

单电源供电运算放大器设计方法

周世龙

(解放军电子工程学院网络工程系, 安徽省合肥市 230037)

【摘要】 介绍了单电源供电运算放大器的设计方法。使用文中介绍的方法设计单电源运算放大器能巧妙地解决由偏置电压引起的信号摆幅受限的问题, 有较高的动态范围, 而且具有比交流耦合更高的带宽。通过线性方程描述放大器传输特性, 根据方程将放大器分为同相放大正偏移、同相放大负偏移、反相放大正偏移、反相放大负偏移 4 种不同的配置方式, 并给出了每种配置方式下的设计方法和设计电路, 具有通用性。

关键词: 运算放大器, 单电源供电, 动态范围

中图分类号: TN722

0 引言

大部分运算放大器要求双电源供电。但单电源供电由于只要求一个电源供电, 特别适合只有一个电源的系统, 如采用电池供电的系统。当采用双电源供电时, 供电电源一般是极性相反、幅度相等、公共端接地的两个电源。任何以地作为参考的输入信号同时也就以两个电源的公共端作为参考, 所以输出电压自动以地作为参考。而单电源供电的运算放大器, 一般要加偏置以确保输出信号的摆幅在供电电源范围内。单电源供电系统的输入信号如果以地作为参考, 实际上也就是以供电电源的一端作为参考。例如这样的反向放大器在输入信号为正电压时, 由于输出不可能低于最低供电电压, 所以不能正常工作。当输入信号不是以地作为参考, 参考电平与地的差值将随信号一起放大, 除非这个参考电平是作为共模电压出现的。因此, 要对输入信号进行偏置才能获得想要的输出电压。为解决这个问题, 自然想到了信号采用交流耦合的方法。但是, 采用交流耦合输入和输出都需要有耦合电容, 而耦合电容的存在影响了电路的低频响应, 降低了带宽。当采用同相配置时, 放大器静态输出会通过反馈回路影响输入端的偏置电压, 处理起来很麻烦。

本文给出了采用直流耦合、放大器在同相和反相等不同配置下的设计方法及通用电路, 采用这种方法大大简化了单电源供电运算放大器的设计。

1 运算放大器的方程表示

运算放大器工作在线性区时, 由运算放大器组成的电路可看做线性电路。线性电路可用方程 $y(t) =$

$ax(t) + b$ 来描述。其中: $x(t)$ 是输入信号; $y(t)$ 是输出信号; a, b 是常数。用线性电路方程来表示时, 一个放大器的设计问题就转化成了方程求解问题, 也就是求常数 a, b 的问题。例如, 一个放大器设计要求最大输入信号为 1 V 时, 输出信号为 3 V; 输入为 0.2 V 时, 输出为 1 V, 解方程可得 $a = 2.5, b = 0.5$ 。对不同的电路, 只要给出两点, 就可以得到放大器电路的线性方程描述。根据计算所得到的 a, b 的值, 把放大器分为 4 种不同的配置, 即: $a > 0, b = 0$ 时的同相放大正偏移配置; $a > 0, b \neq 0$ 时的同相放大负偏移配置; $a < 0, b = 0$ 时的反相放大正偏移配置; $a < 0, b \neq 0$ 时的反相放大负偏移配置。下面就这 4 种情况进行讨论。

2 不同配置的运算放大器电路

2.1 $a > 0, b = 0$ 时的同相放大正偏移配置

$a > 0, b = 0$ 时, 放大器为同相放大器, 可以采用图 1 所示电路。由图 1 可知, 放大器输出为:

$$V_o = V_i \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \left(\frac{R_F + R_G}{R_G} \right) + V_{ref} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \left(\frac{R_F + R_G}{R_G} \right)$$

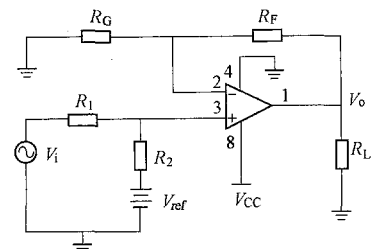


图 1 同相放大正偏移配置

令 $V_{ref} = 1 \text{ V}$,

$$a = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \left(\frac{R_F + R_G}{R_G} \right)$$

收稿日期: 2005-01-04; 修回日期: 2005-03-21。

$$b = \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] \left[\frac{R_F + R_G}{R_G} \right]$$

选择适合的电阻,就可以完成电路设计。例如,如前分析得到 $a = 2.5, b = 0.5$,即

$$\begin{cases} \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \left[\frac{R_F + R_G}{R_G} \right] = 2.5 \\ \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] \left[\frac{R_F + R_G}{R_G} \right] = 0.5 \end{cases}$$

得到 $R_2/R_1 = 5, R_F = 2R_G$,如选 $R_1 = 1\text{ k}, R_F = 1\text{ k}$,则 $R_2 = 5\text{ k}, R_G = 500$ 。

2.2 $a > 0, b = 0$ 时的同相放大负偏移配置

$a > 0, b = 0$ 时,放大器也为同相放大器,可以采用图2所示电路。

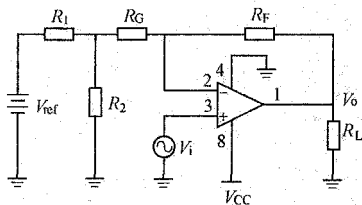


图2 同相放大负偏移配置

按要求,假定由方程计算得 $a = 2.5, b = -0.5$,采用这种配置的放大器输出电压为:

$$V_o = V_i \left[\frac{R_F + R_G + R_1}{R_G + R_1} \right] \left[\frac{R_2}{R_2} \right] - V_{ref} \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \left[\frac{R_F}{R_G + R_1} \right]$$

令 $V_{ref} = 1\text{ V}$,

$$a = \frac{R_F + R_G + R_1}{R_G + R_1} \left[\frac{R_2}{R_2} \right]$$

$$-b = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \left[\frac{R_F}{R_G + R_1} \right]$$

当选择电阻满足条件 $R_G \gg R_1, R_2$ 时,可近似得到:

$$a = \frac{R_F + R_G}{R_G}$$

$$-b = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \frac{R_F}{R_G}$$

得到 $R_F = 1.5R_G, R_1 = 2R_2$,可选择 $R_1 = 200, R_G = 20\text{ k}$,可完成设计要求。

2.3 $a < 0, b = 0$ 时的反相放大正偏移配置

$a < 0, b = 0$ 时,放大器为反相放大器,可以采用图3所示电路。放大器输出为:

$$V_o = -V_i \frac{R_F}{R_G} + V_{ref} \left[\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] \left[\frac{R_F + R_G}{R_G} \right]$$

根据要求,假定根据方程计算得 $a = -2.5, b = 0.5$,令 $V_{ref} = 1\text{ V}$,则有 $R_F = 2.5R_G, R_2 = 6R_1$,根据这个

要求,选择电阻阻值即可完成。

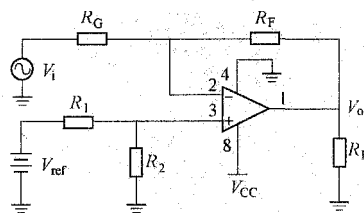


图3 反相放大正偏移配置

2.4 $a < 0, b = 0$ 时的反相放大负偏移配置

$a < 0, b = 0$ 时,放大器为反相放大器,可以采用图4所示电路。

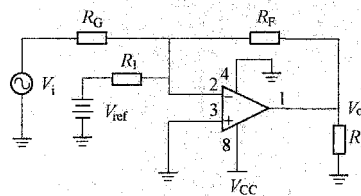


图4 反相放大负偏移配置

在这种配置下,放大器输出为:

$$V_o = -V_i \frac{R_F}{R_G} - V_{ref} \frac{R_F}{R_1}$$

这时令 $V_{ref} = 1\text{ V}$,假定根据方程计算得到 $a = -2.5, b = -0.5$,则可解出 R_F, R_G, R_1 之间的约束关系,选择合适的阻值即可完成。

以上4种配置方式下, V_{ref} 可由一个低阻的电压源如电压跟随器构成,也可直接由电源芯片提供。为了取得最大的动态范围,使信号在大的动态范围内保持工作在线性区而不进入正向或负向饱和区,对放大器的放大倍数和偏置电压 V_{ref} 提出以下要求:

$$a \left[\frac{V_{i+} - V_{i-}}{2} \right] + b = \frac{V_{CC}}{2} \quad (1)$$

式中: V_{i+} 为无失真输入信号最大值; V_{i-} 为无失真输入信号最小值; V_{CC} 为供电电压。

3 结束语

综上所述,可以采用以下步骤来设计单电源供运算放大器:首先确定无失真输入信号最大值 V_{i+} 、无失真输入信号最小值 V_{i-} 、电压放大倍数 a ,再根据式(1)解出 b ,再根据 a, b 的符号,确定是4种配置方式的哪一种,再通过解方程就可以完成电路设计。

随着电池供电系统越来越广泛的应用,单电源供电的运算放大器应用也越来越多。由于单电源供电存在偏置的问题,使得它的应用比双电源应用要复杂,然而采用本文提供的方法来设计单电源供运算放大器,就会使设计大大简化。(下转第62页)

6 结束语

本文分析了 NAT-PT 翻译网关的工作原理, 基于 NAT-PT 技术在 Linux 系统中配置了 NAT-PT 的实验平台, 实现了 IPv4 到 IPv6 的过渡的 NAT-PT 原型系统。

为了达到 NAT-PT 实用性阶段, 还必须对 NAT-PT 性能进行改进, 增加必要的 ALG 和实现 NAT-PT, 同时实现 NAT-PT 的集群结构和负载均衡, 以保证在一个 NAT-PT 失败后不影响其转换工作。

参 考 文 献

- [1] IETF Home Page <http://www.ietf.org>
 [2] IETF NGTrans Working Group. <http://www.ietf.org/htmlcharters/ngtrans-charter.html>
 [3] DNS & A How To <http://angierat.net/DNS-HOWTO/BND-9/>
 [4] IPv6 on Linux: A Tutorial Approach Linux User & Developer 2003
 [5] NAT-PT Linux Implementation <http://www.ipv6.or.kr/english/download.htm>
 [6] NAT-PT RFC 2766 <http://www.ietf.org/rfc/rfc2766.txt>
 [7] Linux IPv6 How-To <http://www.bieringer.de/linux/IPv6>
 [8] NetFilter <http://www.netfilter.org>
 [9] NAT-PT: Providing IPv4/IPv6 and IPv6/IPv4 Address Translation Open System Lab-IPv6 Page <http://www.linux.ericsson.ca/ipv6>
 [10] 罗万明, 阎保平. IPv4/IPv6 过渡机制的研究与实现. 计算机工程与应用, 2003, 39(25): 146~148, 205
 [11] Linux Kernel <http://www.kernel.org>

NAT-PT Technology and Its Application Based on Linux

Zhao Ka hui^{1,2}, Wu Qiang¹, Xia Qin¹

(1. Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Hunan Railway Professional Technology College, Zhuzhou 410075, China)

【Abstract】 NAT-PT is one of the most important technologies for IPv4 moving to IPv6. In this paper, we describe in detail the translation gateway which is based on NAT-PT technology, we present an implementation of NAT-PT gateway, for IPv4 moving to IPv6 based on Linux.

Keywords: IPv6, NAT-PT, translation gateway, DNS-ALG

(上接第 30 页)

参 考 文 献

- [1] Mancini R. Op Amps for Everyone 2nd Edition Boston (MA, USA): Newnes, 2003
 [2] Pease R. A. Troubleshooting Analog Circuits Boston (MA, USA): Butterworth-Heinemann, 1991
 [3] 谢嘉奎. 电子线路(线性部分). 第 4 版. 北京: 高等教育出版社, 1999

A Design Method of Operational Amplifier with Single Power Supply

Zhou Shilong

(Electronic Engineering Institute of PLA, Hefei 230037, China)

【Abstract】 The design method of single power supply OPA is presented in detail in this paper. The novel design solved the problem of limited voltage swing range caused by bias voltage at input of the OPA and achieved higher bandwidth compared to AC coupled design method. The OPA's transfer function is characterized by a linear function. According to this function, the OPA is classified into positive amplification, positive offset, positive amplification negative offset, negative amplification positive offset and negative amplification negative offset four types of configuration. The design method and designed circuit of each possible configuration of OPA are also presented.

Keywords: operational amplifier, single power supply, dynamic range