

基于单片机的红外焦平面驱动电路研究

黄松垒^{1,2} 黄张成^{1,2} 周家明^{1,2} 陈新禹¹ 方家熊¹

(¹ 中国科学院上海技术物理研究所传感器技术国家重点实验室, 上海 200083; ² 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 红外焦平面技术目前已经进入第三代。读出电路作为焦平面的重要组成部分, 为了使它达到理想的工作状态, 需要提供时钟驱动脉冲和偏置电压。设计了一种基于 atmel89s51 单片机设计的红外焦平面线列的时钟驱动电路。此电路灵活性强, 具有很强的驱动能力, 驱动电流在输出高低电平时分别为 4 mA 和 28 mA, 实现了 128×1 红外焦平面阵列的驱动。而且电路通过程序上简单地修改, 调节时钟脉冲频率、积分时间和读出时间等参数, 拓展到 256×1 红外焦平面阵列的脉冲驱动。

关键词 红外焦平面阵列; atmel89s51 单片机; 驱动电路

中图分类号 O43 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS200929s1.0332

Study on Driving Circuit of Infrared Focal Plane Arrays based on Singlechip

Huang Songlei^{1,2} Huang Zhangcheng^{1,2} Zhou Jiaming^{1,2} Chen Xinyu¹ Fang Jiexiong¹

¹ State Key Laboratories of Transducer Technology, Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China
² Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Abstract The infrared focal plane arrays (IRFPAs) technology has been driven to the third generation. Readout integrated circuit (ROIC) is an important subassembly of focal plane arrays. To reach the ideal working state, ROIC needs to be supplied with clock drive impulse and setup voltage. IRFPAs driving circuit using atmel89s51 singlechip has been designed, which has facility performance, powerful drive ability. While the out-put voltages are high and low, the output driving currents are 4 mA and 28 mA separately. It can be used to drive 128×1 IRFPAs. Via brief modification in program, driving circuit can adjust clock drive impulse frequency, integration time and readout time etc, which can be used to drive 256×1 IRFPAs.

Key words infrared focal plane arrays; atmel89s51 singlechip; driving circuit

1 引 言

自 20 世纪 70 年代提出以来, 红外焦平面的发展非常迅速, 其规模从单元探测器发展到多元、线列和面阵, 广泛用于红外夜视、精确制导、跟踪探测和遥感导航等方面^[1]。焦平面阵列是指放置在光学系统焦平面上的探测器阵列, 由光敏元芯片和读出电路 (ROIC) 芯片两大部分组成。其基本工作原理是焦平面上的红外探测器接收入射到的红外辐射后, 在红外辐射的入射位置上产生一个与入射红外辐射性能有关的局部电荷, 通过扫描焦平面阵列的不同位置或按顺序地将电荷传送到读出器件来读出这些电荷^[2~5]。

ROIC 的驱动电路是焦平面的重要组成部分, 为了使读出电路工作, 需要提供时钟驱动脉冲和偏置电压。驱动信号的性能直接关系到整个焦平面器件组件的性能。在不同的运用场所, 功耗、体积重量、成本等不同, 对驱动信号电流有不同的要求。第三代红外焦平面阵列的发展趋势之一就是: 将 ROIC 的驱动信号和读出电路集成在同一个芯片上, 减少功耗以及引线带来的电磁干扰^[6]。但是在研究阶段, 针对不同的焦平面组件, 为了灵活地加载不同的驱动信号来对器件进行测试, 一般都是通过片外驱动电路^[7]。片外驱动电路常用方法: 分立元件组装 (门电路拼装)、单片

基金项目: 国家自然科学基金(50632060)资助项目。

作者简介: 黄松垒(1984—), 男, 博士研究生, 主要从事红外焦平面读出电路方面的研究。

E-mail: huangsonglei@sina.com

导师简介: 方家熊(1939—), 男, 博士生导师, 主要从事光传感器技术方面的研究。E-mail: jxfang@mail.sitp.ac.cn

机、复杂可编程逻辑器件(CPLD)、现场可编程门阵列(FPGA)、专用脉冲仪器等。

利用单片机的编程灵活,可随时修改擦除的特点,把读出电路所需要的驱动信号用单片机来设计,从而为读出电路芯片提供时序和偏置电压,为红外焦平面电路的性能调试提供一种简便的方法。

表 1 几种驱动脉冲产生方法的比较
Table 1 Generation methods of drive impulse

Methods	Volume /weight	Flexibility	Programming language	Performance
Discrete compoments	Small	Weak	No	Medium
Singlechip	Small	High	C/Assembly language	Medium
CPLD	Small	High	Verilog/VHDL	Medium
FPGA	Small	High	Verilog/VHDL	Medium
Special impluse instrument	Huge	High	No	High

2.1 脉冲波形的程序编写

本设计方案利用 Keil uVision3 软件编写单片机的内部控制程序(可以用汇编语言或 C 语言等,本文采用 C 语言)^[8]。利用 24 MHz 的外部晶振给 atmel89s51 单片机提供单片机的驱动信号。程序中定义了单片机 6 个输出脚(P0_0、P0_1...P0_5)对应于 128×1 焦平面线列读出电路的 6 路驱动脉冲信号(PORT_RESET、SH1、SH2、ST、CLK1、CLK2)。根据 128×1 焦平面线列已经固定的脉冲波形参数

2 驱动电路设计

本文采用了 atmel89s51 单片机设计的脉冲驱动可以同时生成多路信号,通过灵活的程序修改,可以很简易地改变驱动脉冲的时钟周期、积分时间等参数。表 1 列举了这几种不同产生驱动脉冲波形的方法的比较。

(时钟频率,积分时间等),定义时间延迟参数,根据这些时间延迟参数,可以很方便调节脉冲波波形。例如:先将 P0_0 输出的驱动信号初始化置 0,经过一段时间延迟 t_1 ,将输出置 1;再经过另一个时间延迟参数 t_2 (积分时间)的控制,输出置 0;再经过 t_3 (读出时间),输出置 1,就这样完成一路脉冲一个周期的脉冲编写。如图 1 红外焦平面线列的脉冲仿真波形所示,其他 5 路脉冲同样可以编写。编写好了之后的程序就可以输出 Hex 文件。

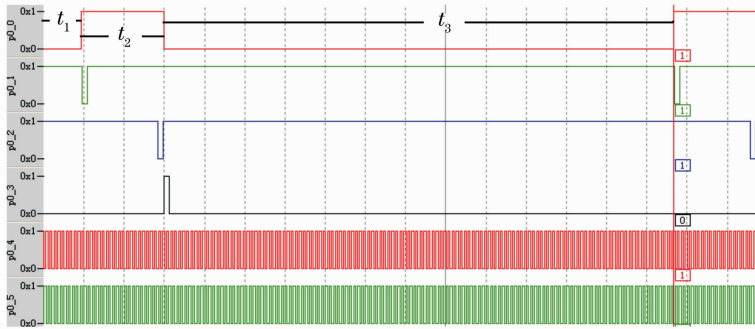


图 1 128×1 红外焦平面线列的脉冲仿真波形

Fig. 1 Impulse emulation wave of 128×1 IRFPA

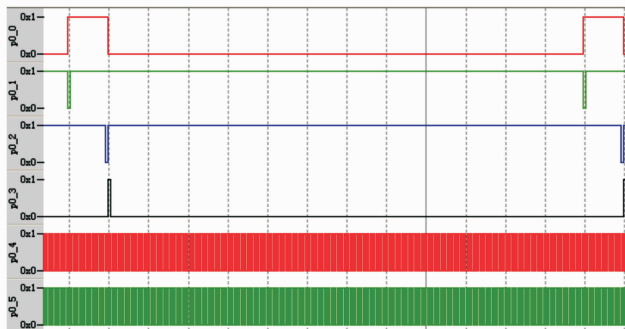


图 2 256×1 红外焦平面线列的脉冲波形

Fig. 2 Impulse emulation wave of 256×1 IRFPA

通过程序的编写,可以发现只要修改时间延迟参数 t_1 、 t_2 、 t_3 等的参数值,就可以把这个时序驱动电路拓展到驱动更长线列,例如 256×1 、 512×1 等。如图 2 是 256×1 脉冲波形图,积分时间 t_2 不变,读出时间 t_3 增倍。

2.2 单片机程序的烧写

把驱动脉冲所编写的程序转化输出十六进制的 Hex 文件之后,借助 atmel 公司 ISP 下载线,把 Hex 文件烧写到单片机里面。烧写连接电路如图 3 所示。

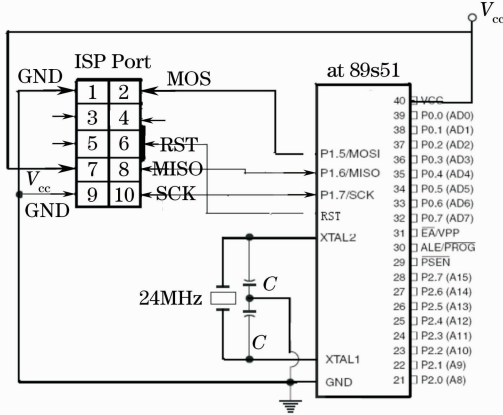


图 3 单片机烧写的连接电路

Fig. 3 Write-in circuit of singlechip

图 3 的左上角部分是 ISP 下载线的一个接口,ISP 下载线的另一接口接到计算机上,图中的右半部分是 at89s51 单片机的示意图。 $V_{cc} = 5.0 \text{ V}$,电容 $C = 30 \text{ pf}$,24 MHz 的外部晶振给 atmel89s51 单片机提供单片机的驱动信号。

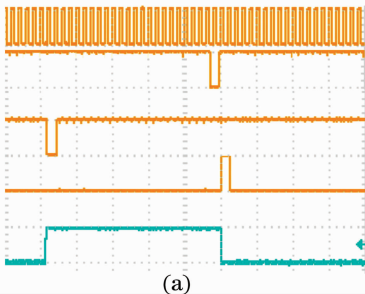


图 5 (a) 示波器中显示的 128×1 驱动波形; (b) 脉冲波形参数

	rising time / μs	falling time / μs
CP1	2.5	0.08
CP2	2.7	0.08
RESET	4.0	0.09
ST	3.0	0.08
SH1	3.0	0.10
SH2	3.0	0.09

(b)

Fig. 5 (a) Impulse wave of 128×1 IRFPA driving circuit showed on oscillograph; (b) parameter of impulse wave

由于单片机输出级采用集电极开路的门电路(即 OC 门)^[9,10],输出低电平信号时,单片机产生的电流可以达到 28 mA;输出高电平时,单片机内部的输出管截止,驱动负载的电流靠电源 V_{cc} 和电阻 R 提供,驱动电流 $I = \frac{V_{cc} - V_g}{R} \text{ A}$, V_g 约为 3.0 V,则每一路脉冲可以提供的电流 $I = 4.0 \text{ mA}$ 。从式子中可以看出,减小 R 的值可以增大驱动电流。由于

2.3 外围电路设计

为了增强驱动能力,可以在每一个输出端连接一个上拉电阻 R 到 V_{cc} , $R = 500 \Omega$,如图 4 所示。用示波器直接观察测量这六个脉冲序列。

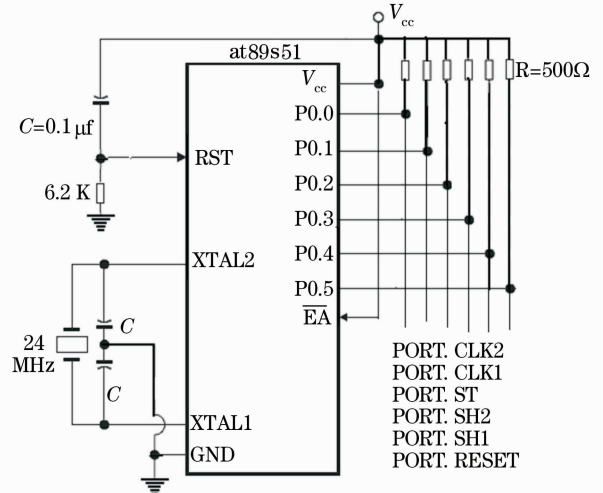


图 4 单片机的外围电路连接

Fig. 4 Peripheral circuit of singlechip

3 实验结果

通过示波器,观测到各路脉冲信号满足时序关系,如图 5(a)。而且用驱动电路给 128×1 红外焦平面线列提供脉冲,读出电路工作正常。图 5(b)是驱动电路输出脉冲波形的参数。由于 CP 时钟存在 $2.7 \mu\text{s}$ 的上升沿时间,故我们所能得到的最大 CP 时钟频率大约是 185 kHz。

这个脉冲驱动电路是给 MOS 管的栅极提供驱动,而栅极的电阻很大(数量级为 $\text{M}\Omega$),电流很小(pA),mA 级的驱动电流有足够能力驱动 128×1 或 256×1 线列读出电路。

再用驱动电路给 128×1 红外焦平面线列提供脉冲,读出电路正常工作,验证有足够的驱动能力驱动读出电路。如图 6 中的曲线 1、曲线 2 表示输出的两路双采样信号 V_{o1} 、 V_{o2} ,红色的曲线 M 表示

两者的差分。从曲线中可以发现光敏元线列有三个盲元。通过对这两条 M 曲线的差分,就得到光敏元

对日光灯的探测信号曲线。

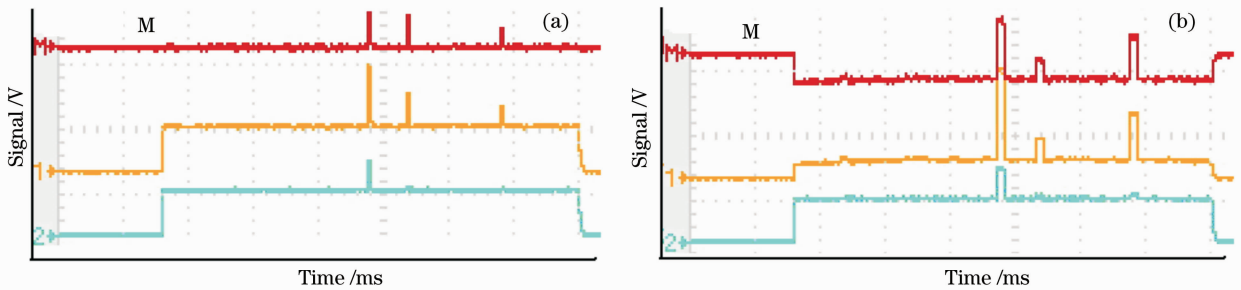


图 6 光敏元的信号波形(a)无日光灯照射;(b)日光灯照射下

Fig. 6 Signal wave (a) without irradiation of daylight lamp; (b) with irradiation of daylight lamp

4 结 论

利用 at89s51 单片机设计了一种 128×1 红外焦平面线列读出电路的驱动电路。该电路具有编程简单、可随时修改擦除、体积小和低成本等优点。通过程序中所定义的时间延迟参数的数值修改,很简单地改变读出电路驱动脉冲的时钟周期、积分时间、采样时间等,而且可以将时序驱动电路拓展从而驱动更长线列,例如 256×1 、 512×1 等。鉴于以上的优点,可将该驱动电路用于器件老化试验,以及户外大型仪器不方便移动的环境。

参 考 文 献

- 1 M. J. Hewitt, J. L. Vampola, S. H. Black *et al.*. Infrared Readout Electronics: a Historical Perspective[C]. *SPIE*, 1994, **2226**: 108
- 2 Zhang Song. Research on TDI Circuits of SPGA Structure[D]. Shanghai: Shanghai Institute of technology physics, 2005, 1~10
张 松. 开关门阵列结构 TDI 电路的研究 [D]. 上海: 上海技术物理研究所, 2005. 1~10
- 3 Y. Juravel, A. Strum, A. Fenigstein *et al.*. Transition to second-generation HgCdTe FPA[C]. *SPIE*, 1997, **3061**: 652

- 4 Chih-Cheng Hsieh, Chung-Yu Wu. Focal-plane-arrays and CMOS readout techniques of infrared imaging systems, [J]. *IEEE*, 1997, **7**(4): 594~605
- 5 GanWenxiang. Readout integrated circuit technology of infrared focal plane arrays readout[J]. *Infrared*, 2003, **9**: 1~8
甘文祥. 红外焦平面器件读出电路技术[J]. 红外, 2003, **9**: 1~8
- 6 Donald A. Reago. Third generation imaging sensor system concepts[C]. *SPIE*, 1999, **3701**
- 7 Liu Chengkang. Research on CMOS Readout Integrated Circuit of Infrared Focal Plane Arrays [D]. Chongqing: Chongqing University, 2001, 57~59
刘成康. 红外焦平面阵列 CMOS 读出电路研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2001, 57~59
- 8 Wang Fujun, Pan Songfeng, Singlechip Micro System Design and Application [M]. Anhui: University of Science and technology of China Press, 2003
万福君, 潘松峰. 单片机微机原理系统设计与应用[M]. 安徽: 中国科学技术大学出版社, 2003.
- 9 Yan Shi. Fundamentals of Digital Electronic Technology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1998
阎 石. 数字电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998
- 10 Behzad Razavi. Design of Analog CMOS Integrated Circuits[M]. Chen Guican, Cheng Jun Transl. Xi'an: Xi'an Communication University Press, 2003
毕查德·拉扎维. 模拟 CMOS 集成电路设计[M]. 陈贵灿等译. 西安: 西安交通大学出版社, 2003