

基于 AD8367 的大动态范围 AGC 系统的实现

Large Dynamic Range AGC System Design Based on AD8367

■ 国防科技大学 朱群 郑林华

摘要: 本文介绍了AD8367的芯片特点和工作原理,给出了级联AD8367实现大动态范围自动增益控制的两种电路实现形式,并对二者的控制性能做出了比较和分析。
关键词: 可变增益放大器(VGA); 自动增益控制(AGC)

引言

AD8367 是一款具有 45dB 控制范围的高性能可变增益放大器,输入信号从低频到 500MHz 带宽内增益均是以分贝为单位线性变化。它适用于雷达、移动通信基站、卫星接收机等通信设备。本文将介绍其特点、工作原理,及其在 70dB 大动态范围控制系统中的应用,给出了两种级联控制的电路连接方法并对二者性能做出了比较分析。

AD8367 芯片介绍

AD8367 是基于 AD 公司 X-AMP 结构的可变增益中频放大器,能够实现精确的增益控制,单片控制范围 45dB。它既能配置应用于外加电压控制的传统的 VGA 模式,同时内部还集成了平方律检波器,因而也可以工作于自动增益控制模式。它的引脚图如图 1。

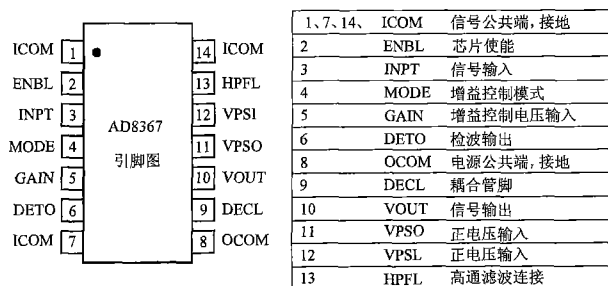


图 1 AD8367 引脚及说明

AD8367 是通过 0 — 45dB 可变电压衰减网络加 42.5dB 固定放大器实现线性的增益控制,其内部简化结构如图 2。

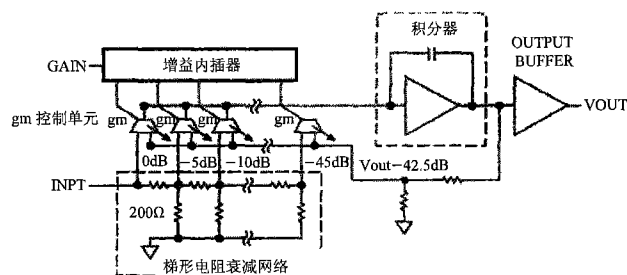


图 2 AD8367 内部简化结构

由图 2 可见, AD8367 的可变衰减由 200Ω 电阻梯形网络和跨导控制单元实现。电阻网络包含一个增益内插器和 9 个 5dB 衰减选择。增益内插器决定增益控制级,例如当第一级衰减有效时,衰减 0dB,当最后一级衰减选中时,衰减 45dB。当衰减控制量在两级之间时,则相邻级跨导控制单元立即起作用,产生加权的衰减控制,两者结合产生 0~45dB 任意衰减量。经过内部 42.5dB 固定输出就实现了平滑的、以 dB 为单位的线性增益控制。

模式控制管脚 MODE 决定控制增益随控制电压的变化关系。当 MODE 接高电平时,AD8367 工作于 GainUp 模式,增益随着外加控制电压 Vgain 的增大而增大(如图 3)。理想的增益控制方程如下:

$$\text{Gain(dB)} = 50 \times V_{\text{gain}}(\text{V}) - 5 \quad (1)$$

方程 (1) 表明增益控制因子为 50dB/V (20mV/dB), 增益轴截距为 -5dB ($V_{\text{gain}}=0$ 时)。

图 3 同时显示了输入信号频率在 200MHz 以内, 增益控制范围 >40dB 时, 控制波动 $\pm 0.5\text{dB}$ 。

当 MODE 接低时, AD8367 工作于 GainDown 模式, 控制增益随控制电压的增大而减小 (图 3), 理想的控制方程为 $\text{Gain}(\text{dB}) = 45 - 50 \times V_{\text{gain}}$ 。

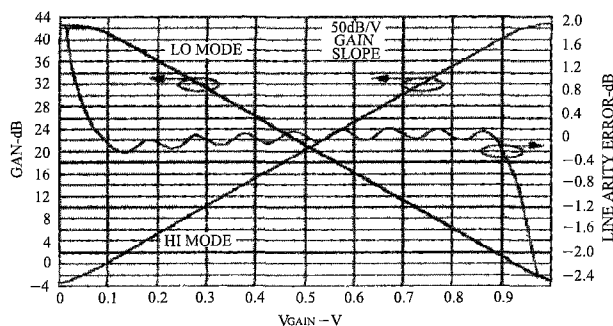


图 3 AD8367 增益控制曲线图

AD8367 实现传统 VGA 功能时, 适合于大动态范围增益控制, 能充分利用其控制的线性特性, 但需要外加控制电压。此时既可以工作于 GainUp 模式也可以工作于 GainDown 模式。

当 AD8367 利用内置平方律检波器实现 AGC 功能时, 必须工作于 GainDown 模式。此时检波器将输出信号与内置 (354mV rms) 参考点比较, 小于或超过参考点, 就分别增大或减小控制增益。此时, 检波器输出特性与 V_{gain} 相同, 为 20mV/dB, 可作为输入信号强度指示 (RSSI), 因此电路连接上只需将检波器输出脚 DETO 与 V_{gain} 相连, 闭环构成 AGC, 连接简单, 如图 4 的后级。

级联实现 AGC 的两种方法

当应用中输入信号动态范围在 45dB 以上时, 就需要级联 AD8367 以拓宽控制范围。下面笔者就以设计的 70MHz 中频接收机中, 级联两片 AD8367 达到 70dB AGC 控制范围为例, 给出两种电路连接方式并对其进行比较。

利用内置检波器组成 AGC 控制环路

级联时, 第一级工作于 VGA 方式, 第二级应用于 AGC 方式, 第二级检波输出作为两级的 V_{gain} 控制输入。当输入信号变化

时, 信号的强度经第二级内部平方律检波后, 反馈到两级可变增益控制部分, 自动完成增益控制。从整体看, 实现 AGC 功能。

这样连接的理由是: 如果也将第一级工作于 AGC 方式, 而此时第一级输出并不能到达内置参考点, 将始终处于增益最大状态, 由图 3 可见此时增益控制波动很大; 并且这样两级的控制增益不能平均分配, 无法充分利用 AD8367 增益控制曲线中间段的良好线性特性。而将第二级检波同时控制两级的增益, 既实现了 AGC 功能, 同时也充分利用了 AD8367 增益控制曲线的线性特性。电路连接 A 如图 4。

工作于 VGA 方式外加检波构成 AGC

本连接方式是将两片 AD8367 均工作于 VGA 方式, 外加检波电路给出增益控制信号, 闭环形成 AGC 功能。

应用背景: 在数字中频接收机前端应用 AD8367 时, AGC 输出经过 ADC 中频采样, 数字化后送往 FPGA 进行后续中频数字处理。前一种连接纯粹用 AD8367 内部检波器直接对 AGC 输出检波, 而实际输入中总会有噪声, 此时对信号功率的估计误差较大, 增益控制也不准确。因而笔者在 FPGA 中对 AGC 输出采样后数字量进行检波, 这样便于对信号进行滤噪处理和采用更加灵活有效的控制算法, 以对 AD8367 做出精确的控制。

因此, 本连接方式如下: 由 FPGA 采用一定的控制算法, 检测 AGC 输出强度, 给出相应的数字控制信号, 经 DAC 后同时送往两片 AD8367 的 V_{gain} 控制端, 这样实际构成了外加检波的 AGC 控制环路。检波输出同时控制两片 AD8367, 也有效地利用了其增益控制中间段的良好线性。电路连接如图 5。

两种连接方式比较

控制复杂性比较

如果 AGC 输出后续均进行数字化处理, 则两种连接方式下, AGC 输出后仍都需经过 ADC 和可编程数字芯片。不同的是, 连接 B 需多加一片 DAC, 输出增益控制信号。在控制方法上, 连接 A 由

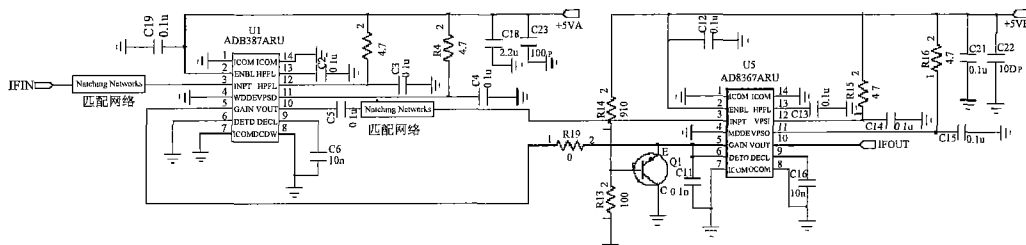


图 4 电路连接方式 A

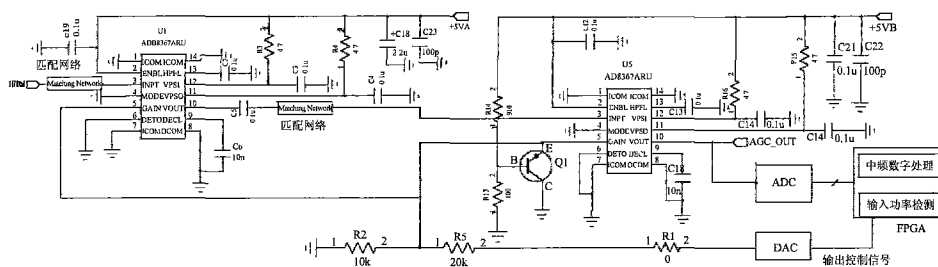


图 5 电路连接方式 B

于直接利用了内部检波器,所以无需设计控制算法和外加控制。连接B需要设计控制算法,控制信号需经转换后才能控制AD8367,控制过程相对复杂。

当应用于纯模拟信号处理场合时,A方式的电路连接和控制均十分简单。

注意点

由于大部分系统是50 Ω 特性阻抗的,而AD8367为200 Ω 输入50 Ω 输出匹配,匹配不当会引起很大的驻波和反射损耗,降低增益控制动态范围,甚至会引起系统自激。简单使用电阻网络匹配会带来近 $11.5 \times 2 = 23\text{dB}$ 的插入损耗。所以,电路连接中均采用了插损小的LC网络匹配。

控制性能比较

在大信噪比情况下,二者均能得到理想的控制结果,控制精度、控制范围相当。由于外加处理,连接B的AGC响应时间相对略长。

在输入为小载噪比情况下,连接A实际上是检测第二级输出信号加噪声的功率,从而给出增益控制信号。由于噪声的存在,检波精度下降,尤其在信号本身功率小,噪声带宽又很宽的情况下,AGC输出信噪比更小,对信号功率估计偏差更大,因而此时对AGC

的调整不准确。另一方面,由于对信号功率估计不准,加之连接A的响应时间极快,因而此时AGC处于频繁调整之中,输出波动较大。

连接B是将数字化了的AGC输出信号送往FPGA进行检波,反馈部分的主要功能由数字部分实现,可以使复杂的AGC控制通过采用数字信号处理技术较为容易的得到实现,具有快速收敛和精确的稳态响应等优点。采用数字信号处理技术可以从算法上提高检波精度:例如将AGC输出经窄带滤波后,带内信噪比提高,对信号功率估计将更加准确。而且在软件中可以任意改变建立时间和衰落时间,增益控制电压具有保持能力,避免了AGC频繁调节引起的波动。实验中我们比较了在载噪比45dBHz,噪声带宽 $\pm 1\text{MHz}$ 情况下,经窄带滤波后(带宽4KHz)采用增益控制新算法检波,检波长度1024个信号周期,调节信号功率至恒定时,此时AGC输出功率波动在1dB以内。

结束语

第一种电路连接简单,可以方便的应用于噪声较小的场合。第二种电路连接控制回路采用FPGA实现,响应和收敛速度更快的同时便于采用灵活的控制算法,达到更好的控制性能,该方法已经在一款数字中频接收机中得到应用,取得了理想的控制效果。GEC

泰克为高性能示波器推出 新的抖动分析软件

泰克公司日前宣布推出TDSJIT3第2版(TDSJIT3 v2)软件,在高性能泰克示波器上提供快速、准确、简便易用的抖动和定时测量功能。TDSJIT3 v2内部的测量向导融合了领先的专业知识,提供了逐步指导,可以快速简便地进行抖动测量和分析。

工程师和技术人员必需高效地设计、调试和测试器件,以缩短产品面市周期,降低开发成本,提高制造流程效率,生产出更优质的产品。这一流程的关键要素是测量和检定器件、元件和系统的定时噪声(抖动)。抖动测量的其它应用包括标准一致性测试及调试串行和并行系统内存总线,如PCI-Express、DDR和Rambus中使用的总线。

TDSJIT3 v2自动实现了过去手动实现的多种功能。例如,该软件现在自动设置源门限参考电平,同时为不常见的用例提供了越权功能。测量配置屏幕和源配置屏幕已经分开,可以更直观地查看每套配置设置对结果可能造成的影响。

测量向导允许使用引导界面,配置单个测量。这消除了在新用户试图进行有效的抖动测量时可能发生的许多缺点和错误。TDSJIT3 v2将引导用户通过一系列配置屏幕,屏幕会给出提示,

说明与客户试图测量的项目有关的信息,并配置所有相应的示波器和应用设置,实现良好的结果。

新软件可靠准确地分析带有重复数据码型和非重复数据码型的信号上的抖动,包括频谱平均和频谱峰值保持。在杂散噪声具有随机性特点或可能“忽开忽关”的系统中,能够捕获峰值事件至关重要。峰值保持将捕获短事件,显示可能需要进一步考察的高幅度脉冲。频谱平均功能则能够分辨随机噪声可能隐藏的非常小的连续噪声源,有效地补充了峰值保持功能。另外通过使用频谱相噪图,还可以把抖动幅度测量与相噪测量关联起来。

该软件还能够测量任意码型上的Rj/Dj和Tj @ BER。这是一种独特的功能,即使在客户不能全面控制数据内容时,仍可以测量数据信号。在协议阻止静态数据条件的串行数据和电信应用中,这一问题显得尤为突出。

此外,该软件为许多时钟和数据测量提供了滤波器。这可以更准确地捕获感兴趣的噪声。例如,某些SONET系统只关心12KHz以上的噪声。通过分配高通滤波器和低通滤波器(构成带通网络),可以测量抖动源的特定频率范围。GEC