



西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

2024年全国大学生电子设计竞赛赛区赛 及模拟电子系统设计专题赛 题目解析总结

西安电子科技大学

陈南

2024.9



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



一、竞赛宗旨

- 全国大学生电子设计竞赛由教育部高教司和工信部人教司共同主办，目的在于**推动**高等学校信息与电子类学科课程体系 and 课程内容的改革，**促进**教学改革、实验室建设和学生素质教育的共同发展。
- 政府主办、专家主导、学生主体、社会参与。
- 全国大学生电子设计竞赛模拟电子系统专题赛（TI 杯），是全国大学生电子设计竞赛在双数年举办的一项专题赛。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



2024年竞赛的文件

- 专题赛初赛与双数年省级大学生电子设计竞赛合并，采用“半封闭、相对集中”的组织方式进行。赛题由全国大学生电子设计竞赛组织委员会委托模拟电子系统设计专题赛专家组进行统一命题。
- 专题赛决赛将以模拟电子系统设计为主题，由专家组在模拟信号获取、处理、转换、产生，以及变流技术等方面进行命题。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



二、2024年全国大学生电子设计竞赛赛区赛 暨模拟电子系统设计专题赛初赛 试题

自动行驶小车（H题）

【本科组/高职高专组】



Dare to **Create** & **Enjoy** !

激情创造 精彩无限



三、自动行驶小车（H题）

一、任务

设计一个采用TI MSPM0系列MCU控制的自动行驶小车，能在指定路径上自动行驶，行驶场地示意如图1所示。场地面积不小于 $220\text{cm} \times 120\text{cm}$ 。图中两个对称半圆弧线的半径为 40cm ，弧线为黑色，线宽 1.8cm 左右，弧线的四个顶点分别定义为A、B、C和D点。建议场地采用白色哑光喷绘布制作。场地除两个半圆弧外，不得添加任何标记。



三、自动行驶小车（H题）

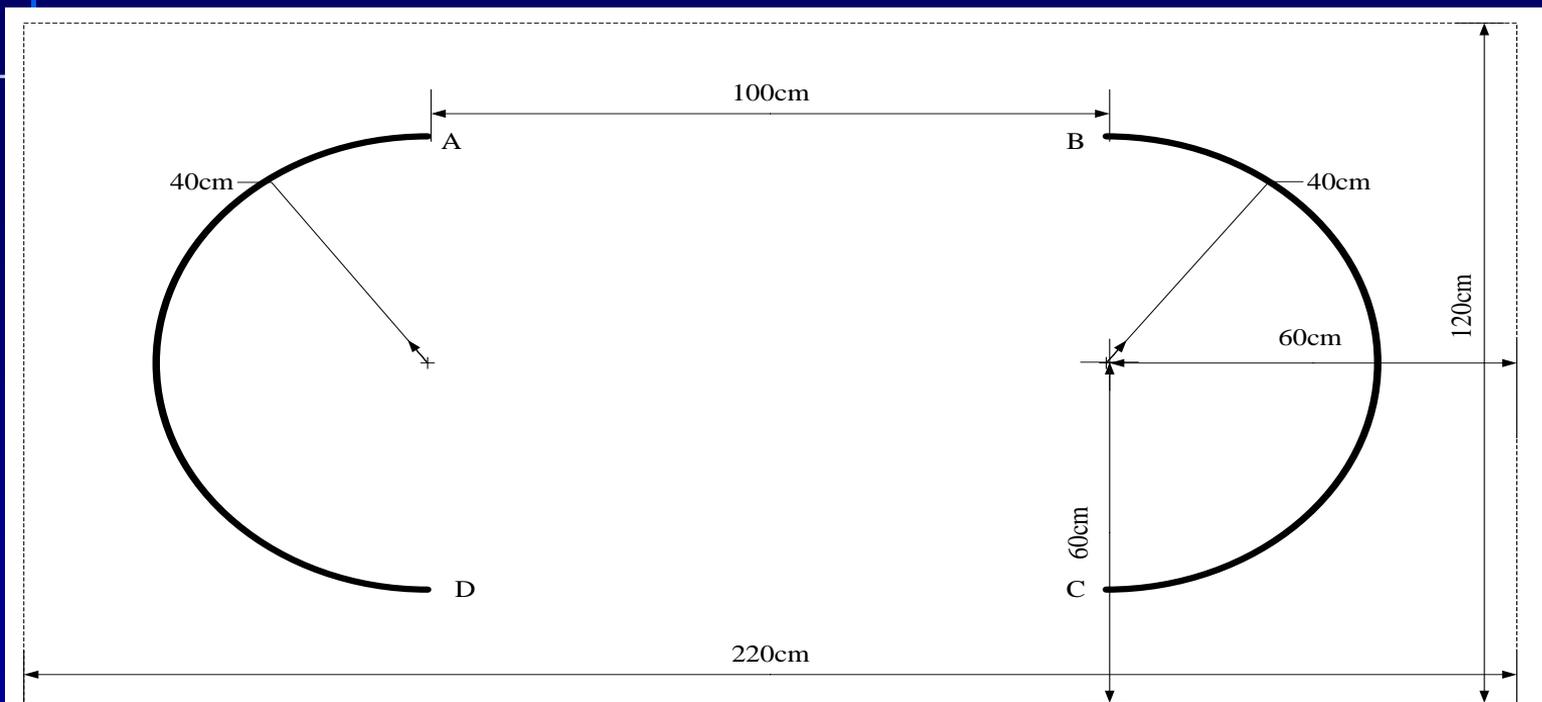


图1 小车行驶场地示意图



Dare to Create & Enjoy !

激情创造 精彩无限



三、自动行驶小车（H题）

二、 要求

（1）将小车放在位置A点，小车能自动行驶到B点停车，停车时有声光提示。用时不大于15秒。（20分）。

（2）将小车放在位置A点，小车能自动行驶到B点后，沿半弧线行驶到C点，再由C点自动行驶到D点，最后沿半弧线行驶到A点停车，每经过一个点，声光提示一次。完成一圈用时不大于30秒。（20分）



三、自动行驶小车（H题）

(3) 将小车放在位置A点，小车能自动行驶到C点后，沿半弧线行驶到B点，再由B点自动行驶到D点，最后沿半弧线行驶到A点停车。每经过一个点，声光提示一次。完成一圈用时不大于40秒。（30分）

(4) 按要求3的路径自动行驶4圈停车，用时越少越好（30分）

(5) 设计报告。（20分）



三、自动行驶小车（H题）

■ 三、说明

- （1）作品中的小车尺寸不大于25cm（长）×15cm（宽）×15cm（高）。小车尺寸包括小车以及小车所安装的传感器等总体的轮廓尺寸大小。小车采用轮式小车，不得采用履带和麦氏轮。小车行驶时只能前进，不得后退。**必须采用TI MSPM0系列MCU控制小车的状态，不得采用其他型号的MCU。**小车控制板安装时需暴露其TI MSPM0芯片，便于测试时查验。小车上不得安装摄像头。不符合规定的小车不进行测试。



三、自动行驶小车（H题）

（2）行驶场地水平铺设于平整的地面，除题目要求的圆弧之外，行驶场地上不得有其他任何指示标记（包括ABCD四个字符）。不得对测试场地外环境有任何要求。为了适应测试场地，允许测试前小车试跑。

（3）小车不得借助周围环境物品导航。场地内外不得架设任何其他装置设备。正式测试时，小车行驶过程中不得人为干涉、遥控小车运动。测试时，应允许相关人员在场地外围走动。



三、自动行驶小车（H题）

（4）本题目所有小车在起始点的摆放方向自定。要求的小车停车动作及行驶经过A、B、C、D点时，必须有声光提示。启动、停车及行驶经过A、B、C、D点时，小车的地面投影必须覆盖圆弧顶点；小车所有在圆弧上的行驶过程，其投影必须在弧线上，投影脱离圆弧即认为此次测试失败，此项目不得分。

（5）所有测试项目如果完成时间超过规定时间一倍以上时，此项目不得分。

（6）小车采用车载电池供电。进入测试环节，中途不得更换电池。



四、H题题目的背景

- 电动车是我国未来七大战略新兴产业之一（节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车。）
- 小车类题目是目前学生喜闻乐见的题目之一。拥有广泛的受众。是目前电子类专业应对专业评估中复杂工程问题教学中的一个较成功的案例。其内容可以融入机械与控制、电机与伺服、传感与信号处理、节能环保等多学科内容。
- 小车成品功能模块极多，价格差异较大。



四、H题题目的背景

- TI MSPM0 MCU基于Arm Cortex-M0架构设计，在2023年3月发布，经过一年多的发展，该系列产品已经通过实践证明其在通用性、性价比、可拓展性、低功耗、开发友好等方面具备的行业优势，并凭借庞大的产品矩阵，获得来自工业、汽车、消费电子等领域客户的认可。TI为MSPM0客户提供了全栈开发工具。其中包括多种硬件编程工具，三种不同频率的LaunchPad开发套件，优化的软件驱动程序、数百个代码示例的软件支持。值得同学们学习。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



四、H题题目的背景

- TI大学计划为M0的推广为高校提供了大量免费开发套件，几乎有求必应。
- 我买到一款基于MEMS陀螺仪的鼠标，可虚拟激光指示。
- 于是“导航+小车基于TI MSPM0”



五、H题题目考点

- 1) TI MSPM0 的学习（自学能力考察）
- 2) 小车寻迹（光电器件）
- 3) 小车导航（陀螺仪及小车轨迹误差控制与校准）
- 4) 电机驱动伺服（4轮或2轮直流电机精密控制）
- 5) 光机电系统整合（复杂系统设计）
- 6) 小车的自学习（人工智能）



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



五、H题题目考点

1) TI MSPM0 的学习（自学能力考察）

- TI MSPM0 MCU基于Arm Cortex-M0架构设计，在2023年3月发布，至今仅有一年多的时间，对所有参赛队而言，都是比较新的内容。掌握TI MSPM0 系列MCU的使用有一定的挑战性。可以考察学生学习的能力。
- TI大学计划项目长期对电赛的投入。合作共赢的结果。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



五、H题题目考点

2) 小车寻迹（光电器件）

对于市面上智能车循迹模块，本题循迹要求非常简单。但是，当不允许使用其他mcu模块，只能使用M0后，有一定难度。方案有两个：

- 采用光电发射接收对管，判断黑白两色。
- 采用灰度传感器判读地面灰度变化，利用M0中的ADC提供灰度值。



五、H题题目考点

3) 小车导航（陀螺仪及小车轨迹误差控制与校准）

使用惯性传感器IMU（Inertial Measurement Unit），用来检测和测量加速度与旋转运动。采用微机电系统（MEMS, Micro-Electro-Mechanical System）的MEMS多轴传感器性价比最高。如mpu6050，jy901等。很多IMU内置卡尔曼滤波及误差补偿，根据其特性利用M0进行简单PID控制就可以达到本题要求。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



五、H题题目考点

4) 电机驱动伺服（4轮或2轮直流电机精密控制）

- 本题目对电机轮距和打滑检测补偿要求较高。
- MSP 电机控制是一个集成在 MSPM0-SDK 内的中间件封装，支持用户使用具有流行电机驱动器设计和拓扑结构的小型、简化 MSPM0 固件示例，可在 10 分钟或更短时间内旋转电机。
- *Application Note* **MSPM0** 电机控制。

<https://www.ti.com.cn/cn/lit/pdf/ZHCACU7>



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



五、H题题目考点

表 1-1. MSP 电机控制支持的电机类型、驱动器和接口

| 电机控制类型 | MSPM0 LaunchPad™ | 驱动器 IC | 接口 |
|---------------------------|---|--|--|
| 有刷直流 | LP-MSPM0L1306 | <ul style="list-style-type: none">• H 桥电机驱动器• H 桥栅极驱动器 | <ul style="list-style-type: none">• PWM (2x)• 相位/使能 (PH/EN)• 半桥• 独立模式 |
| 步进 | LP-MSPM0L1306 | <ul style="list-style-type: none">• 具有电流调节功能的双路 H 桥电机驱动器• 具有电流检测和失速检测功能的双路 H 桥智能电机驱动器 | <ul style="list-style-type: none">• PWM (4x)• STEP (1x PWM) |
| 无刷直流有传感器梯形 | <ul style="list-style-type: none">• LP-MSPM0L1306• LP-MSPM0G3507 | <ul style="list-style-type: none">• 三相栅极驱动器• 三相电机驱动器 | <ul style="list-style-type: none">• PWM (6x) |
| BLDC/PMSM/ACIM 无传感器磁场定向控制 | LP-MSPM0G3507 | <ul style="list-style-type: none">• 三相栅极驱动器• 三相电机驱动器 | <ul style="list-style-type: none">• PWM (6x) |



Dare to Create & Enjoy !

激情创造 精彩无限



五、H题题目考点

5) 光机电系统整合（复杂系统设计）

- 本题目的的小车是一个典型的光机电复合系统，系统复杂，控制有一定难度。题目前三个要求，均可以用开环控制实现。第四个要求需闭环控制才能稳定实现。
- M0是本题的硬件基础，低速单片机无法实现。



五、H题题目考点

6) 小车的自学习（人工智能）

题目希望学生能通过赛道学习，利用人工智能对数据的学习，通过AI来更好第对小车加以控制。但是由于难度过高，没有发现利用此技术的作品。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



六、测评表

作品是否合规：是 否 。不合规不进行测试。并备注原因：_____。

| 序号 | 测试项目及条件 | 满分 | 测试记录 | 得分 | 备注 |
|--------|--------------|-----|--|----|----|
| (1) | AB点间运行 | 10 | 到达B点停车：是 <input type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 不正确下面不得分 | | |
| | | 5 | 用时：____秒 每超过15秒1秒扣1分 | | |
| | | 5 | 声光提示正确：是 <input type="radio"/> 否 <input type="radio"/> | | |
| (2) | ABCD A点间运行一圈 | 10 | 轨迹正确：是 <input type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 不正确下面不得分 | | |
| | | 5 | 用时：____秒 每超过30秒1秒扣1分 | | |
| | | 5 | 声光提示错误次数： 每错一次扣1分 | | |
| (3) | ACBD A点间运行一圈 | 10 | 轨迹正确：是 <input type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 不正确下面不得分 | | |
| | | 15 | 用时：____秒 每超过40秒1秒扣1分 | | |
| | | 5 | 声光提示错误次数： 每错一次扣1分 | | |
| (4) | ACBD A点间运行4圈 | 5 | 轨迹正确：是 <input type="radio"/> 否 <input type="radio"/> 不正确下面不得分 | | |
| | | 20 | 用时：____秒 用时排名： | | |
| | | 5 | 声光提示错误次数： 每错一次扣1分 | | |
| 作品测试总分 | | 100 | | | |

七、测评说明

- (1) 测试前先做合规性检查，包括以下5个内容。不符合规定的作品不进行测试。
- 作品中的小车中尺寸不大于**25cm**（长）×**15cm**（宽）×**15cm**（高）。小车尺寸包括小车以及小车所安装的传感器等总体轮廓的尺寸大小。
 - 小车采用轮式小车，不得采用履带和麦氏轮。小车行驶时只能前进，不得后退。
 - 必须采用**TI MCUM0**系列MCU控制小车的状态，不得采用其他型号的MCU控制。小车控制板安装时需暴露**TI MCUM0**控制芯片，便于测试时查验。小车上不得安装摄像头。
 - 除题目要求的圆弧之外，行驶场地上不得有其他任何指示标记，包括**ABCD**四个字符。
 - 小车导航不得借助周围环境物品。场地内外不得架设其他装置设备。



七、测评说明

(2) 行驶场地水平铺设于平整的地面。不得对测试场地以外环境有任何要求。为了适应测试场地，允许测试前小车试跑几次。

(3) 测试时，小车行驶过程中不得人为干涉、遥控小车运动。测试时，应允许相关人员在场地外围走动。

(4) 本题目所有小车在起始点的摆放方向自定，要求的小车停车动作及行驶经过A、B、C、D点时，必须有声光提示。启动、停车及行驶经过A、B、C、D点时，小车的地面投影必须覆盖圆弧顶点；小车所有在圆弧上的行驶过程，其投影必须在弧线上，投影脱离圆弧即认为此次测试失败，此项目不得分。

(5) 所有测试项目如果完成时间超过规定时间一倍以上时，此项目不得分。

(6) 小车采用车载电池供电，进入测试环节，中途不得更换电池。

(7) 表中第4项，赛区需对所有成功测试该项目的成绩进行排名，用时最少的第一名得20分，其后得分随名次递减。其他成绩相同时，以该项时间进行排名，时间越少排名越高。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



八、H题省测结果

- 全国大于30%的参赛队选择H题，以陕西赛区为例920个参赛队本题394个队（42%）其中本科332、高职高专62个队。
- 全程完成4个轨迹要求的29个队，第4问跑4圈最快24秒。基本完成4个轨迹要求的共42个队。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



八、H题调试时的视频，非测试现场视频



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



九、H题小结

- 考察了学生学习的能力，反映了电机伺服，惯性导航，自动控制、光电器件、人工智能领域的的基本知识点，测试平台公平，易测。
- 反映学生通过日常教学和竞赛自学，基本掌握了M0的原理及使用，并能用于实践。
- 题目以完成时间为重要评测点，测评拉开了档次，很好地反应了作品的水平和学生的能力。
- 投诉最多的一道题。但感觉不是题目的问题？？？都是想用成品模块和程序，绕开学习M0的难度。



2024年竞赛的文件

- 专题赛决赛将以模拟电子系统设计为主题，由专家组在模拟信号获取、处理、转换、产生，以及变流技术等方面进行命题。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



十、2024年全国大学生电子设计竞赛 模拟电子系统设计专题赛决赛试题

具有自动音量控制功能的D类音频功率放大器 (B题)



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



十一、具有自动音量控制功能的D类 音频功率放大器（B题）

一、任务

用TI公司TPA2000D1作为核心芯片，设计并制作一个具有自动音量控制功能的D类音频功率放大器（以下简称放大器），对300Hz~10kHz频率范围的音频信号进行放大、负载为4Ω电阻。该放大器采用MCU平台对其进行音量控制，实现以下功能。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



十一、具有自动音量控制功能的D类 音频功率放大器（B题）

二、要求

- (1) 放大器采用单端信号输入，输出采用桥接式负载**BTL（Bridge-Tied-Load）**电路，**4Ω/4W**电阻作为负载。（5分）
- (2) 放大器在**1kHz**正弦波输入时，电压增益**≥40dB**。（15分）
- (3) 放大器在**4Ω**负载电阻上，最大不失真输出功率（不考虑D类功放输出的开关毛刺，波形无明显失真）**Pomax≥2W**。（20分）
- (4) 放大器具有自动增益调整功能。当输入正弦信号有效值在**40mV~2V**之间变化时，不失真输出功率**Po**自动保持**2W**不变，输出功率相对误差绝对值 $(|P_o - 2W|) / 2W \leq 10\%$ ，调整时间**≤5秒**。（20分）



十一、具有自动音量控制功能的D类 音频功率放大器（B题）

二、要求

（5）放大器具有输出功率程控设定功能。当输入正弦信号有效值在**40mV~2V**之间变化时，不失真输出功率可以设定，设定范围为**0.2~2W**，步长**0.2W**。输出功率相对误差的绝对值 **$\leq 10\%$** ，调整时间 **≤ 5 秒**。（20分）

（6）放大器具有输出功率测量显示功能。功率测量范围为**0.1~4W**，测量分辨率**0.01W**。测量的相对误差的绝对值 **$\leq 10\%$** 。在输入信号频率 **$\leq 1\text{kHz}$** 时，当输入信号波形分别为方波、三角波时，功率显示依然正确。（20分）



十一、具有自动音量控制功能的D类 音频功率放大器（B题）

三、说明

（1） 4Ω 负载电阻采用插接方式接入电路，方便取下用万用表测量其阻值。

（2）本电路输出采用BTL电路，由于负载两端均不接地，负载两端的输出电压 U_o 的测量需使用双通道示波器两个通道分别测量负载两端的对地电压，再利用示波器通道相减运算功能显示测量 U_o 。



十二、B题题目的背景

海尔、TCL等电视智能音量控制

- 电视台由于信号调制强度不同，在观看电视的时候，往往会遇到一个频道的音量调节合适之后，一旦切换频道，就会出现有的频道音量大、有的频道音量小的麻烦，必须调整伴音音量。
- 采用了“自动音量控制”之后，一旦把音量设定之后，不论各频道的电视伴音有何差别，它都能使扬声器中的音量保持稳定。



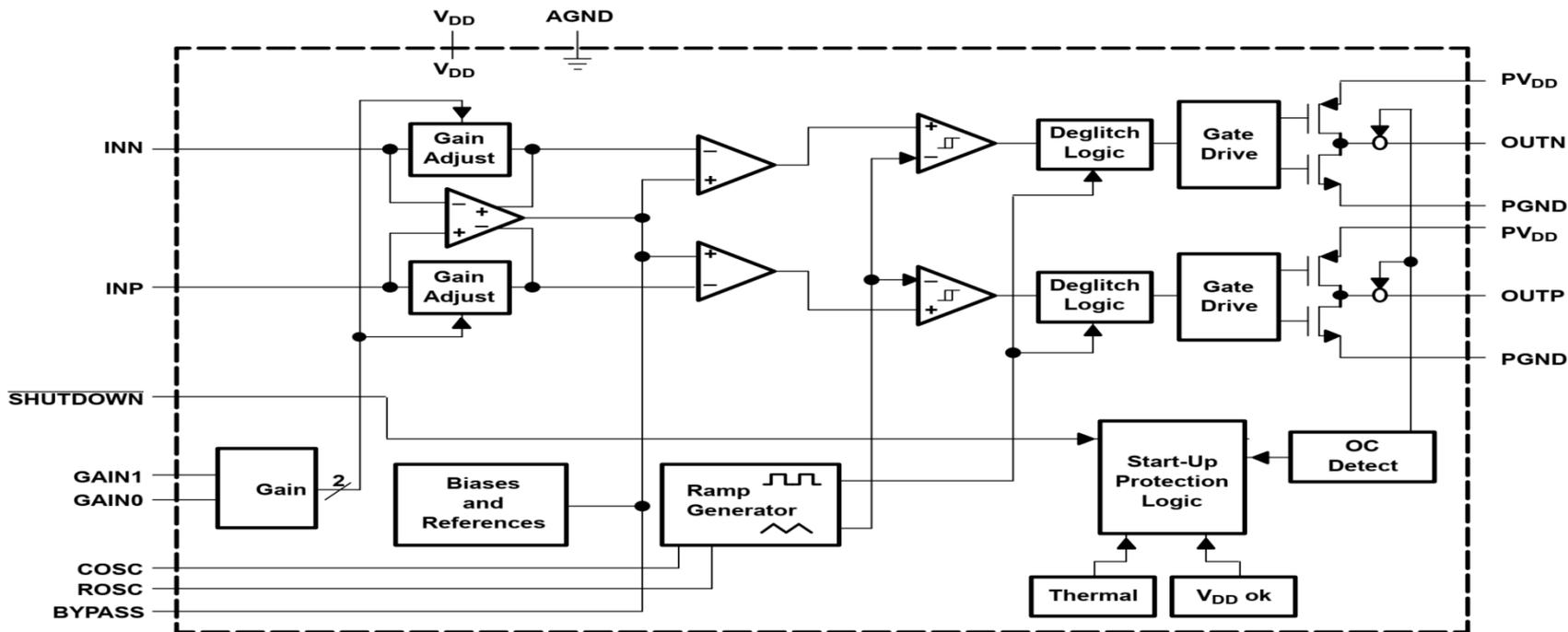
十三、B题的考点

- 1) D类功放的搭建
- 2) 放大器增益的控制
- 3) 功率测量
- 4) TI MCU 平台的使用
- 5) 大功率数模混合电路的电磁兼容和工艺布线水平。



十三、B题的考点

1) D类功放的搭建 (TPA2000D1)



十三、B题的考点

2) 放大器增益的控制 压控VCA810:

1 Features

- High Gain Adjust Range: ± 40 dB
- Differential In, Single-Ended Out
- Low Input Noise Voltage: $2.4 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Constant Bandwidth vs Gain: 35 MHz
- High dB/V Gain Linearity: ± 0.3 dB
- Gain Control Bandwidth: 25 MHz
- Low Output DC Error: $< \pm 40$ mV
- High Output Current: ± 60 mA
- Low Supply Current: 24.8 mA
(Maximum for -40°C to 85°C Temperature Range)

程控PGA113:

1 Features

- Rail-to-Rail Input and Output
- Offset: $25 \mu\text{V}$ (Typical), $100 \mu\text{V}$ (Maximum)
- Zero Drift: $0.35 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (Typical), $1.2 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (Maximum)
- Low Noise: $12 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- Input Offset Current: ± 5 nA Maximum (25°C)
- Gain Error: 0.1% Maximum ($G \leq 32$),
0.3% Maximum ($G > 32$)
- Binary Gains: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 (PGA112, PGA116)
- Scope Gains: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 (PGA113, PGA117)
- Gain Switching Time: 200 ns

十三、B题的考点

3) 功率测量

- AD采样积分
- 真有效值测量



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



十三、B题的考点

4) TI MCU 平台的使用

自带或现场提供基于TI处理器的控制平台

5) 大功率数模混合电路的电磁兼容和工艺布线水晶。

TI模拟器件封装小。现场提供转接板，但大功率数模混合电路布线布局仍然考验选手模拟电路的功底。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



十四、B题的测评表

| 项目 | 测试项目 | 测试条件 | 满分 | 测试记录 | 评分 | 备注 |
|-----|-----------------------------|---|----|---|----|---------------|
| (1) | 电路形式 | 单端信号输入,输出采用BTL电路 | 5 | 符合要求: 是 () 否 () | | |
| (2) | 电压增益 | $f=1\text{kHz}$ 正弦输入时, 电压增益 $\geq 40\text{dB}$ 。 | 15 | $U_i = ___\text{mV}$; $U_o = ___\text{V}$ $A_v = _____\text{dB}$ | | 每差1dB 扣一分 |
| (3) | 最大不失真输出功率 P_{omax} | 放大器在 4Ω 负载电阻上, 最大不失真输出功率 $P_{\text{omax}} \geq 2\text{W}$ 。 | 20 | 负载电阻实测值 = $_____\Omega$ $U_{\text{omax}} = ___\text{V}$, $P_{\text{omax}} = ___\text{W}$ $P_{\text{omax}} \geq 2\text{W}$: 是 () 否 () | | 每差0.1W 扣一分 |
| (4) | 自动增益调整 | $f=1\text{kHz}$ 正弦: V_{irms} 在 $40\text{mV} \sim 2\text{V}$; 输出功率自动保持 2W 不变, 功率 $ (P_o - 2\text{W})/2\text{W} < 10\%$, 调整时间 小于5秒。 | 20 | $U_{\text{omax}} = ___\text{V}$, $P_{\text{omax}} = ___\text{W}$ $U_{\text{omin}} = ___\text{V}$, $P_{\text{omin}} = ___\text{W}$ 最大相对误差的绝对值 = $___\%$ 时间 ≤ 5 秒: 是 () 否 () | | 每超1% 扣一分 |



十四、B题的测评表

| 项目 | 测试项目 | 测试条件 | 满分 | 测试记录 | 评分 | 备注 |
|-----|--|--|----|---|----|-------------|
| (5) | 输出功率程控 设定功能 | f=1kHz正弦: U_{irms} 在40mV~2V, P_o 设定1W | 10 | $U_{\text{omax}} = __ \text{V}$, $P_{\text{omax}} = __ \text{W}$ $U_{\text{omin}} = __ \text{V}$, $P_{\text{omin}} = __ \text{W}$ 最大相对误差的绝对值= $__ \%$ 调整时间 ≤ 5 秒: 是 () 否 () | | 每超1% 扣一分 |
| | | f=1kHz正弦: U_{irms} 在40mV~2V P_o 设定0.2W | 10 | $U_{\text{omax}} = __ \text{V}$, $P_{\text{omax}} = __ \text{W}$ $U_{\text{omin}} = __ \text{V}$, $P_{\text{omin}} = __ \text{W}$ 最大相对误差的绝对值= $__ \%$ 调整时间 ≤ 5 秒: 是 () 否 () | | |
| (6) | 输出功率测量 显示功能*。 测量的相对误差 的绝对值小于 10% | 正弦f=1kHz输入: 功率测量显示 0.2W。 | 6 | $U_{\text{opp}} = __ \text{V}$, $P_o = __ \text{W}$ 相对误差的绝对值= $__ \%$ | | 每超1% 扣一分 |
| | | 波形改为方波, 功率测量显示 0.2W。 | 7 | $U_{\text{opp}} = __ \text{V}$, $P_o = __ \text{W}$ 相对误差的绝对值= $__ \%$ | | |
| | | 波形改为三角波, 功率测量显示 0.2W。 | 7 | $U_{\text{opp}} = __ \text{V}$, $P_o = __ \text{W}$ 相对误差的绝对值= $__ \%$ | | |
| (7) | 设计报告 | 10 | 10 | | | |

十五、B题的测评结果

黄色框为填入测试数据（红色的数据为理想值）

| 项目 | 测试项目 | 测试条件 | 满分 | 测试记录 | 计算结果 | 评分 | 备注 | |
|----|-----------------------------|---|----|--------------------------|----------------|------|----------|------------|
| 1 | 电路形式 | 单端信号输入， 输出采用BTL 电路 | 5 | | | 5.0 | | |
| 2 | 电压增益 | $f=1kHz$ 正弦输入时，电压增益 $\geq 40dB$ 。 | 15 | $U_i =$ mV | $A_u =$ dB | 15.0 | 每差1dB扣1分 | |
| | | | | 28 | 40.00 | | | 28mV |
| | | | | $U_o =$ V | | | | |
| | | 2.8 | | | | | | |
| 3 | 最大不失真 输出功率 P_{omax} | 放大器在 4Ω 负载电阻上， 最大不失真输出 功率 $P_{omax} \geq 2W$ 。 | 20 | 负载电阻实测值 = Ω | $P_{omax} =$ W | 20.0 | 每差0.1W | |
| | | | | 4 | 2.00 | | 扣一分 | 4 Ω |
| | | | | $U_{omax} =$ V | | | | |
| | | | | 2.83 | | | 2.83V | |

十五、B题的测评结果

黄色框为填入测试数据（红色的数据为理想值）

| 项目 | 测试项目 | 测试条件 | 满分 | 测试记录 | 计算结果 | 评分 | 备注 | |
|----|-----------------------------|------------------------|----|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|-------|
| 6 | 输出功率测量显示功能。测量的相对误差的绝对值小于10% | 正弦f=1kHz输入：功率测量显示0.2W。 | 6 | U _{opp} = V, | P _o = W | 6.0 | 10%以内不扣，每超1%扣一分 | |
| | | | | 2.53 | 0.20 | | | 2.53V |
| | | | | 相对误差的绝对值= % | 0.01 | | | |
| | | 波形改为方波，功率测量显示0.2W。 | 7 | 7 | U _{opp} = V, | P _o = W | 7.0 | 1.79V |
| | | | | | 1.79 | 0.20 | | |
| | | | | | 相对误差的绝对值= % | 0.13 | | |
| | | 波形改为三角波，功率测量显示0.2W。 | 7 | 7 | U _{opp} = V, | P _o = W | 7.0 | 3.09V |
| | | | | | 3.09 | 0.20 | | |
| | | | | | 相对误差的绝对值= % | 0.54 | | |

十五、B题的测评结果

- 共158个队，4个题选择B题46个队，选题比例29%。
- 按一等奖8%二等奖16%三等奖36%的比例

| 获奖比例 | 一等奖8% | 二等奖16% | 三等奖36% |
|-------|-------|--------|--------|
| 获奖指标 | 4 | 7 | 17 |
| 实际获奖数 | 4 | 7 | 17 |



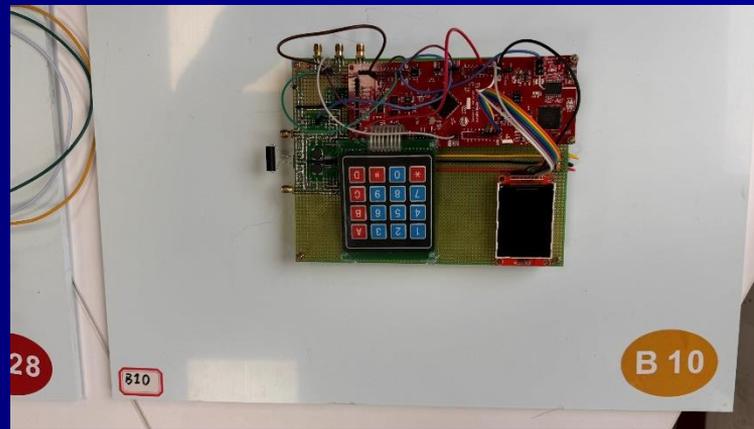
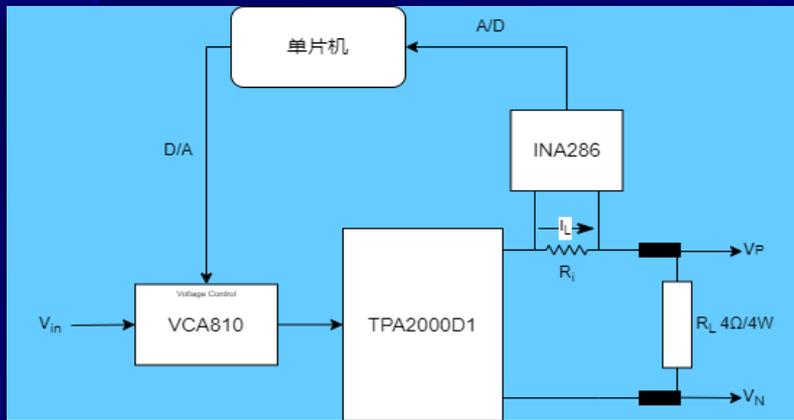
Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



十五、B题的测评结果

- 本题第一名B10队，获本届TI杯。
- 其测试分96.7，总分105.7。仅领用一片TPA2000D1。



Dare to Create & Enjoy! 激情创造 精彩无限!



十六、B10题的基本方案

- 系统选用TI C2000的 LAUNCHXL-F280049C板做主控，压控放大器芯片VCA810、D级功放芯片TPA2000D1、电流检测放大器芯片INA286等组成。
- 采用PID算法，对输出的电流进行回采，再使用DAC控制VCA810的压控增益，从而形成闭环，实现自动增益调整。



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限



十六、B10题的基本方案

- 功率测量算法先确定一个固定采样率，对ADC采集得到的信号进行频谱分析，得到信号的基波频率后，改变采样率为基波频率的100倍，再进行有效值计算，其计算公式为：

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum |V(n)|^2}$$





西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

以上仅为个人观点，
请批评指正！

谢谢各位老师！



Dare to **Create & Enjoy** !

激情创造 精彩无限

