

电子技术实验指导

郭淑珍 编

中央广播电视大学出版社

电子技术实验指导

郭淑珍 编

中央广播电视大学出版社

(京)新登字 163 号

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验指导/郭淑珍编. —北京:中央广播电视大学出版社, 1996. 10

ISBN 7-304-01264-1

I. 电... II. 郭... III. 电子技术-实验-电视大学-教学参考资料 IV. TN01-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 22273 号

电子技术实验指导

郭淑珍 编

中央广播电视大学出版社出版

社址:北京市复兴门内大街 160 号 邮编 100031

国防科工委印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

开本 787×1092 1/16 印张 4.75 千字 114

1996 年 10 月第 1 版 1996 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—6500

定价 6.55 元

ISBN 7-304-01264-1/TN·23

前 言

本书是根据中央广播电视大学 1994 年 6 月制定的电子技术课程教学大纲的要求,为配合电子技术课程主教材而编写的实验教材。全书共选编了常用电子仪器的使用及单管共射放大电路、集成运放应用电路、直流稳压电源、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、555 定时器应用电路和数字电子钟等十二个实验。具体实验要求和安排请参看附录三电子技术教学大纲中课程的实验环节部分。

中央广播电视大学电气电子工程教研室为本书实验试制了电子技术实验板,给完成该课程的实验带来了极大的方便,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

1996 年 7 月

目 录

实验一	常用电子仪器的使用及单管共射放大电路	(1)
实验二	负反馈放大电路	(6)
实验三	集成运放基本运算电路	(9)
实验四	电压比较器和波形发生电路	(13)
* 实验五	自制直流稳压电源	(16)
实验六	中规模集成组合电路的测试与应用	(19)
实验七	触发器的测试及其应用	(22)
实验八	用集成计数器实现 N 进制计数器	(26)
实验九	555 定时器的应用	(29)
* 实验十	自制数字秒表	(31)
* 实验十一	自制简单数字电子钟	(34)
实验十二	D/A 转换器及其应用	(37)
附录一	几种常用仪器使用说明	(40)
附录二	集成电路速查手册	(56)
附录三	电子技术课程教学大纲	(62)
附录四	电子技术实验板简介	(69)

实验一 常用电子仪器的使用 及单管共射放大电路

一、实验目的

1. 初步掌握示波器、音频信号发生器、晶体管繁用表、直流稳压电源的使用方法。
2. 掌握放大电路静态工作点 Q 、电压放大倍数 A_u 、输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 的测量方法。
3. 深入理解单管共射放大电路的工作原理和性能特点。

二、实验设备

1. SR—8 双踪示波器(或常用普通型示波器);
2. SD—2 型音频信号发生器;
3. MF—20 型晶体管繁用表(或普通万用表和晶体管电压表);
4. 直流稳压电源;
5. JT—1 型晶体管图示仪;
6. 电子技术实验板(或模拟实验箱及三极管、电阻、电容、电位器等元器件)。

三、实验内容与步骤

1. 电子仪器使用练习

(1) 用万用表测量直流稳压电源的输出电压

接通稳压电源,调节其输出电压值,使电源上电压表的读数为 12V,再用万用表的直流电压档进行测量,进一步调整到万用表指示为 12V。

(2) 用晶体管电压表测量音频信号发生器的输出电压

接通音频信号发生器,将其输出衰减开关分别置于 0dB, 20dB, 40dB, 60dB 的位置,用晶体管电压表测量其输出电压值。注意晶体管电压表的量程要选择适当,不要过量程。

(3) 用示波器观察音频信号发生器的输出电压波形

① 将示波器电源接通 2min 后,调节“辉度”、“聚焦”、“X 轴移位”、“Y 轴移位”及“X 轴增幅”等旋钮,使荧光屏上出现扫描线。

② 调节音频信号发生器,使其输出电压为 1~5V,频率为 1kHz,用示波器观察信号电压波形,调节“Y 轴衰减”、“Y 轴增幅”旋钮,使波形大小适中。

③ 调节“扫描范围”、“扫描微调”,使荧光屏上显示一、三、五个完整稳定的正弦波形。

④ 将信号频率改为 100Hz, 1.5kHz, 15kHz, 调节有关旋钮使波形清晰、稳定。

2. 单管共射放大电路的测试

实验电路如图 1-1 所示,图中 $R_b = R_{b1} + R_{b2}$, 晶体管 T 为 3DG6 型, $\beta = 50 \sim 80$ (实验中 β 值实测)。

(1) 静态工作点测试

首先将稳压电源和示波器接入实验电路,再将放大器的输入端短路。

调节 R_p 为某一合适值(使 $U_{CE} = 6V$),用万用表的直流电压档测量 Q 点,即分别测出

U_{BE} , U_{CE} 值(I_B , I_C 可通过测量电阻上的电压而间接求得), 测量结果填入表 1-1 中。

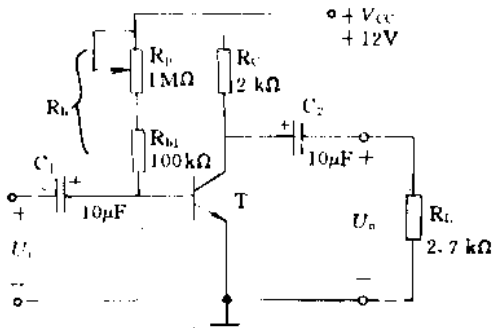


图 1-1

表 1-1

测量结果			由测量值计算		估 算		
$U_{BEQ}(V)$	$U_{CEQ}(V)$	$R_b(k\Omega)$	$I_{BQ}(\mu A)$	$I_{CQ}(mA)$	I_{BQ}	I_{CQ}	U_{CEQ}

Q 点的估算公式如下:

$$I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_b} \quad I_{CQ} = \beta I_{BQ} \quad U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} R_c$$

(2) 动态测试

① 电压放大倍数测试

首先将音频信号发生器接入实验电路, 使放大器输入 $U_i = 5mV$, $f = 1kHz$ 的信号电压, 用示波器观察 U_o 的波形, 在 U_o 不失真的条件下, 测量放大器的输出电压 U_o 值, 并将结果记录在表 1-2 中。

表 1-2

测量结果		由测量值计算	估 算
$U_i(mV)$	$U_o(V)$	A_u	A_u

电压放大倍数可用下面计算公式求得:

$$|A_u| = \frac{\beta R'_L}{r_{be}}$$

其中 $R'_L = R_c // R_L$, $r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26}{I_{CQ}}$

② 输入电阻 R_i 的测量

测量 R_i 的电路如图 1-2 所示。在测量时, 首先给放大器接入 $R_s = 1k\Omega$, $U_s = 10mV$ 的信

号电压,同时用示波器监视 U_o 的波形,在不失真情况下,测得 U_i 值,通过计算得到 R_i 值,将结果填入表 1-3 中。

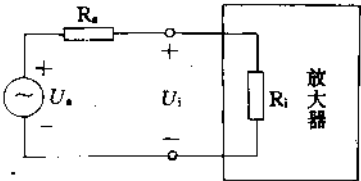


图 1-2

表 1-3

实 测		实 测 计 算	估 算
$U_s(\text{mV})$	$U_i(\text{mV})$	$R_i(\text{k}\Omega)$	R_i

R_i 的计算公式为: $R_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} R_s$ 。

R_i 的估算公式为: $R_i = R_b // r_{be}$ 。

③输出电阻 R_o 的测量

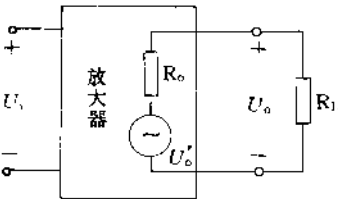


图 1-3

测量 R_o 的电路如图 1-3 所示。在测量时,需首先选定一个合适的输入信号 U_i ,在输出电压波形完全正常的情况下,分别测量 $R_L = 2.7\text{k}\Omega$ 时的输出电压 U_o 和 R_L 开路时的输出电压 U_o' ,通过计算求得 R_o 的值,将结果填入表 1-4 中。

表 1-4

实 测		实 测 计 算	估 算
$U_o(\text{V})$	$U_o'(\text{V})$	$R_o(\text{k}\Omega)$	R_o

R_o 的计算公式为: $R_o = (\frac{U_o'}{U_o} - 1) \cdot R_L$ 。

R_o 的估算公式为: $R_o = R_c$ 。

注意:

①测量交流电压时,首先要注意实验仪器和实验电路的共地。所谓“地”是指仪器或线路的公共端,当两个或多个电子仪器通过交流电源供电时,就需要将这些仪器各自的公共端接在一起,以使干扰最小。

②在测量交流电压时,应该测量对地的电位,而不是直接测量两点的电压。例如测量图 1-2 中电阻 R_s 两端的电压,应该分别测量 U_s 和 U_i , 然后通过 $U_s - U_i$ 得到 U_{R_s} , 若直接在 R_s 两端测量,电压表就不与信号源和实验线路共地了。

③另外,请注意在测量交流电压时应始终用示波器监视信号波形。如果在测量时电路存在着自激振荡或外来信号干扰,就应该先消除振荡和干扰后再测量。测量时还要注意波形是否失真,只有在波形不失真的情况下测量才有意义。

(3)观察 R_b , R_c , R_L 对放大电路静态工作点、电压放大倍数及输出波形的影响。

①取 $R_c = 2k\Omega$, $R_L = 2.7k\Omega$, 调节 R_p 使 R_b 变到最大和最小。

②取 R_b 为合适值 ($U_{CE} = 6V$), $R_L = 2.7k\Omega$, 改变 R_c 使之成为 $4k\Omega$ 。

③取 R_b 为合适值, $R_c = 2k\Omega$, 改变 R_L 。

(4)测 R_b 值。断开电源,同时将 R_b 两端点与线路断开,用万用表测量,结果填入表 1-1 中。

(5)利用万用表或晶体管特性图示仪测试三极管的电流放大系数 β 值。

四、预习要求

1. 熟悉本次实验中所用电子仪器面板上各旋钮和接线柱的作用及使用注意事项。
2. 熟悉共射放大电路的 Q 点, A_u , R_i , R_o 的测试方法和注意事项。
3. 根据测得的三极管 β 值及给定的电路参数估算 Q 点, A_u , R_i 和 R_o 。
4. 回答思考题。

五、思考题

1. 实验电路中 R_b 为什么要用一个电位器和一个固定电阻串联组成? 若 R_b 只用一个电位器是否妥当?

2. 电容 C_1 , C_2 的作用是什么? 它们的极性和静态电压的方向有何关系?

3. 讨论 R_b 的变化对静态工作点 Q、放大倍数 A_u 及输出波形失真的影响,从而说明静态工作点的意义。

4. 若单级共射放大电路输出波形出现顶部、底部和双向失真时,应如何解决?

5. 音频信号发生器的输出端开路 and 带着实验线路时输出电压是否一样? 为什么?

6. 如果电子仪器与实验线路不共地,会出现什么情况? 请你在本次实验中观察一下。

7. 在测量电压放大倍数时,为什么要始终用示波器监视输出电压波形是否失真? 在输入电压不变的情况下,若 $R_L = \infty$ 时输出波形已失真,那么当 $R_L = 2.7k\Omega$ 时失真会消除吗? 为什么? 请注意观察。

8. 在测量 R_i 和 R_o 时,应如何选取 R_s 和 R_L 阻值的数量级? 为什么?

六、实验报告

1. 记录实验数据及波形。
2. 由实测数据计算 Q , A_u , R_i , R_o , 并与根据电路参数估算的值相比较, 分析误差产生的原因。
3. 总结单管共射放大电路 Q 点, A_u , R_i , R_o 的测试方法, 测量中出现的异常现象, 解决办法。

实验二 负反馈放大电路

一、实验目的

1. 掌握深度负反馈条件下电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的测试方法。
2. 熟悉两种电压负反馈集成运放电路输入端的不同接法,输入和输出间的关系。
3. 加深理解负反馈放大电路的工作原理及负反馈对放大电路性能的影响。

二、实验设备

1. 示波器(双踪和普通型均可);
2. 有毫伏档的万用表(数字或模拟式均可);
3. 有毫伏级的正弦信号发生器;
4. 输出电压为 $\pm 15\text{V}$ 的双路直流稳压电源;
5. 电子技术实验板(或模拟实验箱及集成运放 LM324、电阻器、电容器等)。

三、实验内容与步骤

1. 电压并联负反馈放大电路的测试

实验电路如图 2-1 所示。

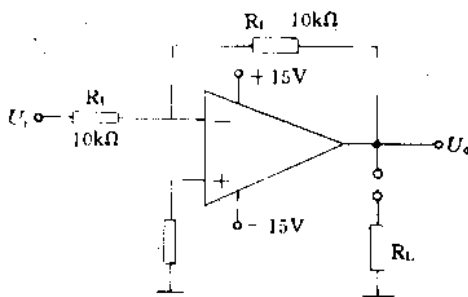


图 2-1

(1) 测电路的电压放大倍数 A_{uf}

① 消振

将电路的输入端接地,即 $U_i = 0$,接通电源,用示波器观察是否有自激振荡,若有振荡,应首先在 R_f 上并联电容 C_f 以消除振荡, C_f 取值为 $100\text{pF} \sim 1\mu\text{F}$ 范围。

② 在反相端加入 $f = 200\text{Hz}$ 的正弦信号 U_i ,用示波器观察 U_o ,在 U_o 不失真的条件下,用毫伏表测量 U_i 和 U_o ,并观察 U_o 和 U_i 的相位关系。

③ 更换电阻 R_f ,取 $R_f = 100\text{k}\Omega$,分别测量 U_i 和 U_o 值。

将上述测试结果记录于表 2-1 中。

A_{uf} 的估算公式为: $A_{uf} = -\frac{R_f}{R_i}$ 。

表 2-1

给定条件		测量结果	计 算	估 算
		U_i U_o	A_{uf}	A_{uf}
$R_1 = 10\text{k}\Omega$ $R_L = \infty$	$R_f = 10\text{k}\Omega$			
	$R_f = 100\text{k}\Omega$			

(2) 测量电路的输入电阻 R_{if}

① 取 $R_1 = 10\text{k}\Omega$, $R_f = 100\text{k}\Omega$, $R_L = \infty$, 测出电路的 U_i , U_o , 由此值计算 R'_{if} , 再求 $R_{if} = R'_{if} + R_{I0}$ 。

② 在 R_i 前串联一个电阻 R_s (阻值自选), 测出 U_s , U_i , 直接求出 R_{if} 。

有关测量结果记入表 2-2 中。

表 2-2

给定条件	测量结果	由测量值计算
	U_i U_o U_s	R'_{if} R_{if}
$R_s = 0$ 自选值 ($10\text{k}\Omega$)		

(3) 观察电压负反馈的稳压作用, 测量电路的输出电阻 R_{of}

① 取 $R_1 = 100\text{k}\Omega$, $R_f = 100\text{k}\Omega$, R_L 分别为 ∞ , $10\text{k}\Omega$, 100Ω , 观察 U_o 的变化。

② 测 $R_L = \infty$ 及 $R_L = 100\Omega$ 时的输出电压 U_o , 填入表 2-3 中, 计算 R_{of} 值。

表 2-3

给定条件	测量 U_o	计算 R_{of}
$R_L = \infty$ 100Ω		

2. 电压串联负反馈电路的测试

实验电路如图 2-2 所示。

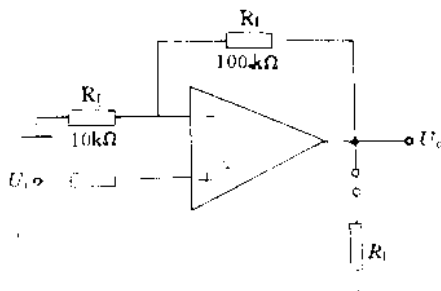


图 2-2

(1) 分别测试电路的电压放大倍数 A_{uf} 、输入电阻 R_{if} 、输出电阻 R_{of} ，测量方法参照电压并联负反馈电路的测试，测量结果记入表 2-4 中。

表 2-4

给定条件		测量结果				由测量值计算			估 算
		U_i	U_+	U_o	U_s	A_{uf}	R_{if}	R_{of}	A_{uf}
$R_L = \infty$ 100Ω	$R_s = 0$ $1M\Omega$								

(2) 测量电路的上限截止频率 f_{hf}

去掉 R_s, R_L ，输入适当幅值的信号，在 $f = 100\text{Hz}$ 时，使输出电压在示波器上显示出大小适度、基本不失真的正弦波。保持输入信号幅值不变，提高 f ，直至示波器上波形为原来幅值的 70%，此时输入信号的频率即为 f_{hf} 。

3. 选做内容

选择一种电流负反馈电路，测试其电压放大倍数、输入电阻、输出电阻，观察当负载电阻变化时输出电压的变化，分析电流负反馈电路与电压负反馈电路动态参数和稳定作用的主要区别。

四、预习要求

1. 熟悉集成运算放大器组件的特点，主要参数 $A_{od}, R_{id}, R_{od}, f_h$ 等的含义及数量级。
2. 熟悉各种类型负反馈对放大电路主要参数的影响。
3. 熟悉负反馈放大电路输入电阻、输出电阻、上限截止频率的测试方法。
4. 回答思考题。

五、思考题

1. 在测量图 2-1 电路的输入电阻 R_{if} 时，可在 R_i 前串接一个电阻 R_s ，试问 R_s 的阻值应如何选取？
2. 测量图 2-2 电路的 R_{if} 时， R_s 的阻值仍用上题选取的结果可否？为什么？

六、实验报告

1. 根据实验所得数据，求出两种电压负反馈电路的电压放大倍数、输入电阻、输出电阻。
2. 根据实验结果，总结电压串联负反馈和电压并联负反馈对放大电路主要性能参数的影响。
3. 估算深度负反馈条件下的电压放大倍数 A_{uf} ，并与实验结果相比较。

实验三 集成运放基本运算电路

一、实验目的

1. 掌握集成运放基本运算电路的测试方法。
2. 熟悉集成运放基本运算电路的组成、特点及性能。
3. 进一步掌握集成运算放大电路的基本特点和构成几种典型运算电路的方法。

二、实验设备

1. 双路直流稳压电源, 输出电压为 $\pm 15\text{V}$;
2. 正弦波信号发生器;
3. 双踪示波器;
4. 晶体管繁用表;
5. 电子技术实验板(或模拟实验箱及 LM324、电阻、电容等相应元器件)。

三、实验内容

1. 反相求和电路的测试

实验电路如图 3-1 所示。

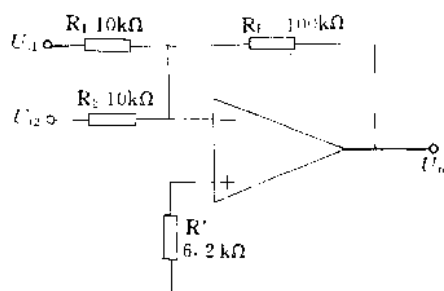


图 3-1

(1)按图 3-1 电路接线,接通电源。

分别输入 $U_{i1} = 0.1\text{V}$, $U_{i2} = 0.2\text{V}$, 频率为 500Hz 的正弦波信号,用示波器观察输出电压与输入电压的幅度和相位关系,并用电压表测量输出电压 U_o 值。

(2)改变输入电压幅值,分别使 $U_{i1} = 0.2\text{V}$, $U_{i2} = 0.4\text{V}$; $U_{i1} = 0\text{V}$, $U_{i2} = 0.6\text{V}$, 测量其相应的输出电压 U_o 值。

将上述测试结果记录于表 3-1 中,并根据测量数据计算电压传输系数 A_u 。

U_o 的估算公式为: $U_o = -(\frac{R_f}{R_1} U_{i1} + \frac{R_f}{R_2} U_{i2})$ 。

2. 差动比例电路(减法器)的测试

实验电路如图 3-2 所示。

表 3-1

测量数据			实测计算	估 算
U_{i1}	U_{i2}	U_o	A_u	A_u U_o
0.1	0.2			
0.2	0.4			
0	0.6			

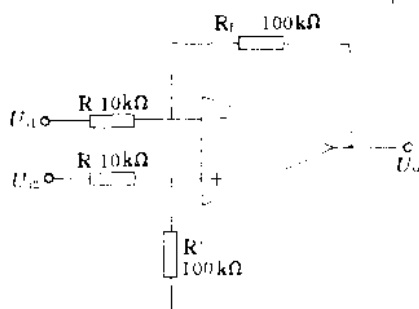


图 3-2

(1)按图 3-2 接线,接通电源。

分别输入 $U_{i1}=0.1\text{V}$, $U_{i2}=0.2\text{V}$, 频率 $f=500\text{Hz}$ 的正弦信号,用示波器观察 U_o 与 U_{i1} 和 U_{i2} 的相位关系,并测量 U_o 值。

(2)交换两个输入信号,使 $U_{i1}=0.2\text{V}$, $U_{i2}=0.1\text{V}$, 重复上述步骤,将两次测试结果填入表 3-2 中。

表 3-2

测量数据			实测计算	估 算
U_{i1}	U_{i2}	U_o	A_u	A_u U_o
0.1	0.2			
0.2	0.1			

U_o 估算公式为: $U_o = \frac{R_f}{R}(U_{i2} - U_{i1})$ 。

3. 反相积分器的测试

实验电路如图 3-3 所示。

(1)消振,按电路接线,接通电源。调节电位器 R_p ,使 $U_i=0$,用示波器观察输出端,看是

值,直到 u_o 接近组件的最大输出电压值为止。

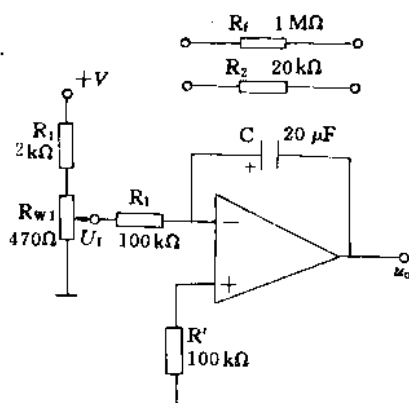


图 3-3

②改变输入信号的极性,使 $U_1 = -0.5V$,重复上述步骤。

将两次实验数据填入表 3-3 中,由此画出 u_o 与时间 t 的关系曲线。

表 3-3

U_1	$t(s)$	0	5	10	15	20	25	30	35	40
+0.5V	u_o									
-0.5V										

$$u_o \text{ 估算公式为: } u_o = -\frac{1}{RC} \int U_1 dt = -\frac{U_1}{RC} t。$$

4. 选做内容

精密测量放大电路如图 3-4 所示,测 U_o 与 U_{11} , U_{12} 间的关系,改变 R_w 阻值,观察对运算关系的影响。

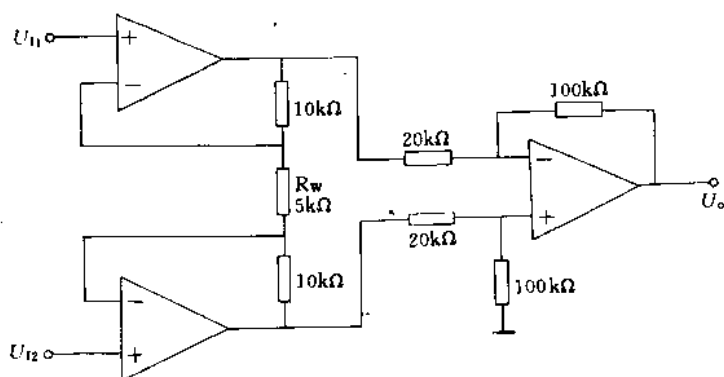


图 3-4

四、预习要求

1. 复习集成运放在信号运算方面应用的基本原理,熟悉反相求和、差动比例、积分运算电

路输出信号与输入信号间的关系。

2. 根据给定的元件参数值和输入信号,估算反相求和、差动比例电路的电压传输系数和输出电压值。

3. 按实验内容要求分析积分器在输入直流信号情况下,输出电压与输入信号的关系。

4. 回答思考题。

五、思考题

1. 在反相求和、差动比例、积分运算电路中,电阻 R' 选取的原则是什么?为什么这样选取?

2. 在图 3-3 所示积分电路中,当输入信号为方波时,它的输出电压是什么波形?改变输入信号的幅值及电阻 R_f 的大小,输出电压波形将如何变化?

3. 说明积分电路中电阻 R_f 的作用。

4. 分析图 3-4 中电路,说明该电路的主要优点。

六、实验报告

1. 整理实验数据,填写实验表格。

2. 实验中发现哪些不正常现象,说明是怎样解决的。

3. 回答思考题,做实验小结。