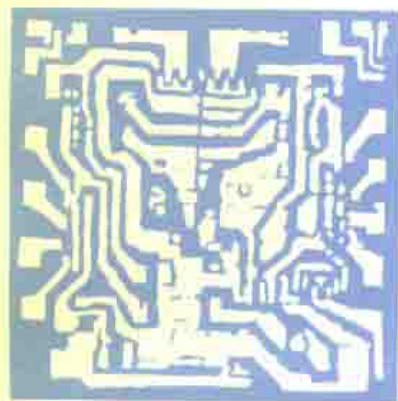


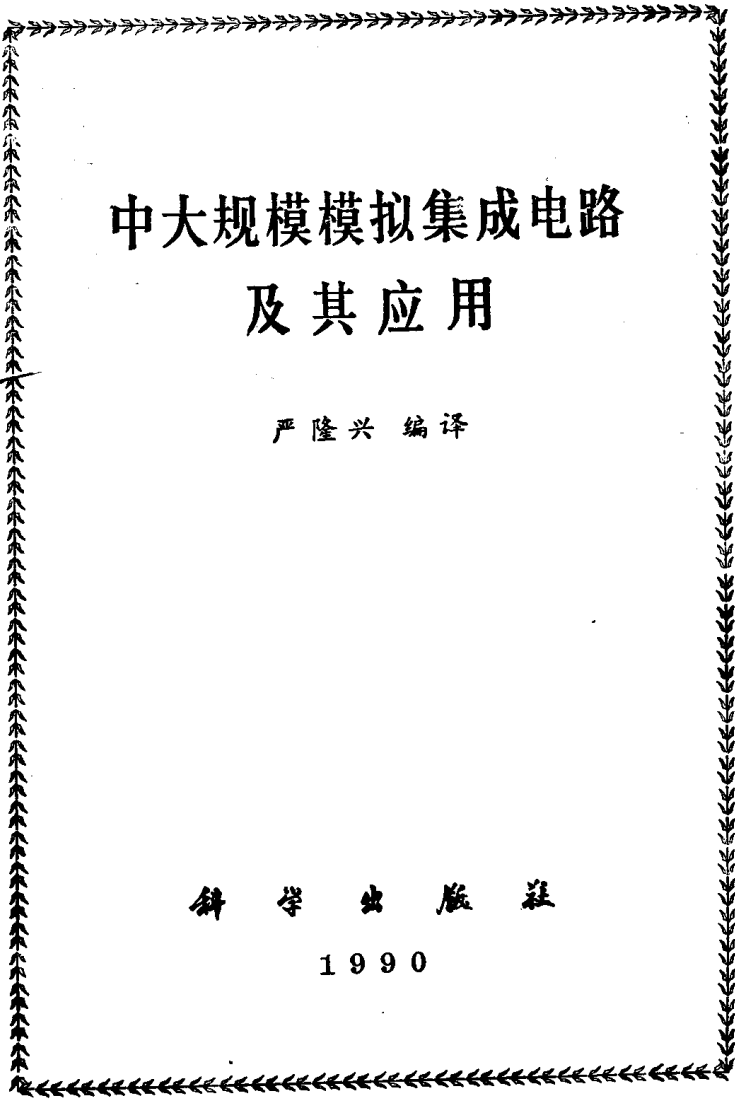
中大规模模拟集成电路及其应用



严隆兴 编译



科学出版社



中大规模模拟集成电路 及其应用

严隆兴 编译

科 学 出 版 社

1990

内 容 简 介

本书重点介绍中大规模模拟集成电路的特性及应用。全书共十章,内容包括:视频放大器、调制-解调器、鉴相器、锁相环、乘法器、除法器、函数变换器、集成传感器、电荷转移器件等。同时,还介绍了调频音响电路、彩色电视集成电路、光电子集成电路,以及某些具有高压、微功率等特殊功能的集成电路。

本书取材新颖,理论联系实际,书中给出了大量电路实例,可供读者直接引用。各章末均附有习题及相应答案,有利于读者复习、巩固所学知识。

本书可作为大专院校电子、电工专业本科的教学参考书或教学用书,也可供从事电子技术应用的科技人员参考。

中大规模模拟集成电路及其应用

严 隆 兴 编 译

责任编辑 魏 玲

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1990年12月第 一 版 开本:787×1092 1/32

1990年12月第一次印刷 印张:12 2/3

印数:0001—3 000 字数:274,000

ISBN7-03-001844-3/TN·80

定价:10.30元

编译者前言

随着微电子技术的迅速发展,集成电路正朝着大规模、超大规模和专用化方向发展。历史悠久的模拟电路同数字电路一样,越来越受到人们的重视,新型模拟集成器件及电路不断涌现,应用也日益广泛。

任何电子系统都离不开模拟电路,例如,在检测系统中,被检测量可能是电量,也可能是非电量,若系后者,则需经过传感器将非电量转换为电量,然后进行放大等处理。

集成传感器,包括集成温度、压力、磁场传感器及集成光电图像传感器等,均属于模拟集成器件,它们在系统中起着重要的作用,越来越受到人们的重视。

模拟集成电路已从单功能的放大器发展到多功能的器件与系统,如有源滤波器(含开关电容滤波器)、模拟乘法器、平衡调制-解调器、锁相环、集成稳压器以及音响电路等。与此同时,电路的集成度也在不断扩大,彩色电视机电路的集成化即是一例。

当前,MOS模拟电路,如MOS运算放大器、电荷耦合器件等亦得到了很大的发展,应用亦越来越广泛。这是当前模拟集成电路的发展方向之一。

运用电路理论和计算机辅助设计(CAD)技术,将设计出集成度更高、功能更强的集成器件,它给系统设计工作者带来了更大的方便。

本书是以S.索克洛夫所著《模拟集成电路应用》(S.Soclof Applications of Analog Integrated Circuits, N. J. Prentice-Hall, Inc., 1985)一书为蓝本编译而成。原书取

材新颖，理论联系实际，书中通过大量实例介绍了多种新型模拟器件的性能和应用，可供读者直接引用。各章末附有一定数量的习题，是一本少见的高层次教材和参考书。编译时在尽量保持原书特色的基础上，结合我国的实际情况，对一般性的内容作了大幅度的删减与改编，在结构上也做了适当调整，对个别章节的内容，还做了某些补充。

本书可作为大专院校电子、电工类专业高年级学生或研究生的教材。但在开设本课程之前，必须以模拟电子技术基础作为先修课。此外，本书亦可供高等学校教师和从事电子技术应用的科技人员参考。

在本书编译过程中，康华光教授、邹寿彬副教授曾分别对全书进行了认真校订；对于他们的热情支持和具体指导，编译者表示衷心的感谢。

由于编译者水平所限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

严隆兴

1988年9月于武昌华中理工大学

目 录

第一章 运算放大器和电压比较器的应用	(1)
1.1 运算放大器的应用	(1)
1.2 电压比较器的应用	(32)
习题	(36)
参考文献	(36)
第二章 视频放大器.....	(38)
2.1 晶体管的频率响应	(39)
2.2 晶体管的特征频率	(42)
2.3 多级放大器的带宽和上升时间	(44)
2.4 视频放大器的设计思想	(45)
2.5 共发射极视频放大电路分析举例	(46)
2.6 733 型差动视频放大器	(47)
2.7 共发射极-共基极放大器	(54)
2.8 射极跟随器在宽带放大器中的应用	(57)
2.9 差动式视频放大器 CA3040	(61)
2.10 宽频带运算放大器 HA2539	(65)
2.11 场效应管高频放大器	(68)
2.12 单位增益缓冲器	(70)
习题	(71)
参考文献	(75)
第三章 调制器、解调器和鉴相器.....	(77)
3.1 平衡式调制-解调器	(77)
3.2 调制-解调器的转移导纳和增益	(82)
3.3 幅度调制	(84)
3.4 频率调制	(90)
3.5 倍频器	(96)

3.6 鉴相器	(96)
习题	(99)
参考文献	(102)
第四章 锁相环	(103)
4.1 压控振荡器	(103)
4.2 锁相环的工作原理	(112)
4.3 锁定区	(113)
4.4 捕捉区	(114)
4.5 调频信号解调器	(116)
4.6 锁相环频率合成器	(120)
4.7 调幅信号的检波	(121)
4.8 立体解调	(122)
4.9 集成锁相环实例 LM565	(124)
4.10 锁相环应用设计举例	(126)
习题	(127)
参考文献	(129)
第五章 乘法器、除法器 and 函数变换器	(131)
5.1 乘法器的性能	(131)
5.2 乘法技术	(134)
5.3 对数-指数乘法器	(136)
5.4 多功能变换器	(143)
5.5 四象限可变跨导乘法器	(154)
5.6 对数变换	(158)
习题	(169)
参考文献	(172)
第六章 温度、磁场和压力集成传感器	(173)
6.1 集成温度传感器	(173)
6.2 集成磁场传感器: 霍尔效应	(183)
6.3 压力传感器	(192)
习题	(197)

参考文献	(199)
第七章 特殊功能集成电路	(200)
7.1 测量放大器	(200)
7.2 隔离放大器	(203)
7.3 微功率集成电路	(205)
7.4 高压集成电路	(214)
7.5 电压分配电路	(216)
7.6 带过载保护的集成功率晶体管	(219)
7.7 频率/电压变换器	(226)
7.8 压缩扩展器	(229)
7.9 电子衰减器	(232)
7.10 双线变送器	(233)
7.11 调频音响电路	(238)
7.12 调频立体声解调器	(240)
7.13 调幅收音机集成电路	(246)
7.14 彩色电视集成电路:色度解调器	(249)
7.15 开关电容滤波器	(252)
参考文献	(254)
第八章 集成电路和电子系统中的噪声	(255)
8.1 热噪声	(257)
8.2 散粒噪声	(261)
8.3 晶体管的噪声	(262)
8.4 差动放大器的噪声	(271)
8.5 达林顿复合晶体管的噪声	(273)
8.6 MOS 场效应管的噪声特性	(274)
8.7 运算放大器的噪声分析	(275)
8.8 低噪声运算放大器	(277)
习题	(279)
参考文献	(282)
第九章 电荷转移器件:模拟延迟线	(284)

9.1 电荷耦合器件	(284)
9.2 斗链式器件	(296)
9.3 电荷传输器件的采样率	(303)
9.4 电荷传输器件的应用	(305)
习题	(318)
参考文献	(319)
第十章 光电子集成电路和系统	(320)
10.1 光电二极管	(320)
10.2 光电晶体管	(324)
10.3 辐射探测器	(327)
10.4 辐射给半导体器件造成的破坏	(328)
10.5 光耦合隔离器	(329)
10.6 光电模拟信号的传输	(331)
10.7 槽缝式和反射式发射-探测组件	(334)
10.8 光导纤维	(336)
10.9 图像传感器	(342)
10.10 应用电荷耦合器件的图像传感器	(356)
习题	(371)
参考文献	(375)
附录	(377)
物理常量、物理单位、变换因子	
部分材料参数	

第一章 运算放大器和 电压比较器的应用

运算放大器是许多模拟集成电路系统的基本构件，它的应用范围极为广泛。我们将在理想运放的假设条件下（即既不考虑输入失调电压、输入偏置电流和输入失调电流的影响，也不考虑有限开环增益和有限带宽的影响）给出描述各电路功能的关系式。

本书对运算放大器和电压比较器的特性和内部电路不作详细分析，这方面内容可以参阅本章末所附有关参考文献。

书中所有运放的同相和反相输入端都采用习惯表示法，即上面的输入端表示反相（-）输入端，下面的输入端表示同相（+）输入端。

1.1 运算放大器的应用

1. 电压跟随器 电路(图 1.1)的电压增益 $A_v = V_o/V_s = 1$ 。它具有极高的输入阻抗 Z_{IN} 和极低的输出阻抗 Z_o ，常作为高内阻信号源和低阻抗负载之间的缓冲器使用。

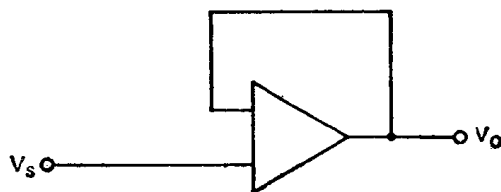


图 1.1 电压跟随器

2. 同相放大器 电路(图 1.2)的输出电压 $V_o = (1 + R_2/R_1)V_s$. 它具有很高的输入阻抗 Z_{IN} 和很低的输出阻抗 Z_o .

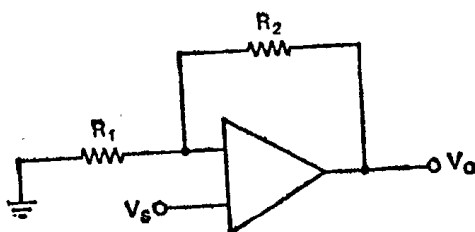


图 1.2 同相放大器

3. 反相放大器 电路(图 1.3)的输出电压 $V_o = -(R_2/R_1)V_s$. 它的输入阻抗 $Z_{IN} = R_1$, 输出阻抗很低.

4. 相加放大器 电路(图 1.4)的输出 $V_o = -R_F(V_1/R_1 + V_2/R_2 + \dots)$. 对应各输入信号 $V_1, V_2, V_3, \dots$ 的输入阻

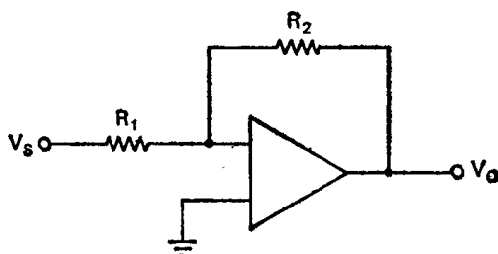


图 1.3 反相放大器

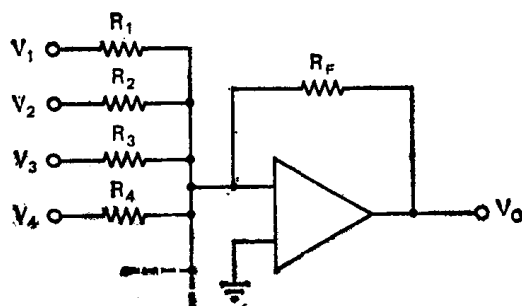


图 1.4 相加放大器

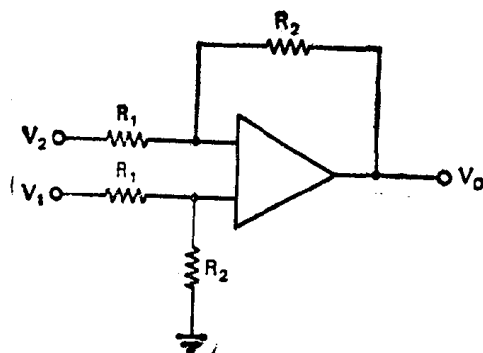


图 1.5 差动放大器

抗分别是 R_1 , R_2 , R_3 , ...

5. 差动放大器 电路(图 1.5)的输出电压与两输入信号之差成正比, 即 $V_o = (R_2/R_1)(V_1 - V_2)$. 信号 V_1 的输入阻抗是 $R_1 + R_2$, 信号 V_2 的输入阻抗是 R_1 .

6. 代数相加放大器 该电路(图 1.6)是简单相加电路的推广, 它的输出电压等于各输入信号的加权代数和, 权的大小由电阻比决定.

7. 电流/电压变换器 电路(图 1.7)产生的输出电压正比于输入电流, 即 $V_o = -I_s R_f$. 输入阻抗等于反馈电阻 R_f

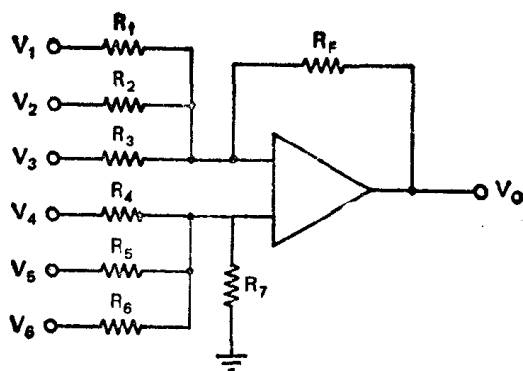


图 1.6 代数相加放大器

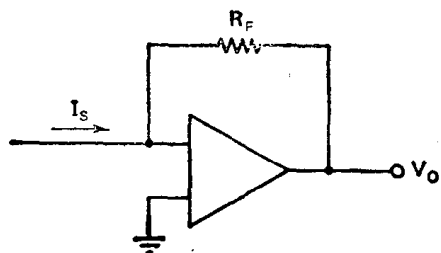


图 1.7 电流/电压变换器

除以运放的开环增益 A_{OL} , 即 $Z_{IN} = R_F / A_{OL}$, 输出阻抗也很低。

8. 电压/电流变换器 通过负载电阻 R_L 的电流 $I_L = V_s / R_1$. 可见, 它受输入电压控制, 而与负载 R_L 无关。因

此该电路(图 1.8) 可以作为压控恒流源使用。但必须注意, 负载电阻无接地端。

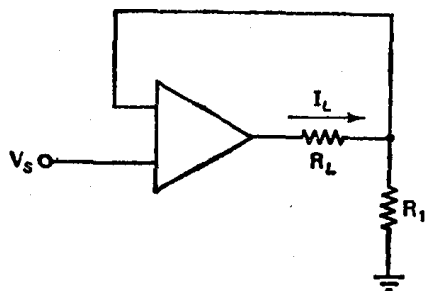


图 1.8 电压/电流变换器

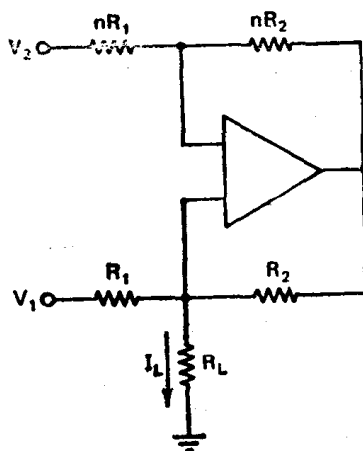


图 1.9 带接地负载的恒流源

9. 带接地负载的恒流源 通过负载电阻 R_L 的电流为 $I_L = (V_1 - V_2) / R_1$, 它与负载电阻 R_L 无关, 而正比于输入电压差。故该电路(图 1.9)带接地负载的恒流源 (howland 电流源) 亦可作为压控恒流源, 且负载电阻可以接地。

10. 积分器 该电路(图 1.10) 的输出电压 V_o 正比于输入电压 V_s 在积分周期 T 内的积分值, 即 $V_o = -(1/R_1 C_1)$

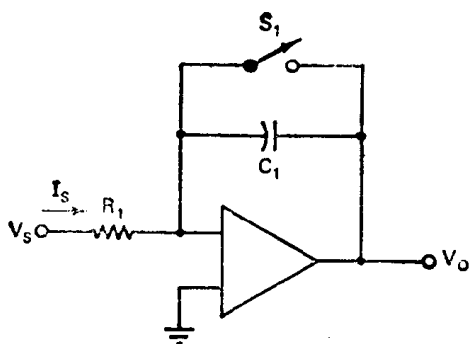


图 1.10 积分器

$\times \int_0^T V_s dt$. 积分周期由开关 S_1 控制. 当 $t=0$ 时, 开关断开, 积分开始; $t=T$ 时, 开关闭合, 积分结束. 此后, 电容 C_1 放电, 为下一个积分周期作准备. 若输入信号为电流 I_s , 电阻 R_1 可以省略, 此时电路可作为电流积分器工作. 输出 $V_o = -(1/C_1) \int_0^T I_s dt = -Q/C_1$, Q 是积分过程中电流向电容提供的电荷量.

11. 有源低通滤波器 在频域内(正弦激励), 该电路(图 1.11)的闭环增益 $A_{OL} = -(R_F/R_1)/(1+j\omega R_F C_F)$. 可见, 该电路是一低通滤波器. 其零频增益 $A_{OL}(0) = -R_F/R_1$,

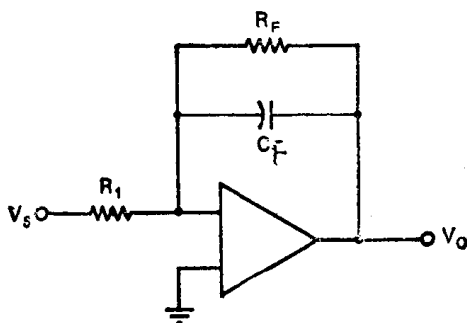


图 1.11 有源低通滤波器

-3dB 带宽 $BW = 1/2\pi R_F C_F$. 在时域内, 电路的单位阶跃响应 $V_o(t) = -(R_F/R_1)[1 - \exp(-t/R_F C_F)]$. 若输入信号的周期 T 比时间常数 $R_F C_F$ 短得多 ($T \ll R_F C_F/5$), 则输出电压近似等于输入电压的积分.

12. 微分器和有源高通滤波器 若 $R_1 = 0$, 则该电路(图 1.12)为理想的微分器. 其输出电压正比于输入电压对于时间的导数, 即 $V_o = -R_F C_1 (dV_s/dt)$. 如果希望限制电路的高频增益, 以抑制部分噪声, 提高信噪比, 那么, 可使用小阻值的电阻 R_1 . R_1 的选择应使时间常数 $R_1 C_1$ 比输入信号周期小得多. 在频域内, 该电路作为高通滤波器使用, 它的增益 $A_{OL} = V_o/V_s = j\omega R_F C_1 / (1 + j\omega R_1 C_1)$.

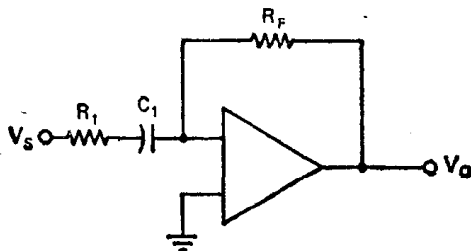


图 1.12 微分器和有源高通滤波器

13. 加法积分器 该积分器(图 1.13)是简单积分器的推广. 电路的输出电压

$$V_o = -\frac{1}{C_1} \int_0^T \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right) dt$$

14. 加法微分器 该电路(图 1.14)是简单微分器的推广. 若满足条件 $R_1 C_1 \ll T$, $R_2 C_2 \ll T$ 和 $R_3 C_3 \ll T$ (其中 T 是输入信号的周期), 则电路的输出电压

$$V_o = -R_F \left(\frac{C_1 dV_1}{dt} + \frac{C_2 dV_2}{dt} + \frac{C_3 dV_3}{dt} \right)$$

15. 精密半波整流器 电路(图 1.15)的输出电压为

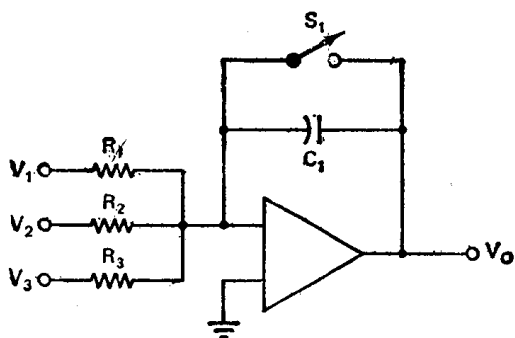


图 1.13 加法积分器

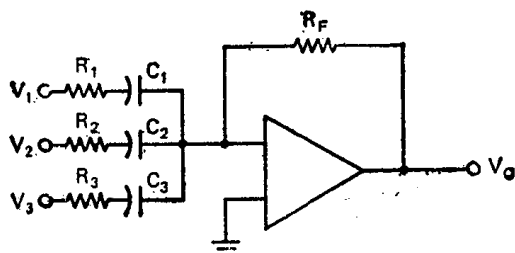


图 1.14 加法微分器

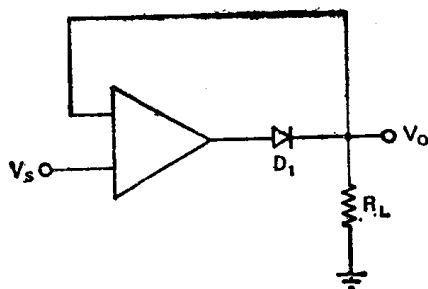


图 1.15 精密半波整流器

$$V_o = \begin{cases} V_s & V_s > 0 \\ 0 & V_s \leq 0 \end{cases}$$

该电路可用作精密半波整流器或通信电路的检波器。这里，由于运算放大器的开环增益极高，所以二极管正向压降的影响可以忽略。

16. 精密全波整流器(绝对值电路) 在这个电路(图 1.16)里, $V_o = |V_s|$ 。由于与精密半波整流器同样的原因, 二极管正向压降的影响也可忽略。

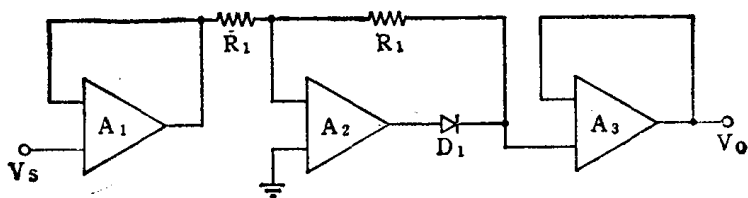


图 1.16 精密全波整流器

17. 精密峰值检波器 电路(图 1.17)的输出电压 V_o 等于输入电压的最高正峰值。电压跟随器 A_2 将 C_1 与负载隔离, 以免 C_1 经负载放电。

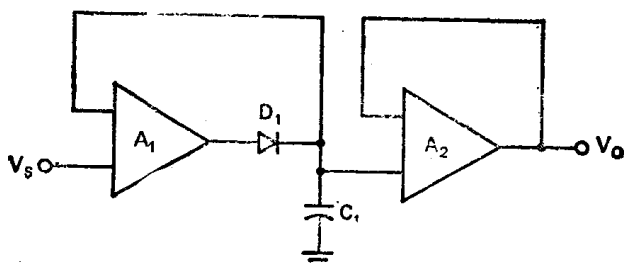


图 1.17 精密峰值检波器

18. 增益可控放大器 该电路(图 1.18)可用作各种自动

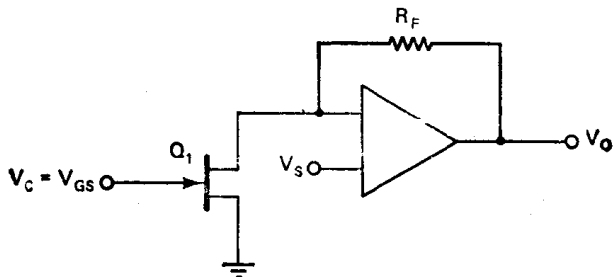


图 1.18 增益可控放大器