

AEDL 2026 秋季招新 电源类方向测试题

——直流稳压电源变换系统

一、任务目标

设计并制作一套直流稳压电源变换电路系统，系统由分立元件线性稳压模块（LDO）与 DC-DC 开关降压变换模块组成。两部分在独立的两块电路板上完成设计，既支持独立测试，又可级联构建 $24\text{ V} \rightarrow 9\text{ V} \rightarrow 5\text{ V}$ 的多级直流稳压供电系统。

参试者应完成方案论证、元器件选型、参数计算、硬件制作与调试，并能够在验收时清晰阐述电路工作原理与实测指标。

二、任务要求

1. 分立元件线性稳压电源（LDO）部分

（1）输入条件：独立测试时，输入直流电压为 $V_{in} = 12.0\text{ V}$ 。系统级联联调时，由发挥部分的 DC-DC 模块提供 9.0 V 输入，稳压电路均应能正常工作；

（2）输出要求：在额定负载条件下，输出直流电压为 $V_o = 5.0\text{ V}$ ，额定输出电流为 $I_o = 100\text{ mA}$ 。输出电压相对误差绝对值 $\leq 10\%$ ，即 $4.50\text{ V} \leq V_o \leq 5.50\text{ V}$ ；

（3）工作稳定性：在额定输入与负载下连续工作不少于 5 min ，输出电压稳定，无明显自激振荡、热失控或异常发热；

（4）制作与器件限制：电路采用万能板（洞洞板）手工焊接制作。严禁使用三端稳压块（如 LM7805）、集成 LDO 芯片（如 AMS1117）或成品电源模块。允许使用晶体三极管、MOSFET、稳压二极管、运算放大器及阻容等分立元器件，基准电压源及反馈环路须自行设计搭建。

2. 直流降压变换器（DC-DC）部分

（1）输入条件：输入直流电压为 $V_{in} = 24.0\text{ V}$ ；

（2）输出要求：额定输出直流电压为 $V_o = 9.0\text{ V}$ ，额定输出电流为 $I_o = 500\text{ mA}$ 。在额定负载条件下，输出电压相对误差绝对值 $\leq 10\%$ ，即 $8.10\text{ V} \leq V_o \leq 9.90\text{ V}$ ；

（3）输出纹波：稳态工作条件下，输出端纹波电压峰峰值 $V_{r,pp} \leq 300\text{ mV}$ （示波器交流耦合方式测量）；

（4）制作要求：DC-DC 变换电路可采用万能板（洞洞板）制作，或采用自行设计的 PCB 制作。若采用 PCB 制作，板层丝印中须包含“AEDL”字样、姓名及学号。严禁使用成品 DC-DC 电源模块，但可使用集成芯片；

3. 级联：DC-DC 模块为分立 LDO 模块提供 9.0 V 输入，完成 $24\text{ V} \rightarrow 9\text{ V} \rightarrow 5\text{ V}$ 两级级联联调，在 5.0 V 最终输出端带载 100 mA 时，两级输出均保持稳定合规。

4. 扩展设计（可选）

在完成硬件指标的基础上，可采用单片机（建议使用 STM32 系列芯片，推荐 STM32F103、STM32G474 等）ADC 实时采集输出电压，并通过数字算法动态调节 PWM 占空比实现闭环稳压控制。

三、说明

（1）制作与测试环境：实验室提供可调直流稳压电源、示波器、数字万用表、负载电阻及焊接工具；

（2）测试端子：各电路板须设置并明确标记输入、输出、地线（GND）及关键测试节点，禁止接线悬空裸露；

（3）器件使用：除明确禁止的成品集成电源模块外，普通控制芯片（如 TL494、UC3843、NE555 或单片机等）、驱动芯片（如 IR2104 等）及分立元器件型号不限，必须使用如下图所示 WJ500V-5.08-2p 端子（实验室提供）作为电源输入输出接口，不可使用杜邦线、排针排母等作为电源主线或接口。



（4）测试流程与方法：先独立测试 LDO 与 DC-DC 模块，合格后再进行两级级联测试。直流电压使用万用表测量；测量开关纹波时须采用示波器交流耦合档，建议使用探头接地弹簧以避免空间电磁干扰；

（5）考查：现场验收将根据实物提问电路拓扑原理、基准与反馈深度、Buck 电感及电容参数计算依据、功率管开关损耗与发热排障处理；

（6）独立完成原则：招新期间允许查阅公开技术资料与手册，允许使用 AI 辅助，但作品须由本人独立设计制作，不可代做。

四、参考设计

1. 分立元件线性稳压器（LDO）参考设计

（1）结构：由基准电压源（稳压二极管或 TL431）、误差放大器（运算放大器或晶体管差分对）、调整管（PNP 三极管或 P-MOSFET）和输出采样分压电阻网络构成闭环负反馈；

(2) 功耗与散热：线性调整管承受电压降与电流乘积，静态功耗较大（如 12 V 降至 5 V 且电流 100 mA 时，调整管管耗约 0.7 W，计算公式为 $P_D = (V_{in} - V_o) \cdot I_o$ ），设计时须注意调整管的散热条件与安全工作区。

2. DC-DC 降压变换器（Buck）参考设计

(1) 控制与驱动方案：可采用集成芯片，；模拟 PWM 调制电路（如 TL494、UC3843 或运放三角波发生器比较法）；或单片机定时器产生互补/单路 PWM 配合半桥驱动器（如 IR2104、EG2104 等），后两种方案有额外加分。

(2) 集成芯片方案拓扑结构：参考芯片参考手册。

模拟调制与单片机方案拓扑结构：经典非隔离 Buck 电路，包含主开关管（N-MOSFET）、续流二极管（肖特基二极管或同步整流 MOSFET）、功率电感及滤波电容；

参数估算公式：

① 占空比：连续导通模式（CCM）下，理想占空比为：

$$D \approx \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{9}{24} = 37.5\%$$

② 临界电感量计算公式为：

$$L = \frac{V_o(1-D)}{\Delta I_L \cdot f_{sw}}$$

其中 f_{sw} 为开关频率，纹波电流 ΔI_L 通常取输出电流的 20%~40%；

③ 输出纹波：纹波电压由滤波电容等效串联电阻（ESR）和电容量决定，优先选用低 ESR 高频滤波电容；