

2026 年 CIMC“西门子杯”中国智能制造挑战赛

智能制造工程设计与应用类赛项：工业嵌入式系统开发（试）

初赛 硬件设计题目说明

一、系统供电电源设计

在嵌入式系统中，稳定可靠的电源是系统正常工作的基础。工业现场常见的供电电压为 24V DC，而单片机及外围电路通常需要 5V 或 3.3V 的工作电压。因此，设计一款高效率、低纹波的 DC-DC 降压电源模块，是每一位硬件工程师必须掌握的核心技能。

本题要求参赛选手基于 GD30DC1354 DC-DC 降压转换芯片，设计并制作一块完整的降压电源板，将工业常用的 24V 直流电压转换为 5V 直流输出，用于为单片机系统供电。

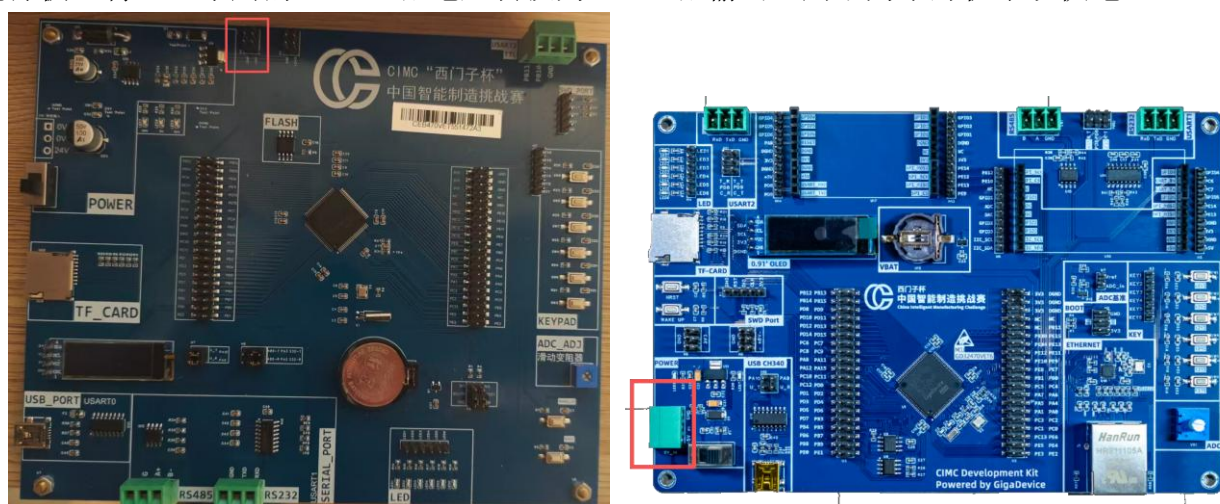


图 开发板 5V 供电接入点

1.1 任务说明

(1) 电路原理图设计

参赛选手需根据 GD30DC1354 芯片的数据手册，完成完整的降压电路原理图设计，包括但不限于以下部分：

- **输入端电路：**输入滤波电容的选型与布置（建议采用电解电容与陶瓷电容并联组合），输入防反接保护电路（如二极管或 MOS 管方案）。

- **DC-DC 主回路：**GD30DC1354 芯片及其外围元器件（电感、自举电容、反馈电阻分压网络、补偿网络等），反馈电阻的计算过程需在设计文档中给出。
- **输出端电路：**输出滤波电容的选型，输出指示 LED，5V 输出端子。
- **测量接口：**在输出回路中预留串联的**万用表电流测量接口**（建议采用两个焊盘或接线端子，正常工作时用短接，测量时断开接入万用表的电流挡）。

(2) PCB 布板设计

- 采用双层 PCB 板设计
- 遵循 DC-DC 开关电源 PCB 布局的基本规范：大电流回路尽可能短且粗，输入/输出电容紧邻芯片引脚放置，反馈网络远离电感和开关噪声节点，地平面完整。
- 丝印层标注清晰，包含：输入/输出端子标识、极性标识、测量接口标识
- 板卡名称【系统供电电源】及队伍编号写在顶层覆铜层（如图参考）。



(3) 焊接与调试

- 完成 PCB 焊接与装配。
- 在输入端接入 **24V DC** 电源，输出端空载和带载条件下，使用万用表测量输出电压，要求输出电压为 **5V ± 0.15V**。

(4) 宽电压输入适配

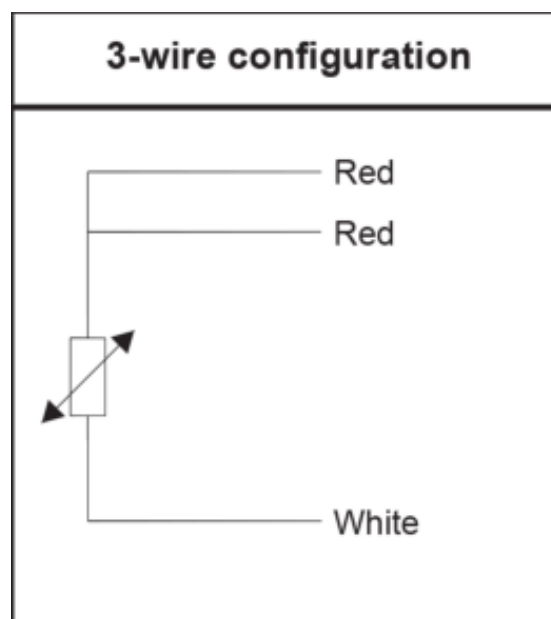
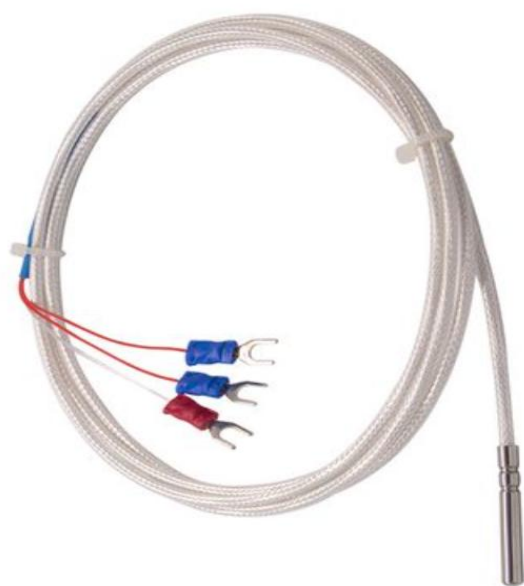
- 在保证输出 5V 稳定的前提下，将输入电压范围扩展为 18V DC ~ 36V DC。
- 选手需在设计文档中说明宽输入范围对电感选型、输入电容耐压选型、芯片工作占空比范围的影响，并通过实际测试验证，当输入电压为 18V、36V 时，输出电压为 **5V ± 0.15V**。

1.2 评分细则（15分）

评分项	分值	评分标准
原理图完整性与规范性	2分	原理图包含所有必要功能模块（输入保护、DC-DC 主回路、输出滤波、测量接口、LED 指示），元器件标号与参数标注完整，网络连接无错误。缺少一个模块扣 0.5 分，标注不规范扣 0.5 分。
关键参数计算	2分	设计文档中给出反馈电阻分压比的计算过程（1 分），电感值的选取依据与计算（0.5 分），输入/输出电容的容值及耐压选型说明（0.5 分）。未给出计算过程或计算有明显错误，对应项不得分。
PCB 布局布线质量	3分	评分包含大电流环路面积最小化，输入输出电容紧邻芯片引脚，反馈网络布线合理远离噪声源，地平面完整无大面积割裂，丝印清晰规范，板卡尺寸满足要求等方面。
电流测量接口设计	2分	合理设置串联电流测量接口，结构便于万用表接入（1 分）。接口设计不合理或缺失（0 分）。
基本功能验证	3分	24V 输入，空载输出电压在 $5V \pm 0.15V$ 内（1.5 分）；24V 输入、带单片机负载，输出电压在 $5V \pm 0.15V$ 内（1.5 分）。电压偏差超出范围但在 $\pm 0.25V$ 内得一半分，超出 $\pm 0.25V$ 不得分。
宽电压输入	3分	18V 输入满载输出合格（1 分），36V 输入满载输出合格（1 分），设计文档中有完整的宽输入分析说明（1 分）。

二、PT100 温度采样板设计

PT100 铂电阻温度传感器是工业测温中最常用的传感器之一（如图所示），其电阻值随温度呈近似线性变化——在 0°C 时电阻值为 100Ω ，温度每升高 1°C 电阻增加约 0.385Ω 。由于 PT100 的电阻变化量较小，需要精密的信号调理电路将微弱的电阻变化转换为可被 ADC 采集的电压信号。



三线制 PT100 的传感器引脚分别定义为：

两条等长红线：PT100 内部从同一点引出，假设它们的导线电阻相等，一条用于电流回路，另一条作为引线电阻补偿，用于消除线路电阻误差；

白线：用于电流激励，同时检测 PT100 电阻值变化对应的电压信号。

本题目要求参赛选手设计**两块电路板**：一块 **PT100 温度采样板**（主板），使用 **GD30AD3344 ADC 芯片**完成温度信号的调理与数字化采集，并通过 **SPI 总线**与外部 MCU 进行数据通信；另一块是**精密电阻模拟测试板**（测试板），通过板载精密电阻模拟不同温度下 PT100 传感器的阻值，用于对采样板进行功能验证和精度标定，替代昂贵的标准温度源设备。

2.1 任务说明

本题包含两块板卡的设计任务：PT100 采样板（主板）和精密电阻模拟板（测试板）。

2.1.1 PT100 采样板（主板）设计

(1) PT100 信号调理电路设计

- **恒流源激励电路**：为 PT100（或测试板上的精密电阻）提供稳定的激励电流（建议 1mA 左右），以将电阻变化转换为电压变化。激励电流不宜过大，避免自热效应影响测量精度。设计文档中需说明恒流源方案的选取理由及电流值的计算过程。
- **差分放大/仪表放大电路**：将 PT100 两端的微弱电压信号进行放大，使其匹配 GD30AD3344 ADC 的输入量程。需在设计文档中计算放大倍数，使 $-50^{\circ}\text{C}\sim+150^{\circ}\text{C}$ 对应的信号在 ADC 满量程的 **20%~80%**范围内变化，以充分利用 ADC 的有效分辨率。
- **滤波电路**：在 ADC 输入端增加适当的低通滤波电路（如 RC 滤波），以抑制工频干扰和高频噪声。

(2) ADC 数据采集电路设计

基于 GD30AD3344 ADC 芯片完成以下设计：

- **基准电压源**：为 ADC 提供稳定的参考电压，设计文档中需说明基准电压值的选取及其对测量精度的影响。

- **SPI 接口电路：**将 ADC 的 SPI 总线引脚引出至标准排针接口，方便与外部 MCU 开发板连接。

(3) 传感器/测试板接口设计

- PT100 传感器输入接口采用接线端子。
- 该接口同时兼容真实 PT100 传感器和精密电阻模拟测试板的接入——当连接测试板时，测试板上的精密电阻直接替代 PT100 传感器。

(4) PCB 布板设计

- 采用双层 PCB 板设计
- 模拟信号调理部分与数字 SPI 接口部分应进行合理的区域分割，模拟地和数字地单点连接。
- 丝印层标注清晰，包含：输入/输出端子标识、极性标识、测量接口标识
- 板卡名称【PT100 温度采样板】及队伍编号写在顶层覆铜层（如图参考）。



- **基本精度要求：**将测试板接入采样板，在 $0^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 对应的精密电阻测试点（即 [2.3 节表格](#) 测试板上要求的基础 6 个测试点）上，温度读数误差不超过 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。
- 在完整的 $-50^{\circ}\text{C}\sim +150^{\circ}\text{C}$ 量程范围内（即 [2.3 节表格](#) 测试板上要求的 6 个进阶测试点），通过软件线性化补偿（如分段线性插值或二阶多项式拟合），将测量误差控制在 $\pm 8^{\circ}\text{C}$ 以内。选手需在设计文档中给出补偿算法说明及标定数据。

2.1.2 精密电阻模拟测试板（测试板）设计

(1) 功能要求

测试板的核心功能是：板载多个精密电阻，通过切换机构选择不同的电阻值接入采样板，模拟 PT100 在不同温度下的阻值。要求按三线制 PT100 传感器引脚进行设计。

(2) 电阻选型要求

- 选用精度 $\leq 0.1\%$ （即千分之一）的精密电阻。
- 至少包含 2.3 节表格 中的 **6 个基础测试点** 对应的电阻值。
- 若标准阻值在市场上难以精确购得，允许使用最接近的标准阻值，但必须在设计文档中**标明实际使用的电阻值及其对应的理论温度（需重新查表换算），评分将以实际电阻值对应的理论温度作为评判基准。**

(3) 切换机构设计

- 采用**拨码开关、旋转开关或跳线帽**等方式实现不同电阻的选择切换。
- 设计要求同一时刻只有一个电阻接入电路，避免多个电阻并联导致阻值错误。
- 每个挡位旁应有清晰的丝印标注，标明该挡位对应的**模拟温度值和电阻值**。

(4) 接口设计

- 输出接口与采样板的 PT100 输入接口兼容匹配。
- 建议使用接线端子或排针接口，方便用导线与采样板连接。

(5) PCB 布板设计

- 走线尽量粗短，减小引线电阻对精密电阻测量的影响。
- 丝印标注清晰规范，包含：输入/输出端子标识、极性标识、测量接口标识，每个挡位的温度和电阻标识必须清楚可读。
- 板卡名称【模拟测试板】及队伍编号写在顶层覆铜层（如图参考）。



2.2 评分细则

A. 电路设计部分 — 采样板（6分）

评分项	分值	评分标准
信号调理电路设计	2.5分	恒流源方案合理，电流值选取有计算依据（1分）；放大电路增益计算正确，输出范围匹配 ADC 量程（1分）；滤波电路设计合理，截止频率有计算说明（0.5分）。每项缺失或有明显错误则该项不得分。
ADC 外围电路设计	1.5分	基准电压方案选取合理并有精度分析（0.5分）；电源去耦设计规范（0.5分）；SPI 接口引出完整，有串联匹配电阻（0.5分）。
PCB 布局布线质量	1.5分	模拟区域与数字区域分割合理（0.5分）；模拟地与数字地单点连接处理得当（0.5分）；走线无交叉干扰、线宽合理、丝印规范（0.5分）。
传感器/测试板接口设计	0.5分	接口设计合理，丝印标注引脚定义清晰明确（0.5分）。

B. 电路设计部分 — 测试板（3分）

评分项	分值	评分标准
电阻选型与数量	1分	采用精度 $\leq 0.1\%$ 的精密电阻（0.5分）；至少覆盖6个标准测试点，文档中标明每个电阻的实际阻值及对应理论温度（0.5分）。 电阻精度 $> 0.1\%$ 或测试点少于6个，对应项减半。
切换机构设计	1分	切换机构可靠，同一时刻只有一个电阻接入电路（0.5分）；每个挡位丝印清晰标注模拟温度和电阻值（0.5分）。 若存在多电阻并联风险，切换机构项不得分。
PCB 设计与接口兼容性	1分	测试板 PCB 走线粗短，减小引线电阻影响（0.5分）； 输出接口与采样板 PT100 接口兼容匹配（0.5分）。

C. 功能演示部分（6分）

评分项	分值	评分标准
SPI 通信功能	2分	MCU 能通过 SPI 正确读取 ADC 原始数据，数据稳定无明显跳变（2分）。SPI 通信失败不得分。
基本精度验证（0°C~100°C）	2分	使用测试板切换至每一个挡位，每个点温度读数误差 $\leq \pm 10^\circ\text{C}$ 得满分（2分）； 有1~2个点超差但在 $\pm 15^\circ\text{C}$ 内（1分）； 多数点超差或无法正确显示（0分）。
全量程精度优化	2分	测试进阶板6个测试点，温度读数误差均 $\leq \pm 8^\circ\text{C}$ ，且文档给出补偿算法说明和标定数据（2分）；有补偿但精度未达标（1分）。

2.3 PT100 与精密电阻替代法原理说明

PT100 传感器的电阻-温度关系由 IEC 60751 国际标准定义。在 -50°C ~ $+150^\circ\text{C}$ 范围内，其电阻值从约 80.31Ω 变化至 157.33Ω 。既然电阻与温度之间存在对应关系，那么我们不需要真

正制造某个温度环境，只需用一个已知阻值的精密电阻替代 PT100 接入采样板电路，即可等效模拟该温度下传感器的工作状态。

以下为本题要求的基础测试点及其对应电阻值（依据 IEC 60751， $\alpha = 0.00385055$ ）：

序号	模拟温度	PT100 标准电阻值
1	0°C	100.00
2	20°C	107.79
3	40°C	115.54
4	60°C	123.24
5	80°C	130.90
6	100°C	138.51

设计的精密电阻模拟测试板上应至少包含以上 6 个阻值对应的精密电阻，并通过切换开关或跳线选择不同的电阻接入采样板，从而模拟不同温度点进行测试。

在基础测试点的基础上，对于低噪声临近电阻值的考察，在-50~150°C 全范围内选取了 3 对温度点，分别落在低温区、中温区 and 高温区，构建进阶测试板。

序号	模拟温度	电阻值
1	-49.27°C	80.6 Ω
2	-44.49°C	82.5 Ω
3	33.44°C	113 Ω
4	38.61°C	115 Ω
5	130.45°C	150 Ω
6	141.11°C	154 Ω

说明：

1. 精密电阻模拟测试板是本题的**必做内容**，缺少测试板将无法完成功能演示，题目二将不得分。
2. 若市面上无法买到与理论值完全一致的精密电阻（如 107.79 Ω ），可选择最接近的标准阻值（如 107 Ω ），但必须在文档和测试板丝印中标明实际值，并重新换算对应的理论温度。评分将以实际电阻值对应的理论温度为基准进行评判。

3. 精密电阻建议采用单个电阻构建模拟温度，如多个电阻串联需用精密仪表重新标定阻值。

三、材料提交要求

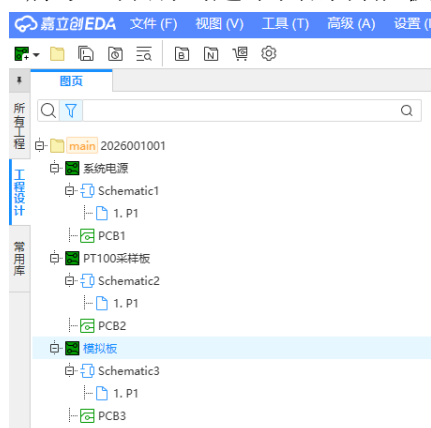
材料提交截止时间为**2026年6月8日23:59**，具体要求见后续竞赛文件提交说明。

四、硬件设计说明及打样券领取

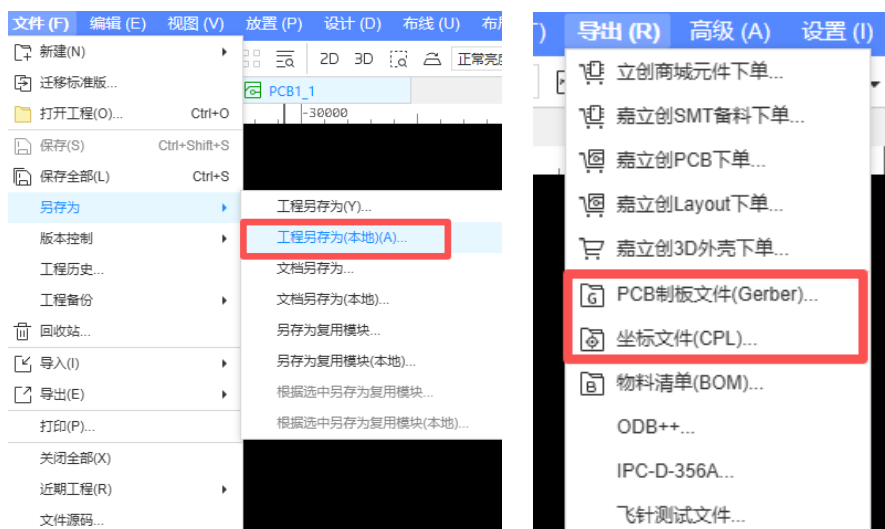
本题目要求统一使用**嘉立创 EDA（专业版 V3.2）**作为硬件设计平台完成所有电路设计工作，包括但不限于：

- 原理图设计（Schematic Design）
- PCB 布局布线（PCB Layout）
- 元器件选型和封装设计
- 设计规则检查（DRC）

参赛队伍成员需要在嘉立创 EDA 官网注册账号使用，建议队长创建团队项目，邀请队员加入协作。项目名称命名为队伍编号，分别创建不同的功能板。



每个功能板单独打样制作，最终需分别提交每块功能板的工程文件、Gerber 文件、坐标文件。



嘉立创作为赛项赞助单位，为参赛队伍提供硬件制作打样券，助力参赛选手完成硬件开发工作。由队长本人凭队伍编号加入企业微信群（后续见微信公众号及官网通知）领取，每个队伍仅限领取一次，打样券仅限本项目使用。