安装时已损坏,需更换证实;③ C_2 、 C_4 选择不当,偏离正常值太大;④ C_2 、 C_3 、 C_4 内部有短路或断路故障;(对于短路,用一般方法很易测出;对于断路故障不用电容表很难判断,但此类故障可能性很小。)⑤线路板或焊点处有短路及假焊点等,需仔细检查,重新焊接;⑥由于使用氯化锌溶液、焊锡膏等非绝缘或腐蚀性的焊剂,线路板绝缘性变差,元件间漏电严重。(此时可用纯酒精擦洗,待晾干后再行调试。)

(4)电路起振而接收不到信号的故障排除。如经上述方法已证明电路正常起振,但在整个调频段中均找不到接收点,可能是由于谐振回路中 L 、 C_3 数值选择不当,致

使振荡频率超出了调频段的频率范围。可通过换试 C_3 或适当拉伸 L 得到解决。这种情况多是由 C_3 的标称值误差造成的。若用电容表测试 C_3 的值代入公式计算并绕制 L 就不会出现上述现象。

(5)工作性能不稳定的故障排除:①VT 性能不良或 β 值过低可换试 VT 得到解决;② C_4 数值过大或过小用数字电容表验证 C_4 数值进行调换;③焊接处或元件内部接触不良,可重新用电烙铁焊接可疑焊点或替换可疑元件;④变换方位或手持不同位置时,工作频率不稳定,是由于单管机易受人体感应,频率偏移所致,可转动收音调频旋纽,找准频率,或加屏蔽罩加以解决。

(6)声音小、杂音大的故障排除:①高频振荡弱是由于发射功率太小或距接收机过远所致,可适当调整 R_2 及换 β 值稍高的管,用直径大些的导线重新绕制 L 或用加长发射天线等方法得到改善;②话筒性能不好或偏置电阻 R_1 阻值不当(现象往往是声小而杂音不一定大),可调整 R_1 使话筒端电压为电源电压的 $1/2$ 左右,使声音最大且不失真为宜;③接收机调谐不准,接收到的是寄生振荡频率。若在整个波段内均找不到无杂音的接收点,可按上述“电路振荡,但找不到接收点”的故障进行处理。

【拓展】

1. 改进试验

(1)实例电路中, C_2 与调制深度有关。它安装在基极与电源之间,有的电路 C_2 安装在基极与地之间,此时可选容量为 $500 \sim 1\,500\text{ pF}$ 的电容器进行试验,对比哪种电路性能稳定,发射距离远,频率不漂移,受外界干扰小。

(2)为提高灵敏度,可对音频信号加一级放大电路,建议用高频小功率三极管采用固定偏置方式安装。

2. 创新产品

(1)微型监听器。电路板采用紧凑设计,电子元件采用贴片式的,电池采用纽扣锂电池,即可做成一个微型监听器,放于特定场合。由于体积小,放置方便,不易发现,在远距离用调频收音机接听或录音。但要注意,使用监听器,要符合相关法律法规的要求。

(2)教学用笔式无线话筒。采用普通电子元件,电路板设计为小型(约 1 cm 宽, 4 cm 长),安装紧凑,采用两节 AG3 纽扣电池,电路和电池放入一个书法笔的内部,上部话筒处钻上小孔,开关放在中部,即可做成一只笔式无线话筒。布局如图 1.3 所示。

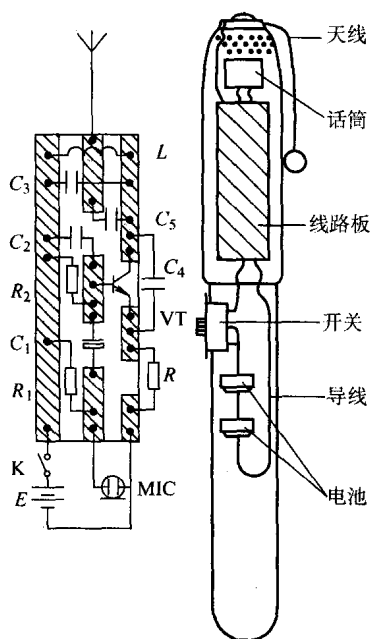


图 1.3 教学用笔式无线话筒

项目二 防酒后驾车控制器

【创新能力实训目标】

- (1) 熟悉防酒后驾车控制器的电路组成与工作原理。
- (2) 通过对本电路的学习,了解实现控制酒后驾车的方法。
- (3) 引导学生分析防酒后驾车控制器的优缺点,启发创新,制作出其他实用电路。

【电路实例】

本文介绍一种防酒后驾车控制器,此控制器电路简单,制作容易,能有效地防止司机酒后驾驶车辆,以保护人身和车辆安全,减少交通事故的发生,非常实用。

1. 电路组成

防酒后驾车控制器电路如图 2.1 所示,主要由电源电路、酒气拾取电路、控制电路、报警电路等单元组成。

电源电路由汽车蓄电池、三端稳压集成电路 IC_1 、滤波电容器 C_1 组成。

酒气拾取电路由 QM—NJ9 型气敏元件、电阻 R_1 、可调电位器 R_{P1} 与 R_{P2} 组成。

控制电路由取样三极管 VT_1 ,集成电路 IC_2 、 IC_3 、电阻 R_3 、控制三极管 VT_2 组成。被控器件为汽车点火开关 K 与点火变压器 T 的初级线圈。

报警电路是以集成电路 IC_4 为核心,外设振荡电阻 R_4 、三极管 VT_3 和扬声器 B 。

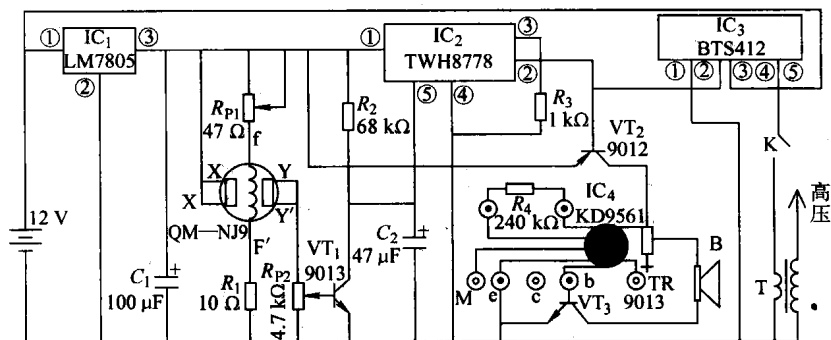


图 2.1 防酒后驾车控制电路

2. 工作原理

在图 2.1 所示的防酒后驾车控制器电路中,汽车蓄电池 12 V 电源加到 LM7805 型三端稳压集成电路的①脚,经该稳压集成电路变换后,由③脚输出稳定的 5 V 直流电压,供给酒气拾取电路、控制电路、报警电路使用。

此控制器电路需安装在汽车驾驶室内,用于检测司机是否饮酒。若检测到司机饮酒则控制汽车使之无法启动并发出报警声,告诉同车人员“司机饮酒,不可开车”。

若司机没有饮酒,进入驾驶室开启点火开关使 K 闭合时,驾驶室内空气纯洁,气敏元件的 X—Y 间为高阻值,一般为 $60\text{ k}\Omega$ 左右,因此流过可调电位器 R_{P2} 的电流很小,在 R_{P2} 上产生的压降很低,使取样三极管 VT_1 截止。这时 IC_1 构成的输出 5 V 的电源通过电阻 R_2 向电容 C_2 充电,使 C_2 上的电压逐渐升高。十几秒钟后, C_2 上的电压达到开关集成电路 IC_2 的开启电压 1.6 V ,于是此集成电路内部开关即刻连通,给 IC_3 的②脚加上控制电压,又使 IC_3 的③脚、⑤脚导通,于是给汽车点火变压器 T 的初级线圈加上 12 V 点火电压。由于初级线圈加电压是从无到有的,故在线圈中形成从无到有的交变电流,使次级感应产生高压并打火,为汽车启动点火。

如果司机饮酒后进入驾驶室开启点火开关使 K 闭合,由于有 R_2 、 C_2 构成延时电路的作用,汽车不会即刻启动。在这延时的一段时间内,司机呼出的酒气将充满驾驶室内,当气敏元件 QM 测知驾驶室内酒精气体的体积分数超过 100×10^{-6} 时,它的 X—Y 间电阻值迅速降至 $6.5\text{ k}\Omega$ 左右,使 X—Y 与 R_{P2} 串联回路的电流增大, R_{P2} 上产生的压降也增大, R_{P2} 调整端取得的电压增高,使取样三极管 VT_1 转为正偏置而饱和导通,对 C_2 上的已充电电压进行放电,使 C_2 上的电压低于 TWH8778 型开关集成电路 IC_2 的开启电压 1.6 V ,于是控制 IC_2 内部开关断开, IC_3 集成电路②脚便失去控制电压,继而控制它的③脚、⑤脚也断开,切断点火变压器初级线圈的点火电源,变压器次级高压线圈就不能产生高压而无法打火,汽车无法启动,从而使酒后的司机不能开车。

此电路的报警原理为:当集成电路 IC_2 内部的开关闭合时,控制三极管 VT_2 基极电压等于它的发射极电压,故 VT_2 截止,报警电路不工作;当气敏元件 QM 测出司机的酒气而控制集成电路 IC_2 内部的开关断开时,也控制三极管 VT_2 基极通过电阻 R_3 接地形成正偏置而导通,给报警电路加上工作电压,报警电路就发出报警声,向车内乘客提示及警示驾驶员。

3. 元件选择

在图 2.1 所示的防酒后开车控制器电路中, IC_1 选用 LM7805 型三端稳压集成电路; IC_2 选用 TWH8778 型集成电路。TWH8778 是一种单列五引脚的大电流驱动开关集成电路,其内部设有过压、过热、过流等多种保护电路。五个引脚的功能分别是:①脚为电源输入端;②脚、③脚为两个并联的输出端;④脚为集成电路的接地端;⑤脚为控制信号的输入端。该集成电路的工作原理非常简单,应用时只要在它的⑤脚加上高电压控制信号,TWH8778①脚与②脚(③脚)间便快速连通,使其输入端①脚至输出端②脚、③脚之间形成很小的压降,因此又称 TWH8778 为高速开关。

IC_3 选用 BTS412 型集成电路。它是一种五引脚的智能型电子功率开关集成电路,具有短路自保护,超温自保护,输入电压过低控制,抗脉冲干扰能力强,工作温度范围宽,输出控制电流大,适合阻性、感性、容性负载等功能集中化的特点,外形如图 2.2 所示。内部功能框图如图 2.3 所示,主要有电源分配电路、振荡电路、电压移位电路、稳压电路、逻辑控制电路、温度传感电路、过流过压保护电路、驱动电路等单元。其①脚为集成电路内部电路接地端;②脚为外部控制信号的输入端;③脚为集成电路

工作电源正极的输入端;④脚为集成电路故障诊断信号的输出端(该输出信号可由微机显示);⑤脚为集成电路控制信号的输出端。



图 2.2 BTS412 外形

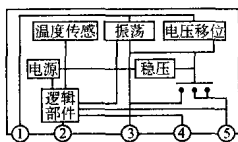


图 2.3 BTS412 内部功能框

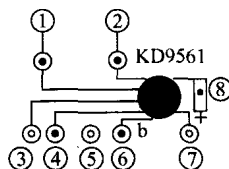


图 2.4 KD9561 外形

IC₄ 选用 KD9561 型声响集成电路。KD9561 是典型的 CMOS 电路,具有储存和固化电信号的功能。该芯片通过外延电路只有 8 个引脚,如图 2.4 所示,其中⑧脚为工作电源正极输入端;④脚为工作电源负极输入端;③脚为工作模式触发端,用 M 表示;⑥脚为芯片内存信号的输出端,由于从该引脚输出的电信号较小,通常需应用一只三极管对其进行放大,因此输出的信号通常送到三极管的 b 极;⑦脚为启动 KD9561 工作的触发信号输入端,用 TR 表示。①脚、②脚为 KD9561 内部振荡电路外接电阻器端,适当选择电阻值的大小,可调整 KD9561 输出声响的节奏,可使 KD9561 发出的声响快慢适宜。

VT₁、VT₃ 选用 9013 型三极管,VT₂ 选用 9012 型三极管;R₁~R₃ 选用 RJ— $\frac{1}{2}$ W 型金属膜电阻;R_{P1}、R_{P2} 选用 WSW 型有机实心可调电位器;C₁、C₂ 选用 CD11 型 16V 铝电解电容器。

B 选用 8 Ω、0.25 W 电动式扬声器。K 为汽车上原有的点火开关。T 为汽车上原有的点火变压器。

QM 选用 QM—NJ9 型气敏元件。此型气敏元件除了可以检测各种油气、燃气外,主要是为检测酒气而设计制造的,因此它对酒气的敏感度远大于对其他气体的敏感度。QM—NJ9 型气敏元件在纯净空气中时,X—Y 间呈现的电阻值为 60 kΩ;当感受到体积分数为 100×10^{-6} 的酒气时,X—Y 间电阻值便降到 6.5 kΩ。它对酒气的灵敏度系数 $K = 60 / 6.5 \approx 9.5$,远高于对其他气体感受的灵敏度,因此 QM—NJ9 型气敏元件具有抗其他气体干扰的能力,用它制作的器件不会因受其他气体影响而造成误报警或误控制。

【思考与启发】

在此电路中,如何安装气敏元件 QM 的位置和调整气敏元件 QM 的起控点,是本电路能否正常工作的关键。由于驾驶室副座在驾驶员的旁边,如副座上的人饮酒也可能使电路报警和制动,使汽车不能启动,因此气敏元件 QM 的位置应安装在距离驾驶员较近的方向盘上或驾驶员上方的驾驶室顶部,以确保气敏元件能很好地感受司机呼出的酒气,使电路控制可靠。在安装好气敏元件 QM 的位置后再调整气敏元件 QM 的起控点,可人为在驾驶室内散发一些酒气,仔细调节可调电位器 R_{P2},使

取样三极管 VT_1 导通,然后用胶水滴在 R_{P2} 上粘牢调整点,以增加电路的抗振动性。另外还要调整电阻器 R_{P2} 的阻值,使延时电路的延迟时间为 10 s 左右。

【拓展】

本项目介绍的防酒后开车控制器电路是利用专门检测酒气的气敏元件 QM—NJ9 作为检测元件,当检测到司机因饮酒而呼出的酒气时,报警电路就发出报警声,同时控制电路切断汽车点火变压器初级线圈的点火电源,使汽车无法启动,从而使酒后的司机不能开车。因此,通过选择合适的气敏元件将其设计成用于车内禁止吸烟提醒器或用于家庭厨房、有害气体存放场所的自动安全报警器,使其检测到有气体泄漏时自动报警并开启排风扇运转,将有害气体排出室外,有效地保证人们的健康与安全。请同学们设计制作。

另外,为防止驾驶员在驾车时打瞌睡或疲劳驾驶,请同学们根据驾驶员在常规坐姿下的头部位置,利用红外线传感器设计一种驾驶员在疲劳驾驶状态时能进行报警和制动的控制器。

项目三 光标式电子检流计的设计

【创新能力实训目标】

- (1) 了解指针式检流计的结构与功能,认识指针式检流计的不足。
- (2) 引导学生设计以运算放大器和电压比较器为主要组成部分的新型检测电流方向的产品,并进行安装调试,编制全套工艺文件。
- (3) 探索放大器电路、电压比较器电路电路板的布线、电路安装及调试。
- (4) 拓展短路放大器电路、电压比较器电路的应用和设计方案,设计制作新电路。

【电路实例】

设计光标式电子检流计,克服指针式检流计表头内阻大、响应速度慢和不能检测脉冲或频率较高的电流的缺点。它具有内阻极小、同步显示检测电流变化的功能。

1. 电路原理

电路原理如图 3.1 所示,集成运放 A、B 与周围电阻组成电流检测放大电路。它由两级反相输入的比例放大器组成,总电压放大倍数 $A_U = (R_5/R_4) \cdot (R_{P2} + R_8)/R_7$,可在 100~68 100 间连续可调,以适应不同检测电流的需要。 R_2 、 R_3 、 R_{P1} 为运放建立合适的工作点,使输入端电压 $U_i = 0$ 时,输出端电压 U_o 为电源电压的一半,使

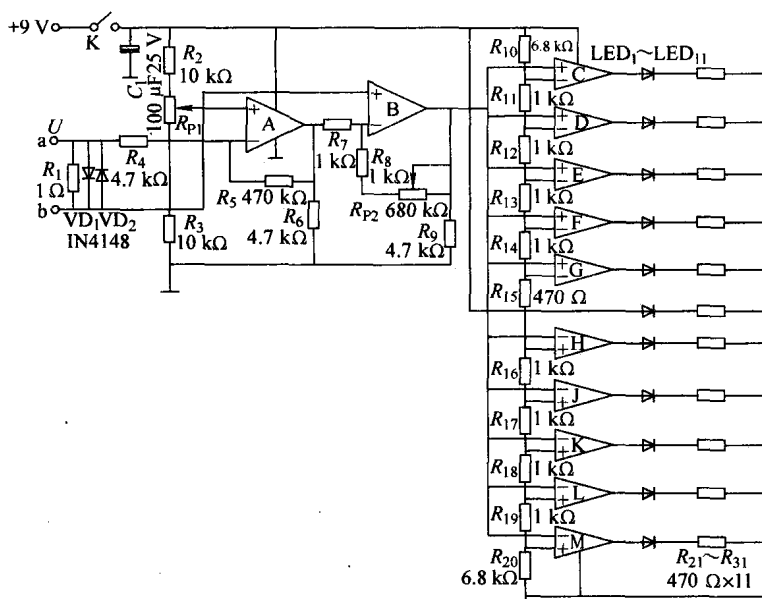


图 3.1 光标式电子检流计电路

起检流指示作用的发光管 LED_{1~5}、LED_{7~11} 均不发光。实际上, R_{P1} 起到了指针式检流计调计调旋钮的作用。a、b 为检流计的输入端子, R_1 为检测电阻, 也就是检流计的内阻。VD₁、VD₂ 为输入保护二极管, 以防止大电流损坏运放 A。当有检测电流 i 流过 R_1 时, 其两端产生压降 $U_i = i \cdot R_1$, 该压降即为放大电路的输入信号电压被放大显示。由于 R_1 很小, 只有 1Ω , 所以检流计串联在电流回路中, 对被检测电路几乎无影响。 $R_{10} \sim R_{20}$ 串联分压产生 10 个基准电压, 各集成运放接成电压比较器, 与电阻、发光二极管组成电平指示电路以同步反映端子 a、b 间流过电流的相对大小、方向及变化规律。其中, 运放 C~G 构成的五个电压比较器, 其反相输入端分别接基准电压 6.2 V、5.8 V、5.4 V、5.0 V、4.6 V, 同相输入端都接放大器 B 的输出 U_o , 用于正向电流(即从 a 端流入、b 端流出)的比较显示。另五个电压比较器的同相输入端分别接基准电压 4.4 V、4.0 V、3.6 V、3.2 V、2.8 V, 反相输入端都接放大器的输出 U_o , 用于负向电流的比较显示。

当有电流 i 从 a 端流入, 假如 i 的大小为 0.1 mA, 此电流几乎全部流经 R_1 , 则放大器检测到的输入电压为 $U_i = 0.1 \text{ mA} \times 1 \Omega = 10^{-4} \text{ V}$, 若放大倍数调到 10 000 倍, 则 $U_o = 4.5 \text{ V} + 10^{-4} \text{ V} \times 10\,000 = 5.5 \text{ V}$, 高于电压比较器 E、F、G 的基准电压, 它们输出高电平, 对应发光管 LED₃~LED₅ 发光; 当 $i = 0.15 \text{ mA}$, 则 $U_o = 6 \text{ V}$, 比较器 D 也输出高电平, LED₂ 也发光, 发光管的数目与检测电流成正比, 输入电流由小到大时, 发光管点亮的次序为 5—4—3—2—1。当电流从 b 端流入, 检测电压 U_i 为负, 输出电压 U_o 降低, 担任负向检测的比较器 H、J、K、L、M 依次输出高电平, 使对应的 LED 发光。电流越大, U_o 越低, 发光管亮的数目越多(次序为 7—8—9—10—11)。这样, 通过弧形排列的 10 只 LED(排在正中常亮的 LED₆ 除外)的发光数目和位置即可定性地反映检测电流的大小和方向, 且发光管与电流的变化同步显示, 非常形象、直观。

2. 制作方法

(1) 元件选择。运放 A~M 为三块运放集成电路 LM324, 每块运放集成电路内含有四个相同的运算放大器, 它们电源共用, 彼此独立工作, 管脚排列如图 3.2 所示。发光二极管 LED₆ 为红色或黄色, 其余 LED 为绿色, 均用 $2 \times 7 \text{ mm}$ 高亮度的, 所有电阻均用 $1/8 \text{ W}$ 普通碳膜电阻, C_1 用耐压 25 V 的电解电容器, R_{P1} 、 R_{P2} 为优质

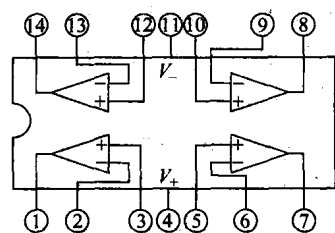


图 3.2 LM324 管脚排列

碳膜或线绕电位器。电源可用 6 节 1 号电池或外接 9~12 V 直流电, 也可在检流计电路内设计一个直流电路, 接 220 V 市电, 在此不详述。

(2) 安装调试。除电位器 R_{P1} 、 R_{P2} 、LED 及限流电阻 $R_{21} \sim R_{31}$ 外, 其余元件都设计安装在一块敷铜板上, 电路板如图 3.3 所示, 所有限流电阻均和 LED 焊在一起, 这样可减少引线。为适应指针式检流计的观察习惯, 可把 LED₁~LED₁₁ 呈扇形排列安