

《电工电子实验》综合实验教材

# 《电子技术实验-2》 实验指导书



北京工业大学  
电工电子实验教学中心  
2019 年 2 月

# 目 录

目 录.....	1
实验室学生守则.....	2
《电子技术实验-2》课程大纲 .....	3
《电子技术实验-2》课程的时间安排 .....	5
关于课题设计的说明.....	8
实验一 基于数字电路的课题设计.....	10
设计题目一、 数字积分器（数字类） .....	10
设计题目二、 压控阶梯波发生器（数字类） .....	12
设计题目三、 步进电机控制电路（数字类） .....	14
设计题目四、 直流电机测速（数字类） .....	17
设计题目五、 人员流量计数器（数字类） .....	18
设计题目六、 自行车里程表（数字类） .....	19
设计题目七、 自行车速度表（数字类） .....	20
实验二 基于模拟电路的课题设计.....	21
设计题目八、 测量放大器（模拟类） .....	21
设计题目九、 基于专用 IC 的函数发生器设计（模拟类） .....	23
设计题目十、 基于运放的信号发生器设计（模拟类） .....	25
设计题目十一、 D 类功率放大器（模拟类） .....	26
设计题目十二、可编程放大器（模拟类） .....	31
设计题目十三、光伏并网发电模拟装置（模拟类） .....	32
设计题目十四、综合性设计题目 .....	34
附录 设计报告封面格式： .....	35

# 实验室学生守则

一、学生在实验课前，必须认真预习，明确实验目的和要求，了解实验的基本原理、方法、步骤，熟悉仪器设备的操作规程和注意事项，懂得实验的安全知识，经实验教师检查合格后，才能进行实验。未预习或预习未达到要求的及上课迟到十五分钟以上不准参加本次实验。

二、实验前按指定的实验桌检查个人专用仪器、用具是否齐全完好。如有缺损，应及时向实验教师或实验人员报告，不得随意挪用邻桌的仪器、用具，不准随意动用实验室其它仪器设备。

三、服从实验教师的指导，按规定格式做好原始记录，经教师审阅同意后方可结束实验，原始记录必须有实验教师签字。并按照规定完成实验报告。无签字或仿冒签字者本次实验成绩为零分。

四、实验进行中不得脱离岗位，不能随意离开或到其他实验台。必须离开时需经实验教师同意。

五、要爱护仪器、用具，元器件、材料，实验后按原样摆放整齐。并将实验台钥匙放回原处才能离开实验室。

六、损坏、丢失实验室的设备器材，应立即报告实验教师或实验人员，并进行登记，按我校《设备器材损坏丢失处理和赔偿办法》办理。

七、禁止在实验室吸烟、打闹、随地吐痰、乱扔纸屑以及做与实验无关的活动，保持室内安静、整洁。每次实验后，要将室内打扫干净，并按照规定关好电、门、窗，保证实验室的安全。

八、每学期上实验课前，由实验教师结合实验室具体情况，讲解本规则。

电工电子实验中心

## 《电子技术实验-2》课程大纲

《电子技术实验-2》是一门单独设置的实验课程，与前一学期开出的《电子技术实验-1》共同构成针对《数字电子技术》和《模拟电子技术》理论课程的完整实验。《电子技术实验-1》主要完成电子仪器使用、单元硬件基本实验和 EDA 实验。而在本课程的任务是完成两个综合性较强的课题设计（一个是基于数字电子技术的，另一个是基于模拟电子技术的）。

### 一、目的与任务

《电子技术实验-2》是独立设课的实验课程，属于学科基础课。本课程作为与数字电子技术、模拟电子技术理论课配套的实验环节，是独立设课的《电子技术实验-1》的后续课程。

本课程的目的是通过讲课和实验，使学生进一步熟悉电子仪器的使用方法、综合利用所学知识，设计实现一些较为复杂的设计任务。通过本课程，培养学生解读技术需求、查阅技术资料、形成设计方案、完成制作调试和编写设计报告的能力。为今后进入专业学习、从事科研活动，打下必要的基础。

具体的实验任务是分别完成一个基于数字电子技术和模拟电子技术的课题设计。

### 二、教学基本要求

本课程作为一门单独设置的实验课程，要求学生必须具有良好的电子技术的理论基础，并已经完成前期的基础实验环节。同时要求学生具备一定的自学能力，能够根据设计的需要自己补充相关知识。

与前期的基础实验课不同，本课程采用类似于电子设计竞赛的方式，强调学生的自主独立性。学生应根据设计题目要求，进行前期的方案设计、中期的组装调试和后期的记录总结。指导教师的主要任务是解释题目的要求、提供基本的辅导答疑、提供基本的材料和环境，完成对设计结果的测试验收。

实验室负责提供完成设计任务的基本条件，学生可以在本课程设计过程中采用各种不同的实现方式，但最终的设计方案应经过指导教师的认可，以保证在本课程设定的框架下，完成教学任务，达到教学目的。学生设计制作所需要通用材料由实验室提供，采用的特殊材料由学生自己解决，对于一些有推广价值的设计方案，经指导老师同意后，可以由实验室解决购买材料的费用。

结合前期的理论课学习和基础实验的训练，学生已经具备了一定的理论知识和实践能力，但在知识面、综合性和自主性方面还需要进一步得到加强，因此安排学生分别完成一个基于数字电子技术的课题设计和一个基于模拟电子技术的课题设计。均采用多课题选作的形式，课上布置题目，自主设计，制作和调试，最终提交，通过验收。

由于课时所限，每个学生只能选作一个模拟题目和一个数字题目进行设计。对于不能选作课题所涉及的基本概念，教师将进行专门的介绍和安排自学，使每个同学都能具备一定的知识和概念，不能顾此失彼。这些基本知识和概念将在考试环节加以考核。

### 三、实验项目

序号	实验项目名称	性质	学时	人数/ 组	开放 否	必做或 选做
实验 一	基于数字电路的课题设计	综合	24	2	是	必做
实验 二	基于模拟电路的课题设计	综合	24	2	是	必做

### 四、成绩评定方式

本课程按照实验单独设课的考核方式执行。教学大纲中规定的实验项目必须全部完成，课题设计，进度和时间要求相对宽松，但应在规定时间提交作品，通过验收。每个课题设计各占平时成绩的 50%。所有平时成绩占总成绩的 70%。

期末将进行考试，考试以笔答为主。考试范围包括课题设计的相关知识（**注意：**为了使每个同学掌握更多的知识，要求学生在精做所选题目的同时，也要了解其他题目的概念和知识点，在期末考试时将会有所涉及）以及实验技能类的综合知识。实验考试成绩占总成绩的 30%。需要特别指出的是，如果实验考试成绩不能达到满分的 1/2 时，不论平时成绩如何，都不能通过本课程的考核。本课程不设补考，不通过者应进行重修。

## 《电子技术实验-2》课程的时间安排

本课程安排在（3-14 周）进行，基本课时分配为数字课程设计 6 周、模拟课题设计 6 周。课程具有一定的开放性，采用集中授课、集中实验与课外开放相结合的形式。

两个课题设计的任务和安排：

时 间	内 容
基于数字电路的课题设计 (第 1 次)	1. 由指导老师介绍基本情况、解释题目要求。 2. 学生班内自由结合，两人一组，提交选题申请。 3. 实验室根据设备、材料情况调剂，确定每组题目（个别组有可能与原选题不同）。 4. 查阅资料。
基于数字电路的课题设计 (第 2 次)	1. 查阅资料。 2. 在指定实验室由指导老师答疑。 3. 计算机 EDA 仿真（在 EDA 机房或其他地点进行）。
基于数字电路的课题设计 (第 3 次)	1. 通过教师审查，领取材料。 2. 组装电路。 3. 调试电路。 4. 准备设计报告。
基于数字电路的课题设计 (第 4 次)	1. 组装电路。 2. 调试电路。 3. 若调试完成，提请指导教师验收，准备设计报告。
基于数字电路的课题设计 (第 5 次)	1. 组装电路。 2. 调试电路。 3. 指导教师验收，准备设计报告。
基于数字电路的课题设计 (第 6 次)	1. 调试电路。 2. 指导教师验收，提交设计报告。
基于模拟电路的课题设计 (第 1 次)	1. 由指导老师介绍基本情况、解释题目要求。 2. 继续按原两人一组组合，提交选题申请。 3. 实验室根据设备、材料情况调剂，确定每组题目（个别组有可能与原选题不同）。 4. 查阅资料。
基于模拟电路的课题设计 (第 2 次)	1. 查阅资料。 2. 在指定实验室由指导老师答疑。 3. 计算机 EDA 仿真（在 EDA 机房或其他地点进行）。

基于模拟电路的课题设计 第 3 次	1. 通过教师审查, 领取材料。 2. 组装电路。 3. 调试电路。 4. 若调试完成, 提请指导教师验收, 准备设计报告。
基于模拟电路的课题设计 (第 4 次)	1. 组装电路。 2. 调试电路。 3. 若调试完成, 提请指导教师验收, 准备设计报告。
基于模拟电路的课题设计 (第 5 次)	1. 调试电路。 2. 指导教师验收, 提交设计报告。
基于模拟电路的课题设计等 (第 6 次)	1. 调试电路。 2. 指导教师验收, 提交设计报告。 3. 完成整个课程收尾工作。
考核结题	统一安排考核。通常定在第 16 或 17 周, 周三下午。 请按 16 周考试做好准备。

<p><b>提示和建议：</b></p>	<p>提示同学们要抓紧时间，在课外做好准备工作，充分利用实验室的仪器设备进行调试，尽量不要在调试时间插线，更不要在实验室看书。其实只要真正明白电路原理，再学会一些调试排查的技巧，课内安排的调试时间是有富裕的。另外，如果规定时间估计难以完成，可以利用实验室开放时间做些补充。</p> <p>对所设计电路的原理要非常清楚，否则遇到一旦遇到故障将无从下手，乱了方寸，也无法回答老师的考核提问，学习不到真正的知识，提高不了能力。所以不能生搬别人的设计。另外，通过实验，学会一些调试技巧是更有意义的，比如调试时前后断开分级排查、用替代的方法、排除的方法等等。</p>
----------------------	--



## 关于课题设计的说明

本课程包括基于数字电子技术和模拟电子技术两个课题设计，也可以称为数电课设和模电课设。下面针对这两个环节的实验任务加以说明。

### 一、设计

根据所选课题的任务、要求和条件，首先要查阅相关资料，进行总体方案的设计，然后对单元电路进行选择、设计和指标分配，计算各单元电路的参数和各种元器件的参数值，最后画出总体电路图（原理图），并在计算机上进行 EDA 仿真通过，提交指导教师审阅、经修改后定稿。

### 二、组装

设计方案经指导教师审查通过后，学生可领取元器件等材料，在面包板上插接或在网孔板上焊接，每个课题的具体实现形式请听从实验室的统一安排。

### 三、调试

利用课表安排的时间和实验室开放时间，独立完成电路模块的调试、建议采用分步调试的方式，分段组装，逐一调试，最后联调，做好测试过程和实验数据的记录工作。

### 四、验收

根据指导教师安排的验收时间，按时接受指导教师的测试检查，并回答老师的提问。

### 五、撰写设计报告

设计报告是对整个设计过程的全面总结。包括对课题设计任务和要求的描述、方案的选择，电路工作原理、调试过程、参数记录分析等方面详细的叙述。特别要对设计过程中所遇到的问题、解决的方法、参加本实践环节的体会认真总结，也欢迎同学们对实验室的工作提出建议。学生应按规定的格式编写设计报告。

设计报告要求：

- 1、课题名称
- 2、设计任务和要求
- 3、设计方案的选择（多个方案的比较）、系统框图、各单元电路的原理图和它们的工作原理以及计算说明。元器件的参数、使用方法、引脚等加以说明。
- 4、重点总结调试过程中出现的问题、现象及分析故障的原因，并采取解决问题的方法和手段。整理记录的数据，分析结果。
- 5、收获体会、存在问题和进一步的改进意见等。
- 6、设计报告统一用 A4 纸打印。每页 44 行，每行 34 字；正文用宋体小四号字。

每个人独立完成一份设计报告，数字题目和模拟题目分别撰写，装订成一本。总结报告应认真撰写，实事求是，力争写出自己的特点，两人同组也应写出各自的特点和风格，不得复制。复制或抄袭他人的报告及原版提供者按作弊处理，不能通过本课程。

7、引用参考书、文献中的图表、数据时，要注明参考书、文献名称、作者、出版日期和页码。

### 六、课题设计考核方式

每个课题设计占平时成绩的 50%，由以下各部分组成：

- 1、设计方案的正确性、合理性、创新性：**12** 分（含 EDA 电路设计和仿真）
- 2、实验动手能力（工艺水平、测试效果、分析解决问题的能力、占用时间）：  
**30** 分
- 3、实验设计报告：**8** 分

## 实验一 基于数字电路的课题设计

### 设计题目一、 数字积分器（数字类）

#### （一）、设计要求

- 1、 模拟输入信号 0~10V，积分时间 1~10 秒，步距 1 秒。
- 2、 积分值为 0000~9999。
- 3、 误差小于  $1\% \pm 1\text{LSB}$ 。
- 4、 应具有微调措施，以便校正精度。

#### （二）、设计方案

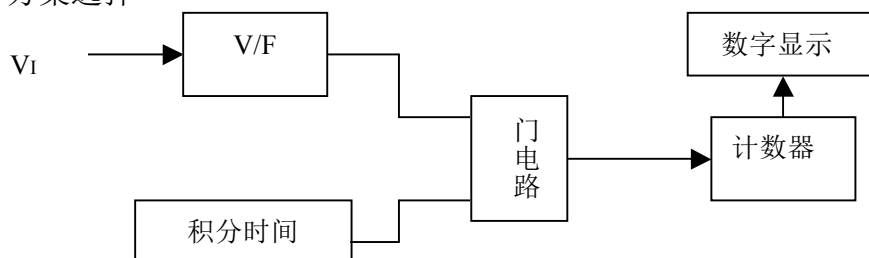
- 1、 通过数字积分器，对输入模拟量进行积分，将积分值转化为数字量并显示。

输入与输出的对应关系为：输入 1V，转化为频率 100HZ，计数器计数为 100，积分时间为 1S，积分 10 次，输出为 1000。

输入模拟量的范围为 0~10V，通过 10 次积分，输出积分值为 0000~9999。误差要求小于  $1\% \pm 1\text{LSB}$ 。

数字积分器应具有微调措施，对于由元件参数引起的误差，可以通过微调进行调节，使其达到误差精度。微调的设置应尽可能使电路简单，便于调节，能提供微小调节，尽快达到要求。

- 2、 方案选择



#### （三）、参考元器件和芯片

组件：74LS00    74LS08    74LS20    74LS161

$\mu$  A741    NE555    3DK7

电阻、电容：若干

调零电位器： 10K  $\Omega$

#### (四)、课题说明

通过设计方案的要求可以将整个电路分为五个部分，分别为：V/F 压频转换器、时间积分电路、门电路、计数器电路、数字显示电路。

实验过程是：通过 V/F 压频转换器将某一电压转换为相应频率的方波，同时由时间积分电路输出一秒钟的高电平，通过与门电路后，生成时间为一秒钟，频率固定的矩形脉冲。然后将此脉冲接入由四片 74LS161 接成的十进制计数器的 CLK 输入端，便可记录一秒钟内脉冲的数量。于 4 片 74LS161 输出端相连接的是 4 片数码管，把 74LS161 改为十进制后，计数的结果就会在数码管上显示出来，由此就得到数字积分器的功能。

总之，整体设计实验的思路是输入一个模拟信号，由 V/F 压频转换器将电压信号转化为频率信号，再与积分器进行逻辑与运算，最后通过计数器将频率信号的数值由数码管显示出来。

##### 1、V/F 压频转换

V/F 压频转换器由两部分组成，一部分把电压转换成三角波，另一部分把三角波转换成方波。本实验设计电路的目的是将输入的 1 至 10V 电压转换成相应的 100Hz 至 1000Hz 的频率。有两种方案可供选择。方案（一）是由运算放大器+ NE555 组成，方案（二）是由多单元运算放大器组成。

##### 2、时间积分电路（单稳电路）

时间积分电路采用 NE555，相对于 V/F 转换器，时间积分控制电路的设计较为简便。利用 NE555 以及适当阻值的电阻、电位器接成典型的单稳触发器，之后将 NE555 的 2 号管脚接上按键脉冲开关，以便控制积分时间，其积分时间公式为  $1.1RC=1(S)$ 。

##### 3、与门电路

与门电路是整个电路中最简单的部分，用一片 74LS08 就可以。它是把时间积分电路的输出端口和 V/F 压频转换的 NE555 的输出端口进行相与，从而得到时间为 1 秒相应频率的方波。

##### 4、计数器电路

由四片 74LS161 接成十进制计数器，输出端，连接 4 片数码管，计数的结果在数码管上显示

## 设计题目二、 压控阶梯波发生器（数字类）

### （一）、设计任务

在规定时间内设计并调试一个由电压控制的阶梯波发生器。

### （二）、设计要求

- 1、 输出阶梯波的频率能被输入直流电压所控制，频率控制范围为 600HZ 至 1000HZ。
- 2、 输出阶梯波的台阶级数为 10 级，且比例相等。
- 3、 输出阶梯波的电压为 1V/级，见附图说明。
- 4、 输入控制电压的范围 0.5V 至 6V。
- 5、 电路结构简单，所用元器件尽量少，成本低。

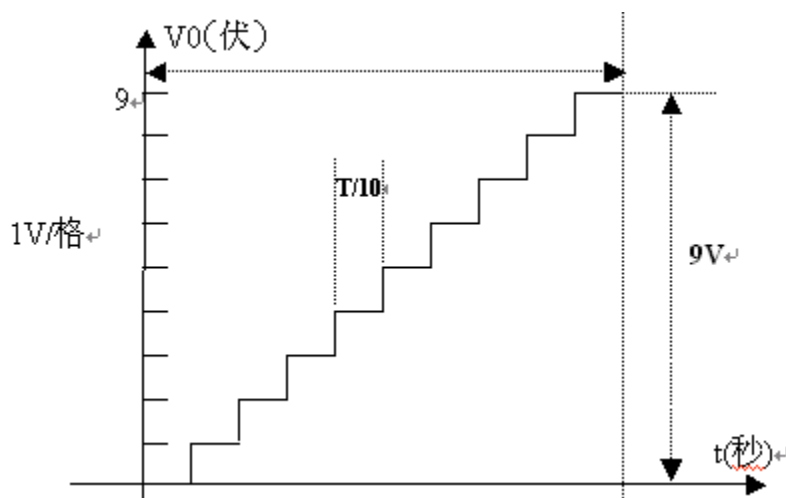
### （三）、调试要求

利用实验室设备和指定器件进行设计、组装和调试，达到设计要求，写出总结报告。

### （四）、参考元器件和芯片

- 1、 运算放大器  $\mu A741$ , LM324, LM358.
- 2、 TTL 电路 74LS20、74LS161、74LS175
- 3、 CMOS 缓冲器 CD4010
- 4、 稳压管、二极管、电阻、电容、电位器

### （五）、输出阶梯波示意图



### （六）、课题说明

通过设计方案的要求可以将整个电路分为四部分，即 V/F 压频转换部分、计数部分、全电阻网络部分和信号放大部分。

#### 1、V/F 压频转换

V/F 压频转换器由两部分组成，一部分把电压转换成三角波，另一部分把三角波转换成方波。本实验设计电路的目的是将输入的 0.5 至 6V 电压转换成相应的 600Hz 至 1000Hz 的频率。由两片  $\mu A741$  组成。

#### 2、计数器部分（输出阶梯波的台阶数为十阶）

采用十进制计数器，确保每十个时钟信号后清零。选取 **74LS161** 芯片

3、输出阶梯波每阶比例相等，电压为 1V/阶

(1)采用权组网路，将数字信号转化为模拟信号

(2)运用放大器，将输出信号放大以满足要求。选取运算放大器  $\mu A741$  芯片

4、缓冲器

**CD4010** 是缓冲器，可以把不稳的输入电压缓冲为稳定的输出电压，而且电流加大，大大加强了带负载的能力。**74LS175** 和 **CD4010** 共同组成了缓冲器。

## 设计题目三、 步进电机控制电路（数字类）

### （一）、设计任务

本课题要求设计一个步进电机控制电路，该电路能对步进电机的运行状态进行控制。

### （二）、基本要求

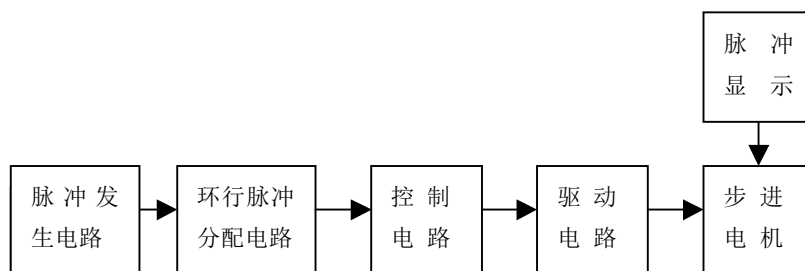
- 1、能控制步进电机正转和反转及运行速度，并由 LED 显示运行状态。（步进电机工作方式可为单四拍或双四拍）。
- 2、测量步进电机的步距角。（通过实测步进电机旋转一周时所需要的脉冲数，推算出步进电机的步距角）。

### （三）、扩展要求

设计步进电机工作方式为四相八拍。

### （四）、设计框图

步进电机控制电路主要由脉冲发生电路、环行脉冲分配电路、控制逻辑及正反控制门、功率放大器（驱动电路）和步进电机等组成。



### （五）、参考元器件和芯片

NE555, 计数器 74LS161, 74LS08, 74LS74, 74LS14(04), 74LS138(74LS153), CD4017, 74LS194, 四相步进电机, 发光二极管, 整流二极管 IN4007, 复合三极管 TIP122, 5Ω (1W) 电阻, 其它电容、电阻若干。

### （六）、课题说明

通过设计方案的要求可以将整个电路分为五部分，脉冲发生电路、环行脉冲分配电路、控制逻辑及正反控制门、功率放大器（驱动电路）和步进电机。

#### 1、脉冲发生电路

脉冲发生电路是由 NE555 及外接阻容元件构成的多谐振荡器产生的，多谐振荡器是一种可以产生周期性的矩形脉冲信号的自己振荡电路。

#### 2、环形脉冲分配电路

环形脉冲分配电路是步进电机中一个重要环节，利用环形脉冲分配电路可以产生所需要的脉冲波形，以实现对步进电机的控制。生成题目所要求的单四拍，双四拍，和四相八拍三种工作模式。

#### 3、控制电路

单四拍、双四拍及四项八拍的要输出的逻辑信号（见补充说明），电机的正反转控制及调速。以 74LS138 为中心组成数据解码电路，在不同的工作方式选择下，翻译编码电路的信号，结合与门电路，送出正确的驱动信号。

#### 4、驱动电路

功率放大是驱动系统中最为重要的部分。步进电机在一定转速下的转矩取决于它的动态平均电流。而由门电路输出的电流远远不能满足对电机的驱动，所以要真正使电机动起来就必须连接一个功率放大电路。可采用达林顿管 TIP122 为步进电机提供了一个大电流。

##### 补充说明：

步进电机是一种感应电机，它的工作原理是利用电子电路，将直流电变成分时供电的，多相时序控制电流，用这种电流为步进电机供电，步进电机才能正常工作，驱动器就是为步进电机分时供电的，多相时序控制器虽然步进电机已被广泛地应用，但步进电机并不能像普通的直流电机，交流电机在常规下使用。它必须由双环形脉冲信号、功率驱动电路等组成控制系统方可使用。因此用好步进电机却非易事，它涉及到机械、电机、电子及计算机等许多专业知识。步进电机作为执行元件，是机电一体化的关键产品之一，广泛应用在各种自动化控制系统中。随着微电子和计算机技术的发展，步进电机的需求量与日俱增，在各个国民经济领域都有应用。

a. 本实验提供的是四相步进电机，它对外有六条引线，其中二条为公共端、另四条分别为 A 相、B 相、C 相、D 相，但引线具体排序未知，故在使用前需对步进电机进行分析、测试，并判断出具体的相序。

b. 四相步进电机励磁方式基本有三种：

- i. 单四拍方式，通电顺序为  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ ；
- ii. 双四拍方式，通电顺序为  $AB \rightarrow BC \rightarrow CD \rightarrow DA \rightarrow AB$ ；
- iii. 四相八拍方式，通电顺序为  $A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow BC \rightarrow C \rightarrow CD \rightarrow D \rightarrow DA \rightarrow A$ 。

如果按上述三种通电方式和通电顺序进行通电，则步进电机将正向转动。若通电顺序与上述相反，如单四拍方式，通电顺序为  $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ ，则步进电机将反向转动，

如下表所示为步进电机的单四拍和双四拍的励磁方式及 A、B、C、D 相的输入逻辑信号。有关步进电机的工作原理及使用方法请自己查阅资料。

工作方式	励磁方式	D C B A
单四拍方式	A	1 1 1 0
	B	1 1 0 1
	C	1 0 1 1
	D	0 1 1 1
	A	1 1 1 0



双四拍方式	AB	1 1 0 0
	BC	1 0 0 1
	CD	0 0 1 1
	DA	0 1 1 0
	AB	1 1 0 0

## 设计题目四、 直流电机测速（数字类）

### （一）、 设计任务

设计一个能对直流电机运行速度进行调速和测速的电路。

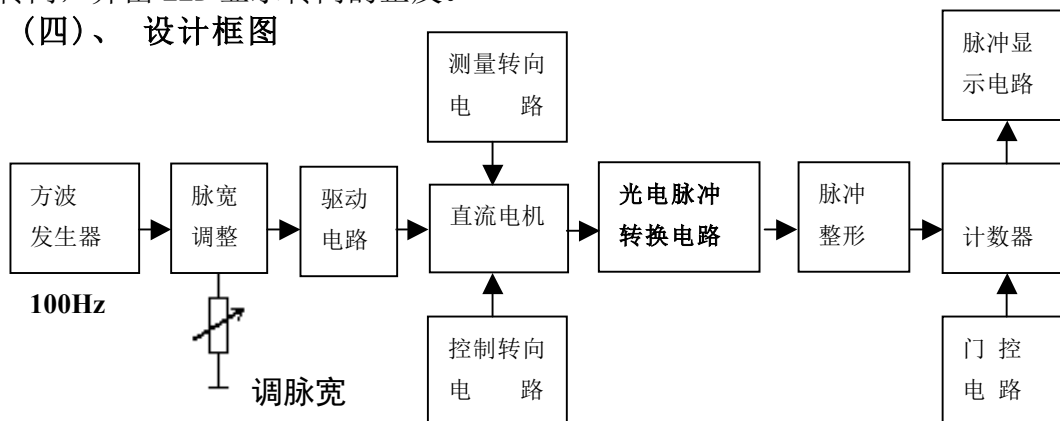
### （二）、基本要求

设计一个脉宽调速电路，实现对直流电机转速的控制。利用光电脉冲转换、整形、门控电路和计数电路测出直流电机的转速，并显示在数码管上。要求转速可达到 300 转/分以下，越低越好。

### （三）、扩展要求

在完成基本要求的基础上加双光耦脉冲计数和相位判别电路，进而识别电机的转向，并由 LED 显示转向的正反。

### （四）、 设计框图



### （五）、参考元器件和芯片

NE555，计数器 74LS161，74LS00，74LS08，74LS74，单稳触发器 CD14538，双比较器 LM393（或双运放 LM358），微型直流电机（9V），槽型光耦（或红外收发模块），达林顿三极管 TIP122，整流二极管 1N4007，稳压二极管（5V），双刀双掷开关，其它电容、电阻若干。

### （六）、课题说明

通过设计方案的要求可以将整个电路分为七部分，脉冲发生电路、脉宽调整电路、驱动电路、控制转向电路、光电脉冲转换电路、脉冲整形和显示电路。

#### 1、脉冲发生电路

脉冲发生电路是由 NE555 及外接阻容元件构成的多谐振荡器产生的，多谐振荡器是一种可以产生周期性的矩形脉冲信号的自己振荡电路。

#### 2、脉宽调整电路

由 NE555 及外接阻容元件构成单稳态触发器电路器，使脉冲得  $T_{WI}$  在一定宽度范围内可变，从而达到调节电机速度的目的。

#### 3、驱动电路

采用达林顿管 TIP122 组成共射放大电路，有效放大电流，用以驱动电机。

#### 4、控制转向电路

可使用双刀双掷开关直接改变流经电机电流的方向，进而改变电机转向。光电脉冲转换电路采用槽型光耦。

## 设计题目五、 人员流量计数器（数字类）

### （一）、设计任务

设计一个利用光传感器的统计进出人员数量的电路装置。

### （二）、基本要求

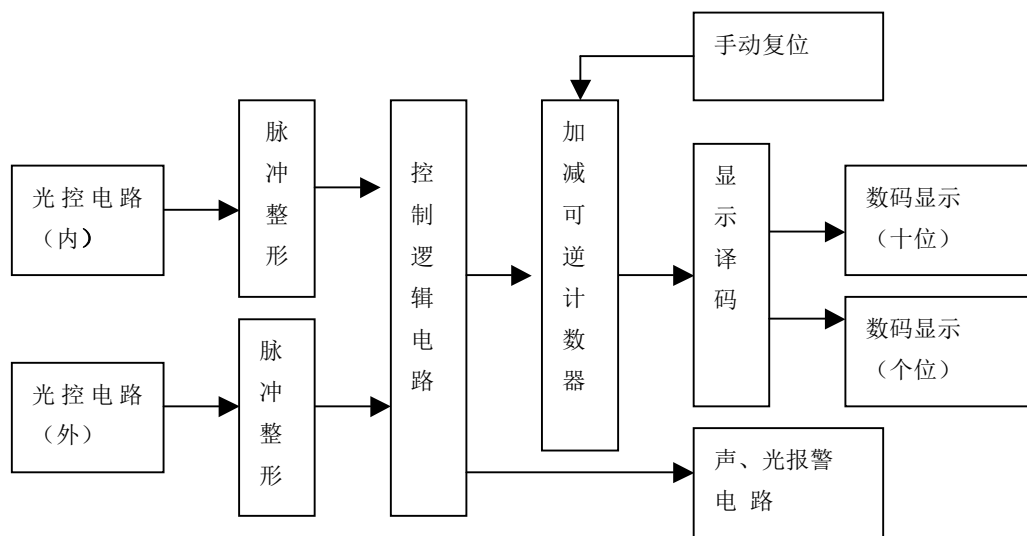
要求两路光控电路，分别放置在门内和门外，当有人通过时（无论进入或走出房间），都会先触发一个光控电路，再触发另一个光控电路。要求根据光控电路产生触发脉冲的先后顺序，判断人员是进入还是离开实验室，当有人进入实验室时令计数器进行加计数，当有人离开实验室时进行减计数。要求计数器的最大计数容量为 99，并用数码管显示数字。要求手动复位（清零）功能；要求设计一个模拟的现场环境，越逼真越好。计数器模块要尽量做到结构紧凑、可靠，结构设计要作为考核的重要部分。

### （三）、扩展要求

有声、光提示功能（计数器每计一个数，发光二极管指示灯闪烁一次或蜂鸣器响一次）。

人数达到设定人数就长时间报警

### （四）、设计框图



### （五）、参考元器件和芯片

红外发光二极管和光电三极管（对管两对）；或红外收发模块两对。

集成显示译码器电路 74LS47 或 74LS48（两个）；

数码管（2 个）；

可逆计数器 74LS190 或 74LS192（2 个）；

二极管 1N4007，

定时器 NE555，其它电容、电阻若干。

## 设计题目六、 自行车里程表（数字类）

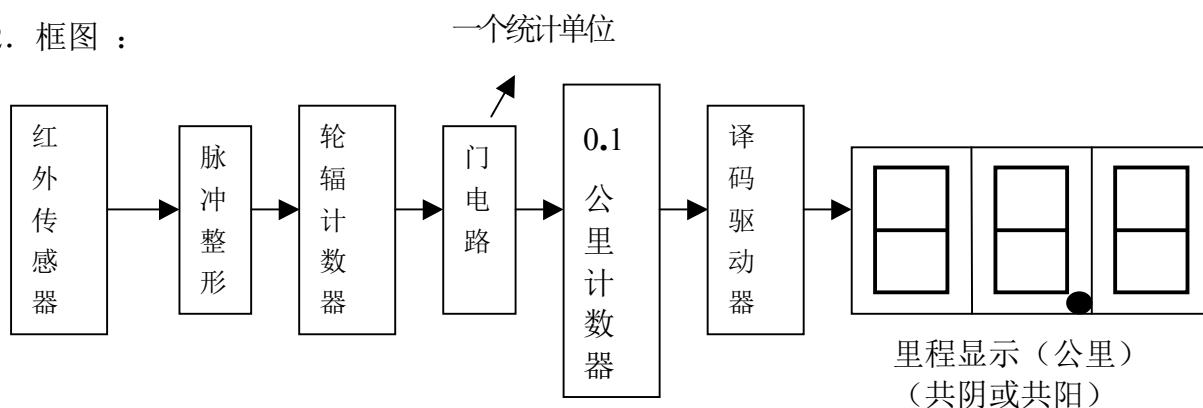
### （一）、设计任务

设计、制作一个根据车轮周长、辐条数等参数来记录行驶里程的简易里程表。要求具有可调整的手段，以适应不同车型。

### （二）、参考设计方案

1. 首先使用红外光电传感器对转动的车轮辐条进行测量，产生基本计数脉冲。若以 0.1 公里作为里程表的计数单位，则需测量出车轮的周长、一周有多少根辐条、每走 0.1 公里要有多少根辐条通过传感器。若将此计数值转化为里程表的一个计数脉冲，提供给一个多位十进制里程计数器，则记录分辨率就为 0.1 公里，最后由多位数码管显示出来。

### 2. 框图：



### （三）、设计要求

1. 显示数字为 3 位，精度为 0.1 公里，即（00.0—99.9 公里）。
2. 数码管要有小数点显示，即个位与十分位之间的小数点要亮起来。
3. 要标明你所设计的条件（轮周长、辐条数等），给出根据条件不同进行调整的方法。
4. 结构简单、所用芯片尽量少、成本低、易于制作。
5. 所用芯片与元件尽量在参考元器件范围内选择（实验室没有的需自行解决）。
6. 要制作一个模拟的（或真实的）测试模型，以便进行实际的测试。尽量做到结构合理、可靠，结构设计要作为考核的重要部分。

### （四）、发挥部分

从实用角度考虑，尝试加上你认为需要完善、改进的功能（如节电功能、显示清零等）

### （五）、参考元器件和芯片

CD40106、CD4518（或 CD4017、161 等）、74LS21、CD4011（或 74LS00）、CD4553、CD4543、74LS08、共阴（共阳）数码管、NPN（PNP）开关管、红外光电传感器等；电阻、电容若干。

## 设计题目七、 自行车速度表（数字类）

### (一)、设计任务

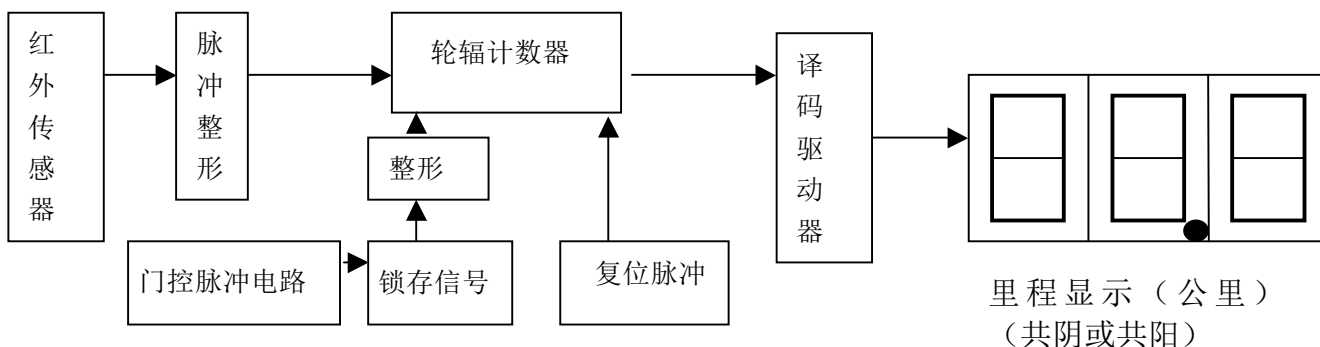
根据车轮周长、辐条数和车轮转数等参数设计、调试完成一个进行车用速度（时速）表，要求具有根据不同车型随时进行调整的功能，以保证速度表显示的正确。

### (二)、设计参考方案

1. 通过测量在单位时间内通过红外光电传感器的轮幅数，折算出车轮走过的距离，即每秒通过多少根幅条等于 1 公里/小时的速度。时速值按十进制由多位数码管显示。

假定车速为 1 公里/小时，那么车轮每秒走过的距离为  $100000 \text{ 厘米} / 3600 \text{ 秒} \approx 27.8 \text{ 厘米/秒}$ 。因测的是每秒通过光电传感器的幅条数，故须将 27.8 厘米/秒化作多少根幅条/秒，两根幅条间的轮周长=轮周长/幅条数。对于每小时一公里的速度，相当于每秒通过的幅条数为 27.8 厘米/幅条间轮周长（即门控脉冲的频率），此数的倒数即为每通过一根幅条所需要的时间(秒)。如果在此时间内通过 1 根条即表示速度为 1 公里/小时，数码管显示 **01.0**，若通过 20 根条，则车速为 20 公里/小时，速度表(数码管)就显示 **20.0**。

2. 框图：



提示：

1. 调整时只须调整门控脉冲振荡器即可。方法是给计数器 CP 端输入 1KHz 信号，然后调整  $f = 4 / RC$  中的 R(电位器串固定电阻)，使显示数为：每通过一根幅条所需的时间乘以 1000 即可。
2. 若精度为 0.1 公里，设计按 100 米/小时计算即可。

### (三)、设计要求

1. 显示数字为 3 位，精度为 0.1 公里，即（00.0—99.9 公里）。
2. 数码管要有小数点显示，即个位与十分位之间的小数点要亮起来。
3. 标明你所设计的条件（轮周长、辐条数等）。给出根据不同车型进行调整的依据。
4. 结构简单、所用器件尽量少、便于调整、成本低。
5. 所用芯片、元件等在参考元器件范围内选择（实验室没有的需自行解决）。
6. 要制作一个模拟的（或真实的）测试模型，以便进行实际的测试。尽量做到结构合理、可靠，结构设计要作为考核的重要部分。

### (四)、发挥部分

从实用角度考虑，增加你认为需要完善、改进的功能（如节电功能等等）

### (五)、参考元器件和芯片

CD40106 CD4553 CD4543(CD4511) 三位数码显示管(共阴或共阳都可) 三极管  
(NPN 或 PNP) 电位器 电阻 电容若干 红外光电传感器

## 实验二 基于模拟电路的课题设计

### 设计题目八、 测量放大器（模拟类）

#### （一）、设计任务：

使用运算放大器设计一套用于测量交流信号的放大器模块。

#### （二）、基本要求：

#### （二）、基本要求：

##### 第一部分：信号变换放大器

设计并制作一个信号变换放大器，参见下图。将函数发生器单端输出的正弦电压信号不失真地转换为双端输出信号，以此作为差动放大器的输入信号。



信号变换电路，将单端输入信号分别经过两个运算放大器，一个接成跟随器，另一个接成反比例放大器，这样通过简单、基本的运算放大电路就将单端输入信号变换成双端输出。

##### 第二部分：差动放大器

设计、制作一个测量用差动放大器，参见下图。输入信号  $V_i$  取自桥式测量电路的输出。当  $R_1=R_2=R_3=R_4$  时， $V_i=0$ 。 $R_2$  改变时，产生  $V_i$  不为零的电压信号。测量电路与放大器之间有 1 米长的连接线。

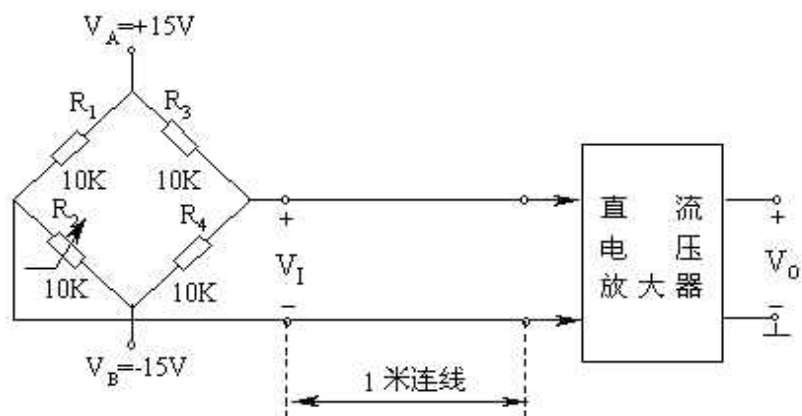


图1 测量放大器框图

#### 设计要求：

1. 差模电压放大倍数  $A_{VD}=1\sim500$ ，可手动调节；
2. 最大输出电压为  $\pm 10V$ ，非线性误差  $< 0.5\%$ ；
3. 在输入共模电压  $+7.5V\sim-7.5V$  范围内，共模抑制比  $K_{CMR} > 10^5$ ；

4. 在  $A_{VD}=500$  时, 输出端噪声电压的峰—峰值小于 1V;

5. 通频带 0~10Hz ;

第三部分: 前置放大器 (设计目标是达到最高的带宽增益积)

设计要求:

1、被测输入正弦波信号最小幅度为有效值 10 毫伏; (输入幅度尽量小)

2、频率为 100HZ~10KHZ; (上限频率尽量高)

1、放大器增益达到 40dB。(增益尽量高)

### (三)、参考元器件和芯片

OP07, 电位器 电阻 电容若干

### (四)、课题说明

测量放大器具有输入阻抗高、共模抑制比大等特点, 因而得到了广泛的应用。但由于电路的分析复杂, 通常只给出理想情况下放大器的差模增益, 而难以给出其在非理想情况下的共模抑制比表达式。用分离元件构建测量放大器需要花费很多的时间和精力, 而采用集成运放放大器或差分放大器则是一种简便而又可行的替换方案。

用集成运算放大器放大信号的主要优点:

(1) 电路设计简化, 组装调试方便, 只需适当配外接元件, 便可实现输入输出的各种放大关系。

(2) 由于运放得开环增益都很高, 用其构成的放大电路一般工作在深度负反馈的闭环状态, 则性能稳定, 非线性失真小。

(3) 运放的输入阻抗高, 失调和漂移都很小, 故很适合于各种微弱信号的放大。又因其具有很高的共模抑制比, 对温度的变化, 电源的波动以及其他外界干扰独有很强的抑制能力

OP07 芯片是一种低噪声, 非斩波稳零的双极性运算放大器集成电路。具有低失调、低漂移、低噪声、偏置电流小等优点[1]。由于 OP07 具有非常低的输入失调电压 (对于 OP07A 最大为  $25\mu V$ ), 所以 OP07 在很多应用场合不需要额外的调零措施。OP07 同时具有输入偏置电流低 (OP07A 为  $\pm 2nA$ ) 和开环增益高 (对于 OP07A 为  $300V/mV$ ) 的特点, 这种低失调、高开环增益的特性使得 OP07 特别适用于高增益的测量设备和放大传感器的微弱信号等方面。

有如下特点:

(1) 低的输入噪声电压幅度-0.35uVp-p (0.1hz-10hz)

(2) 极低的输入失调电压-10uV

(3) 极低的输入失调电压温漂-0.2uV/c

(4) 具有长期的稳定性-0.2uV/mo

(5) 低的输入偏置电流+1nA~-1nA

(6) 高的共模抑制比-126db

(7) 宽的共模输入电压范围+14V~-14V

(8) 宽的电源电压范围 $\pm 3V \sim \pm 22V$

## 设计题目九、 基于专用 IC 的函数发生器设计（模拟类）

### （一）、设计任务

采用集成函数发生器ICL8038及辅助电路，设计并制作一个能产生三角波、正弦波、方波信号的低频函数发生器。

### （二）、基本要求

输出信号频率范围1Hz~100kHz。频率控制方式手动 通过改变时间常数RC实现。

在1k $\Omega$ 负载条件下：

- 正弦波最大峰-峰值 3V 幅值可调，谐波失真小于3%；
- 三角波最大峰-峰值 5V 幅值可调，非线性失真小于2%；
- 方波最大峰-峰值 5V 幅值可调，方波上升时间小于2  $\mu$ s；

### （三）、扩展要求

- 1、通过改变控制电压实现频率的压控，压控电压范围 0~3V；
- 2、扩大信号输出的频率范围；
- 3、增加输出功率（负载电阻改为 50-100 $\Omega$ ）；
- 4、具有输出频率的显示功能。

### （四）、参考元器件和芯片

ICL8038, LM353, 电位器 电阻 电容若干

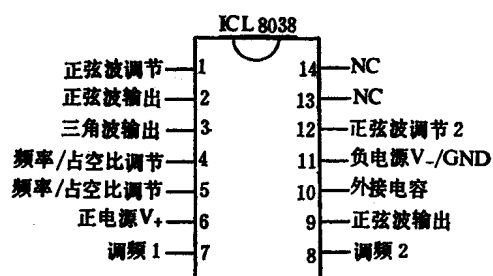
### （五）、课题说明

ICL8038 的波形发生器是一个用最少的外部元件就能生产高精度正弦, 方形, 三角, 锯齿波和脉冲波形彻底单片集成电路. 频率(或重复频率) 的选定从 0.001Hz 到 300kHz 可以选用电阻器或电容器来调节, 调频及扫描可以由同一个外部电压完成. ICL8038 精密函数发生器是采用肖特基势垒二极管等先进工艺制成的单片集成电路芯片, 输出由温度和电源变化范围广而决定. 这个芯片和锁相回路作用, 具有在发生温度变化时产生低的频率漂移, 最大不超过 250ppm /  $^{\circ}$ C

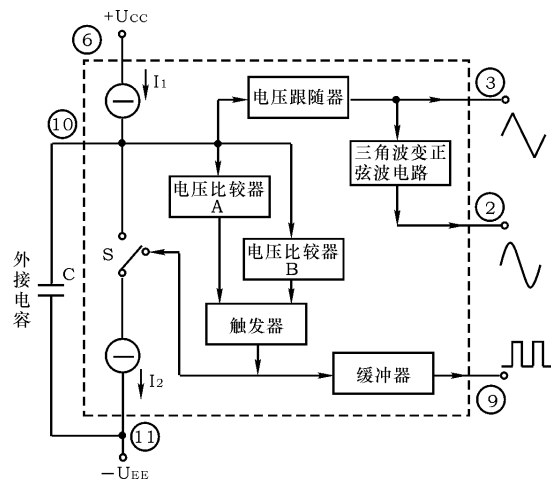
#### 特点:

- 1、具有在发生温度变化时产生低的频率漂移, 最大不超过 50ppm /  $^{\circ}$ C；
- 2、正弦波输出具有低于 1% 的失真度；
- 3、三角波输出具有 0.1% 高线性度；
- 4、具有 0.001Hz~1MHz 的频率输出范围；工作变化周期宽；
- 5、2%~98%之间任意可调；高的电平输出范围；
- 6、从 TTL 电平至 28V；
- 7、具有正弦波、三角波和方波等多种函数信号输出；
- 8、易于使用, 只需要很少的外部条件。

封装引脚如下图：







ICL8038 内部原理框图

**最大限值范围:**

供电电压 (V- to V+).	36V
输入电压 (任何管脚)	$v - v +$
输入电流 (管4-5)	25mA
输出电流 (管脚3和9)	25mA

**工作条件**

温度范围

ICL8038AC, ICL8038BC, ICL8038CC . . . . . 0°C to 70°C

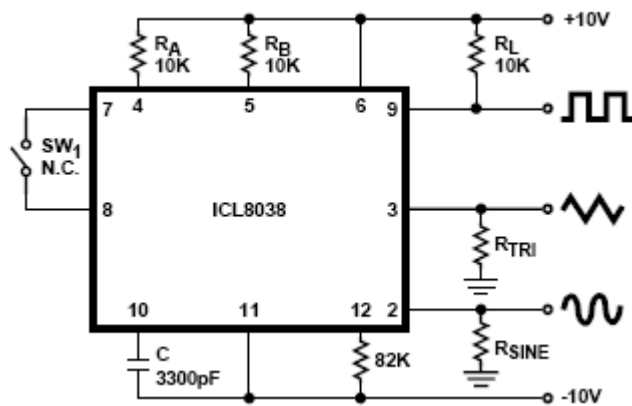


图 1: 测试电路

## 设计题目十、 基于运放的信号发生器设计（模拟类）

### （一）、设计任务

本课题要求使用集成运算放大器制作正弦波发生器,在没有外加输入信号的情况下,依靠电路自激振荡而产生正弦波输出的电路。经过波形变换可以产生同频三角波、方波信号。

### （二）、设计要求

使用一片运算放大器,采用经典振荡电路,产生正弦信号,频率范围360Hz~100kHz。输出信号幅度可调,使用单电源供电以及增加输出功率。

### （三）、扩展要求

- 1、扩大信号频率的范围;
- 2、增加输出功率;
- 3、具有输出频率的显示功能

### （四）、参考元器件和芯片

运算放大器, 电位器、电阻、电容若干。

### （五）、课题说明

运算放大器芯片可以选用四运放,其中一个运算放大器用于振荡电路,两个运算放大器用于电路放大,一个运算放大器用于功率输出。

## 设计题目十一、D 类功率放大器（模拟类）

### （一）、设计任务：

设计、制作一个 D 类低频功率放大器。

### （二）、基本要求：

在输入音频信号电压幅度为 10-100mV，在负载电阻  $R_L=8\Omega$  的条件下，放大通道应满足：

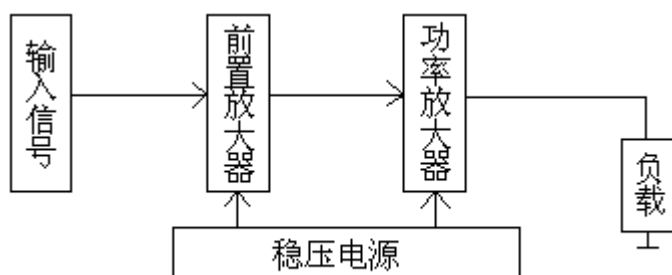
- 1、额定输出功率： $P_o=1W$ ；
- 2、带宽： $B_w\geq 5kHz$ ；
- 3、在上述  $P_o$ 、 $B_w$  范围内，非线性失真 $\leq 7\%$ ；
- 4、在  $P_o$  下的效率 $\geq 80\%$ ；

### （三）、扩展要求：

- 1、单电源供电；
- 2、增加输出功率；
- 3、增加带宽；
- 4、提高效率；

### （四）、设计思路提示：

D 类功率放大器的原理示意图如下：



设计思路提示：

1. 输入信号经过前置放大电路，将信号放大到适当的幅度。
2. 设计三角波发生器。将三角波与经放大的正弦音频信号作比较，比较器输出即为与正弦波对应的脉宽调制信号 SPWM（幅度的高低变为脉宽的长短）。
3. 通过放大电路，对上一步得到的脉宽信号进行幅度放大，以满足功率的要求。
4. 通过滤波电路，将被放大的方波信号转换成正弦波，驱动负载工作。

### （五）、参考元器件和芯片

NE555, NE5532, LM311, CD40106, 三极管 8050、8550, IRFD120 和 IRFD9120 VMOS 对管，二极管，电位器 电阻 电容，电感若干

### （五）、课题说明

#### 1、功放的基本知识

##### （1）功放的分类

传统的功率放大器主要有 A 类(甲类)、B 类(乙类) 和 AB (甲乙类)，除此

之外,还有工作在开关状态下的D类(丁类)功放。

### (2) 功放的工作原理及特点概述

A类功率放大器在整个输入信号周期内都有电流连续流过功率放大器件,其晶体管总是工作在放大区,并且在输入信号的整个周期内晶体管始终工作在线性放大区域,它的优点是输出信号的失真比较小,缺点是输出信号的动态范围小、效率低,理想情况下其效率为50%,考虑到晶体管的饱和压降及穿透电流造成的损耗,A类功率放大器的最高效率仅为45%左右。

B类功率放大器在整个输入信号周期内功率器件的导通时间为50%,因为其晶体管只在输入信号的正半周工作在放大区,在输入信号的负半周是截止的。它的优点是效率理想情况下可达78.5%,比A类的提高了很多,其缺点是非线性失真却比甲类功放大,而且会产生交越失真,增加噪声。

AB类(甲乙类)功率放大器是以上两种放大器的结合,使每个功率器件的导通时间在50%~100%。此类放大器目前最为流行,它兼顾了效率和失真两方面的性能指标,在设计该功率放大器时要设置功率晶体管的静态偏置电路,使其工作在甲乙类状态。这类功放失真小于乙类功放,但其效率比乙类功放要低一些。

D类功率放大器又叫开关型功率放大器,现在又有人称之为数字功率放大器。它利用晶体管的高速开关特性和低的饱和压降的特点,效率很高,理论上可以达到100%,实际上可以达到90%。此电路不需要严格的对称,也不需要复杂的直流偏置和负反馈,使稳定性大大提高。用同样的功耗的管子可得到比AB类放大器高4倍功率的输出。

D类功放的功率器件受一高频脉宽调制(PWM)脉冲信号的控制,使其工作在开关状态,理论上其效率可接近100%。因此能极大地降低能源损耗,减小放大器体积,在体积、效率和功耗上要求较高的场合具有很大的优势。另外,现代保真音响系统常采用数字音频设备如CD、DAT(digital audio tape),近年发展起来的DVD、计算机多媒体设备、MP3等也都是数字音频信号源。数字音频信号采用脉冲编码调制技术(PCM),信号分辨率通常为12位或16位,采样频率为44.1KHZ(CD)或48KHZ(DAT)。由于数字信号在存储、传输和数据出来上的优点,使人们开始追求数字式功放代替传统的模拟功放,这也使得D类功率放大器受到更大的关注。D类放大器虽然具有很高的效率,但由于功率晶体管的开关工作方式,D类放大器引入的失真通常大于线性放大器,这是目前D类放大器在音频放大领域并未得到广泛应用的主要原因。随着半导体及微电子制造技术的不断发展,高速、大功率器件已越来越多,人们对音频功率放大器的要求更加趋向高效、节能和小型化,所以D类(丁类)音频功率放大器越来越受到人们的重视

### (3) D类功率放大器的特点

- a、效率高,产生的热量少
- b、节能、数字化、体积小、重量轻
- c、D类功放与AB类功放的效率比较

比较条件:电源电压24V,负载4欧,1000HZ,连续输出,整机效率

### (4) 失真较大

D类功放的失真比较起其他几类功放来说,失真较大。但由于近年来对该类功放的保真度的大力研究,使得D类功放逐步成为广泛应用的形式。

D类功率放大器的原理示意图如下:

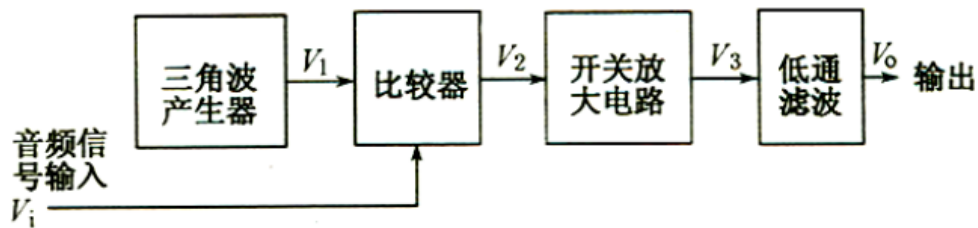


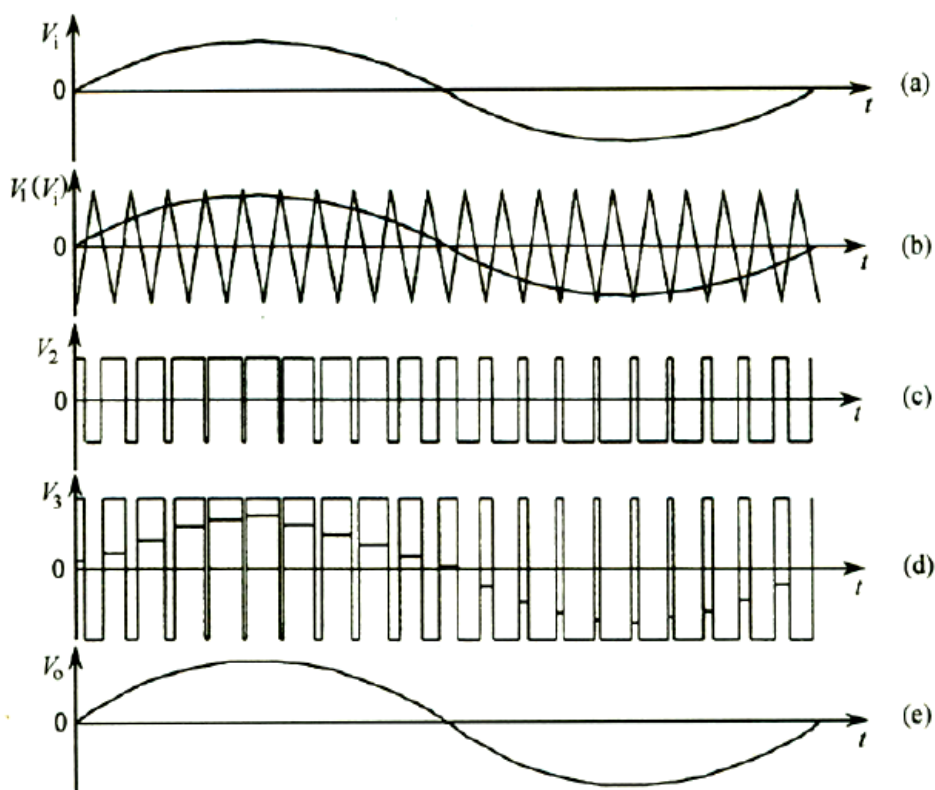
图 1 D 类放大器的工作原理

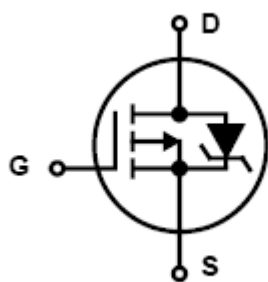
设计思路提示：

1. 输入信号经过前置放大电路，将信号放大到适当的幅度。
2. 设计三角波发生器。将三角波与经放大的正弦音频信号作比较，比较器输出即为与正弦波对应的脉宽调制信号 SPWM（幅度的高低变为脉宽的长短）。
3. 通过放大电路，对上一步得到的脉宽信号进行幅度放大，以满足功率的要求。
4. 通过滤波电路，将被放大的方波信号转换成正弦波，驱动负载工作。

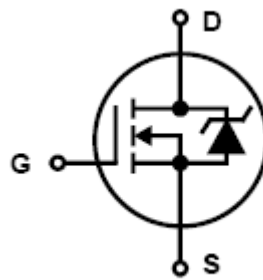
#### D 类放大器的工作波形示意图

其中(a)为输入信号；(b)为锯齿波与输入信号进行比较的波形；(c)为调制器输出的脉冲(调宽脉冲)；(d)为功率放大器放大后的调宽脉冲；(e)为低通滤波后的放大信号。

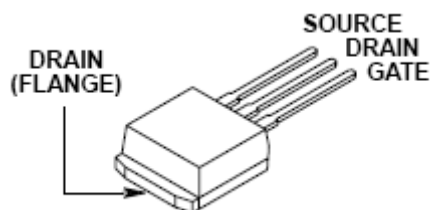
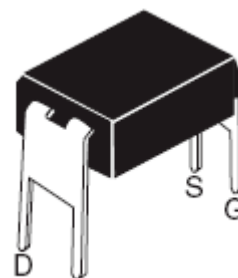
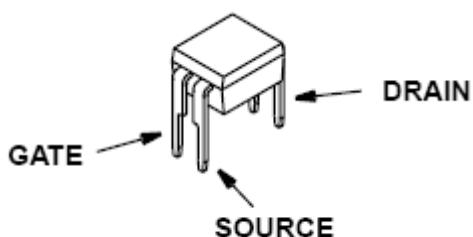




IRFD120



IRFD9120



IRFD120/9120 管脚图

### 功率 MOSFET 管

“MOSFET”是英文 MetalOxide Semiconductor Field Effect Transistor 的缩写，译成中文是“金属氧化物半导体场效应管”。它是由金属、氧化物( $\text{SiO}_2$  或  $\text{SiN}$ )及半导体三种材料制成的器件。所谓功率 MOSFET(Power MOSFET)是指它能输出较大的工作电流(几安到几十安)，用于功率输出级的器件。

功率 MOSFET 与双极型功率相比具有如下特点：

1. MOSFET 是电压控制型器件(双极型是电流控制型器件)，因此在驱动大电流时无需推动级，电路较简单；
2. 输入阻抗高，可达  $10^8 \Omega$  以上；
3. 工作频率范围宽，开关速度快(开关时间为几十纳秒到几百纳秒)，开关损耗小；
4. 有较优良的线性区，并且 MOSFET 的输入电容比双极型的输入电容小得多，所以它的交流输入阻抗极高；噪声也小，最合适制作 Hi-Fi 音响；
5. 功率 MOSFET 可以多个并联使用，增加输出电流而无需均流电阻。

### MOSFET 的工作原理

要使增强型 N 沟道 MOSFET 工作，要在 G、S 之间加正电压  $V_{GS}$  及在 D、S 之间加正电压  $V_{DS}$ ，则产生正向工作电流  $I_D$ 。改变  $V_{GS}$  的电压可控制工作电流

$I_D$ 。如图 3 所示（上面↑）。若先不接  $V_{GS}$ （即  $V_{GS}=0$ ），在 D 与 S 极之间加一正电压  $V_{DS}$ ，漏极 D 与衬底之间的 PN 结处于反向，因此漏源之间不能导电。如果在栅极 G 与源极 S 之间加一电压  $V_{GS}$ 。此时可以将栅极与衬底看作电容器的两个极板，而氧化物绝缘层作为电容器的介质。当加上  $V_{GS}$  时，在绝缘层和栅极界面上感应出正电荷，而在绝缘层和 P 型衬底界面上感应出负电荷（如图 3）。这层感应的负电荷和 P 型衬底中的多数载流子（空穴）的极性相反，所以称为“反型层”，这反型层有可能将漏与源的两 N 型区连接起来形成导电沟道。当  $V_{GS}$  电压太低时，感应出来的负电荷较少，它将被 P 型衬底中的空穴中和，因此在这种情况下，漏源之间仍然无电流  $I_D$ 。当  $V_{GS}$  增加到一定值时，其感应的负电荷把两个分离的 N 区沟通形成 N 沟道，这个临界电压称为开启电压（或称阈值电压、门限电压），用符号  $V_T$  表示（一般规定在  $I_D=10\mu A$  时的  $V_{GS}$  作为  $V_T$ ）。当  $V_{GS}$  继续增大，负电荷增加，导电沟道扩大，电阻降低， $I_D$  也随之增加，并且呈较好线性关系，如图 1 所示。此曲线称为转换特性。因此在一定范围内可以认为，改变  $V_{GS}$  来控制漏源之间的电阻，达到控制  $I_D$  的作用。

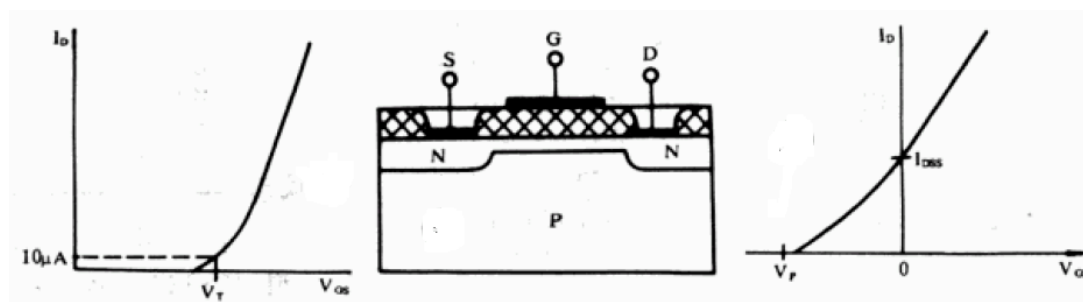


图 1

图 2

图 3

由于这种结构在  $V_{GS}=0$  时， $I_D=0$ ，称这种 MOSFET 为增强型。另一类 MOSFET，在  $V_{GS}=0$  时也有一定的  $I_D$ （称为  $I_{DSS}$ ），这种 MOSFET 称为耗尽型。它的结构如图 2 所示，它的转移特性如图 3 所示。 $V_P$  为夹断电压（ $I_D=0$ ）。耗尽型与增强型主要区别是在制造  $SiO_2$  绝缘层中有大量的正离子，使在 P 型衬底的界面上感应出较多的负电荷，即在两个 N 型区中间的 P 型硅内形成一 N 型硅薄层而形成一导电沟道，所以在  $V_{GS}=0$  时，有  $V_{DS}$  作用时也有一定的  $I_D$ （ $I_{DSS}$ ）；当  $V_{GS}$  有电压时（可以是正电压或负电压），改变感应的负电荷数量，从而改变  $I_D$  的大小。 $V_P$  为  $I_D=0$  时的  $-V_{GS}$ ，称为夹断电压。

## 设计题目十二、可编程放大器（模拟类）

### （一）设计任务

采用基本的数字、模拟电路方法，设计一个可预置放大倍数的放大器,并实现简单的自动增益（AGC）控制功能。

### （二）、基本要求

- 1.使用双电源供电。
- 2.设计差模信号为 $\pm 50\text{ mV}$ ，共模信号为 $0\text{ mV}$ 的信号源。
- 3.输入电阻 $>100\text{M}\Omega$ 。
- 4.输入信号与输出电压的关系： $V_O=A_V*V_I$

地址	$A_V$
000	-2
001	-5
010	-10
011	-15
100	-20
101	-30
110	-40
111	-50

- 5.用电位器调整精度,误差小于 $\pm 1\%$ 。

### （三）、发挥部分

1. 具有自动增益控制功能，即当给定某一幅度的输入信号后，可以自动选择合适的增益档位。提示：可以从最高增益开始，比较检测输出电压，调整增益至合适档位。
2. 提高可编程放大器的增益步进精度，扩大可调范围，改善调整方式。
3. 采用单电源供电。

### （四）、参考元器件和芯片

- 1.通用运算放大器  $\mu\text{A}741$ , LM324, LM358
- 2.模拟多路开关 CD4051、插接件、拨号盘。
- 3.计数器芯片及逻辑门电路
- 4.LED 显示组件
- 5.通用元器件

### （四）、课题说明

1、根据题目要求设计一个可编程放大器，即一个放大倍数不同的放大器，第一个要解决的问题就是如何通过地址的不同选择不同的电阻  $R_f$ ，从而实现放大倍数不同，可通过 CD4051 实现上述要求。

2、实验要求放大器有八个不同量程，分别对应八个地址，可通过计数器实现。

3、要实现差模放大功能,放大器必不可少，需要几个，满足输入电阻要求，如何选择放大电路是主要环节。

4、电路参数的选择十分重要，阻值多大？，如何匹配电阻，保证精度。



## 设计题目十三、光伏并网发电模拟装置（模拟类）

### （一）、设计任务：

光伏并网发电是指利用太阳能电池板获得直流电压，经过逆变转换为交流电，为交流电器提供能源，是一种常见的思路，本课题模拟这个过程，输出交流电改为低压，以保证安全。

设计并制作一个模拟光伏并网发电的装置，其结构框图如下图所示。用直流稳压电源  $U_S$  和电阻  $R_S$  模拟光伏电池， $U_S=60V$ ， $R_S=30\Omega\sim 36\Omega$ ； $u_{REF}$  为模拟电网电压的参考信号，其峰值为  $2V$ ，频率  $50Hz$ ， $u_F$  为工频隔离变压器变比为  $n_2:n_1=2:1$ 、 $n_3:n_1=1:10$ ，将  $u_F$  作为输出电流的反馈信号； $n_2$  负载电阻  $R_L$ 。

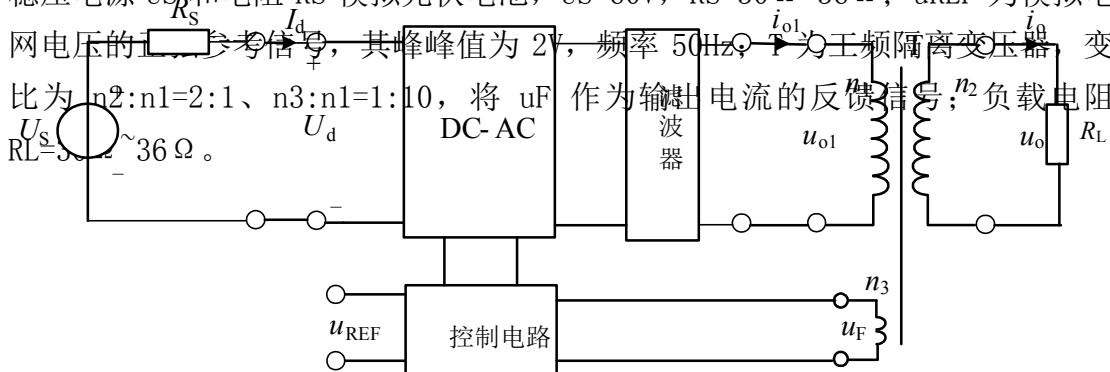


图 1 并网发电模拟装置框图

### （二）、基本要求：

- 1、当  $R_S=R_L=30\Omega$  时，DC-AC 变换器的效率  $\eta \geq 50\%$ 。
- 2、当  $R_S=R_L=30\Omega$  时，输出电压  $u_o$  的失真度  $THD \leq 10\%$ 。

### （三）、扩展要求：

- 1、提高 DC-AC 变换器的效率，使  $\eta \geq 70\%$  ( $R_S=R_L=30\Omega$  时)。
- 2、降低输出电压失真度，使  $THD \leq 3\%$  ( $R_S=R_L=30\Omega$  时)。
- 3、当  $R_L$  在给定范围内变化时，具有保持稳定  $u_o$  的方法。

### （四）、补充说明

- 1、本题中所有交流量除特别说明外均为有效值。
- 2、 $U_S$  采用实验室可调直流稳压电源。
- 3、控制电路允许采用单片机、专用 IC 等多种方法。
- 4、DC-AC 变换器效率  $\eta = \frac{P_o}{P_d}$ ，其中  $P_o = U_{o1} \cdot I_{o1}$ ， $P_d = U_d \cdot I_d$ 。
- 5、制作时应合理设置测试点（参考图 1），以方便测试。

## • MOS 场效应管电源开关电路

下面简述一下用 C-MOS 场效应管（增强型 MOS 场效应管）组成的应用电路的工作过程（见图 1）。电路将一个增强型 P 沟道 MOS 场效应管和增强型 N 沟道 MOS 场效应管组合在一起使用。当输入端为低电平时，P 沟道 MOS 场效应管导通，输出端与电源正极接通。当输入端为高电平时，N 沟道 MOS 场效应管导通，输出端与电源地接通。在该电路中，P 沟道 MOS 场效应管和 N 沟道 MOS 场效应管总是在相反的状态下工作，其相位输入端和输出端相反。通过这种工作方式我们可以获得较大的电流输出。同时由于漏电流的影响，使得栅压在还没有到 0V，通常在栅极电压小于 1 到 2V 时，MOS 场效应管既被关断。不同场效应管其关断电压略有不同。也正因为如此，使得该电路不会因为两管同时导通而造成电源短路。

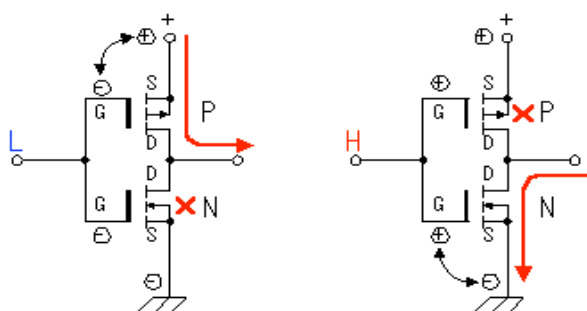


图 1

由以上分析我们可以画出原理图中 MOS 场效应管电路部分的工作过程（见图 2）。工作原理同前所述。这种低电压、大电流、频率为 50Hz 的交变信号通过变压器的低压绕组时，会在变压器的高压侧感应出高压交流电压，完成直流到交流的转换。这里需要注意的是，在某些情况下，如振荡部分停止工作时，变压器的低压侧有时会有很大的电流通过，所以该电路的保险丝不能省略或短接。

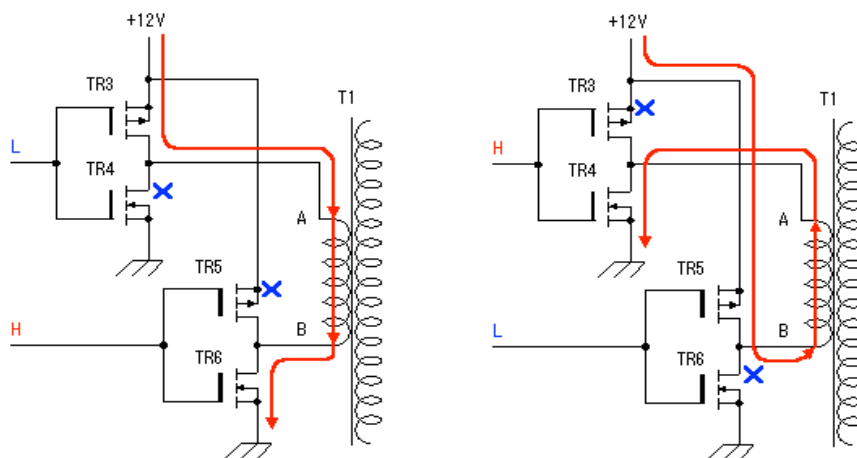


图 2

## 设计题目十四、综合性设计题目

说明：由学生自主提出的设计题目，要求符合本课程的设计类型，在经过实验室主管教师认可后，可以作为本课程的新增题目，如基于大规模可编程逻辑器件的设计题目（数字类、模拟类或综合类）。注意：完全利用计算机、单片机等编程手段完成的设计题目，水平虽高，但不属于本课程的培养重点，不宜作为本课程的新增题目。

附录 设计报告封面格式：

北京工业大学

## 课程设计报告

学院 \_\_\_\_\_

专业 \_\_\_\_\_

班级 \_\_\_\_\_ 组号 \_\_\_\_\_

题目 1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

姓名 \_\_\_\_\_

学号 \_\_\_\_\_

指导教师 \_\_\_\_\_

数字题目成绩 \_\_\_\_\_ 模拟题目成绩 \_\_\_\_\_

总 成 绩 \_\_\_\_\_

年 月 日