

电子线路 应用手册

DIANZI XIANLU
YINGYONG SHOUCE

⑤ 杨兴瑶 主编



化学工业出版社

电子线路 应用手册

DIANZI XIANLU
YINGYONG SHOUCE

② 杨兴瑶 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电子线路应用手册/杨兴瑶主编. —北京: 化学工业出版社, 2012. 11
ISBN 978-7-122-12519-4

I. 电… II. 杨… III. 电子电路-手册 IV. TN710-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 208047 号

责任编辑: 刘 哲
责任校对: 顾淑云

文字编辑: 吴开亮
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 24½ 字数 471 千字 2013 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 69.00 元

版权所有 违者必究

随着电子技术和信息产业的迅猛发展，迫切要求从业人员应具备广泛的电子线路的知识。但目前无论是侧重理论的教材或侧重应用的技术手册，从中都难以找到能提供较系统和全面的理论兼实用的电路解析。教材中的所有单元章节以及任何复杂的电子设备（包括各种工业设备和形形色色的家用电器和通信装置），其中的电子线路都是由各种基本单元线路通过演变、扩展、相互耦合和相互连接而组成的。要想熟悉、掌握各种电子装置的设计原理、分析技术和使用方法，都必须要从了解这些单元线路开始。实际应用的单元线路与原始的基本线路又有很大的不同。这些实际线路是通过众人不断充实、改进、完善以及大量测试比较等种种环节之后才形成的。基本线路只是作为教材供初学者学习的简化模型，深入理解实际工作中遇到的大量复杂的甚至一时无法分解的各种电路并能在此基础上有所创造，才是衡量电子技术人员技能、水平和能力高低的标志。

由于当前各种电子线路方面的教材以及单单针对某一任务的实用线路方面的参考书很多，而兼有这两方面特点的书籍较少，因此编写这样一本书籍供广大电子技术人员参考是有必要的。

本书综合了电子线路各个方面的内容。从器件上看，包括二极管、双极性晶体管和场效应晶体管以及运算放大器等基本原理和各种应用；从线路上看，包括各种整流、限位、放大、滤波、变换、运算、比较、信号产生、调制解调和各种功放电路等，以及实用的各种工程电路。所述内容尽可能深入浅出、简单明了；所选的应用电路尽可能切合实际，使读者不仅能从中学习有关电子线路的原理知识，有利于加深对基本电路的理解和拓展，而且还有助于读者开拓思路，增强分析力、理解力以及自我设计能力。

鉴于作者水平与能力所限，书中遗漏、不妥之处望读者不吝指正。

作者

2012年7月

1	各种二极管应用电路	1
1.1	普通二极管应用电路	2
1.1.1	普通二极管的外形、特性曲线和参数	2
1.1.2	基本的半波(零式)整流电路	3
1.1.3	二极管液面指示电路	6
1.1.4	基本的全波(桥式)整流电路	6
1.1.5	二极管方向和位置不同时的半波整流电路	8
1.1.6	带偏移电压(电动势)的二极管整流电路	8
1.1.7	二极管限幅电路	10
1.1.8	二极管钳位电路	11
1.1.9	二极管峰值和峰-峰值检测电路	13
1.1.10	二极管倍压整流电路	14
1.1.11	二极管泵电路	17
1.1.12	二极管阻尼(保护)电路	17
1.1.13	二极管极性保护电路	18
1.1.14	使用一个12V交流电源控制两个6V直流继电器的电路	18
1.1.15	二极管门电路	19
1.2	稳压管应用电路	19
1.2.1	稳压管基本稳压电路及型号和参数	19
1.2.2	采用稳压管改变电压表指示范围的电路	22
1.2.3	具有温度补偿的串联稳压管稳压电路	22
1.2.4	采用稳压管与二极管串联的多级稳压电路	22
1.2.5	降低加在电解电容上电压值的稳压管电路	22
1.2.6	降低加在继电器上电压值的稳压管电路	23
1.2.7	稳压管限幅电路	23
1.3	稳流管的应用电路	24
1.3.1	稳流管的等效电路和负载电路	24
1.3.2	采用稳流管的限流保护电路	24
1.3.3	稳流二极管波形变换电路	25
1.3.4	利用稳流管产生基准稳定电压的电路	25
1.3.5	可调稳流管应用电路	25
1.4	变容二极管应用电路	26
1.4.1	变容二极管的基本电路	26
1.4.2	变容二极管作调谐电容的电路	27
1.5	PIN二极管应用电路	27
1.5.1	PIN二极管的结构特点和主要参数	27
1.5.2	PIN二极管作高频开关的电路	28
1.5.3	PIN二极管作高频变阻衰减器的电路	28

2

各种晶体管器件及其应用电路 30

- 2.1 双极性晶体管应用电路 31
 - 2.1.1 双极性晶体管基本电路 31
 - 2.1.2 晶体管的外形、封装和型号参数 32
 - 2.1.3 复合晶体管基本电路 34
 - 2.1.4 晶体管片状电路和组合模块电路 34
 - 2.1.5 晶体管三种基本组态电路 35
 - 2.1.6 利用晶体管的一个 PN 结作稳压管的电路 37
 - 2.1.7 利用晶体管的一个 PN 结构成二极管钳位电路 37
 - 2.1.8 利用晶体管作开关器件 38
 - 2.1.9 提高开关速度的晶体管开关电路 39
 - 2.1.10 由晶体管开关器件的射极杂散电容构成调幅收音机的解调电路 39
 - 2.1.11 晶体管数字开关电路 39
 - 2.1.12 复合和组合晶体管数字开关电路 39
 - 2.1.13 晶体管开关控制继电器通断电路 40
 - 2.1.14 达林顿晶体管控制继电器通断电路 40
 - 2.1.15 由达林顿晶体管控制的延时继电器电路 41
 - 2.1.16 两级晶体管开关控制直流电动机正反转电路 41
 - 2.1.17 晶体管作恒流源发生器的电路 42
- 2.2 场效应管应用电路 42
 - 2.2.1 场效应管的类型和特性比较 42
 - 2.2.2 场效应管的型号和参数 42
 - 2.2.3 复合场效应管和双栅极场效应管 46
 - 2.2.4 场效应管的封装和组合模块电路 46
 - 2.2.5 场效应管三种基本组态电路 47
 - 2.2.6 利用场效应管的一侧沟道作控制开关元件 47
 - 2.2.7 场效应管作电压控制等效电阻用的电路 48
 - 2.2.8 场效应管作恒流源发生器的电路 48
 - 2.2.9 互补对称 MOS 场效应管 (CMOS) 基本电路——反相器 49
 - 2.2.10 典型 CMOS 集成电路 4007 49
- 2.3 单结晶体管应用电路 50
 - 2.3.1 单结晶体管基本电路和参数 50
 - 2.3.2 由单结晶体管产生输出振幅可调的锯齿波信号发生器电路 51
 - 2.3.3 由单结晶体管构成线性度好的锯齿波信号发生器电路 52
 - 2.3.4 利用单结晶体管构成的电键电路 52
 - 2.3.5 由单结晶体管组成的多频音信号发生器电路 52
 - 2.3.6 可产生钢琴节拍器信号的单结晶体管电路 53
 - 2.3.7 声音音调可逐渐升高的单结晶体管电笛电路 53
 - 2.3.8 振荡频率受光控的单结晶体管电路 53
 - 2.3.9 单结晶体管控制交流电路的通断 54

3

各种晶体管放大应用电路 55

- 3.1 双极性晶体管线性交流放大电路 56
 - 3.1.1 双极性晶体管线性放大基本偏置电路 56
 - 3.1.2 具有固定电压增益 10 的改进分压器偏置电路 58

3.1.3	具有固定电压增益 10 的电压反馈偏置电路	58
3.1.4	产生两路相位相反各输出的分相器电路	59
3.1.5	共集极基本放大电路 (射极跟随器)	59
3.1.6	带有自举电路的射极跟随器	59
3.1.7	采用达林顿管的射极跟随器	59
3.1.8	互补射极跟随器	59
3.1.9	达林顿互补射极跟随器	60
3.1.10	共基极基本放大电路	60
3.1.11	具有两个晶体管串联的宽带放大电路	61
3.1.12	两级交流放大电路	61
3.2	场效应管线性交流放大电路	62
3.2.1	结型场效应管线性放大基本偏置电路	62
3.2.2	具有自偏置的源极跟随器	62
3.2.3	采用电位器偏置的源极跟随器	62
3.2.4	结型场效应管与双极性晶体管混合组成的源极跟随器	63
3.2.5	结型场效应管共源极放大电路	63
3.2.6	MOS 型场效应管线性放大基本偏置电路	63
3.2.7	场效应管组合电路	65
3.2.8	具有高输入阻抗的 MOS 管源极跟随器	66
3.2.9	典型的采用 4007CMOS 集成电路构成的放大电路	66
3.3	晶体管音频前置放大电路	66
3.3.1	简单的晶体管前置放大电路	66
3.3.2	具有均衡网络的音频前置放大电路	67
3.3.3	陶瓷和晶体拾音头用音频均衡网络	68
3.3.4	多用途前置放大电路	68
3.3.5	场效应管前置放大电路	69
3.3.6	音频放大器中音量控制电路	69
3.3.7	音频信号无源音调控制电路	69
3.3.8	音频信号有源音调控制电路	70
3.3.9	音频信号混合电路	71
3.4	晶体管功率放大电路	71
3.4.1	甲类、乙类和甲乙类功率放大电路	71
3.4.2	互补晶体管放大电路的类型	72
3.4.3	双电源供电的甲乙类互补射极跟随器	73
3.4.4	单电源供电的甲乙类互补射极跟随器	73
3.4.5	具有推动级的单电源供电互补射极输出器	74
3.4.6	采用达林顿管的互补射极输出器	74
3.4.7	超快速单位增益缓冲放大电路	74
3.4.8	可自动切换电源电压的缓冲放大器电路	75
3.5	差分放大电路	76
3.5.1	差分放大电路的基本类型	76
3.5.2	最简单的对称输入、对称输出差分放大电路	76
3.5.3	具有恒流源的差分放大电路	77
4	运算放大器应用电路	78
4.1	运算放大器的基本电路	79

4

运算放大器应用电路

4.1	运算放大器的基本电路	79
-----	------------	----

4.1.1	运算放大器（简称运放）的主要产品外形、型号、参数和术语	79
4.1.2	理想运放原理电路	85
4.1.3	具有失调补偿引脚的运放电路	86
4.1.4	可消除运放自激振荡的电路	86
4.1.5	运放输入端保护电路	87
4.1.6	运放输出端保护电路	88
4.1.7	运放输出端短路保护电路	88
4.1.8	运放电源端保护电路	89
4.2	反相运放放大电路	90
4.2.1	反相运放电路的基本构成	90
4.2.2	具有直流输入偏置补偿的反相放大电路	91
4.2.3	由通用运放 741 构成的反相放大电路	91
4.2.4	采用 0062 高速场效应管运放的反相放大器	91
4.2.5	交流信号耦合反相放大电路	91
4.2.6	具有快速转换速率的反相放大电路	92
4.2.7	具有前馈补偿的反相放大电路	93
4.2.8	单位增益反相器电路	93
4.2.9	仪表放大电路中应用的单位增益反相器	93
4.2.10	由太阳能电池产生信号的运放电路	94
4.3	同相运算放大电路	94
4.3.1	同相运放电路的基本构成	94
4.3.2	同相放大器的偏置电流补偿	95
4.3.3	具有直流输入偏置补偿的同相放大电路	96
4.3.4	利用 PN 结压降的运放偏置电流补偿电路	97
4.3.5	交流信号耦合同相放大电路	97
4.3.6	同相运放电路作缓冲器或隔离器使用	98
4.3.7	增益自 1~1000 可调的同相运放电路	98
4.3.8	门控同相放大电路	98
4.3.9	由压电传感器控制的同相放大电路	98
4.3.10	复位稳定的同相放大电路	99
4.3.11	具有单位增益的同相运放电路——电压跟随器	99
4.3.12	具有快速作用的电压跟随器电路	100
4.3.13	具有偏置可变的电压跟随器（精密电平移位器）电路	101
4.3.14	双电源供电的电压跟随器电路	101
4.3.15	单电源供电的电压跟随器电路	101
4.3.16	单电源供电的 MOS 场效应管运放电压跟随器电路	102
4.3.17	采用双极性管运放的单电源电压跟随器电路	102
4.4	高性能运放电路	102
4.4.1	低漂移输入的精密运放电路	102
4.4.2	利用场效应管前置放大的精密运放电路	103
4.4.3	运放的偏置电流补偿电路	103
4.4.4	高共模输入跟随器的偏置补偿电路	105
4.4.5	利用匹配放大器来补偿偏置电流的电路	105
4.4.6	源极跟随器无失调的输入缓冲运放电路	105
4.4.7	具有低输入电流的宽带反相器电路	106
4.4.8	增大输出电流的运放电路	106
4.4.9	由多个运放组合大的输出电流电路	107

4.4.10	通过移动电平构成的高电压运放电路	108
4.4.11	具有输出级功率提升的运放电路	110
4.4.12	高增益、大电流运放电路	111
4.4.13	具有超高速的反相运放电路	112
4.4.14	高精度低偏置的电流跟随器运放电路	112
4.4.15	失调低和速度快的反相运放电路	112
4.4.16	可工作在反相和同相下的通用运放电路	112
4.4.17	通过电流补偿提高运算跨导放大器线性度的电路	113
4.5	利用运放作加减运算的电路和差分电路	113
4.5.1	加减运算电路	113
4.5.2	差分放大基本电路	115
4.5.3	差分放大电路的调零	116
4.5.4	具有偏置电流补偿的差分放大电路	116
4.5.5	具有 $\pm 20\text{V}$ 共模输入信号范围的差分放大电路	116
4.5.6	由多个运放组成的差分放大电路	117
4.5.7	具有电平移动的差分放大电路	117
4.5.8	采用场效应管源极跟随器输入的差分电路	117
4.5.9	具有 $\pm 100\text{V}$ 共模输入范围的差分放大电路	117
4.6	对数和反对数运算电路	119
4.6.1	对数和反对数运算基本电路	119
4.6.2	晶体管-运放对数变换器基本电路	119
4.6.3	采用运放 4131 构成的对数运算电路	120
4.6.4	具有温度补偿的对数运算电路	120
4.6.5	两种晶体管组态电路构成的对数器比较	120
4.6.6	动态范围达 120dB 的对数发生器电路	120
4.6.7	高速对数发生器电路	121
4.6.8	采用 301 运放构成的反对数运算电路	121
4.6.9	反对数(指数)运算电路	122
4.7	乘法、除法、乘方和开方运算电路	123
4.7.1	乘法、除法、乘方和开方运算电路的基本构成	123
4.7.2	对数式乘法器/除法器电路	125
4.7.3	二象限模拟乘法器基本电路	125
4.7.4	改进型二象限乘法器电路	126
4.7.5	四象限模拟乘法器基本电路	126
4.7.6	MC1459 线性化模拟乘法器集成电路	127
4.7.7	AD532 和 AD534 可微调的集成乘法器电路	127
4.7.8	乘积信号检测电路	129
4.7.9	双边带乘积信号检测电路	129
4.7.10	采用 747 运放的乘法器	130
4.7.11	不需要组合电路的可编程乘法器电路	130
4.7.12	利用乘法器构成的乘方和立方电路	131
4.7.13	采用 1494 运放的典型集成乘法器	131
4.7.14	采用 1495 和 1741 的乘法器电路	131
4.7.15	采用 1495 和 1741 的除法器电路	131
4.7.16	利用乘法器构成的除法器基本运算电路	132
4.7.17	由 101 运放构成的乘除法电路	132
4.7.18	可增加信号处理能力和线性化的模拟除法器电路	133

4.7.19	AD532 和 AD534 可微调的除法器电路	133
4.7.20	输入电压可从 500mV 变化至 50V 的乘除法运算电路	134
4.7.21	利用 1494 集成乘法器的乘方运算电路	134
4.7.22	利用 1494 集成乘法器的方根运算电路	135
4.7.23	幂函数(根指数)发生器电路	135
4.8	微分和积分运算电路	137
4.8.1	各种类型微分和积分电路的基本构成	137
4.8.2	利用运放构成的基本积分电路和基本微分电路	137
4.8.3	微分器的试验电路	138
4.8.4	具有理想频率特性的实际微分器电路	138
4.8.5	简单的微分器电路	139
4.8.6	具有脉冲前沿微分和后沿微分的电路	139
4.8.7	由电压跟随器构成的微分电路	139
4.8.8	利用采样-保持和运放组成的特殊微分器电路	140
4.8.9	积分器的试验电路	140
4.8.10	带有复位功能的积分器电路	142
4.8.11	带有复位功能的改进型积分器电路	142
4.8.12	具有旁路电阻的简单积分电路	143
4.8.13	具有低误差的积分器电路	143
4.8.14	利用 T 型网络增大积分器时间常数的电路	143
4.8.15	具有输出限制的积分器电路	143
4.8.16	具有差分输入的积分器电路	143
4.8.17	带有复位功能的低偏置积分器电路	144
4.8.18	具有偏置电流补偿的积分器电路	145
4.8.19	具有快速作用的积分器电路	145
4.8.20	具有复位、保持和启动门限控制的积分器电路	146
4.9	电压比较器和窗口比较(鉴别)器电路	146
4.9.1	电压比较器的基本电路	146
4.9.2	利用运放作比较器的试验电路	148
4.9.3	单端输入比较器基本电路	148
4.9.4	具有大电阻反馈的电压比较器电路	148
4.9.5	过零检测电压比较器	149
4.9.6	快速精密电压比较器	149
4.9.7	同相输入的滞环比较器	150
4.9.8	交流信号过零检测电路	150
4.9.9	具有正反馈作用的滞环比较器电路	150
4.9.10	具有滞环的单端比较器电路	150
4.9.11	采用 301A 运放的钳位比较器电路	151
4.9.12	适于 DTL 和 TTL 逻辑器件的钳位电路	151
4.9.13	具有钳位反馈的单端滞环比较器电路	152
4.9.14	钳位值可精密调整的钳位电路	152
4.9.15	窗口比较器的基本电路	152
4.9.16	上下限可调节的窗口比较器电路	153
4.9.17	具有时间延迟输出的比较器电路	153
4.9.18	长延时控制的比较器电路	153
4.9.19	由比较器控制的单拍电路	153
4.9.20	由比较器控制和晶体管驱动负载的电路	154

4.9.21	由光敏二极管精确控制的比较器电路	154
4.9.22	驱动 TTL 电路用的比较器	154
4.9.23	通用的窗口比较器电路	154
4.9.24	具有内部门控的窗口比较器电路	155
4.9.25	窗口中心和宽度可调的窗口比较器电路	155
4.9.26	阶梯窗口比较器电路	155
4.9.27	由集成比较器构成的电路	156
4.9.28	采用多重（四或双器件）构成的比较器电路	157
4.9.29	精密集成运放比较器电路	158
4.9.30	采用双运放的窗口比较器电路	158
4.9.31	采用双反馈放大器的零滞环比较器电路	158
4.9.32	利用比较器电路取代机械式双位开关	160
4.9.33	采用单片比较器产生输出脉冲的电路	160
4.10	采用运放的二极管功能电路	161
4.10.1	二极管的等效电路和模型	161
4.10.2	同相输入运放二极管整流电路	162
4.10.3	反相输入运放二极管整流电路	162
4.10.4	高保真、高速运放二极管整流电路	162
4.10.5	精密二极管整流电路	164
4.10.6	带平滑滤波的全波整流电路	164
4.10.7	简单的运放二极管削波器	165
4.10.8	自缓冲（低输出阻抗）的串联削波器（线性“或”门）	165
4.10.9	具有高阻和低阻两路输出的削波器	166
4.10.10	运放二极管直流恢复器	166
4.10.11	运放限幅基本电路	167
4.10.12	运放双向限幅电路	167
4.10.13	限幅值可调的双向限幅电路	167
4.10.14	防止运放饱和的限幅电路	168
4.10.15	具有高精度的简单限幅电路	168
4.10.16	利用晶体管 PN 结构成的限幅电路	168
4.10.17	利用桥式稳压电路构成的限幅电路	168
4.10.18	利用两稳压管串联（双稳压管）构成的限幅电路	168
4.10.19	具有泄漏隔离的 T 型反馈限幅电路	169
4.10.20	利用二极管桥构成的电流型限幅电路	169
4.10.21	二极管桥接在反馈支路上产生死区的电路	170
4.10.22	产生可变死区的电路	171
4.10.23	线性检波（求绝对平均值）的基本电路	171
4.10.24	高精度和宽频带的线性检波电路	171
4.10.25	高精度和 10MHz 带宽的线性检波电路	171
4.10.26	峰值检波基本电路	172
4.10.27	带缓冲的峰值检波电路	172
4.10.28	带有自举二极管的峰值检波电路	173
4.10.29	峰-峰值检波电路	173
4.10.30	由运放构成的折线近似电路	174
4.10.31	反馈型扩展的折线近似电路	174
4.10.32	反馈型压缩的折线近似电路	174
4.10.33	由运放和二极管构成的绝对值电路（精密全波整流电路）	175

4. 10. 34	由相同阻值电阻构成的绝对值电路	175
4. 10. 35	改进型绝对值电路	176
4. 10. 36	简化的绝对值电路	176
4. 10. 37	增益可编程自缓冲绝对值电路	176
4. 10. 38	单电源供电的绝对值电路	177
4. 10. 39	用 9V 电池供电的绝对值电路	177
4. 10. 40	有滤波和缓冲功能的单电源供电绝对值电路	177
4. 10. 41	“无二极管”的绝对值电路	177
4. 10. 42	绝对值放大电路	178
4. 10. 43	绝对值电路——理想全波整流器	178
4. 10. 44	失调电压可调整的绝对值电路	179
4. 10. 45	由双极性晶体管和场效应晶体管混合运放构成的绝对值放大电路	179
4. 11	由运放直接驱动负载的电路	180
4. 11. 1	运放驱动指示灯和发光二极管的电路	180
4. 11. 2	由运放驱动继电器的电路	181
4. 11. 3	由运放驱动的模拟开关	181
4. 11. 4	运放驱动电容性负载	182

5 工业用运算放大器电路 183

5. 1	仪表放大器电路	184
5. 1. 1	仪表放大器的基本电路	184
5. 1. 2	具有可调输入平衡的仪表放大器电路	185
5. 1. 3	具有固定增益 1000 的仪表放大器电路	186
5. 1. 4	具有差分输入的仪表放大器电路	186
5. 1. 5	由光敏二极管控制的仪表放大器电路	186
5. 1. 6	具有 $\pm 100\text{V}$ 范围共模输入的仪表放大器电路	186
5. 1. 7	具有高共模抑制能力的仪表放大器电路	188
5. 1. 8	带有缓冲差分输入的仪表放大器电路	188
5. 1. 9	采用简单运放的仪表放大器电路	188
5. 1. 10	具有可变增益的差分输入仪表放大器电路	189
5. 1. 11	增益可编程控制的仪表放大器电路	189
5. 1. 12	场效应管输入型仪表放大器电路	189
5. 1. 13	输入具有屏蔽保护的仪表放大器电路	190
5. 1. 14	具有高共模差分输入的仪表放大器电路	191
5. 1. 15	具有高输入阻抗的仪表放大器电路	191
5. 1. 16	高增益宽频带仪表放大器电路	192
5. 1. 17	高增益低漂移仪表放大器电路	192
5. 1. 18	单级 CMOS 线性放大电路	193
5. 1. 19	三级 CMOS 线性放大电路	193
5. 1. 20	高输入阻抗、低噪声放大电路	193
5. 1. 21	采用差分结构的前置放大电路	194
5. 1. 22	双通道线性多路转换电路	195
5. 1. 23	仪表放大器集成电路的基本型号、特点和典型结构	195
5. 1. 24	INA101 用于失调电压可调的仪表放大器电路	196
5. 1. 25	心电图测量用仪表放大器电路	196
5. 1. 26	具有自动调零的仪表放大器电路	196
5. 1. 27	AD524 仪表放大器的典型应用电路	197

5.1.28	AD623 仪表放大器的典型应用电路	198
5.1.29	AD627 仪表放大器的典型应用电路	199
5.2	隔离放大器电路	200
5.2.1	隔离放大器的基本电路	200
5.2.2	隔离放大器集成电路的基本型号和特点	200
5.2.3	采用 ISO122P/124 隔离放大器的单电源电路	203
5.2.4	ISO100 光耦隔离放大器	203
5.2.5	采用 ISO100 单极性隔离测试仪表电路	203
5.2.6	采用 ISO100 隔离放大器减小噪声的电路	204
5.3	可编程增益放大器电路	204
5.3.1	组合式可编程增益放大器电路	204
5.3.2	PGA 系列和 AD 系列可编程增益放大器集成电路的型号和特点	207
5.3.3	采用 INA102 仪表放大器和 PGA102 可编程增益放大器的电路	207
5.3.4	采用 ISO122 隔离放大器和 PGA102 可编程增益放大器的电路	207
5.3.5	两个可编程增益放大器串联的电路	208
5.3.6	由 OPA-27 普通运放和 PGA203 可编程增益放大器构成的电路	208
5.3.7	利用模拟电流开关构成的增益可编程电路	209
5.3.8	利用键盘为运放增益编程	211

6 振荡、信号发生与变换电路 212

6.1	振荡电路	213
6.1.1	振荡产生的条件和基本类型	213
6.1.2	LC 振荡器的基本电路	213
6.1.3	考毕兹振荡器电路	215
6.1.4	哈特莱振荡器电路	215
6.1.5	差分对管 LC 正弦振荡器电路	215
6.1.6	集成 LC 振荡器电路	216
6.1.7	改进型 LC 振荡电路	217
6.1.8	RC 振荡器的基本电路	217
6.1.9	文式电桥振荡电路	218
6.1.10	场效应管稳定型文式电桥振荡电路	218
6.1.11	文式电桥 RC 振荡应用电路	219
6.1.12	石英晶体振荡器的基本电路	220
6.1.13	简单的晶体控制振荡器电路	221
6.1.14	泛音并联型晶振电路	223
6.1.15	串联型晶体振荡器电路	223
6.1.16	具有调制的晶体振荡器电路	224
6.1.17	采用 CA3140 的振荡电路	224
6.1.18	利用分压器来设置 CMOS 振荡电路的门限值	224
6.1.19	产生清晰猝发声的快速启动门振荡电路	225
6.1.20	占空比为 50% 的 CMOS 振荡器电路	226
6.1.21	利用隧道二极管构成的负阻振荡电路	226
6.1.22	开关电容振荡电路	227
6.1.23	正交(正弦/余弦)振荡电路	228
6.1.24	三相振荡电路	228
6.2	信号发生器电路	230
6.2.1	信号发生器电路的组成	230

6.2.2	由 555 时基电路构成的方波发生器电路	231
6.2.3	锯齿波信号发生器电路	231
6.2.4	低频锯齿波频率扫描电路	232
6.2.5	由程控晶体管 (PUT) 控制的锯齿波信号发生器电路	233
6.2.6	同步型锯齿波信号发生器电路	233
6.2.7	具有恒流充电的斜坡信号发生器电路	233
6.2.8	能产生宽频带线性斜坡信号的放大电路	234
6.2.9	可单独控制斜率和频率的斜坡信号发生器电路	235
6.2.10	利用微分器和锁存器构成同步单稳电路	236
6.2.11	由双极性和 VMOS 两类晶体管构成的混合电路产生快速功率脉冲	236
6.2.12	采用双充电电流支路来扩展脉冲重复的速度	236
6.2.13	无升压变压器的超声波脉冲发生器电路	237
6.2.14	二进制序列脉冲产生电路	238
6.2.15	脉冲延迟输出电路	238
6.2.16	高速射极耦合逻辑信号发生器电路	238
6.2.17	利用两个反相器和一个晶体构成的起振电路	239
6.2.18	利用单片集成电路产生有 90° 相移的两正交波形信号	239
6.3	多谐振荡器电路	240
6.3.1	无稳态多谐振荡器电路	240
6.3.2	单电源供电的无稳态多谐振荡器电路	242
6.3.3	用来测试运放性能的无稳态多谐振荡器电路	242
6.3.4	单稳态多谐振荡器电路	242
6.3.5	双稳态多谐振荡器电路	243
6.3.6	长延时的单稳态多谐振荡器电路	243
6.3.7	具有可变延迟时间的单稳态多谐振荡器电路	244
6.3.8	大功率单稳态多谐振荡器电路	244
6.3.9	微功率单稳态多谐振荡器电路	245
6.3.10	由 CA3098 构成的单稳态多谐振荡器电路	245
6.3.11	低功率晶体振荡器时间信号产生电路	246
6.3.12	低频率多谐振荡器电路	247
6.3.13	采用 CA3097 的脉冲信号发生器电路	247
6.3.14	具有可变占空比的无稳态功率多谐振荡器电路	247
6.3.15	无稳态脉冲信号发生器电路	248
6.3.16	具有可变通断时间的无稳态多谐振荡器电路	248
6.3.17	控制灯或 LED 闪亮的无稳态多谐振荡器电路	248
6.3.18	脉冲宽度可编程控制的单稳多谐振荡器电路	248
6.4	典型波形信号产生和变换电路	250
6.4.1	三角波信号发生器电路	250
6.4.2	高速精密的扫描信号发生器电路	251
6.4.3	电压控制相移的三角波和方波信号发生器电路	251
6.4.4	最简单的将三角波变换为方波的电路	252
6.4.5	微功率的方波信号产生电路	252
6.4.6	能将三角波输入信号转换为正弦波输出信号的电路	252
6.4.7	将正弦波变换为占空比可调的方波的电路	254
6.4.8	将方波变换为三角波的电路	254
6.4.9	运放并联二极管将三角波信号变换为正弦波信号的电路	254
6.4.10	将三角波信号整形成正弦波信号的电路	255

6.4.11	将三角波信号变换为正弦波信号的电路	256
6.5	触发器和时钟信号产生电路	257
6.5.1	自激脉冲发生器电路	257
6.5.2	由运放构成的施密特触发器电路	257
6.5.3	控制继电器动作的功率施密特触发器电路	258
6.5.4	可保持占空比为 50% 的可调节 TTL 时钟电路	258
6.5.5	稳定的晶体时基电路	259
6.5.6	时间倒数时钟信号发生电路	259
6.6	函数发生器电路	260
6.6.1	函数发生器集成电路 XR-2206	260
6.6.2	常用逻辑函数发生器电路	262
6.6.3	仅用一个电位器控制的 1Hz~1MHz 的函数发生器电路	263
6.6.4	阶梯信号发生器电路	263
6.6.5	输出方波和三角波的函数发生器电路	263
6.6.6	频率可调的函数发生器电路	263
6.6.7	函数曲线合成电路	263
6.6.8	正、负斜率独立可变的函数发生器电路	266
6.6.9	通过反馈和前馈扩展顺序随机数发生器电路	267
6.6.10	利用环形计数器来合成正弦波形信号的电路	267
6.6.11	多种波形同步发生器电路	267
6.6.12	音频电压控制振荡器电路	267
6.6.13	低耗晶振用于激发超声波信号发生器电路	270

7

有源滤波器	271
7.1 有源滤波器的基本电路	272
7.1.1 有源滤波器的类型和特性	272
7.1.2 典型的无限增益多路反馈低通和高通滤波器电路	272
7.1.3 典型的无限增益多路反馈带通滤波器电路	277
7.1.4 简单的单片低通滤波器电路	277
7.1.5 10Hz 四阶巴特沃斯低通滤波器电路	278
7.1.6 采用 XR-13600 的电压控制滤波器电路	278
7.1.7 采用 NE5517A 的电压控制滤波器电路	279
7.1.8 多截止频率滤波器电路	279
7.1.9 电压控制二阶滤波器电路	279
7.1.10 双 T 带通放大器电路	279
7.1.11 10MHz 带通放大器电路	281
7.2 具有特殊功能的滤波器电路	281
7.2.1 通用有源滤波器电路	281
7.2.2 全通滤波器电路	281
7.2.3 可跟踪输入信号的滤波器电路	282
7.2.4 利用单片回转器简化有源滤波器电路	283
7.2.5 反相放大器用于反转滤波器的电路	283
7.2.6 双斜率滤波器可使扬声器交叉响应最佳化	283
7.2.7 高品质因数 (Q 值) 低通和带通滤波器电路	285
7.2.8 频率可选择的高通和低通滤波器电路	285
7.2.9 可降低噪声的双值响应滤波器电路	285
7.2.10 利用频率控制门构成的高品质因数滤波器电路	285

7.2.11 具有低 Q 值和高增益多重反馈的滤波器电路	286
7.2.12 利用电压控制积分器来设置滤波器的带宽	287
7.3 开关电容滤波器电路	288
7.3.1 开关电容积分器及其滤波电路	288
7.3.2 开关电容滤波器集成电路	289
7.4 带阻和陷波滤波器电路	290
7.4.1 带阻滤波器和陷波滤波器中的双 T 网络	290
7.4.2 对 50Hz 工频干扰进行滤波的陷波器电路	291
7.4.3 具有 60Hz 陷波的低通滤波器电路	291
7.4.4 60Hz 和 50Hz 带阻滤波器电路	292
7.4.5 具有带通滤波和陷波两种输出的电路	292
7.4.6 由低通和高通滤波器组成的宽带带阻滤波器电路	292
7.4.7 采用 FLT-U2 的 4kHz 陷波电路	293
7.4.8 可用时钟调谐的陷波电路	293
7.4.9 音频陷波滤波器电路	294
7.4.10 可调谐的陷波滤波器电路	294
7.4.11 通过文式电桥和运放来选择陷波滤波器的带宽	294
7.4.12 利用 T 型电桥来选择滤波器的陷波频率和带宽	294

8

调制与解调电路	297
8.1 幅值调制电路	298
8.1.1 幅值调制的基本原理和基本电路	298
8.1.2 具有载波抑制的二极管调幅电路	299
8.1.3 简单的晶体管调幅电路	301
8.1.4 可控制增益的幅值调制电路	301
8.1.5 由双平衡调制信号形成波形的电路	301
8.1.6 双边带抑制载波的调制电路	302
8.1.7 采用集成电路 MC1596 构成的调幅器	302
8.1.8 由 XR-2206 函数发生器构成的调制电路	302
8.1.9 利用乘法器构成的幅值调制器电路	303
8.1.10 带有积分器的调制扫描电路	303
8.1.11 脉冲振幅调制 (调幅) 电路	304
8.1.12 采用平衡式调制芯片构成的三信号乘法器电路	305
8.2 调幅解调与检波电路	306
8.2.1 调幅解调的基本原理和基本电路	306
8.2.2 调幅收音机检波的实际电路	307
8.2.3 采用运放的检波电路	307
8.2.4 乘积型同步检波电路	308
8.2.5 采用 MC1595 构成的同步检波电路	308
8.2.6 具有单边带抑制的环形乘积型检波电路	309
8.2.7 具有双边带抑制的乘积型同步检波电路	309
8.2.8 利用乘法器构成的平衡调制-解调器电路	311
8.3 频率调制和相位调制	312
8.3.1 频率调制和相位调制的基本原理和基本电路	312
8.3.2 调频信号发生器电路	313
8.3.3 采用晶振和变容二极管的调频电路	313
8.3.4 采用 LM566 压控振荡器的调频电路	314

8.4 调频解调与鉴频电路	314
8.4.1 调频解调的基本方法	314
8.4.2 单失谐回路斜率鉴频电路	315
8.4.3 双失谐回路(平衡)斜率鉴频电路	315
8.4.4 采用 LM565 锁相回路的鉴频电路	316
8.5 脉宽调制电路	317
8.5.1 采用单 CMOS 运放构成的脉宽调制电路	317
8.5.2 脉冲占空比调制电路	318
8.5.3 压控单稳电路——电压-脉宽变换器	318

9 锁相回路和频率合成与变换电路

9.1 锁相回路	321
9.1.1 锁相回路基本电路	321
9.1.2 超过 360° 的锁相回路函数发生器	323
9.1.3 将多种输入信号变换为方波、三角波和正弦波信号输出的锁相回路	323
9.1.4 利用 LC 锁相回路产生三次泛音的电路	323
9.1.5 能检测出锁相回路是否锁定的指示电路	324
9.1.6 利用 D 触发器来获知锁相回路是否锁定的电路	325
9.1.7 锁相回路的滤波电路	325
9.1.8 采用 NE562 的锁相分频电路	326
9.1.9 采用 NE562 的调频解调电路	326
9.1.10 由集成锁相环 NE561B 构成调幅信号同步检波电路	327
9.1.11 锁相频率合成基本电路	327
9.1.12 利用 XR-2206 作压控振荡器的锁相频率合成电路	328
9.2 电压控制相位变换	329
9.2.1 由 555 时基电路构成的线性电压控制振荡器电路	329
9.2.2 由 CA3130 和 CA3160 构成的压控振荡器电路	329
9.2.3 采用 CA3094 构成的简单的压控振荡器电路	329
9.2.4 输出可正(0° 相移)可负(180° 相移)的符号变换器电路	329
9.2.5 由开关选择符号的开关符号变换器电路	330

10 音频、音响和频段电路

10.1 音频应用电路	333
10.1.1 音频电路的基本组成	333
10.1.2 简单的话筒放大器电路	333
10.1.3 具有音调控制的陶瓷话筒放大器电路	333
10.1.4 无噪声动态话筒前置放大电路	334
10.1.5 磁性话筒用低噪声放大电路	334
10.1.6 完整的单声道前置放大电路	334
10.1.7 拾音器前置放大电路	335
10.1.8 磁性拾音器前置放大电路	335
10.1.9 磁带回放放大电路	336
10.1.10 单端和双端输入的放大电路	336
10.1.11 低噪声前置放大电路	336
10.1.12 可抑制汽车点火噪声和雷达脉冲干扰的音频噪声消除电路	338
10.1.13 单片 FM/IM(调频/中频)收音机静噪电路	338
10.1.14 由运放构成的音调控制器电路	338