

院系 电子信息学院 年级 专业

学号 姓名 成绩

总 分	题 号	一	二	三	四	五
	题 分	20	80			
合分人	得 分					

(本试卷中各试题可能存在依赖关系,若某题有一参数未能求出或计算错误,在其他题目中出现该参数时可用符号代替,不再重复扣分。)

本试卷设计一个工业温度测量电路,如图 1。温度传感器 R_t 采用铂热电阻,型号为 Pt100。采用恒流法进行测量,以恒定电流 I_t 流过 R_t ,将温度变化转化为电压变化。为消除放大电路的直流误差,如温度引起的零点漂移,采用恒流换向技术,即分别以大小相等、方向相反的两个恒定电流流过热电阻,将两个测量结果相减,从而消除直流误差。图 1 中方波电路产生方波信号,方波信号的峰和谷电压大小相等,极性相反,经恒流源电路,将电压信号转变为电流,流过 R_t 。 R_t 两端电压经差分放大器 A 和差分放大器 B 放大,送到峰值检测电路。峰值检测电路分别检测正向恒定电流和负向恒定电流产生的电压信号,送到减法电路相减,消除放大电路的直流误差。最后经滤波电路滤除交流噪声和干扰,输出直流电压 V_{11} ,可送单片机采集,经转换显示温度。 R_{20} 用于监测 I_t ,相关电路未在图中画出。

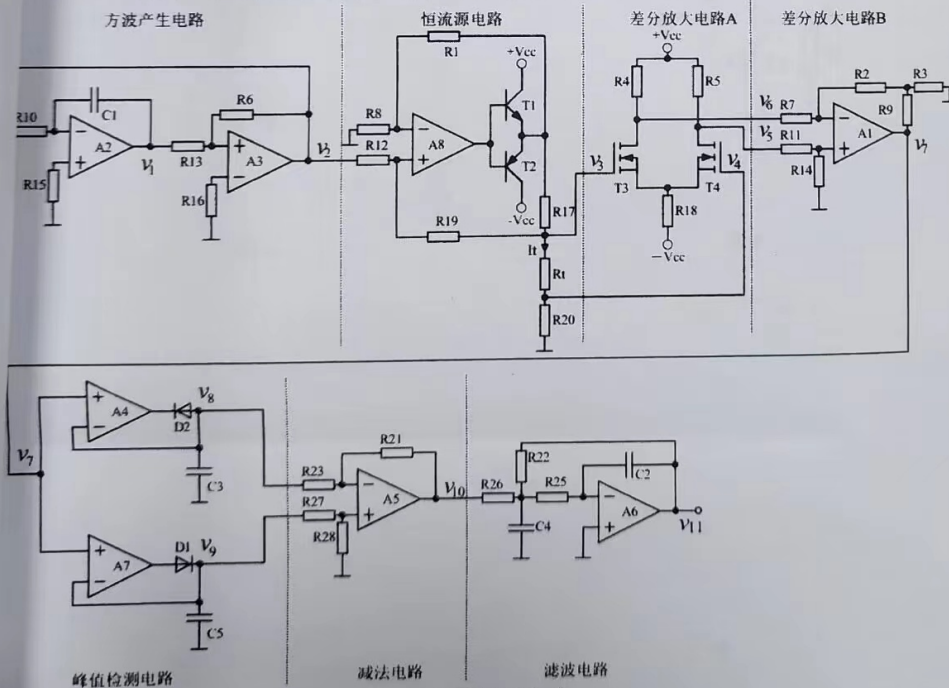


图 1 工业温度测量电路

1. (10 分)

- (1) 根据输入路 A 属于
- (2) 图 1 中运
- (3) 图 1 中什么优点

2. (10 分) 图

图 2 所示。

Parameter

-3 dB Bandw

Slew Rate

Input Voltage

Common-M

Differential I

Common-M

(1) 从表 1 中

(2) 根据图 2

得分

一、课程教学目标 1 (共 20 分)

1. (10 分)

- (1) 根据输入和输出方式的不同, 差分放大电路有 4 种不同接法, 说明图 1 中差分放大电路 A 属于哪种类型? 差分放大电路有什么优点?
- (2) 图 1 中运放 A3 构成的电路, 试分别说明其反馈类型 (电流/电压, 串联/并联, 正/负)。
- (3) 图 1 中 T1、T2 构成的功率放大器, 说明其类型 (甲/乙/甲乙)。与甲类相比, 乙类有什么优点?

2. (10 分) 图 1 中运放采用 AD8065, 数据手册上的若干参数如表 1 所示。某特性曲线如图 2 所示。

表 1

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
-3 dB Bandwidth	$G = +1, V_o = 0.2 \text{ V p-p}$	100	145		MHz
Slew Rate	$G = +2, V_o = 4 \text{ V step}$	130	180		V/ μs
Input Voltage Noise	$f = 10 \text{ kHz}$		7		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Common-Mode Input Impedance			1000 2.1		G Ω pF
Differential Input Impedance			1000 4.5		G Ω pF
Common-Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = -1 \text{ V to } +1 \text{ V}$	-85	-100		dB

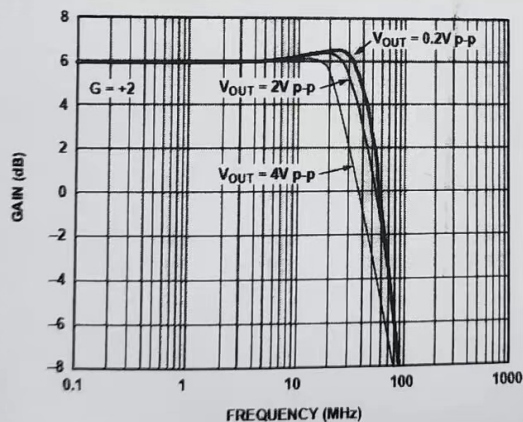


图 2

- (1) 从表 1 中任意选 4 个参数, 说明符号及其课本对应的中文名称。

- (2) 根据图 2 的坐标, 说明图 2 表达了运放的什么特性。

得分

二、课程教学目标 2 (共 80 分)

3. (18 分) 图 1 中恒流源电路如图 a, 图 1 中 R_{20} 较小, 已忽略。其中的功率放大器单独画于图 b。已知 $v_2 = 4.8\text{V}$, $R_1 = R_8 = R_{12} = R_{19} = R = 100\text{k}\Omega$, $R_{17} = 2.4\text{k}\Omega$, 在 $-200\sim 650^\circ\text{C}$ 范围内 $R_t = 20\sim 358\Omega$ 。已知三极管 T1 和 T2 饱和压降 $|V_{CES}| = 0.5\text{V}$, 三极管发射结导通电压 $|V_{BE}| = 0.6\text{V}$ 。电源电压 $+V_{CC} = +5\text{V}$, $-V_{CC} = -5\text{V}$ 。

(1) 推导 I_t 与 v_2 的关系式(用符号 R 、 R_{17} 、 R_t 表示)。若根据题意, 认为 $R \gg R_{17}$, $R \gg R_t$, 对 I_t 与 v_2 关系式进行简化, 然后代入数值计算 I_t 。

(2) 如果删除 T1、T2 构成的功率放大器, 将 v_i 和 v_o 直接短接, 是否影响第 (1) 小题的计算结果? 功率放大器的作用是什么?

(3) 图 b 中功率放大器, 设 $R_L = 2.4\text{k}\Omega$, 求最大输出功率 P_{om} , 以及此时的效率 η 、电源功率 P_V 、总管耗 P_T 。

(4) 图 b 中功率放大器是否存在交越失真? 图 a 中功率放大器是否可能发生交越失真?

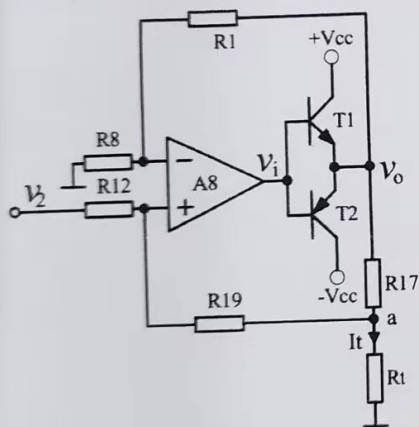


图 a

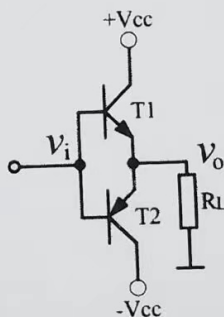
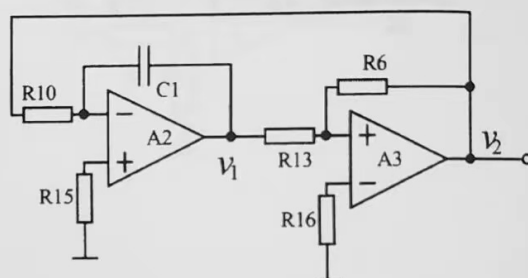


图 b

4. (12 分) 图 1 中的方波发生器，运放 A2、A3 采用 AD8065，其供电电压为 $+V_{CC} = +5V$ ， $-V_{CC} = -5V$ ，运放输出电压摆幅为：正饱和时 $+V_{om} = +4.8V$ ，负饱和时 $-V_{om} = -4.8V$ 。已知 $R_6 = 24k\Omega$ ， $R_{13} = 10k\Omega$ ， $R_{10} = 24k\Omega$ ， $C_1 = 1\mu F$ 。

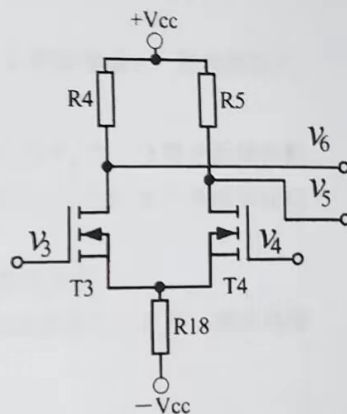
- (1) 求 A3 构成的比较器的阈值电压 V_{T+} 和 V_{T-} ，并画出传输特性。
- (2) 推导 A2 构成的积分电路输出电压 v_1 和输入电压 v_2 的时域关系式。
- (3) 设 $t = 0$ 时， $v_2 = -V_{om}$ ，电容 C_1 两端电压 $v_{C1} = 0V$ 。 $t > 0$ 后，在 $t = t_1$ 时，比较器 A3 输出电压 v_2 发生跳变，求时刻 t_1 和此时的 v_1 。



5. (10 分) 图 1 中的差分放大电路 A 如图。两个场效应管采用 2SK1828, $I_{DQ} = 8\text{mA}$, 开启电压 $V_T = 0.8\text{V}$, $g_m = 5\text{mA/V}$, $R_4 = R_5 = 5.6\text{k}\Omega$, $R_{18} = 4\text{k}\Omega$, 电源电压 $+V_{CC} = +5\text{V}$, $-V_{CC} = -5\text{V}$ 。

(1) 求静态时 ($v_3 = v_4 = 0$), 场效应管 T3 的漏极电流 I_{DQ} 、T4 的 V_{DSQ} 。

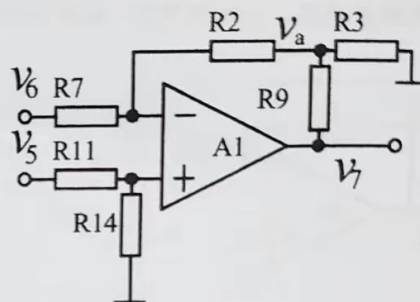
(2) 求差模电压增益 A_{vd} 、差模输入电阻 R_{id} 、输出电阻 R_o 。



6. (10 分) 图 1 中差分放大电路 B 如图, 已知 $R_7 = R_{11} = R_2 = R_{14} = R = 100\text{k}\Omega$, $R_3 = 1\text{k}\Omega$, $R_9 = 10\text{k}\Omega$ 。

(1) 推导图中 v_a 与输入电压 v_5 、 v_6 的关系式。

(2) 推导输出电压 v_7 与 v_5 、 v_6 的关系式 (用符号表示), 然后代入数值计算。



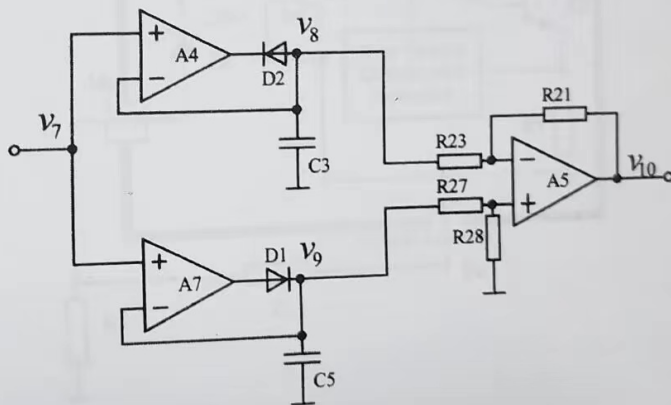
7. (10分) 图1中峰值检测电路和减法电路如图。恒流源电路产生大小相等, 极性相反的两个恒定电流 $+I_T$ 、 $-I_T$ 交替流过热电阻 R_t , 将温度变化转化为电压变化, 经差分放大器A和差分放大器B, 送到峰值检测电路输入端 v_7 。已知恒定电流为 I_t 为0时, $v_7 = V_E$, 此电压即为差分放大器A和B的零点漂移。恒定电流为 $+I_T$ 、 $-I_T$ 时, v_7 分别等于 V_P 和 V_N , $V_P > 0$, $V_N < 0$ 。设差分放大器A和B为线性电路。

(1) V_P 是否可以表达为 $V_P = AI_T R_t + V_E$ (A为差分放大器A、B的总增益)? 若用类似 V_P 的表达式, V_N 如何表达?

(2) 设 $t=0$ 时, 电容C3和C4的电压均为0。当 v_7 交替输入 V_P 和 V_N 时, 分别分析峰值检测电路A7的工作原理, 并求出 v_9 (用已知量 V_P 、 V_N 或 V_E 表示)。分析时暂不考虑后级电路影响, 假设R23、R27断开。

(3) 若 $R_{21}=R_{23}=R_{27}=R_{28}$, 推导A5电路输出 v_{10} 与输入 v_9 、 v_8 的关系式。

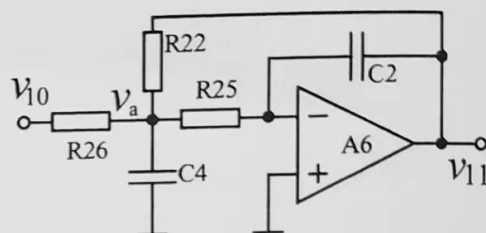
(4) 若后级电路A5实现了减法, 则 v_{10} 是否含有零点漂移引起的误差电压 V_E ? 减法电路对前级峰值检测电路有什么影响?



8. (10 分) 图 1 中的滤波器如图, 为无限增益多路负反馈型滤波器。

(1) 为求解传递函数 $A_v(j\omega) = \frac{V_{11}(j\omega)}{V_{10}(j\omega)}$, 试以 \dot{V}_{11} 、 \dot{V}_a 为未知量 (不含其它未知量, \dot{V}_{10} 作为已知量), 列出 2 个方程。

(2) 根据电路图, 分析输入信号 v_{10} 频率 $f=0$ 和 $f \rightarrow \infty$ 时 v_{11} 幅度的相对大小。并根据该滤波器幅频特性通带和阻带的位置, 判断该滤波器可能属于哪类滤波器 (高通/低通/带通/带阻), 并说明滤波器的阶数。



9. (10 分) 图 1 电路的电源电压 $\pm V_{CC}$ 由稳压电路产生。其中 +5V 电源由如图所示的电路产生, 使用三端集成可调稳压芯片 LM317, 粗线框内为芯片内部结构, 芯片有三个引脚分别为输入端 Input、输出端 Output、可调端 Adj, 稳压管 D1 的稳定电压 $V_Z = 1.25V$, 电流 $I_{adj} = 50\mu A$, $R_1 = 0.1\Omega$ 。输入电压 $V_i = 8 \sim 12V$, 接 Input 端, 稳压后的输出电压 V_o 从 Output 端输出。R2、R3 为芯片外接电阻, $R_2 = 240\Omega$ 。

(1) 根据串联反馈式稳压电路的结构, 分别说明 A1、T1/T2、D1、R2/R3 这 4 部分元件的作用。

(2) 设运放 A1 工作于线性区, 满足虚短虚断, 试推导 V_o 表达式 (用符号表示)。若要求 $V_o = 5V$, 求 R3 大小。

