

基于 AD8367 的大动态范围 AGC 系统设计

李涛¹, 姚启涛², 杨燕翔¹

(1.西华大学 电气信息学院, 四川 成都 610039; 2.四川电力职业技术学院, 四川 成都 610072)

摘要:介绍 AD8367 的特点及工作原理,在此基础上讨论通过两级 AD8367 串连构造具有 70 dB 动态范围的 70 MHz 中频大动态自动增益控制 AGC 的方法,并给出 AGC 检波特性曲线。

关键词:大动态范围; 中频放大器; 闭环控制; 自动增益控制(AGC)

中图分类号: TN722

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2010)01-0055-03

Large dynamic range AGC system design based on AD8367

LI Tao¹, YAO Qi-tao², YANG Yan-xiang¹

(1.School of Electric and Information Engineering, XiHua University, Chengdu 610039, China;

2.Sichuan Electric Vocational and Technical College, Chengdu 610072, China)

Abstract: The features and working principle of AD8367 are introduced in this paper. On this basis, the design method of AGC with 70MHz intermediate frequency and 70dB dynamic range using two series of AD8367 is discussed, and the demodulation feature curve of AGC is given.

Key words: large dynamic range; intermediate frequency amplifier; loop control; auto gain control(AGC)

无线通信系统由于受发射功率、收发距离、电波传播衰落等因素影响,接收机所接收到的信号强弱变化范围很大,接收信号强度的变化范围达几十 dB 甚至超过 100 dB。如果接收机增益不变,则信号太强时,造成接收机的饱和或阻塞,甚至损坏接收机;而信号太弱时,载噪比太低导致无法正常接收。反馈控制是现代系统工程中的一种重要技术手段。系统受到扰动时,通过反馈控制作用,可使系统的某个参数达到所需精度或按照一定的规律变化。自动增益控制 AGC (Auto Gain Control) 电路是为解决输出信号不稳定、受外部信号的强弱变化影响而设计的。中频 AGC 主要用于接收机的解调模拟前端,影响接收机的解调性能,是接收机等通信设备的重要组成部分。

1 AD8367 简介

AD8367 型可变增益单端 IF 放大器使用 X-AMP 结构,具有良好的增益控制特性。由于片上集成有律方根检波器,可实现单片闭环 AGC。该器件带有可控制线性增益的高性能 45 dB 可变增益放大器,并可在任意低频到 500 MHz 的频率范围内稳定工作。

AD8367 有以下主要特点^[1]:单端输入/输出;输入阻抗为 200 Ω ,输出阻抗 50 Ω ;3 dB 带宽为 500 MHz;输入端零电平时,输出电平为电源电压的一半,且可调;具有增益控制特性选择和功耗关断控制功能;片上集成有律方根检波器,实现单片 AGC 应用;增益控制特性以 dB 成线性;可通过外部电容将工作频率扩展到任意低频。图 1 为 AD8367 的功能框图。

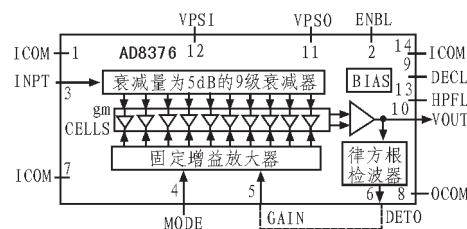


图 1 AD8367 的功能框图

该器件主要由可变衰减器、固定增益放大器和平方律检波器组成。输入端可变衰减器的衰减量为 45 dB,其中包含了 200 Ω 的单端梯形电阻网络和高斯内插器。电阻网络由 9 级每级衰减量为 5 dB 的衰减网络组成,每级梯形网络对输入信号加以固定分贝数(5 dB 的整数倍)的衰减,由高斯内插器选择衰减因子。增益控制电压决定内插器所选择的具体衰减网络,例如当选择第 1 级时,0 dB 衰减节点有效;当选择最后一级时,-45 dB 衰减节点有效。当衰减量不是 5 dB 的整数倍时,在控制电压的作用下,相邻两个衰减节点同时导通,通过离散节点衰减的加权平均值来获得与控制电压相对应的衰减量。通过这种方式可获得平滑、单调的衰减特性,并以 dB 为单位线性变化。

AD8367 有 GAIN UP 和 GAIN DOWN 2 种工作模式。模式选择通过 MODE 引脚的外加逻辑电平控制。当接高电平时,其增益随控制电压的增加而递增

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

式中, V_{GAIN} 的单位为 V,其变化单位为 50 dB/V(20 mV/dB)。同时因 V_{GAIN} 的最小值为 0 V,所以增益的最小值为 -5 dB。当

收稿日期:2009-07-09

稿件编号:200907032

作者简介:李涛(1977—),男,四川大英人,助教。研究方向:电子信息。

增益范围从-2.5 dB 变到 42.5 dB 时, 控制电压相应的从 50 mV 变到 950 mV。当 MODE 接地时, 增益随电压递减, 其计算公式为:

$$\text{Gain(dB)}=45-50 \times V_{\text{GAIN}} \quad (2)$$

该工作模式在 AGC 应用中是需要的。当 AD8367 的增益大于 40 dB 的控制范围, 工作频率为 200 MHz 时, 可提供优于 ± 0.5 dB 的线性误差, 而在 400 MHz 时可提供优于 ± 1 dB 的线性误差。固定增益放大器用于保证 AD8367 具有 42.5 dB 的增益和 500 MHz 的带宽。它实际上是 1 个具有 100 GHz 增益带宽积的运算放大器, 因此, 当其工作在高频时, 仍具有良好的线性度^[2-4]。

2 70 MHz 中频 AGC 设计方案^[5]

这里的 70 MHz 中频 AGC 由两级 AD8367 串联组成, 通过合理分配两级 VGA 的增益比例, AGC 匹配良好, 合理设计滤波器, 设计的 70 MHz 中频 AGC 最终达到 70 dB 动态范围, 同时具有优秀的线性增益性能和 16 MHz 带宽。设计方案框图如图 2 所示, 主要包括 AD8367、输入输出衰减、匹配网络、增益补偿、低通带通滤波和环路控制等部分。

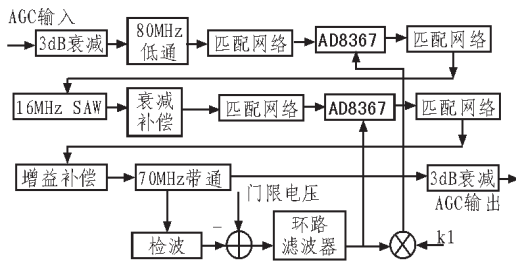


图 2 70 MHz 中频 AGC 设计方案框图

2.1 工作原理^[6]

AD8367 的优秀线性控制性能和 45 dB 的动态范围非常适合 70 MHz 中频 AGC 设计。但一级 AD8367 显然无法达到 70 dB 动态范围, 同时其输入输出阻抗都是 200 Ω , 与该设计方案 50 Ω 特征阻抗存在阻抗不匹配。另外, 其片内集成 500 MHz 带宽平方律检波器的宽带检波器与该设计方案 16 MHz 带宽则存在虚假检波。

该设计方案的输入/输出端口的 3 dB 起隔离作用, 避免对其前级和后级产生影响。80 MHz 的低通 LC 滤波器衰减其二次谐波信号, 可避免对该设计的增益产生影响。

除了两级 AD8367 是 200 Ω 特征阻抗外, 其他器件特征阻抗都是 50 Ω , 因此在两级 AD8367 的输入输出端口都有匹配网络进行阻抗变换, 尽量减小其插损。设计采用 LC 匹配网络, 插损单级只有 4 dB。

70 MHz 中频 AGC 的幅频特性主要取决于 SAW 70 MHz 滤波器, 因此, 采用带宽 16 MHz 的 SAW 70 MHz 滤波器。该滤波器的过渡带陡峭, 但其插损很大(达 14 dB), 为补偿该滤波器的插损和两级 AD8367 之间匹配网络带来的插损, 在其后串联放大器, 放大器增益为 18 dB。

调节第 2 级 AD8367 后串联的放大器增益, 以及整个 70

MHz 中频 AGC 的输出幅度, 从而达到设计需求, 放大器后串联的 70 MHz LC 滤波器可衰减放大器输出的二次谐波信号, 保证中频 AGC 具有良好的选择性。

通过外置检波器对 70 MHz LC 滤波器的输出信号进行检波, 解决片内存在的虚假检波问题, 保证小信号输入时检波可靠。检波器输出与期望的中频 AGC 输出电平相减产生误差信号, 通过环路滤波控制两级 AD8367 的增益, 第 1 级 AD8367 的是第 2 级 AD8367 增益电压的 0.75 倍, 这样在满足中频 AGC 70 dB 动态范围的同时, 尽量提高其输入信号的三阶交调点, 保证中频 AGC 具有良好的线性。

图 3 为中频 AGC 的分析模型, 其中, $x(t)$ 为输入信号强度检波电压, $y(t)$ 为输出信号强度检波电压, $r(t)$ 为期望输出信号强度检波电压, $\Delta(t)$ 为检波电压误差电平, $h(t)$ 为环路滤波器的冲激响应, $m(t)$ 为增益电平。

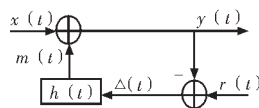


图 3 中频 AGC 的分析模型

使用该模型分析 70 MHz 中频 AGC。从第 1 级 AD8367 的输出端口到第 2 级 AD8367 的输入端口之间匹配网络和增益补偿放大器的总增益是 0 dB。两级 AD8367 可用 1 个 VGA 代替, 只是该 VGA 的控制电压/增益斜率是 35 mV/dB。

2.2 减法器与环路滤波器设计

该设计检波输出后的减法器 and 环路滤波器是通过运算放大器实现, 其电路结构如图 4 所示。

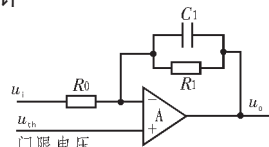


图 5 给出 70 dB 动态范围的 70 MHz 中频 AGC 实现电路。

3 设计中需注意的问题^[7-8]

1) PCB 设计 由于 PCB 的馈电和接地处理均对 AGC 性能产生重要影响。前者是电源滤波, 如果处理不当会影响关键器件, 引起自激和较高的杂散电平; 后者是指合理安排 PCB 接地, 尽量大面积接地, 保证整个 PCB 等地电位, 同时增大接地处理带来的等效电容, 提高 PCB 的抗干扰能力。而且关键元件的布局尽量和信号流向保持一致, 避免后级放大信号反馈到前级输入端引起自激。

2) 电路设计 合理设计第 1 级 VGA 输出到第 2 级 VGA 输入之间整体增益, 并等于 0, 简化电路分析设计, 在分析电路时可把两级 VGA 合并为 1 个 VGA 进行分析。

4 测试记录

AGC 检波特性如表 1 所示, 环路各部分增益贡献情况如表 2 所示。在本设计中, VGA 均工作于 GAIN UP 模式, 即增益控制电压在 0~1.0 V 之间, 增益随控制电压线性增加。图 6 为 VGA 增益曲线。

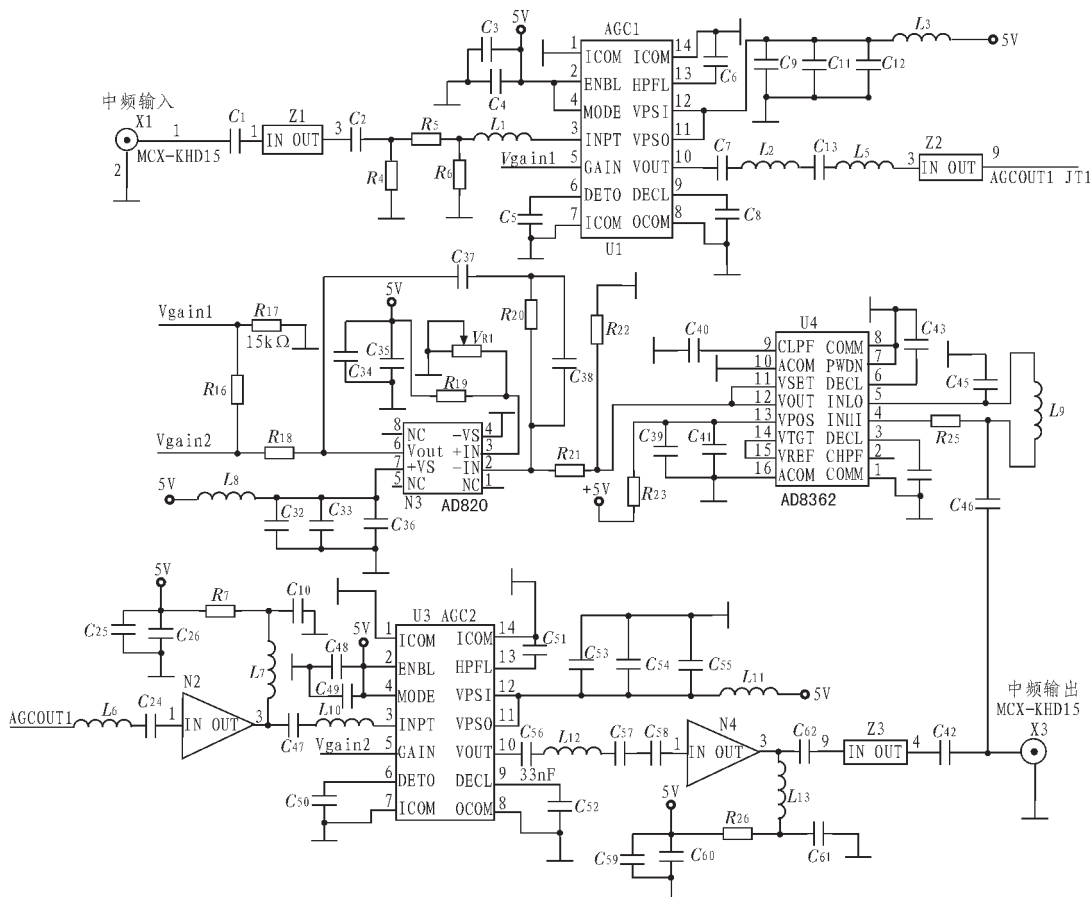


图 5 7 MHz 中频 AGC 实现电路

表 1 AGC 检波特性

输入电平/0 dBm	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70
检波电压/V	0.37	0.97	1.54	2.12	2.67	3.21	3.71	4.06

表2 环路各部分增益

输入幅值/ dBm	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70
V _{gain1} /V	0.06	0.15	0.23	0.32	0.40	0.48	0.55	0.61
VGA1/dBm	2.8	7.2	7.9	11.9	15.0	18.1	20.6	22.9
V _{gain2} /V	0.08	0.20	0.31	0.43	0.53	0.64	0.74	0.81
VGA2/dBm	1.9	3.2	8.9	14.1	20.7			
AMP1/dBm	10.1	11.1	10.9	9.4	9.3			
AMP2/dBm	21.0	12.4	12.1	22.8	12.3			

5 结 论

基于上述方法实现的 70 MHz 中频 AGC 最终效果是:输入电平在 $-65\sim+5$ dBm 范围内输出电平稳定在 -5 dBm,如果信号输入电平小于 -65 dBm,则 AGC 提供 60 dB 的固定增益,且不会出现杂散,当输入信号电平小于 $+3$ dBm 时,三阶交调抑制达到 55 dB。

参考文献:

- [1] 唐万军.高性能 VGA 芯片 AD8367 原理及应用[J].电子设计工程,2004(4):54-56.
- [2] 周智勇.基于 AD8367 的接收机 VGA 电路设计[J].电子侦察干扰,2005(1):15-18.

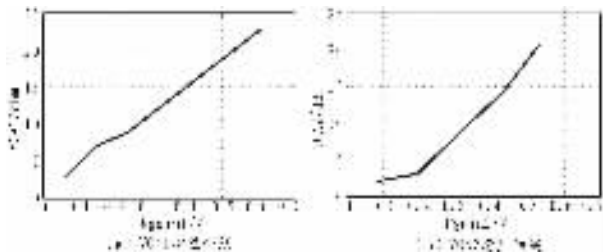


图 6 VGA 增益曲线

- [3] 范德睿.用 AD8367 简化接收机 AGC 电路设计[J].电子产品世界,2003(5):26-28.
- [4] 朱群,郑林华.基于 AD8367 的大动态范围 AGC 系统的实现[J].世界电子元件,2004(10):56-58.
- [5] 张星,周克生.基于 AD8367 的压控增益放大系统设计[J].世界电子元件,2007(1):45-47.
- [6] 李梁,张波,樊勇.基于 AD8367 的自动增益控制电路[C]//2008 通信理论与技术新进展—第十三届全国青年通信学术会议论文集(上).2008:433-435.
- [7] 杨险峰,刘鹏,李兵兵.采用 RF2607 的 WLAN 自动增益控制设计[J].电子设计工程,2006,14(11):63-65.
- [8] 过润秋,任晓强.基于 DSP 的加速度计温度控制系统的硬件设计[J].电子设计工程,2006,14(4):65-68.