



## 2023 年全国大学生电子设计竞赛综合测评题

### 综合测评注意事项

- (1) 综合测评于 2023 年 8 月 14 日 8:00 正式开始, 8 月 14 日 15:00 结束;
- (2) 本科组优秀参赛队选用此题;
- (3) 综合测评题以参赛队为单位全封闭进行, 现场不能上网、不能使用计算机、手机等仿真和通信设备;
- (4) 综合测评结束时, 制作的实物及《综合测评测试记录与评分表》由全国专家组委派的专家封存、交赛区保管。

### 求解线性常微分方程的模拟计算机

#### 【本科组】

利用测评板上提供的器件, 设计制作一个求解下列微分方程的模拟计算机, 如图 1 所示。

$$\frac{d^2 u_o(t)}{dt^2} + 4 \times 10^4 \cdot u_o(t) = 3 \times 10^4 \cdot u_i(t)$$

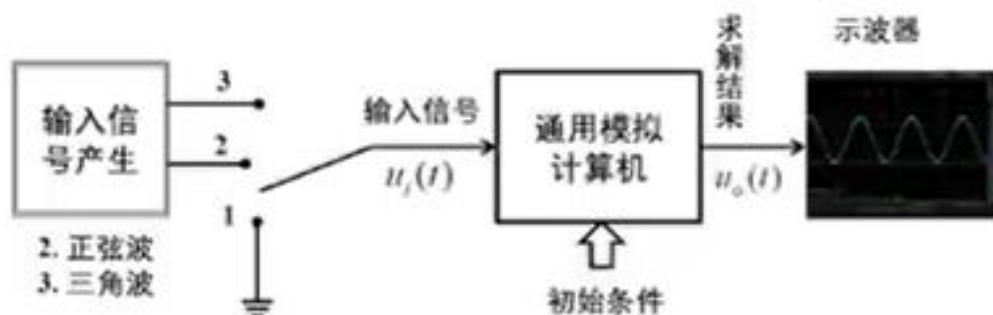


图 1 求解微分方程的模拟计算机结构示意图

输入信号  $u_i(t)$  为下列 3 种:

- (1) 0
- (2)  $\omega = 600\text{rad/s}$  正弦波 (幅度  $> 2\text{V}$ , 初相位不限)
- (3) 与正弦波同频同相的三角波 (幅度  $> 2\text{V}$ )。

初始条件为

- (1)  $u_o(0) = 1\text{V}$
- (2)  $\frac{du_o(0)}{dt} = 0\text{V/s}$

设计报告 (限 2 页) 应给出方案设计、详细电路图、参数计算和现场自测数据波形 (一律手写), 综合测评板编号及 3 名参赛同学签字须在密封线内, 与综合测评板一同上交。

## 一、约束条件

1. 二片 LM324DR 四运算放大器芯片（综合测评板上自带）。
2. 赛区提供电阻、电容等（数量不限、参数不限）。
3. 赛区提供  $\pm 5\text{V}$  直流电源。

## 二、设计任务及指标要求

利用综合测评板和若干电阻、电容、开关等，设计制作电路。模拟计算机开始计算时刻（时间 0 点）由开关控制。具体要求如下：

1. 基于测评板上的运算放大器生成正弦波、三角波电压  $u_i(t)$ ，并留出测试端子。 $\omega = 600\text{rad/s}$ ，幅度  $> 2\text{V}$ ，初相位不限。
2. 基于测评板上的运算放大器构造实现模拟计算机中所需的微分、积分器模块，留出输入输出测试端子，以便采用  $1\text{V}/100\text{Hz}$  三角波或方波信号单独测试微分、积分器功能。
3. 构建模拟计算机系统，分别完成 3 种输入信号（可用开关或跳线切换）时对微分方程的解，求解结果通过示波器显示。

## 三、说明

1. 综合测评应在模电或数电实验室进行，实验室提供常规仪器仪表和工具。
2. 运算放大器芯片使用说明书随综合测评板一并提供。
3. 参赛队应在理论设计基础上进行实验调试，报告及理论设计占 3 分，输入信号产生电路正弦波占 3 分、三角波占 4 分，微分、积分器单元电路功能实现占 6 分，齐次方程解测量结果占 6 分、正弦波和三角波输入的非齐次解测量结果各占 4 分（共 15 分）。
4. 不允许在测评板上增加使用 IC 芯片，如果增加芯片则按 0 分记。
5. 原则上不允许参赛队更换测评板，如果损坏测评板只可更换一次并扣 10 分。

### 6. 有关理论知识提示

（1）根据数学知识，本题微分方程的理论求解部分结果为：

$$u_i(t) = 0 \text{ 时, } u_o(t) = \cos(200t)\text{V}$$

$$u_i(t) = 2\cos(600t + \theta)\text{V 时, } u_o(t) = K\cos(200t + \varphi) - 0.1875\cos(600t + \theta)\text{V}$$

其中，

$$\varphi = \arctan \frac{0.5625 \sin \theta}{1 + 0.1875 \cos \theta}$$
$$K = \frac{1 + 0.1875 \cos \theta}{\cos \varphi}$$

## (2) 模拟计算机的通用结构

对于实系数二阶常微分方程  $\frac{d^2 u_o(t)}{dt^2} + a_1 \frac{du_o(t)}{dt} + a_0 u_o(t) = b_1 \frac{du_i(t)}{dt} + b_0 u_i(t)$ ，解

此方程的通用模拟计算机结构（参考）如图 2 所示。

其中， $k_1$ 、 $k_2$  分别为两积分器的积分常数， $k_3$  为微分器的微分常数。

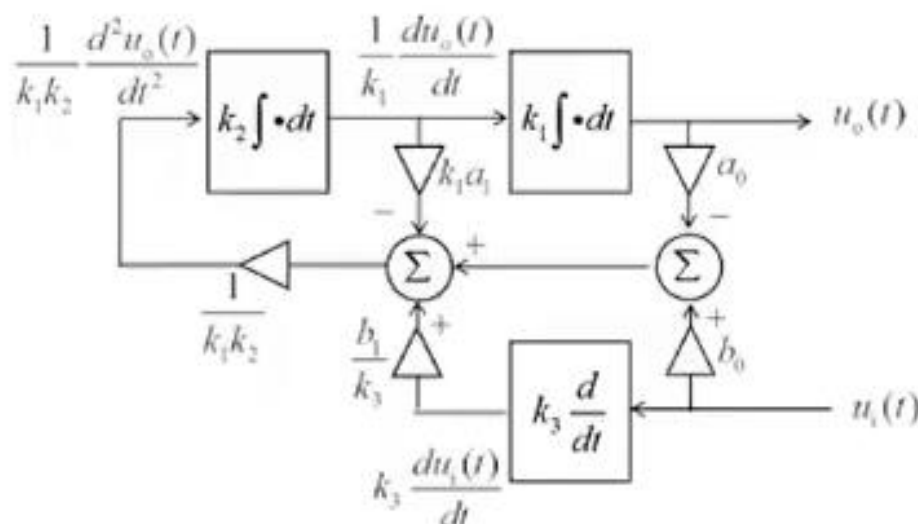


图 2 二阶微分方程求解的通用模拟计算机结构

利用积分、微分、求和电路即可实现微分方程的求解，微分方程的初始条件可以在每个积分器中分别进行设置。