

国外最新应用电路设计精选

EDN CHINA DESIGN IDEAS

《电子设计技术 EDN CHINA》编辑部 编译

主编 李琼瑞 副主编 吴瑞生

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书精选了国际电子业著名的 EDN 杂志介绍的国外最新应用电路设计 200 例。这些实用电路都是以一定功能的集成电路块为基础,通过适当的设计而构成了各种功能的电路。主要包括运算放大器应用电路,仪器仪表测量电路及检测电路,传感器及其应用电路,变换器及信号处理电路,振荡器及信号发生器电路,电源监测、DC/DC 变换及充电器电路,调制解调及发送接收电路,A/D、D/A 变换电路,接口电路,控制、补偿及保护电路,时钟电路、计时、定时器电路及计数器电路,触发器、开关及驱动器电路,比较器、滤波器电路及整流电路等。本书适合于从事电子零部件、大小电子整机、电子系统、电子工程设计和电子技术应用及教学的工程师以上读者阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

国外最新应用电路设计精选/《电子设计技术·EDN CHINA》编辑部编译. — 北京:电子工业出版社,1998.9
ISBN 7-5053-4822-1

I. 国… II. 电… III. 功能块-电路设计-图集 IV. TN4 95
中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 17510 号

书 名:国外最新应用电路设计精选

编 译 者:《电子设计技术 EDN CHINA》编辑部

责任编辑:徐德霆 丛秋波

排版制作:电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者:北京市大中印刷厂

出版发行:电子工业出版社 URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店经销

开 本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:419 千字

版 次:1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5053-4822-1
TN·1166

定 价:24.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系调换,电话 68279077。

前 言

一代设计,一代整机。电子设计是电子业的先导和“引擎”。我国第一本专门为电子设计业服务的杂志《电子设计技术 EDN CHINA》,采用国际电子业著名的 EDN 品牌杂志内容,定期精选发表采用集成电路模块化设计的各种应用电路设计实例,受到我国电子设计开发人员的极大欢迎。应广大读者要求,我们精选了其中 200 例汇编成册,出版发行。这些电路主要包括了各种运放电路、信号发生器电路、接口电路、A/D 及 D/A 转换电路、电源调节电路、检测电路、信号处理电路、各种控制电路等十几种功能类别。这些电路设计实例(或设计思路)的设计人大多为美国“硅谷”知名公司的佼佼者,他们的设计构思独特、技术先进、实用性强,是国内电子工程技术界难得的参考资料。

随着半导体微电子技术的飞速发展,各种功能的集成电路(IC)也应运而生。集成电路的集成度越来越高、体积越来越小、功能越来越强大,不仅给提高各种电子组件、整机及系统的性能提供了良好的物质基础;也给从事电路设计的工程师们提供了广阔的施展才华的舞台。以前要用很多分立元器件才能构成一定功能的电路设计,现在采用一定功能的集成电路块,外加少量或极少的外接元件就可以完成。而且采用以集成块为基础的设计的电路还具有设计更简单、功能更强大、体积更小、稳定性和可靠性更高、可维修性更好及成本更低等特点。这种模块化的电路设计思路和设计方法使电子整机电路设计发生了一次质的飞跃。

目前我国电子工业的整体水平与发达国家相比尚有差距,从某种意义上说,也就是设计上的差距。因此,如何尽快地提高工程技术人员的设计水平将是我国电子业面临的一项既实际又十分具有挑战性的艰巨任务。其中或直接采用,或参考、吸收、消化国际上的一些先进的设计思想、设计方法甚至设计实例也不失为一种简便而快捷的途径。我们编辑出版这本《国外最新应用电路设计精选》的目的也就在于此。

本书是《EDN CHINA》编辑部集体劳动的结晶。在编辑出版过程中得到了电子工业出版社领导及有关同志的积极支持和具体指导。参加本书中精选文章翻译工作的有孙德辉教授、张质洞高级工程师、吴谨高级工程师等人;方佩敏教授协助完成部分编辑工作。在此,一并致谢!

李琼瑞

1998 年 8 月

目 录

一、运算放大器应用电路	(1)
1. 高增益、宽频带组合放大器的设计	(1)
2. 增益带宽为 290MHz 的仪表放大器	(2)
3. 能指示输入状态的运放整流器	(3)
4. 用复合放大器来改善电路噪声方法	(4)
5. 产生精密电流脉冲的 CMOS 缓冲器	(4)
6. 高性能低成本的电压控制放大器	(5)
7. 使斜波和三角波发生器线性化的加法器	(7)
8. 无二极管的分段线性放大器	(7)
9. 打印机端口控制放大器增益	(9)
10. 编程设计单电源运放电路	(11)
11. 热敏电阻数据的线性化变换电路	(13)
12. 具有数字式控制功能的双极性放大器	(14)
13. 输出电流加倍的双运放电路	(15)
14. 具有光隔离功能的电池供电放大器	(16)
15. 减小运算放大器电阻噪声的反馈网络	(18)
16. 不用对数放大器的二象限模拟乘法器	(19)
二、仪器仪表测量电路及检测电路	(21)
17. 工作于单电源的双极性峰值检测器	(21)
18. 用二极管测 IC 结温的方法	(22)
19. 可替代精密电压基准的 RC 网络输出	(23)
20. 数字转速计克服了模拟转速计的不足	(23)
21. 检测有害的紫外辐射的新型敏感器及其电路	(25)
22. 用 PC 的打印机端口测试频率	(26)
23. 加快热响应时间的敏感方法	(27)
24. 变换计数器测定热稳定性电路	(29)
25. 测试换能传感器转换系数的简易方法	(30)
26. 快速放大器简化交流测试	(31)
27. 检测和中断过电压电路	(34)
28. 用 DMM 测试光电平法	(35)
29. 简易型 10MHz 相位测试仪	(36)
30. 检测电压过量程的简单电路	(37)
三、传感器及其应用电路	(40)
31. 负阻抗改善电容传感器性能	(40)
32. 无需单独供电的远程温度传感器	(41)

33. 晶体管构成 RS-232C 数字温度计	(43)
34. 使用 I ² C 隔离器的温度传感器	(44)
35. 不会使电池放电的温度传感器	(46)
36. 用光峰值检测器实现 CCD 传感器的最佳性能	(47)
37. 从光纤线路激光器上获取电能的传感器电路	(48)
38. 防止数据讹误的震动传感器电路	(50)
四、变换器电路及信号处理电路	(52)
39. 高精度频率/电压变换器	(52)
40. 功耗极低的 900MHz 下变频器	(53)
41. 精确和稳定的均方根—直流变换器	(54)
42. PLL IC 构成简单的数字移相器	(55)
43. 使用锯齿波的精密波形变换器	(57)
44. 差动电流-单端电压变换器	(58)
45. 双晶体管组成双向电平变换器电路	(59)
46. 构成数字-阻抗变换器的网络电路	(60)
47. 以三角波工作的倍频器	(61)
48. 检测斜率极性的移相器	(62)
49. 用 MDAC 制作数字-电感变换器	(64)
50. 耗电仅 26 μ A 的 0.02% V/F 转换器	(66)
51. 增加 LED 显示的信号处理器	(68)
52. 用平面磁性元件构成开关转换器电路	(70)
五、振荡器及信号发生器电路	(72)
53. 验证测试电路的脉冲发生器电路	(72)
54. 动态范围大于 70 分贝的锯齿波发生器	(73)
55. 能降低失真和相位噪声的振荡器	(74)
56. 速度提高一倍的伪噪声发生器	(75)
57. DTMF 编码器制作低成本正弦发生器	(76)
58. 温度/时间变换振荡器	(77)
59. 将电流反馈放大器用作简单的振荡器	(78)
60. 电压控制正弦波频率	(79)
61. FIFO 产生便宜的波形发生器	(80)
62. 用少量元件就可使振荡器稳定输出的电路	(81)
63. 具有数字化可编程中心频率的压控振荡器	(82)
64. 解调 FM 信号的波形发生器	(84)
65. 用 PC 控制的经济型波形发生器	(85)
66. 能立即接通和同步关断的振荡器电路	(86)
67. 位斜坡线性度可编程斜坡信号发生器	(87)
68. 增加短噪声脉冲的噪声倍增电路	(88)
69. 利用可变增益控制产生纯正弦波电路	(89)
六、电源监测、DC/DC 变换及充电器电路	(90)

70.用比较器改善稳压器效率新方法	(90)
71.能显示电池五种电压状态的装置	(91)
72.提高调节器可靠性的措施	(92)
73.为 16 位 A/D 转换器提供规则能源的开关电源	(92)
74.能延长电池寿命的固态继电器	(93)
75.效率达 90% 的 cuk 变换器	(94)
76.具有保护功能的升压转换器	(95)
77.自动控制软启动负载	(96)
78.直流输入控制高效电池充电器	(97)
79.利用漏感复能电路提高电源效率	(98)
80.为高性能 μ P 供电的 8A 开关电源	(100)
81.指示充电速度的电池充电器	(101)
82.耗电不超过 8μ A 的电池监视器	(102)
83.0 ~ 20V 输出的扫描调压器	(103)
84.既供电又充电的定值电源	(105)
85.DC/DC 控制器生成负偏压	(106)
86.微控制器监视和控制交流电源电路	(107)
87.3 个输入电源为 3.3V 便携式变换器供电	(108)
88.用 3V 电池驱动 9V 螺线管的电路	(109)
89.效率达 96% 的 2.5A 电流充电器	(110)
90.提供 1.5V、7A 总线终端的电路	(111)
91.用自动局部敏感电路来改善电压调整的方法	(113)
92.用于电源线管理监视的监控 IC	(115)
93.测试电池充电器的恒压负载	(116)
94.测试电源瞬时响应的负载脉冲发生器	(117)
95.将六反相器用作低成本开关调压器	(118)
96.增加运放改进电源稳定性的设计	(119)
97.压降小于 0.4V 的负性调节器	(121)
98.提升调压器输出电流的 MOSFET 电路	(122)
99.产生 9V 隔离电压的 LAN 电源	(124)
100.用电池低压检测器作预调输入电压方法	(125)
101.简易电池电压监控电路	(126)
102.利用充电泵生成正偏压	(127)
七、调制解调及发送接收电路	(128)
103.具有微伏灵敏度的 10 美元接收机	(128)
104.限幅放大器构成 AM 调制器	(129)
105.运放振荡器简化了 RF 设计	(130)
106.拥有双独立开关的 RC 接收机	(132)
107.自己动手制作超外差式接收机	(133)
八、A/D、D/A 变换电路	(135)

108. 能实现真正双极工作的双 DAC	(135)
109. 隔离的 ADC 可降低功耗	(136)
110. 快速可编程采集系统	(137)
111. 用串行端口驱动 12 位 ADC	(138)
112. 减小 R - 2R 梯形网络中的热瞬变方法	(139)
113. 用限幅放大器制作高效 A/D 变换驱动器	(140)
114. 改进 R - 2R 梯形电路性能的多相位 DAC	(141)
九、接口电路	(143)
115. PLD 解决 RS - 232C 兼容问题	(143)
116. IC 组成微分线路驱动器/接收器	(145)
117. RS - 232C 总线驱动器 IC 驱动功率 MOSFET 电路	(146)
118. 可为 8 位开关阵列供电并读出信号的 RS - 232C 端口电路	(147)
119. 监测 RS - 232C 数据通信线路的电路	(150)
120. 用比较器来构成 3V 到 5V 或 5V 到 3V 的转发/收发器的设计	(151)
十、控制电路、补偿电路及保护电路	(153)
121. 计算机输入端的保护电路	(153)
122. 启动三端双向可控硅开关的全数字电路	(153)
123. 珀尔帖元件自控技术	(154)
124. 产生信号相移 90 度的全通网络	(155)
125. 开关调节器控制冷阴极荧光管	(156)
126. 温度控制器驱动珀尔帖冷却器	(158)
127. 防止电池反向的保护电路	(160)
128. 采用三线传感的远地充电电路	(161)
129. 步进马达定位的旋转式控制器电路	(162)
130. 用二组信号控制三色 LED	(163)
131. 控制监视器电路的处理器	(164)
132. 自动切断负载的简单电路	(165)
133. 能提供有效起动电压的太阳能电池变换器	(166)
134. 提供高速乘法运算的阵列逻辑电路	(167)
135. 采用数字控制的温度编程器	(169)
136. 数字控制高频 VGA 电路	(170)
137. 用模数转换器(ADC)使传感器获得温度补偿新法	(171)
138. 激光打印机制作印制电路板版图	(172)
十一、时钟电路、计时、定时器电路及计数器电路	(174)
139. 充分利用运放偏置电流的简单定时器	(174)
140. 单门同步时钟电路	(175)
141. PLD 实现快速 4 相位时钟发生器	(175)
142. 超前渐近式大型 FPGA 计数器	(177)
143. 完全控制 μ P 复位的通用监视计时器	(178)
144. 将固态继电器转换成定时器的电路	(179)

145. 可防止过电流损害电流敏感 IC 的保护电路	(180)
146. 延时线作钟频倍频器	(181)
147. 时钟故障时把备用时钟切换给系统使用的方法	(182)
十二、触发器、开关及驱动器电路	(185)
148. Verilog 程序为准稳态触发器建模	(185)
149. 无变压器的 LCD 驱动器	(186)
150. FPGA 三态缓冲器形成 32×32 纵横开关	(187)
151. 振荡器延展史密特触发器工作范围	(188)
152. 两元件驱动步进电机	(189)
153. 减少峰值检测器复位时间的模拟开关	(190)
154. 预充电电容器确保 MOSFET 高端启动	(191)
155. FPGA 电路仿真 74×74 触发器	(192)
156. 驱动锁存继电器的简单电路	(193)
157. 减少功耗和成本的简单的螺线管驱动电路	(195)
158. 记忆输入脉冲宽度的单触发电路	(196)
十三、比较器电路、滤波器电路及整流电路	(198)
159. 1MHz 精密整流器	(198)
160. 产生二进制数字输出的频率比较器	(199)
161. 相似法帮助信号分析	(200)
162. 达到直流精度的陷波滤波器	(201)
163. 不用二极管的高速整流器	(202)
164. 降低音频频带中 V_{cc} 波纹的电路	(203)
165. 采用并行处理的可编程滤波器	(204)
166. 具有滞后量的频率视窗比较器	(206)
167. 具有宽带调谐范围的有源滤波器	(207)
168. 用两只运放构成快速全波整流器电路	(209)
十四、其他	(211)
169. 巧妙的 FPGA 优先译码器设计	(211)
170. 能通过毫赫兹级信号的隔离变压器	(212)
171. 能远程重复读出的 POST 卡	(213)
172. TMS 320C3X 待态发生器	(216)
173. 图像控制器处理交叉存储	(217)
174. 倒位器倒排 FFT 数据	(218)
175. 连接 ECL 与 PECL 的方法	(220)
176. 功率 MOSFET 的 Spice 模型	(221)
177. 利用负阻提高电感器 Q 值法	(223)
178. 可保持信号同步的视频衰减器	(224)
179. 电容器使 PLD 性能加倍的方法	(225)
180. 支持两种总线宽度的单板机	(226)
181. 用 FPGA 构成简单的 BCD 码加法器的方法	(227)

182. 响应频率达 1MHz 的光耦合器电路	(228)
183. 用双扭电缆传送彩色电视图像	(230)
184. PAL 简化在系统编程方法	(231)
185. 减少 PLD 引出脚的脉宽调制互连电路	(232)
186. 可编程分配器重建 SVGA 像素时钟	(234)
187. 具有 12 位分辨力的可编程阻抗	(235)
188. 保持恒定功率的负载仿真器	(236)
189. 具有智能型功率监视功能的 LDO 电路	(237)
190. 用调压器制作双极性跟踪基准	(238)
191. 将反相器门用作监视电路	(240)
192. 打印机口控制视频多路转换器的设计	(241)
193. 提供 Z 域电路仿真的 Spice 仿真器	(242)
194. 低 TC 的简单电流源及散热电路	(244)
195. 附加即插即用功能的连接器	(245)
196. 耗电仅 6 μ A 的负载开关电路	(246)
197. 提高硬件寄存器工作稳定性的软件子程序	(247)
198. 锁住水平示迹线的触发电路	(248)
199. 使 PC 变为串行总线主机完成通信功能的巧妙方法	(248)
200. 可控制磁带运转的小键盘编码器	(249)

一、运算放大器应用电路

1. 高增益、宽频带组合放大器的设计

作者: Mark Sauerwald

图 1 所示的组合电路将电流反馈放大器 IC_2 的输出驱动和反馈速率与电压反馈运算放大器 IC_1 的低噪音和低漂移特性结合起来。该电路可获得高达 1000 的增益, 并且其频率特性基本不随增益大小改变。该电路适用于超声波雷达和数字无线电等要求高增益、宽动态范围的场合, 也适于其他高噪音场合。

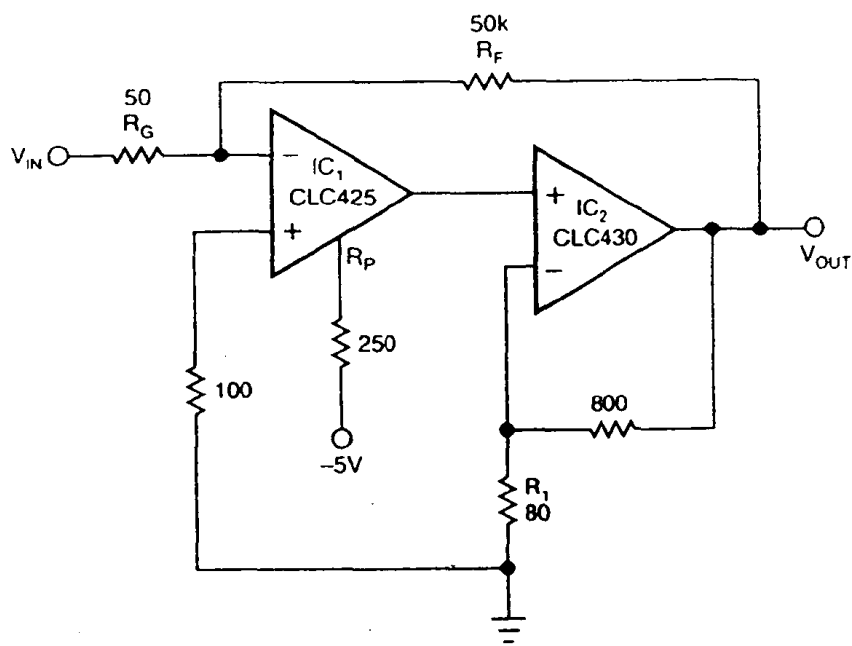


图 1 将电流反馈放大器与电压反馈放大器结合在一起构成具有高增益、宽频带的组合放大器

IC_1 的增益-频宽积约为 1600 兆赫。具体地说, 增益为 1000 的放大器, 其带宽小于 2 兆赫。此外, IC_1 的输出摆幅的极限值在 $\pm 3.8V$ 典型电压值之内。 IC_2 的频宽超过 50 兆赫, 输出摆幅为 $\pm 13V$, 其增益频带相互独立, 因此电流反馈显著。电流反馈放大器的缺点是不适于非常高的增益。因为, 要想获得高增益, 电流反馈放大器的增益设定电阻必然很小对于增益频带相互独立的情况, 反馈电阻必须保持恒定, 信号往往消失在电流反馈放大器的噪音之中。

如图 1 所示, IC_1 的增益为 1000, 并位于 IC_2 的反馈闭路之中。 IC_2 是 $A = 10$ 的增益单元。因此, 倘若让 IC_1 处于超出 10 兆赫带宽状态, 同时又让其产生较小的输出摆幅的话, IC_1 实际上只能有 100 的增益。

因为 IC_2 只有 10 的增益, 其增益电阻值较为合理, 噪音的影响也很小。为了使电路保持

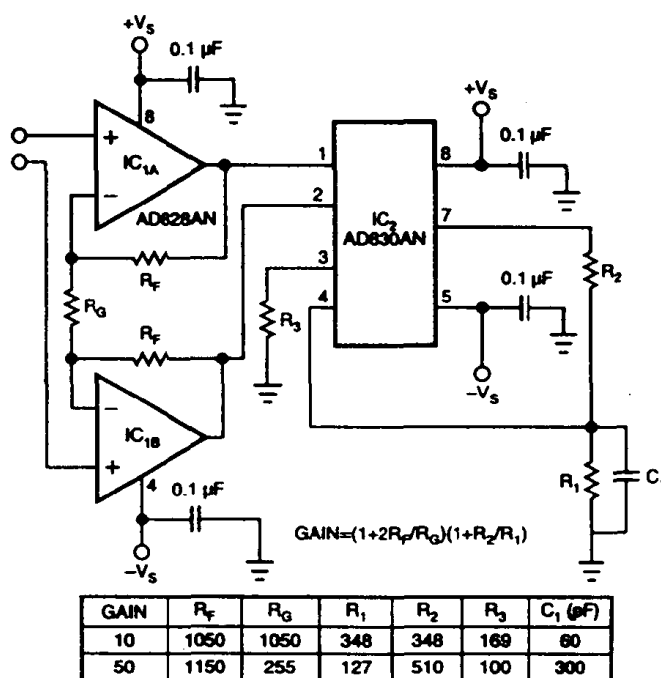
稳定, IC_1 必须有充分的相位边界来容纳 IC_2 的相位滞后。在 IC_1 的 R_P 脚到 V_{EE} 之间增加的电阻将会减小 IC_1 的引入电流, 从而对放大器进行补偿。线路中采用了一只 250Ω 电阻来稳定电路, 不仅使电路获得 10 兆赫的大信号带宽, 而且使增益具有良好的平坦度。

如想获得在其他增益下的类似频率特性, 应采用改变 IC_2 的增益的方法。电流反馈放大器的频率特性与增益无关, 例如, 若想将电路的增益减少到 500, 只需将 R_F 减少到 $25k\Omega$, 把 R_1 增加到 160Ω , 此时, IC_1 的增益仍保持在 100。采用只增加 R_F 的方法提高增益, 会使电路的频带变窄。

2. 增益带宽为 290MHz 的仪表放大器

作者: Paul Hendricks

如图 2 所示, 一个双匹配运算放大器 IC_1 与差频放大器 IC_2 组成一个高频仪表放大器。表 1 列出了该放大器在 $\pm 5V$ 电压下运行的性能。利用这个电路可获得不同的增益, 而且使该电路运行的电源电压可在 ± 4 到 $\pm 16.5V$ 的范围内变化。



NOTES:

1. ALL RESISTORS ARE 1% METAL FILM.
2. C_1 IS A MICA CAPACITOR.
3. USE $0.1\mu F$ CERAMIC DECOUPLING CAPACITOR AT SUPPLY PIN OF EACH IC.
4. USE $10\mu F$ TANTALUM DECOUPLING CAPACITORS FOR $+V_S$ AND $-V_S$.

图 2 带宽增益 290MHz 高频仪表放大器线路图

在 IC_1 和 IC_2 这样的闭环带宽的两端获得的电路总增益, 等于形成了一个增益带宽为 290MHz 的电路。前置放大器 IC_1 的等效输入 (RTI) 电压噪声和直流偏移量主导着 IC_2 的 RTI 电压噪声。加入的 C_1 引起 IC_2 的响应峰值, 抵消 IC_1 的高频漂移。可根据自己的应用情况通过 SPICE 模拟或试验电路板确定 C_1 的最佳值。

4. 用复合放大器来改善电路噪声方法

作者: Rea Schmid

针对信号处理进行低电平信号的放大往往会扩展单个运放的能力,复合设计能改善输入噪声以便检测到极微弱的信号,并增强输出—驱动能力。运放的噪声和元件的热噪声限制了运放设计时的最小噪声,也就是说,对于低的阻抗源,如 50Ω ,放大器的噪声系数并非它们的最小值,使用变压器是为最大功率传输达到匹配输入阻抗的一种常用技术。图 4 就是一个例子,它允许带有复合放大器的变压器获得较低的输入噪声系数。图 4 的复合电路,通过前向增益加 1 来分割 $8.75k\Omega$ 反馈电阻,从而提供了设定输入阻抗的一种方法。此电路通过匹配源阻抗的绕线比率的平方来进一步分割这输入阻抗。 $1.5k\Omega$ 电阻器和 $2.6pF$ 电容器控制变压器的频率响应,使其不增加噪声。对于增益较低的情况下,与 75Ω 电阻器并联的阻/容网络为稳定 IC_1 提供了补偿。 IC_2 使信号反向,并为整个复合设计提供了稳定性。分割 250 和 83Ω 增益——设定电阻器的 $47pF$ 电容器也为减小噪声和提高稳定性增加了一层保险。由于二只运放具有宽的频带,所以,变压器限制了电路的频带宽度。测得的 $3.1dB$ 噪声与计算所得的 $3dB$ 值相接近,这与使用单只放大器相比较,改善了 $3dB$ 。选择 IC_1 是在电压和电流噪声分别为 $1.05nV/\sqrt{Hz}$ 和 $1.6pA/\sqrt{Hz}$ 基础上进行的,选用 IC_2 是由于它能提供稳定的单位增益和大的信号——功率带宽,增加一只 $2.5k\Omega$ 电阻器到 IC_1 电路中,就能降低其静态电流。

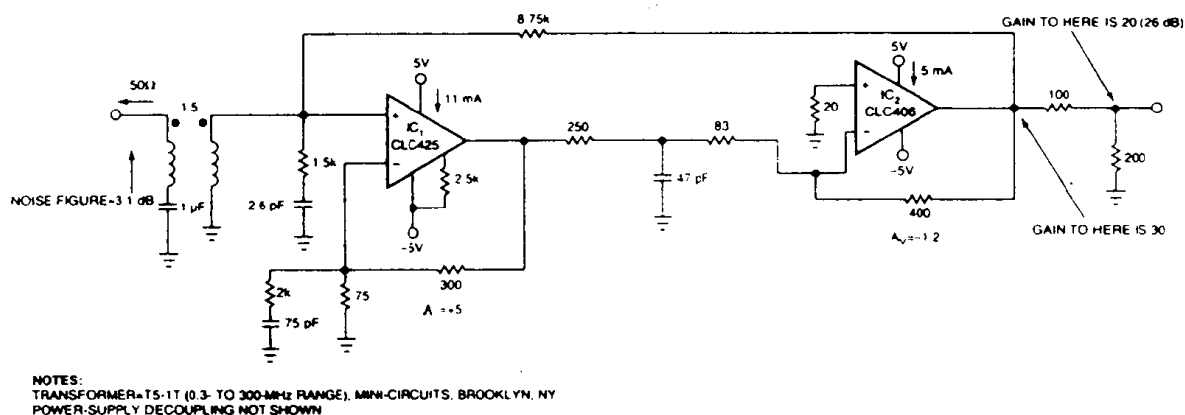


图 4 这复合放大器检测小信号,使噪声改善了 $3dB$

5. 产生精密电流脉冲的 CMOS 缓冲器

作者: Hartmut Henkel

图 5 所示的电路能产生稳定和快速建立的基准电流脉冲,可以将此电路用于含有模/数、数/模或电压/频率转换器系统中。

数字输入脉冲 V_P 与 IC_{3B} (即 74AC240 缓冲器) 相连。这 5V 基准 IC_1 含有 IC_{3B} 的输出电压

电路中的 C_1 和 C_2 应该采用钽电容器, C_2 的位置尽可能接近 IC_3 的供电引脚。如果 R_1 采用低温度系数 Vishay 电阻器, 而且 R_1 、 R_2 和 R_3 的阻值选用 $100k\Omega$, 那么, IC_1 就将成为电流漂移的主源。

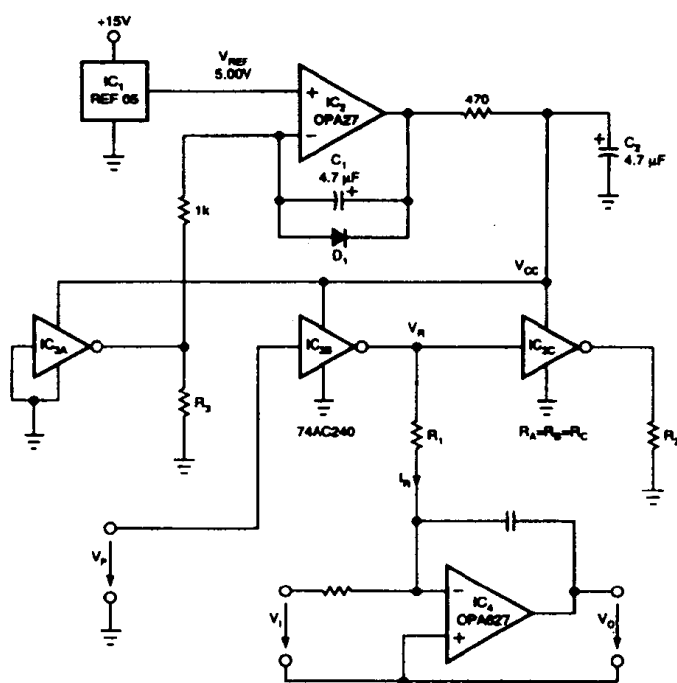


图5 由于电路中设计有稳定的元件和对电压的控制,所以此电路能产生并建立稳定和快速的基准电流脉冲

6. 高性能低成本的电压控制放大器

作者: Mike Sims

输出运算放大器限制了该电流的最大输出电压(象 TL072 这样的双 FET 输入运算放大器, 对于 IC₂ 来说就工作得很好), C₁ 决定了电路在大约 40kHz 时 3dB 带宽。

改变与流经 IC_{1A} 的 R_2 的固定电流相关的、流入 IC_{1B} 的控制电流,就可控制电路的增益。 R_2 决定了 IC_{1A} 中的控制电流,即:

$$I_{CONTA} = (15 - 2V_D)/R_2$$

式中, I_{CONTA} 约为 $265\mu A$, $2V_D$ 因子的上升是由于控制端电压二极管二个降压高于负端电压所致。

IC_{2B} 与其有关元件组成了一只线性电压—电流变换器,向 IC_{1B} 的控制端馈送电流,此控制电流的大小为:

$$I_{CONTB} = V_{CONT}/R_3$$

整个电路的增益为:

$$V_{OUT}/V_{IN} = -(R_4/R_1) \times (I_{CONTB}/I_{CONTA})$$

一个 5V 的信号就可产生一个单位增益,此增益与控制电压之间成线性比例。

R_2 和 R_1 一起共同限制了电路的最大输入电压,即:

$$V_{INMAX} = 2 \times I_{CONTA} \times R_1$$

或大约为 16V 的峰值输入电压。

为减小 THD,采用 R_5 对电路进行微调,在微调达到最小的 THD 同时,控制电压的馈通也达到最小。互相变换 IC_{1B} 的脚 13 和脚 14,就可实现同相的 VCA。

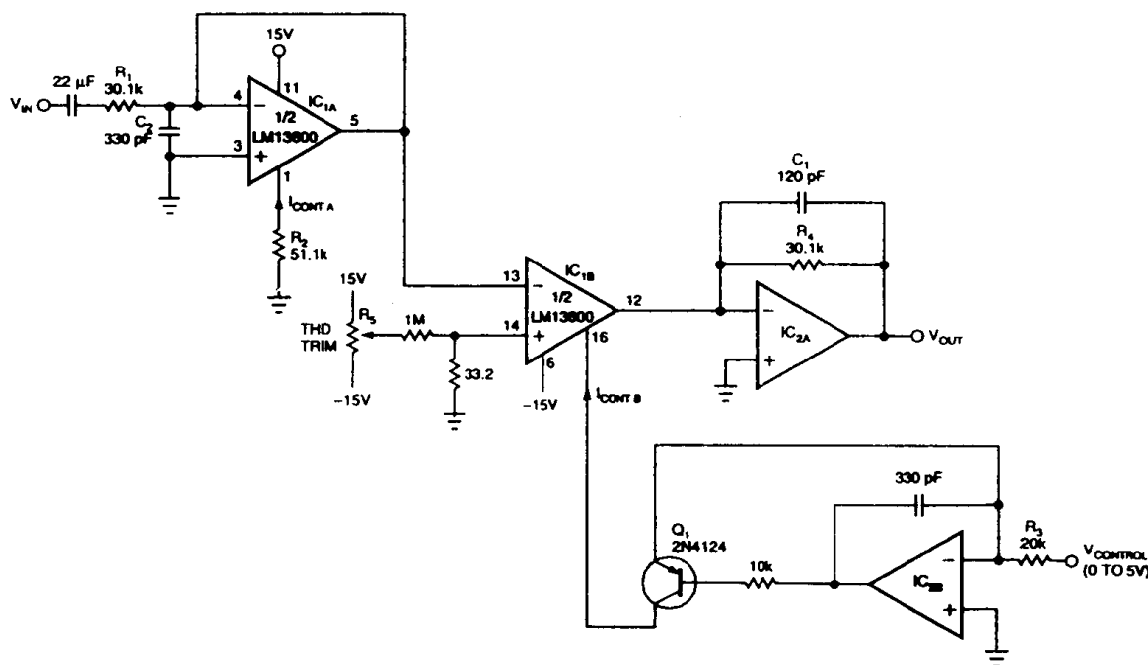


图 6 匹配的跨导放大器能实现廉价的电压控制放大器,其增益与控制电压成线性比例关系

7. 使斜波和三角波发生器线性化的加法器

作者: Valery G Chkalov

图 7a 所示的斜波发生器和图 7b 所示的三角波发生器,能对电容器 C_1 进行线性充电。此电路实现线性的关键是将基准电压和 C_1 上电压相加的运放加法器。

对图 7a 中的斜波发生器而言,其加法器是由运放 IC_1 、电阻 R_4 、 R_5 以及相关元件组成。该加法器把经 R_4 加到电容器 C_1 上的电压 V_{CAP} ,与经 R_5 的恒定电压 V_{SET} 相加,在加法器输出端的电压就为 $V_{CAP} + V_{SET}$,而加到电阻器 R_1 的电压是: $V_{CAP} + V_{SET} - V_{CAP}$ 。

由于加法器保持加到 R_1 的电压为常数,所以流经 R_1 的电流为恒定值,从而实现对 C_1 的线性充电。图 7b 以图 7a 类似的方法运行,但有一点例外,那就是比较器 IC_1 转换 V_{SET} 的极性,一直到产生三角波输出为止。

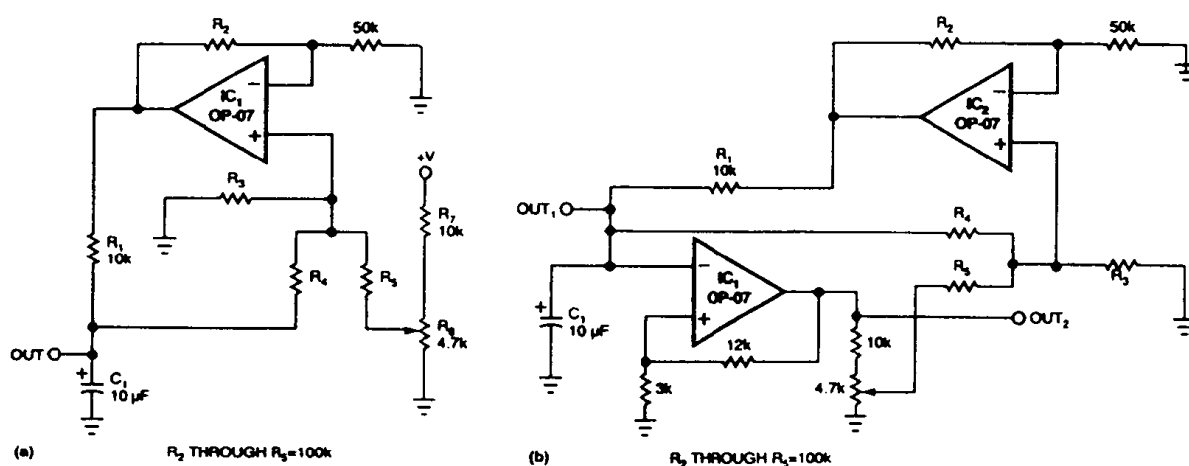


图 7 将基准电压与 C_1 上电压相加的运放加法器,允许(a)中的斜波发生器和(b)中的三角波发生器给电容器 C_1 进行线性充电

8. 无二极管的分段线性放大器

作者: Brian Harrington

通常在运放的反馈回路中采用二极管来实现分段线性放大器,当二极管变化正偏压时,它就会有效地接通电阻器,从而改变放大器的闭路增益。但这种方法有二个缺点:一是二极管的旁路电容会导致高频性能的恶化;二是传输功能的断点易受到二极管正偏置电压的 $2\text{mV}/^\circ\text{C}$ 漂移的影响。图 8(a)电路通过使用箝位放大器来确定断点,从而避免出现上述两个问题。

如果加在 IC_2 的同相输入端(脚 3)上的信号是在箝位电压之间,则 IC_2 就能象标准运放那

样工作。如果加上的信号大于上箝位电压 V_H , 则放大器会中断脚 3 上的输入信号, V_H 变成同相输入。与此相反, 如果脚 3 上的信号低于下箝位电压 V_L , 那么, 放大器也会中断信号输入, V_L 变成同相输入。

图 8(b) 表示了电路的工作状态, 当 V_{IN} 处于 V_H 和 V_L 之间时, 电路就是一种标准的同相运放, 其增益等于 $1 + (R_5/R_6)$ 。当 V_{IN} 大于 V_H 时, V_H 就变成同相输入到放大器, 从 V_{IN} 到 V_{OUT} 的传输功能在这种条件下包含有二种成分: 从 V_{IN} 到 V_H 的信号按 $K_H = 1 + (R_2/R_1)$ 因子衰减; 从 V_H 到 V_{OUT} 的增益保持为 G 。这样, 总的增益为 G/K_H 。当 V_{IN} 低于 V_{REFL} 时, 电路的行为相类似。在此条件下的增益为 G/K_L , 式中的 $K_L = 1 + (R_3/R_4)$ 。

只要认真设计就可保证在 5MHz 带宽上得到理想的非线性传输功能。限制断点的温度稳定性的原因有三个: 电阻器温度系数的跟踪、 IC_2 的 $10\mu V/^\circ C$ 补偿电压的漂移、基准电压的温度稳定性。可以利用精密电压基准或 DAC 来产生基准电压。为了保持精度, 采用调整运放如 IC_1 来缓冲这基准电压, 以便在整个输入信号带宽内提供低的源阻抗。

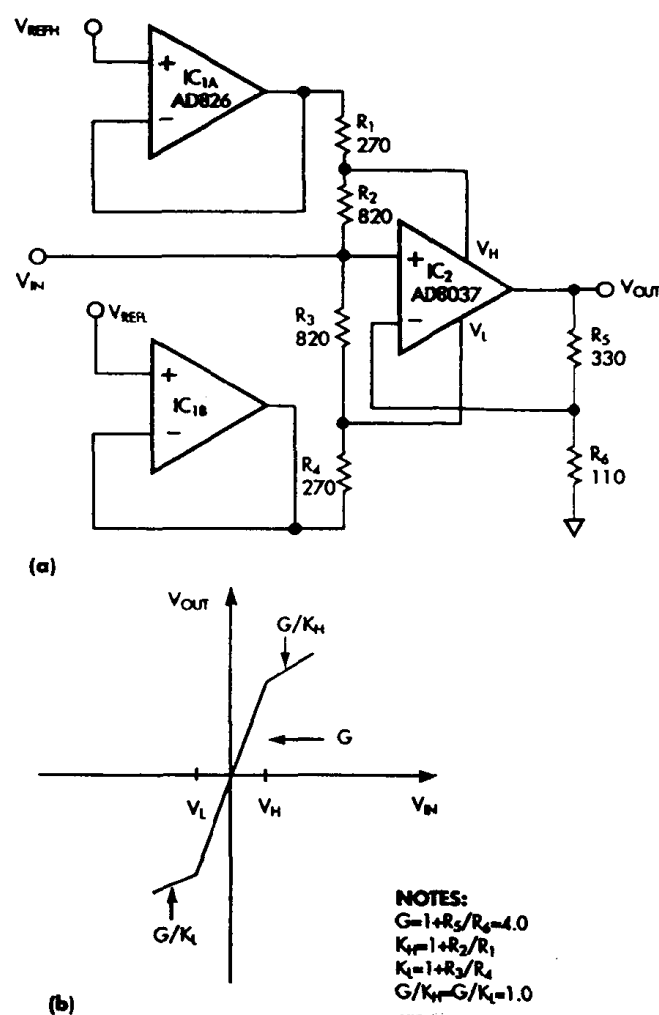


图 8 分段线性放大器(a)使用箝位放大器 IC_1 , 代替二极管, 以便更精确地确定断点和得到更好的高频性能。(b)中在断点之间, 电路的增益等于 G , 但是, 高于或低于这些点时, 增益就分别等于 G/K_H 和 G/K_L