

用于红外成像系统的自动增益控制方法研究

张大伟, 李江勇

(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘要:介绍了目前应用于红外成像系统中的几种自动增益控制方法,并从动态控制范围、响应时间、起控点调节、线性增益大小等特性方面进行了对比分析。重点介绍了用数字信号反馈控制放大器实现 AGC 的工作原理及实现方法。

关键词:自动增益控制;红外成像系统;灰度直方图

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A

Research of the automatic-gain control method for infrared imaging system

ZHANG Da-wei, LI Jiang-yong

(North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China)

Abstract: This paper introduces several AGC Methods for infrared imaging system. And it contains the contrast and analysis on the dynamic range, response time, the adjustment of the beginning control point and the range of the linear gain. This paper focuses on the working principle and the method of using digital signal feedback control AGC amplifier to achieve AGC.

Key words: automatic gain control; infrared imaging system; gray histogram

1 引言

随着在红外探测技术的不断发展,红外成像系统探测距离越来越远,探测视场越来越大,系统探测产生模拟信号动态范围也越来越大。为保证信号处理的高分辨率,信号处理动态范围往往会受到一定限制。因此,信号处理电路需要考虑如何用一定的动态范围处理能力实现实际大动态范围的信号处理。通过自动增益控制技术(AGC)可以有效解决这一问题。

AGC 技术就是根据信号的幅度自动控制信号增益,这样既可以保证在实际信息动态范围小时起到信号放大的作用;又可以保证在信号幅值超过电路处理能力范围时起到适当抑制作用,使得图像不产生饱和及淹没,也不会因抑制损失场景信息。在实际工作中,红外成像系统所观察的场景较为复杂,为了在各种应用环境下均可以得到清晰图像,特别

是对那些不允许进行手动增益调节操作的使用场合,根据观测目标的变化自动调节系统增益显得尤为重要,因此自动增益控制技术越来越多的在红外成像系统中得到应用。

目前常用的 AGC 方法有以下三种:

- 1) 应用晶体管改变系统输入电阻实现 AGC;
- 2) 应用可变增益放大器实现 AGC;
- 3) 用数字信号反馈控制放大器实现 AGC;

这三种方法各有特点,在不同领域均得到了应用。通过数字信号反馈控制放大器方式实现 AGC,由于其调整范围可控,调整结果可预测,调试方法简单,且满足系统实时性要求,因此非常适合在红外成像系统中应用。下面将在分别阐述其他几种方法工

作者简介:张大伟(1979-),男,工程师,长期从事红外成像系统信号处理研究。E-mail:zdw609@yahoo.com.cn
收稿日期:2009-07-14;修订日期:2009-08-06

作原理和实现途径的情况下,重点介绍数字信号反馈控制放大器方式实现 AGC 在实际工作中的应用。

2 应用晶体管改变系统输入电阻实现 AGC

二极管的伏安特性曲线(只考虑正偏压)如图 1(a)所示。按如图 1(b)所示将其接入电路,当输

入信号幅值增大时,由于二极管等效阻抗减小,系统输入阻抗相应减小,系统增益减小,从而实现对模拟信号的自动增益控制。由于单个二极管的阻值变化范围较小,这样使得系统增益变化范围有限,在实际应用中接入形式如图 1(c)所示,多个二极管串联使用,使系统增益变化范围得以增大。

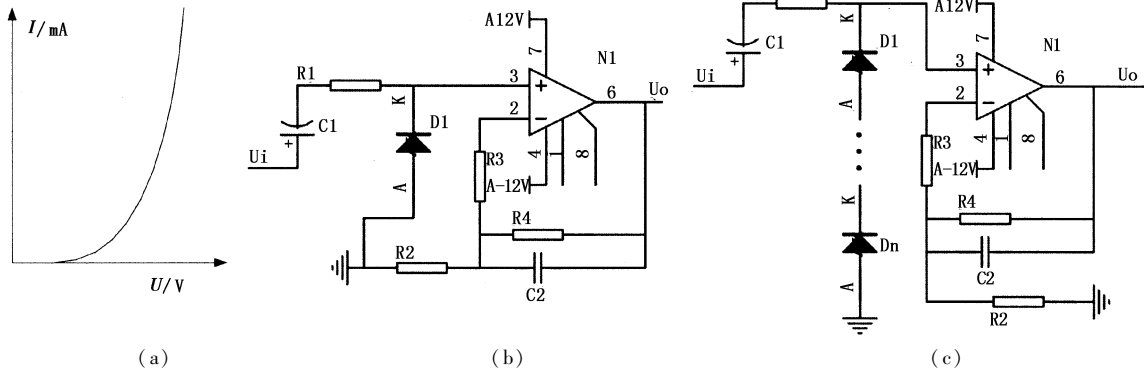


图1 晶体管法实现系统 AGC 原理

随着场效应管的普遍使用,电路变形为图 2 所示。将输出的信号通过检波、低通等处理,最后直流电压通过场效应的栅极,以改变栅源电压,达到改变输入阻抗的目的,最终实现系统自动增益控制。

化率不大,使得电路适应的信号动态范围受限;晶体管的分布参数差别较大,在多路成像系统中使用会影响到图像的非均匀性;电路由分离元件组成,调试难度较大,不利于工程化及批量化应用。

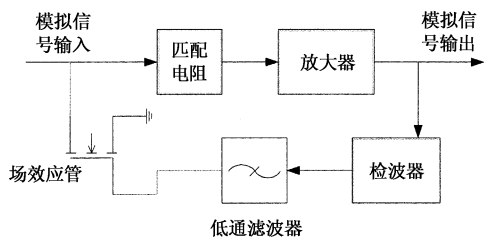


图2 场效应管实现 AGC 电路图

此类方法的优点是实时性好,响应时间、起控点和线性区增益可调整。缺点是:晶体管等效阻抗变

3 应用可变增益放大器实现 AGC

由于可变增益放大器的特点非常适合在 AGC 设计中应用,所以在模拟通道上,越来越多的人采用它来实现 AGC。以 AD603 为例,应用电路如图 3 所示。其中反馈控制信号由一对 NPN 和 PNP 管对输出信号进行检波得到。在此系统中,其响应时间、起控点和线性区增益均可根据设计者的要求进行调整。

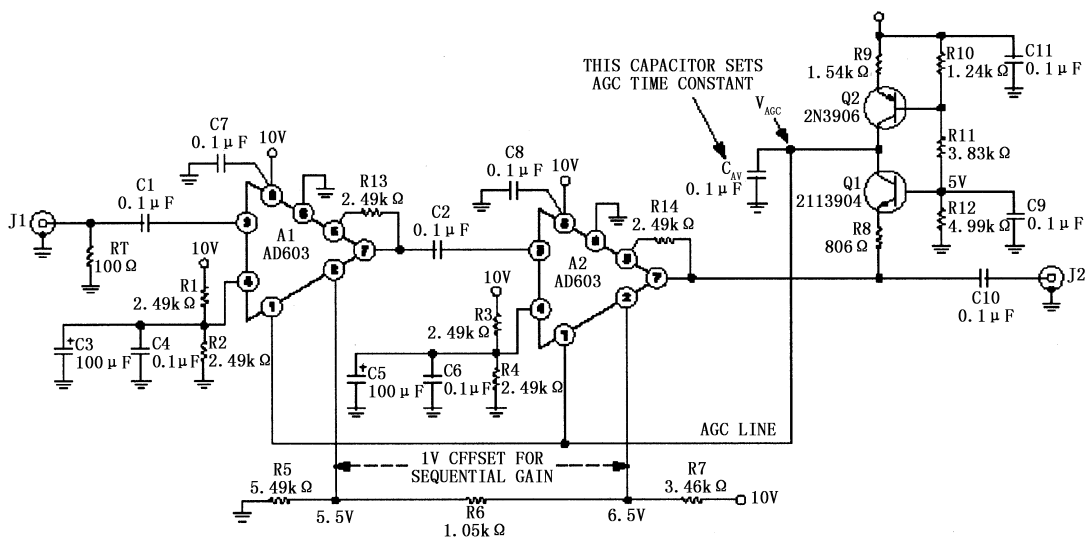


图3 AD603 实现 AGC 电路图

此类方法的优点是实时性好,响应时间、起控点和线性区增益可调。缺点是 AD603 放大倍数过大,设计时在输入级对信号进行了衰减处理,降低了信噪比;调高响应时间,系统工作不够稳定;分离器件的分布参数差别较大,在多路成像系统中使用会影响到图像的非均匀性;电路由分离元件组成,调试难度较大,不利于工程化及批量化应用。

4 用数字信号反馈控制放大器实现 AGC

以上所述的 AGC 方法均在模拟信号处理电路中直接实现,随着数字信号处理技术的不断进步,在红外成像系统中越来越多的采用数字信号处理技术已提高系统的整体性能。在实际工作中将数字信号处理技术与模拟信号处理电路相结合,就实现了数字信号处理结果反馈回模拟通道来控制放大器实现 AGC 的方法,其原理如图 4 所示。下面重点介绍该方法的实现过程。

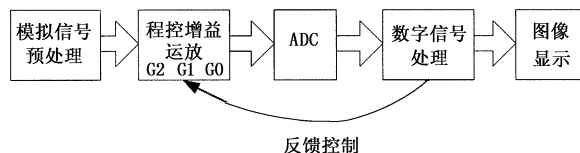
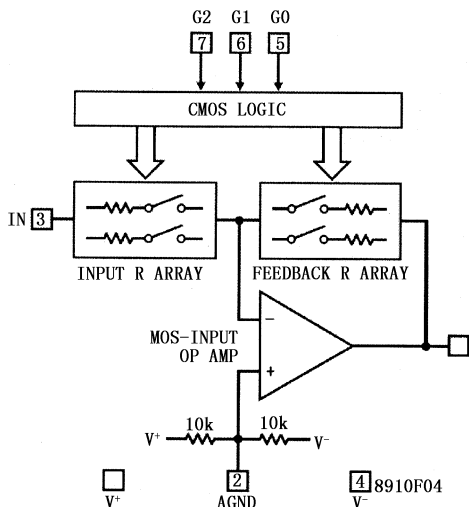


图 4 信号控制流程图

在该系统中,将程控增益运放串联在系统的模拟信号处理通道上,通过改变该运放的控制端实现模拟信号增益调节。其中控制信号来自后端数字信号处理的结果,在数字信号处理过程中,我们采用直方图统计的方法对当前系统输出的图像数据进行统计^[1-2],将统计结果经过运算形成程控增益运放的控制信号。

在实际系统应用中,我们选用的程控增益运放为 LTC6910-2。该芯片是一款低噪数控增益方放大器,它将可变电阻网络集成到很小的尺寸的运算放大器中,通过 3-bit 数字输入分档调节放大器的增益系数。其内部示意及增益分档情况如图 5 所示。



(a) LTC6910 原框图

数字输入			增益
G2	G1	G0	LTC6910-2
0	0	0	0
0	0	1	-1
0	1	0	-2
0	1	1	-4
1	0	0	-8
1	0	1	-16
1	1	0	-32
1	1	1	-64

(b) LTC6910 增益表

图 5 LTC6910

在数字信号处理单元我们采用了 FPGA, DSP 等高速信号处理芯片以提升系统的响应速度^[3-4]。在处理过程中首先对信号进行灰度直方图统计,以灰度级 $L = 256$, 大小 $m \times n$ 的图像 $f(x, y)$ 为例,其灰度直方图 $H(k), k = 0, 1, \dots, (L - 1)$, 获得其直方图的步骤为:

- 1) 初始化: for ($k = 0; k < L; k++$) $H[k] = 0;$
- 2) 统计: for ($x = 0; x < m; x++$)
for ($y = 0; y < n; y++$)
 $H[f(x, y)]++;$
- 3) 规格化: for ($x = 0; x < m; x++$)
for ($y = 0; y < n; y++$)
 $H[f(x, y)] /= \text{float}(m \times n);$

考虑到系统噪声等影响,设置阈值为 B 。当 H

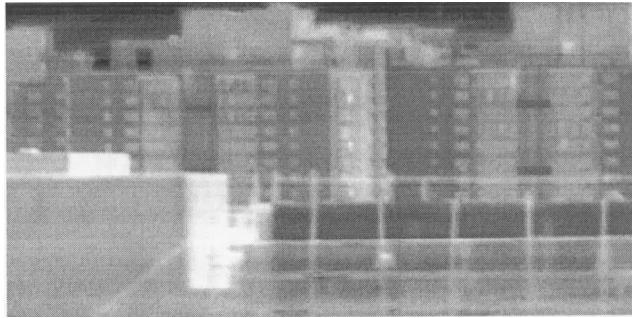
$[k] > B$ 时,最小的 k 值定义为最小有效灰度 E ,最大的 k 值定义为最大有效灰度 F 。由公式可计算出系统所能接受的最大增益系数为 $G = 256 / (F - E)$ 。然后,根据电路各部分参数的分布,可以反相推导增益控制部分,增益可以调整的幅度。如图 5(b) 图所示,系统选用芯片为 6910-2,当系统初始化时 $(G2, G1, G0) = (0, 0, 1)$ 。如果此时计算出的 $G = 2$,则由数字处理单元将控制字改为 $(G2, G1, G0) = (0, 1, 0)$ 即可。

经过前期系统调试,该方法可以实现系统的自动增益控制,达到改善图像质量的效果。如图 6 所示,其中图 6(a) 和图 6(b) 为没有加入自动增益算法时不同时段得到的两幅图像,图 6(a) 整体偏亮,平均灰度级偏大;图 6(b) 则整体偏暗,平均灰度级

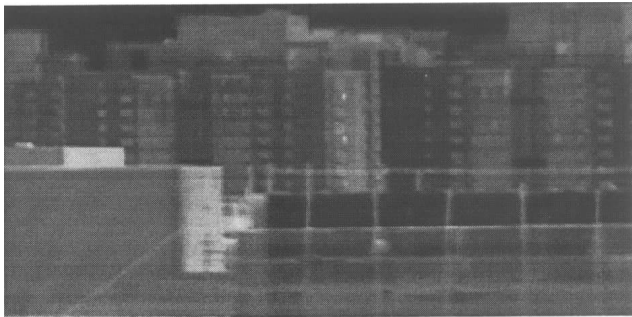
偏小;图6(c)则是采用了该方法后系统所成图像,其平均灰度级刚好在系统设定范围内,图像质量也优于前两幅。通过对系统成像过程进行监控发现得到图6(c)的图像时系统增益系数小于图6(a)时且大于图6(b)时。

在系统调试过程中,我们采集了大量的图像数

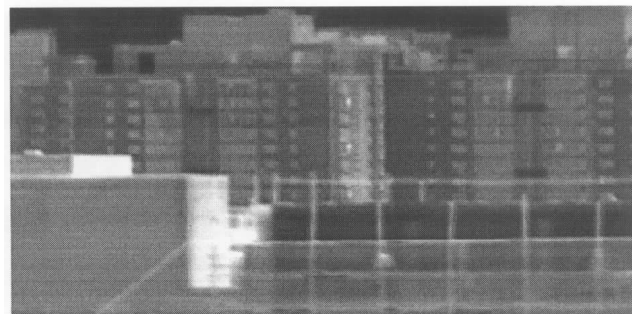
据,给系统进行前期“学习”,分析图像的灰度分布规律,这样系统中设置的阈值参数和调节增益系数更接近实际,在实际工作中可以更加准确的定位其调节起控点,从而节省了调节时间,使得系统具有了更强的实时性。



(a) 无增益调节图像(偏亮)



(b) 无增益调节图像(偏暗)



(c) 有自动增益后图像

图6 试验效果图

5 结 论

在红外成像系统中,对小信号的放大使得图像细节得到改进,对大信号的抑制压缩了信号幅度,防止了信号饱和,可以很好地改善图像质量。由于目前红外成像系统中大量采用数字图像处理技术,采用数字反馈控制放大器实现 AGC 的方法可以有效利用数字信号处理的优势,灵活选择 AGC 的策略,根据实际情况选择适当的起控点,使得信号幅度保持在适当的范围内,保证成像质量。

参考文献:

- [1] 赵晓红,沈绪榜,等. 直方图计算的数据并行实现方法[J]. 信号处理,2005,21(2):111-114.
- [2] 陈洪,常青,等. 一种易于硬件实现的红外图像实时增强算法[J]. 红外与激光工程,2004,34(3):282-287.
- [3] 安成斌,任宏亮,聂传虹,等. 凝视焦平面热像仪的红外图像增强技术[J]. 激光与红外,2003,33(6):455-456.
- [4] 顾东升,扬南生,等. 一种基于 DSP-FPGA 技术的实时红外图像直方图均衡器[J]. 红外技术,2002,24(3):15-19.