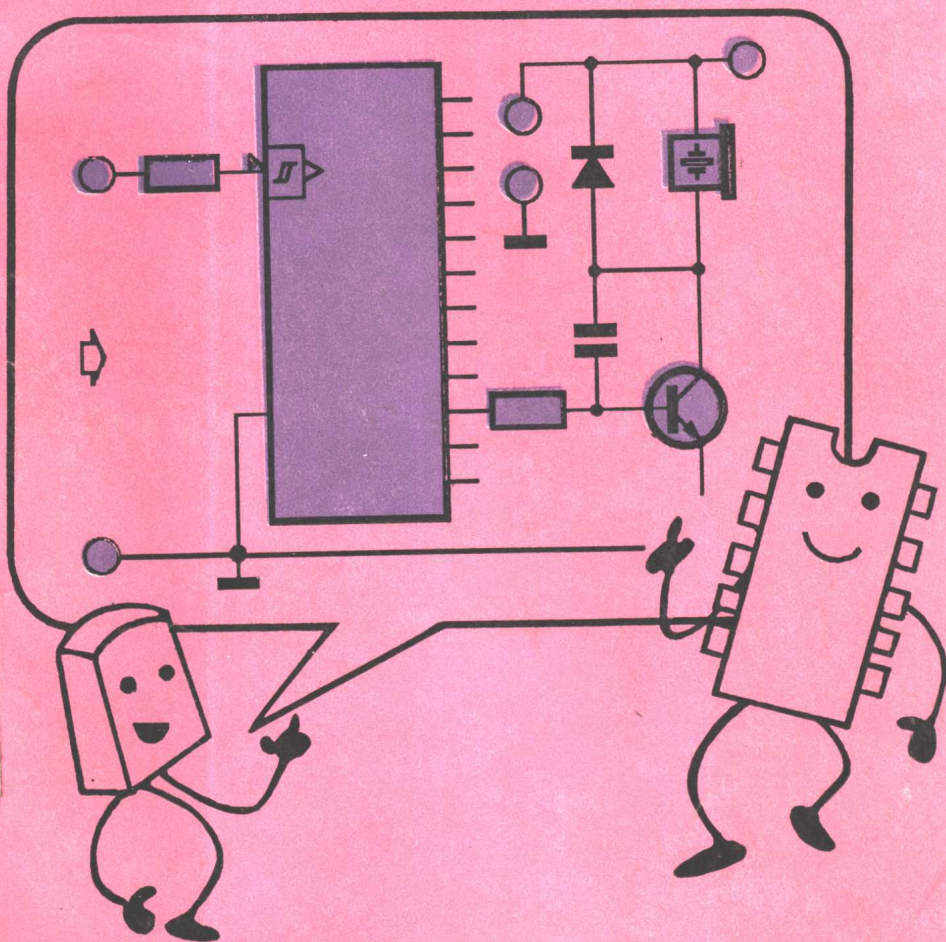


實用電子電路 手冊

周道宏 韋琳 編譯
吳再豐 張華

科學技術文獻出版社

第五冊



实用电子电路手册

(5)

周道宏 韦琳 编译
吴再丰 张华

科学技术文献出版社

(京)新登字130号

内 容 简 介

《实用电子电路手册》反映了近年来电子电路技术的新发展,同时对基础电子电路也给予了足够的重视。它的内容主要取材于国外电子专业书刊。本书是第五册,内容包括:各种运算放大器的分类、模拟电路,微型计算机外围电路,电源电路,调光电路,加热器控制电路,马达控制电路,其它功率控制电路,简易计测仪器电路等。每个电路除给出电路图外,还比较详细地介绍了该电路的工作原理、特性等,为读者理解和应用这些电路提供方便。

实用电子电路手册

(5)

周道宏 韦琳 编译
吴再丰 张华

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

昌平北七印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

850×1168毫米 32开本 12.375印张 420千字

1992年9月第1版 1992年9月第1次印刷

印数:1—10100册

ISBN 7-5023-1724-4/TN·104

定价:8.80元

前 言

电子学的发展非常迅速，尤其在半导体电子学方面，一九四八年晶体管发明至今已有四十多年，但目前几乎所有的电子设备都实现了集成电路化。

半导体器件最初以二极管和晶体管为主，最近晶闸管以及场效应晶体管、光半导体、集成电路等新的器件迅速被开发。由于没有充裕的时间慢慢的从阅读基础教科书开始，电子科技人员往往不容易经常获取最新的知识，而且其它各行各业人员也在越来越多的使用电子电路。本书是以包括电子学在内的各行业科技人员及对电子学感兴趣的业余电子爱好者为对象，作为一套立竿见影的实用图书汇编而成的。

本书共分五册，收编了数千个各种不同功能的实用电路，每个电路都有详实的文字说明，其大部分内容取材于近年来国外电子书刊对各种实用电子电路的介绍。读者通过阅读本书，不仅能手头的实际工作有所帮助，而且还可掌握电路工作原理和设计方法，达到举一反三的目的。

此外，本书的特点是各章分类与一般图书不同，特别突出实用项目，而且把各章分为基础篇和实用篇，在实用篇中收编了尽可能多的实用电路。

吕乔青先生对本书进行了认真的审校，在此表示深切的谢意。

目 录

第一章 模拟电路	1
各种运算放大器的分类	2
单电源工作的运算放大器	2
通用双极型运算放大器(单一型)	2
通用双极型运算放大器(双重)	3
通用双极型运算放大器(四重)	3
低噪声双极型运算放大器	3
Bi-FET运算放大器系列	3
Bi-MOS运算放大器系列	4
高精度运算放大器	4
大功率输出运算放大器	5
低输入电流(高输入阻抗)运算放大器	5
高速、宽频带运算放大器	10
低功耗运算放大器	10
模拟电路	10
PR热电偶用斩波型前置放大器	10
使用四重运算放大器(2902)的单片斩波放大器	12
高性能低价格的峰值取样保持电路	13
能在宽范围内设定的比较器	14
宽频带电平微调电路	17
使用晶体管的绝对值放大电路	19
电流全波整流电路	22
对数放大器	24
电流-时间间隔对数变换器	25
用除法器构成的高精度比率运算器	27
对数压缩方式数字音频处理器	30
精密相位可变器	32
输出100W(100Vrms)的变频电源	35
使用运算放大器的高压大电流输出放大器	37
宽频带功率放大电路	39

宽频带 90° 移相器	41
声音处理用的低通滤波器	43
电压控制滤波器	45
自动平衡型低通滤波器	47
非线性响应速度又具有高抑制率的滤波放大器	48
多级开关转换型宽频带有源低通滤波器	52
不用温度传感器的恒温加热电路	55
霍尔IC无触点报警电路	56
用CDS光耦合器制作的文氏电桥低频振荡器	58
高输出功率的点触CR振荡器	59
用单联电位器改变频率的正弦波振荡器	61
模拟正弦波电路	63
附 录	65
运算放大器高输入阻抗电路的安装方法	65
印刷电路板材质的选择方法	67
第二章 微型计算机外围电路	71
微处理器(CPU)外围	71
通过主印刷电路板传送印刷电路板之间的信号	74
微处理器印刷电路板(CPU板)的制作	75
微型计算机的模拟输入	77
微型计算机用存储器	80
C-MOS存储器	81
外壳的接地和微型计算机的接地	81
微型计算机外围电路	84
初始复位电路	84
存储器写入保护电路	86
预置计时器	87
基准时钟电路	88
动态显示	91
二线式数字显示接口	93
RS232C两方向隔离器	94
静态键盘编码器	95
键盘编码器	97
用D-A变换器改善响应速度的F-V变换器	98
微程序序列发生器(之一)	101

微程序序列发生器(之二)	104
可以使用子程序的微程序序列发生器(之三)	106
微程序控制用循环计数器	109
能装入任意数值、增量、减量的电路	111
H68/TR用32K动态RAM电路	113
8080中的存储器读出电路	117
时钟用LSI的微型计算机连接	118
7段BCD变换电路	119
台式计算机用LSI的运算输出取出电路	123
采用比例工作的温度A-D变换	126
附 录	128
代替停电备用电池的“超级电容器”	128
能在印刷电路板上焊接的“锂电池”	131
第三章 功率控制电路	136
功率电路的噪声对策	137
减少噪声发生的开关元件的安装方法	137
从电源电路发生的噪声不仅限于包含在输出电压中的噪声	139
带有开关电路装置的噪声干扰防止方法	141
变压器的漏磁通造成的防止噪声的方法	142
电源电路	144
用三个三端子稳压器构成的实验用简易稳压电源($\pm 15V$, $+5V$)	144
采用数字控制的商品化电源——0~9.99V基准电压源	145
电压设定间隔为10mV/LSB的数字设定型标准电压源	148
带数字仪表的双系统稳压电源	150
稳流电路稳定度的提高	152
稳定化电源的稳定度的提高	154
发挥Bi-MOS型运算放大器特长的稳压电源电路	157
浮置型稳压、稳流电源电路	160
程控电源电路	162
使用高耐压晶体管的0~-500V单方向摆动的放大器	162
具备故障保险功能的电源电路	163
带保护电路的开关式调压器	165
自励式开关电源电路	167
交流稳压电路	169
调光电路	170

闪光灯电路	170
灯泡驱动电路	171
白炽灯的控制	173
用于白炽电灯的小型调光器	176
荧光灯调光电路(Ⅰ)	177
荧光灯调光电路(Ⅱ)	179
加热器控制电路	180
加热器(温度调节)电路	180
温度控制电路	182
使用铂测温体作为传感器的1kW加热器调温电路	183
以热敏电阻作为传感器的比例控制调温电路	185
使用C-MOS的热敏电阻调温器	187
采用PI控制的4kW调温电路	188
焊锡槽的温度控制电路	191
电饭煲的温度控制	194
简易型加热器控制器	198
电子恒温槽	199
通用结露控制器	201
使用热敏可控硅的温水锅炉的温度检出电路	202
马达控制电路	204
直流马达驱动电路	204
直流马达控制电路	206
直流马达的正转、反转控制电路	209
使用可控硅的直流马达驱动电路	213
马达驱动和速度控制电路	218
开关式调节的马达驱动电路	220
采用锁相环的直流马达控制电路	222
交流马达驱动电路	225
感应马达的控制电路	227
50kW以下的使用简单的涡流接续器的速度控制电路	231
使用MOS场效应管的步进电动机驱动电路	236
其他功率控制电路	240
继电器驱动电路	240
高精度无触点零交叉开关电路	242
变换器电路	245

逆变器电路	247
电磁灶控制电路	251
装有火焰检测电路的煤气点火电路	254
附 录	256
变压器设计法	256
作为部件使用的SSR	260
光电隔离器	264
第四章 简易测量仪电路	269
微电流计	269
交流电压计电路	271
使用乘法器阴极射线管(CRT)的线性校准器	272
存储触发前信息的电路	273
IC通、断校验器	275
导通试验器(I)	279
导通试验器(II)	281
用单电源工作的逻辑校验器	282
可编程型振荡器电路	284
电子式瞬时断路器可控硅保护电路	287
测量微小流量的微差压计	289
使用D/A变换器的1024步进衰减器	291
能改变截止频率的有源滤波器	292
即使没有马达也能模拟的直流马达可逆运转电路测试装置	294
测定模拟放大器微小非线性的简易线性校验器	297
用发光二极管显示相序好坏的相序校验器	303
运算放大器电路调整用的调零仪	307
软件调整用8085A程序检查器	310
便于校验动态工作内容可见的RAM	316
用于微型机硬件校验的开关ROM	318
模拟8080A动作的硬件调试器	322
电子式负载装置和电源电路的稳压试验装置	331
用5级显示20~100℃,用声音报警高温的温度校验器	333
采用LM3911作温度传感器的简易数字温度计	338
可获得高稳定标准电压的温度补偿型ZD的V _Z 校验器	340
用于挑选配对特性的FET的V _{GS} 、V _P 校验器	341
用于批量产品验收试验的开关晶体管V _{CE} (sat)校验器	343
利用齐纳二极管噪声的白噪声发生器	345

用点火线圈再现人工雷——宽带噪声发生器	346
冲击大电流测定电路	349
可变间隔的双脉冲发生器	352
能在100Hz~4MHz间精细设定的可编程脉冲发生器	353
能够正确设定占空系数的脉冲串发生器	355
产生10Hz~100kHz的正弦波、三角波、矩形波的函数发生器	356
用相位比较器的高精度简易型频率检测校验器	361
兼作逻辑探头的检查用计数器	363
测量接触电阻或线绕电阻器等的低电阻校验器	365
从1Ω到19MΩ分6个量程的宽量程电阻校验器	367
精密测定低电阻的数字电压表用电阻测定接头	369
输出阻抗测定器	371
超小型多用测定器	373
利用V-F变换器的累计功率计	377
石英手表校准器	381
电流输出型温度传感器与数字电压表组合的数字温度计	382
使用电压输出型温度传感器的数字温度计	383

第一章 模 拟 电 路

在模拟电路中运算放大器是最标准化的器件。已经研制出了具有各种特点的运算放大器，并已实现规范化。

一方面，从最近电子电路的发展趋势即可看出，信号处理电路已完全数字化了。并且，通过使用微型计算机，力求进一步实现高速、高性能、高稳定性。但与微型计算机相关的输入/输出(I/O)电路还必须用模拟电路。随着微型计算机的高性能化，对于这种模拟电路要求的技术水平也越来越高。

另一方面，半导体器件的制作技术逐年提高，并逐步应用于运算放大器的制作中。以前，运算放大器的代表产品是 $\mu A709$ 和 $\mu A741$ 。最近，为了适应用户的要求，进一步提高电路性能，可以说，运算放大器不是朝着多功能通用型方向发展，而是向专用化方向发展。专用化方向如下：

- (1) 低噪声
- (2) 高输入阻抗
- (3) 高速、宽频带
- (4) 低补偿、低漂移
- (5) 低功耗
- (6) 高压、大功率

等等。各种专用运算放大器都在向提高性能方向发展。

特别是出现了一种称为Bi-FET的运算放大器，它是由双极型电路和结型场效应管(FET)组合而成的，使性能(2)得以明显提高。此外，这种Bi-FET运算放大器的其他性能也很好。以前用分立元件组成的电路，现在可以用运算放大器来实现，大大拓宽了它的应用范围。

运算放大器集成电路(IC)基本上实现了标准化，因而可以从不同公司购买同一种电路产品。但是模拟信号本身信息量的多少也有些差别，所以对于从A公司购买的运算放大器，不能用从B公司购买的相同型号的产品代替，这种情况还是比较多的。运算放大器的标准化问题，大概与通用型数字IC的标准化不同，所以选择运算放大器不像选择数字IC那么容易，必须精心选择。可以说，能否为各种各样的模拟电路选择最合适的运算放大器也代表了一个技术人员能力的强弱，水平的高低。

各种运算放大器的分类

本手册第6~9页汇总了各个公司生产的运算放大器的交叉参考资料,供选用时参考。可以以此为基础去选择运算放大器,但当选好要用的运算放大器后,还必须按各公司给出的参数表或通过向各公司询问后再确定是否合用。

单电源工作的运算放大器

单电源工作的运算放大器中,有一种供汽车用的产品,叫作“诺顿运算放大器”。这里只选择了标准差动型运算放大器。

初期的单电源工作的运算放大器,是NS公司生产的型号为LM324的放大器(四重运算放大器)。最近已可以从各公司买到双重运算放大器产品。由于大大降低了供电电源的成本,所以单电源放大器在很多方面都得到了应用。

要注意工作电源的最大额定电压 单电源工作的运算放大器,因为差运输入级是PNP晶体管,所以最大工作电压的额定值各种各样(LM2902:26V; LM324:32V; TA75902:36V等)。因此,一般限制在 $\pm 15\text{V}$ 电源的场合使用,这一点必须注意。这种运算放大器用两个电源同样可以工作。

用于放大交流信号时要注意交越失真 在324型运算放大器构成输出级的情况下,对于交流信号的输出会产生交越失真。因此,在要处理交流信号的场合,最好使用输出级改善为AB级的MC3403型运算放大器(最早由摩托罗拉公司制造)。因此,会增加一部分消耗电流。

单电源运算放大器的多样化 已经出现了Bi-FET型的单电源运算放大器。TI公司的TI094就是其中的一种。还发表了一种带有补偿电压调节端的高精度低功耗运算放大器OP-20(PMI公司产品)。

通用双极型运算放大器(单一型)

对于这类放大器不需再多作说明。通用型双极运算放大器主要以741型和301A型为主;另外,还可以从专门生产模拟集成电路的模拟器件公司和精密单片公司等的产品中根据补偿电压、噪声电压、输出电压摆率等指标进行选择,选取较便宜的器件。在一定程度上,可使应用741或301A的系统得以改善,目前已出现了这种趋势。

验收测试手段完善的公司,有时在进行运算放大器的验收测试时,用逐级叠加补偿电压等方法,以获得到低价格高精度的运算放大器。

通用双极型运算放大器(双重)

双重(dual)运算放大器中,以有补偿电压调节能力的747型和归入小型DIP(8管脚)类的4558、1458型为主。与前面叙述的单一型运算放大器同样,也有许多改进型产品。

在这些改进型产品中,以改进“AC特性”的为多,这是为了适应在音频领域应用的运算放大器的需要而出现的。对此,将在后面的“低噪声运算放大器”中作说明。

另外,对于双重运算放大器,两个运算放大器的特性要非常相似,相似程度可用相对性来表示,但清楚地标明相对性的IC非常少。

通用双极型运算放大器(四重)

本来,四重运算放大器最先开发的是324型(单电源工作运算放大器),随后很久才开发了741型等产品。现实情况是324型的应用范围比LM348等四重741型的应用范围广。

这种运算放大器,NS、FC公司较少,生产高精度运算放大器的雷锡昂和哈里斯公司的产品可供选择的范围宽一些。

低噪声双极型运算放大器

这种运算放大器是指在音频领域应用的运算放大器,IC出现时就有这种放大器,但因为受到“输入噪声电压”的限制而不能广泛使用。然而,由于IC工艺的改进,已有可能制造出低噪声运算放大器,目前,已经形成了迅速普及的形势。

最近,日本的东芝、日本电气等公司已开始出售,改良过的4558型,它是一种双重运算放大器,音频区($f_0 = 30 \sim 30\text{kHz}$)内的输入噪声电压降低到 $2.5 \mu\text{V}_{\text{rms}}$ 以下。并且,这些运算放大器能以大的信号振幅覆盖音频带域,输出电流能驱动标准 600Ω 的负载,因而,作为一种非常有用的运算放大器,在音频区以外也能广泛使用。

Bi-FET运算放大器系列

Bi-FET运算放大器,已由TI、NS公司推出了系统性的产品系列,特别

是TI公司, 除有标准型的TL08×系列外, 还推出了低噪声TL07×系列, 低功耗TL06×系列。与TL07×系列相当的其它产品还有: NS公司的LF347, 351, 353型运算放大器和FC公司的 μ A771, 772, 774型运算放大器。

各公司都在开发高性能的产品, 如LF355, 356, 357系列, 这种运算放大器的特点是补偿电压的漂移小。

当分析Bi-FET运算放大器时, 按照脚标的不同, 输入补偿电压可有2~3种选择。通过采用激光微调技术, 能够预先在IC芯片上调整补偿电压, 从而实现了输入补偿电压的选择。这样, 就能够选择补偿电压小而且便宜的产品。特别是对于双重或四重运算放大器, 由于受IC管脚数的限制, 不能设置补偿电压调整端, 所以, 补偿电压小对在直流电路中应用非常有效。

Bi-FET运算放大器的另一个特点是输出压摆率高, 其值大约是双极型运算放大器的10倍。Bi-FET运算放大器的最大特点是输入电流小(pA数量级), 固可用该类放大器非常容易地设计高速积分电路和运算电路等。

Bi-MOS运算放大器系列

Bi-MOS运算放大器的特点是, 输入电流比Bi-FET运算放大器小一个数量级。现在, 数百日元就能买到输入电流为0.5pA的运算放大器, 这在Bi-MOS型运算放大器出现之前是不可想象的。因此, 采用这种运算放大器可以大大降低光传感器(光二极管)用的放大器或长时间积分器的价格。

Bi-MOS运算放大器的缺点是输入噪声电压(低频)比较大。这一点在制造高增益放大器时必须注意。另外, 这种运算放大器与普通的C-MOSIC一样, 输入回路的输入阻抗很高, 因而使用时不能加任何静电电势。

高精度运算放大器

这种器件适用于放大热电偶或应变仪输出的微弱信号, 低补偿电压漂移的运算放大器可以作为高精度运算放大器使用。

高精度运算放大器分直接连结型和斩波(调制)型两类。目前直接连结型产品占据了市场。

高精度直接连接型运算放大器, 在开发的 μ A725中, 以采用等 V_{be} 工作的产品为主(原理为, 当补偿电压为零时, 其漂移也为零)。专门生产模拟集成电路的模拟器件公司, PMI公司等有多种改良的 μ A725型系列产品。

哈里斯公司和英特锡尔公司用其独自的方法开发出斩波调制型运算放大

器。为了实现这种类型的运算放大器，哈里斯公司用Bi-MOS工艺，英特锡尔公司则采用了C-MOS工艺。

大功率输出运算放大器

一般来说，运算放大器多使用 $\pm 15\text{V}$ 的电源。输出电流在 $\pm 5 \sim \pm 25\text{mA}$ 之间。当处理大振幅的交流信号时，或在驱动伺服马达的情况下，就要用高电压运算放大器或大输出电流的运算放大器。在运算放大器的品种还比较少的时候，这类特殊运算放大器就需用分立元件来组成，如何消除“振荡”等将是需要认真考虑的问题。

现在，高电压运算放大器的工作电压上限为 $\pm 30\text{V}$ 或 $\pm 40\text{V}$ 。这也许是单片IC的耐压极限。这类运算放大器目前品种还不算多。

要取用大电流时，或者说要用功率运算放大器时，一部分要利用混合集成技术，即要和功率晶体管同时封装在一起。由英特希尔公司开发的产品的最大输出电流为 2.7A 。对这种运算放大器，散热设计是个重要课题。

对于只要求少量增加电流的场合，音频用电流为 $\pm 40\text{mA}$ （峰值）的低噪声运算放大器使用起来很方便。NS公司则牺牲耐压用微型双列直插式封装（微型DIP）做出了能提供电流为 250mA （峰值）的运算放大器，开发出的产品型号为LM13080。

低输入电流（高输入阻抗）运算放大器

低输入电流运算放大器是Bi-FET运算放大器和Bi-MOS运算放大器的组合。这里，对于输入（偏置）电流小于 $100\text{pA}_{\text{max}}$ 的，选用了作为Bi-FET、Bi-MOS运算放大器未曾介绍过的品种。因而，选取低输入电流运算放大器时也请参照前面对Bi-FET、Bi-MOS运算放大器的说明。

一般，一提到低输入电流运算放大器，很容易想到是FET输入型的，这种以FET为输入的放大器，温度每增加 8°C ，它的输入电流值就增加2倍。例如，若在 25°C 常温（IC内的结温为 35°C ）下，输入电流为 50pA ，则温度增加到 60°C （IC内的结温为 70°C ）时，输入电流就将增大到 800pA 。因而，根据使用环境条件的不同，有时选用输入电流低的双极型运算放大器比选用FET型运算放大器好。NS公司的LM316型运算放大器是这类放大器的典型产品。

如前面所述的原因，对于FET输入型的运算放大器，要选用初始输入电流很小的产品。模拟器件公司和布尔-布朗公司等用混合集成的方法，将选定的FET与电路真空密封地安装在一起。

PEC	东芝	日立	三菱	松下	富士通	JRC	KS	FC	MOA	TI	AMD	HAS	RTN
第一电源工作的函数	μPC151C 25C	TA7302P	HA17902		MC3014	NJM2902 NJM305A NJM2904	LM331/A LM2902 LM358/A LM2904	μA324 μA2902 μA3403 μA798	LM324 LM2902 MC3403 LM358 LM2904 MC3458	LM324/A LM301A LM307 TL094			LM324 LM2902 RC401A
通用双极型函数 (1)	μPC151C 741C	TA7504P	HA17741		MC3003 HD3609		LM741 LM748 LM301A LM307	μA741 μA748 μA777 μA301A μA307	MC1741 MC1748 LM301A LM307 MC1458	μA741 741 748 LM301A LM307			RC741 RC748 LM301A LM307 RC1858 RC4131
(双极型)	μPC251C 1158C μPC251C 4558C	TA75747 TA75458	HA17747 HA17458	MS2181	MB3606 MH3607		LM747 LM1458	μA747 μA1458 μA4558	MC1747 MC1458 MC4558	μA747 MC1458 RC4558 TL4558	747 Am1458 Am1501	HA2555	RC747 RC1458 RC4558
(双极型)	μPC451C 4741C						LM348 LM349	μA348 μA349 μA4136	MC4741	LM348 LM349 RC4136		HA4606 HA4741-5 HA4625	LM348 LM349 RC4136 HA4741-5
双电源工作型函数	μPC658C μPC658C μPC658C 4580C	TA7580P/S 7580P/S TA7597/S				NJM4556 NJM4558 NJM4562		μA759 μA749		NESS32/A NESS34/A		HA811	RC4559 RC4733 RC4156 RC4157
BUTTERWORTH BUTTERWORTH 函数	μPC801C 4081C μPC802C 4082C μPC804C 4084C						LF355/A LF356/A LF357/A LF351 LF353 LF347 LF13741	μAF355 μAF356 μAF357 μAF771 μAF772 μAF774 μA748	LF355/A LF356/A LF357/A MC34001 MC34002 MC34002 MC34004	TL061 TL071 TL081 TL082 TL072 TL083 TL064 TL074 TL084 TL086 TL087/086 TL087/086	LF355/A LF356/A LF357/A	LF354/A	LF354/A LF357/A
具有轨至轨输入电压							LM10042 LM10022 LM10052						

[illegible]