

人民币纸币红外、紫外特征检测方法^①

苑玮琦, 姜楠

(沈阳工业大学 视觉检测技术研究所, 沈阳 110870)

摘要: 根据国家 2010 年公布的《鉴别仪通用技术条件》对纸币图像分析鉴别能力要求的提升, 在传统点钞机白光图像识别的基础上增加了纸币红外、紫外图像鉴伪功能。目前国内主流点钞机出钞速度为 20 张/秒左右, 为了与这个速度匹配的同时又保证识别准确率, 提出了接触式图像传感器加 DSP 加可编程逻辑器件 CPLD 的高速图像采集方法。大量实验表明, 同时完整地采集到三幅高质量的纸币可见光图像及红外、紫外特征图像共需 40.5 毫秒, 满足主流点钞机单张走纸 50 毫秒的速度要求。

关键词: 纸币; 红外; 紫外; 图像鉴伪; 高速; 采集

RMB Banknotes Infrared, Ultraviolet Characteristics Detection Method

YUAN Wei-Qi, JIANG Nan

(Computer Vision Group, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: According to the requirements for image analysis and identification ability from state in 2010 published "identifying instrument general technical conditions", the paper currency image authentication function is added in the traditional counting money machine. At present, domestic mainstream counting machine, banknote at a speed of 20 frames per second or so, in order to match the speed and ensure the accuracy, a high speed image acquisition method based on contact image sensor and DSP and programmable logic device CPLD is proposed. A large number of experiments show that at the same time to complete collection three high quality images of the visible light, infrared image and ultraviolet image just need 40.5ms, to meet the requirements for current market currency count machine sheet of paper 50 millisecond speed.

Key words: banknotes; infrared; ultraviolet; Image authentication; high speed; collect

国家针对纸币安全问题, 在 2010 年推出的《鉴别仪通用技术条件》提及了红外及紫外图像分析鉴别技术^[1]。目前国内对纸币图像用于鉴伪这一课题刚刚起步, 该技术还没有在国内点钞机中得到广泛应用。然而新版人民币的红外、紫外防伪标识是纸币防伪技术的又一突破, 成功提取其特征图像并加以识别, 是应对假币高仿现状, 提高伪币识别率的有效措施。随着新国标的颁布, 纸币图像鉴伪方法必将被广泛应用。

华南理工大学^[2]给出了人民币整个票面红外图像采集方法, 其系统对主处理器的选择为 8051 系列单片机 MA84G564, 其工作频率最高只可达到 36MHZ, 与目前广为应用的专供图像分析用 TI 公司 C6000 系列

DM642(最高工作频率 720MHZ)或 DM648(最高工作频率 900MHZ)相去甚远, 无法保证系统图像采集与分析的实时性, 另外系统电路设计复杂, 可行性较低。深圳大学电子科学与技术学院^[3]针对人民币盲文处红外图像标识提出了鉴伪方法, 根据采集到的真假人民币盲文处凸凹特点的不同进行图像识别。由于盲文处凸凹程度可能随着纸币新旧发生变化且此处特征不够明显, 无法保证伪币识别的成功率。

针对以上情况, 通过大量实验对比, 针对新版人民币真币和假币在红外光及紫外光照射下所呈现图像的主要区别, 研制了一种以 CIS+DSP+CPLD 为核心的高速纸币特征图像采集装置, 用 CPLD 做逻辑和时序

^① 收稿时间:2013-12-30;收到修改稿时间:2014-03-03

控制使 DSP 能充分发挥其高速运算的优势,保证了图像的高速采集.利用两条图像传感器同时采集纸币正反面图像信息,解决了传统点钞机对纸币放入方向限制的问题.

1 人民币纸币红外、紫外图像特征

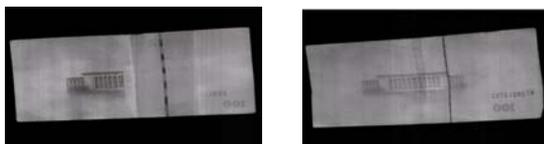
人民币纸币在所用纸张中加入了无色荧光纤维,这种纤维在可见光下与纸张中棉、麻纤维的颜色没有两样,但在波长为 315nm-400nm 的紫外光照射下,其主要特征区域会出现线条连续清晰的“100”字样,而假币此处所呈现字样模糊不清^[4].如图 1 所示.

新版人民币在造币过程中应用了红外防伪做工技巧,然而这些做工技巧属于国家机密,不会轻易透露出来^[4],但是通过大量对比实验发现了红外防伪做工中特征比较明显的部分.以 100 元人民币为例,在波长为 750nm-1400nm 的红外光照射下,真币背面右侧图案消失,而假币无变化.如下图 2 所示.



(a) 100 元真币图像 (b) 100 元假币图像

图 1 100 元真、假纸币紫外特征图像对比



(a) 100 元真币图像 (b) 100 元假币图像

图 2 100 元真、假纸币红外特征图像对比

2 系统硬件设计

2.1 系统总体框图

系统由接触式图像传感器电路、模拟信号处理电路,可编程逻辑控制电路,主处理器及外围电路组成,如图 3 所示.系统工作过程:首先由点钞机内部自带的一对光电管检测有无纸币经过点钞机,当有纸币经过时,光电管的输出电平发生变化,可编程逻辑控制器 CPLD 接收到此触发信号后控制打开图像传感器的光源并启动图像传感器同时启动行使能信号;图像传感器输出的模拟信号在模数转换器中进行放大和模数转换后将数字信号输入到 DSP 视频口的 FIFO 缓存区,

再由 DDR2 通道将数据搬运到片外存储器中.系统各部分所需时钟由可编程逻辑器件 CPLD 将主时钟分频得到,同时 CPLD 按照系统工作过程对各部分发出控制信号.

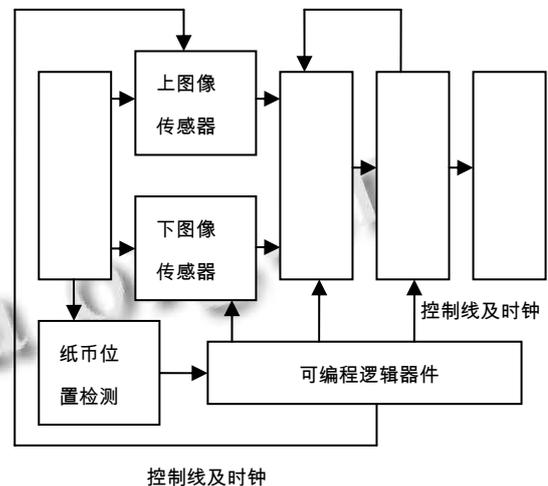


图 3 系统硬件结构框图

2.2 主处理器选择单元

为了与出钞速度匹配又同时保证识别准确率,必须高速采集高质量纸币防伪图像并快速识别.设计中选用了 TI 公司 C6000 系列 DSP 芯片 TMS320DM648 作为系统的主处理器芯片,其核心处理器主频最高可达 900MHz,处理性能高达 5760MI/S^[8],具有 10 个 8bit 视频端口,可满足同时接收每路 8bit 共 6 路数字信号的要求;支持多种视频标准,可以和视频输入,输出或传输流无缝连接,满足系统原始数据流采集模式的要求;一个 DDR2 存储接口,三个 EMIF 接口,可与片外 DDR 及 FLASH 相连,于是程序及数据可在片外存储,不占内存,确保主处理器工作速度.

与大多数图像采集系统所选用的 TMS320DM642 相比,其主频时钟提高了 25%,二级缓存提高了一倍,突破了由主频和存储器速度带来的实时性障碍.另外 DM648 较 DM642 内核工作周期提高了 20%,代码密度提高了 20%—30%,每周期执行的 16 位 MMAC 提高了一倍,EDMA 带宽提高了三倍.从整体上提高了系统的工作性能.

2.3 图像传感器单元设计

目前市场上的图像传感器类型主要分为三种,CCD、CMOS 和 CIS^[5-7].比较其优缺点发现,CIS 不仅对动态图像采集效果较好且不需复杂的外围电路,另

外价格便宜, 安装简单, 因此系统选择了 CIS 接触式图像传感器. 另外要求所选用图像传感器至少要具备白光, 红外光, 紫外光三种光源; 在扫描速度上要求图像传感器至少在 50ms 内完成对 1000 行的扫描, 因此其单行扫描速度不低于 50us/line; 图像传感器的扫描宽度应大于 100 元人民币宽度 160mm. 根据以上要求, 选用了威海华菱电子有限公司生产的导光条式的接触式图像传感器 SML2R183ZUVA, 具有红、绿、蓝、红外、紫外五种光源. 其中红外光源波长为 940nm±10nm, 紫外光源波长为 365nm±15nm, 该 CIS 分辨率为 200dpi, 工作频率 16MHZ, 扫描速度为 41us/line, 扫描长度为 183mm, 可固定在点钞机内部. 符合设计中对图像传感器的各项参数要求.

考虑纸币进入点钞机时面向是任意的, 所以本设计利用两条 CIS 同时采集一张纸币的正反面图像信息.

以一片 CIS 为例, 其主要电路连接如图 4 所示. SIG 为模拟信号输出端, 与模数转换器输入端相连; Vref 为 CIS 的参考电平输出, 连接到模拟信号处理器的参考电平输入端, 实现参考电平自动调节; SI 为启动信号, 连接到 CPLD 的一个 IO 口; LEDIR/UV/R/G/B 分别为五种光源的阴极, 与 CPLD 的 IO 口相接, 控制 CIS 光源亮灭. 设计中, 白光, 紫外光, 红外光交替打开.

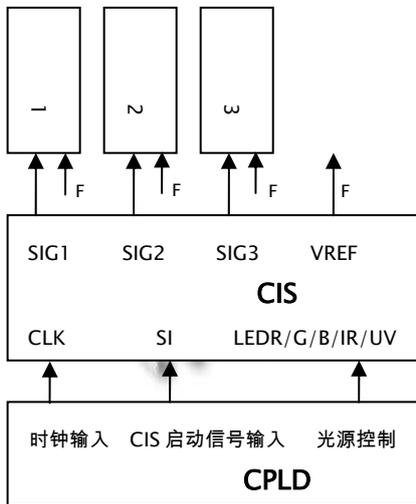


图 4 CIS 电路框图

2.4 模拟信号处理单元设计

由于采用的接触式图像传感器 CIS 输出信号为模拟信号, 而 DSP 只能接收数字信号, 所以在两者之间

需要模数转换器来完成模拟信号到数字信号的转换. 设计中选用了专用于 CCD/CIS 的模拟信号处理器 HT82V26. 这款模数转换器可同时完成信号的放大及模数转换, 大大简化了电路连接; 其工作电压为 5V; 数字输出电压为 5V/3.3V, 可直接与 DSP 的视频口相连; 功耗为 30mW; 最高转换速率为 30MSPS, 大于模拟信号输入频率 16MHZ; 模拟信号输入电压为 0.3V-5.3V, 满足 0.2V-0.4V 的有效像素模拟信号电压输入.

由于所选用的 CIS 将数据分三段并行输出, 每段输出频率为 16M, 如果由一片模数转换器同时完成三段模拟信号转换, 就要求模数转换器的转换频率为 48M, 而满足全部设计要求的模数转换器的最大转换速率只有 30M, 即所选 HT82V26. 所以只能将 CIS 每段的输出对应一个模数转换器, 通过 6 个 HT82V26 完成对上下两片 CIS 共 6 路模拟信号的转换.

以一片模数转换器为例, 其主要电路连接如图 5 所示. 其中 OE 为使能端, 将其接地, 保持模数转换器的始终使能; CDSCLK 为采样时钟, ADCLK 为转换时钟, 均来自 CPLD; D0-D7 为数字输出端, 与 DSP 的视频口相连, VINR 为模拟信号输入; DSP 通过 SLOAD、SDATA、SCLK 完成对其 8 寄存器的配置. 根据各寄存器各字段的含义将 Configuration 寄存器配置为 0x44, 将 Mux register 寄存器配置为 0xC0, 将 PGA 寄存器的增益选为 1. 系统由 SDATA 高低电平的配置来选择配置不同的寄存器, 如将 SDATA 的 A2A1A0 配置为 000 时, 则选定了 Configuration 寄存器, 再将该寄存器的值写入即可.

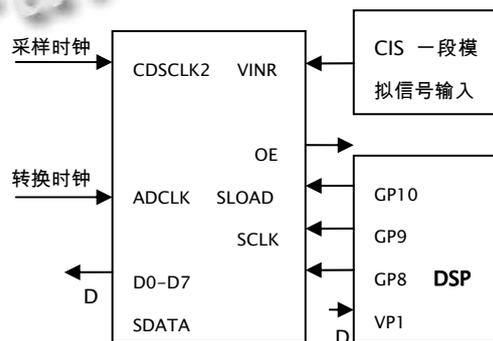


图 5 模数转换部分电路框图

3 系统软件设计

系统软件流程如图 6 所示. 系统的软件部分主要完成 DSP 初始化和基于 CPLD 的时钟时序设计.

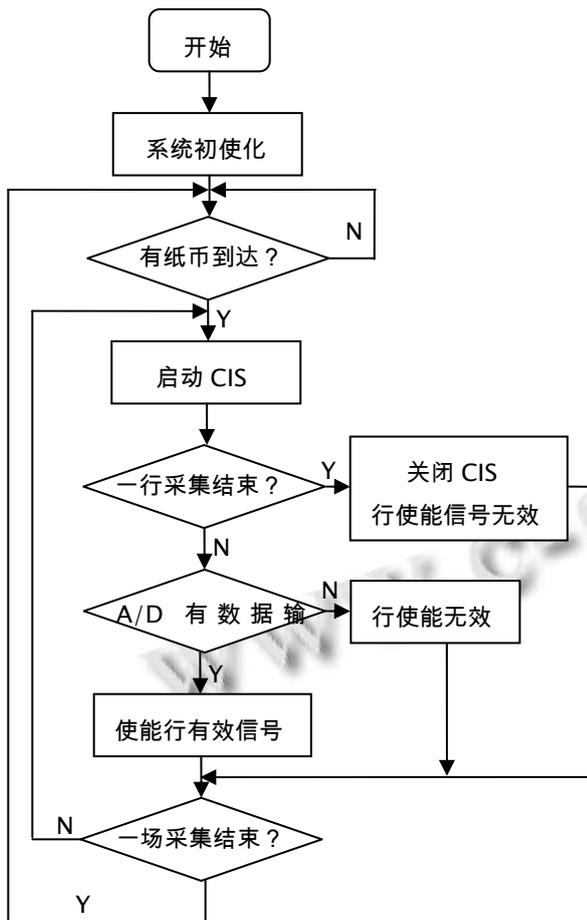


图 6 系统软件流程图

3.1 DSP 初始化单元

DSP 初始化单元包括: (1)VP 口的初始化(2)DDR2 及 EDMA 的初始化, 设置数据搬运的源地址、目的地址及触发其搬运的数据长度, 完成将数据从 VP 口搬运到 DSP 的片外存储器中. 设计中一行采集 1440 个像素点, 每个像素点 8 位, 而视频口 FIFO 为 64 位数据长度, 于是将采集到的数据每 8 个像素打包成 64 位的数据长度存储在 FIFO 中, 因此将一行图像数据存储在 FIFO 中共需要 $1440/8=180$ 个地址. 由此将寄存器 VCATHRLD 值配置为 0XB4, 即将 FIFO 中数据容量阈值设定为 180, 当 FIFO 中存满 180 个地址时触发 EDMA 事件, 将一行图像数据搬运到片外存储器中.

3.2 基于 CPLD 时钟时序设计单元

CPLD 功能设计单元包括时钟信号发生器设计和时序信号发生器设计.

时钟信号发生器设计: 系统各器件时钟信号均由

CPLD 将主时钟分频得到. 其中 CIS 工作时钟 CIS_CLK 为 16Mhz; 模数转换器的采样时钟 CDSCLK2 和转换时钟 ADCLK 均为 16Mhz, 由于一个模转换器对应一个视频口通道, 由此视频口采样时钟同为 16Mhz. 需要注意的是 CIS 在时钟上升沿输出数据而模数转换器是在时钟下降沿采样数据, 因此要求模数转换器采样时钟与 CIS 工作时钟相位相反. 模数转换器数字信号在每个转换时钟下降沿输出, 而视频口是在时钟上升沿对数据进行采样, 则要求视频口两个通道的时钟 VP1_CLK 和 VP2_CLK 的上升沿与 AD_CLK 的下降沿对齐.

时序信号发生器设计: 设计中由 CPLD 根据系统工作过程发出各部分的控制信号.

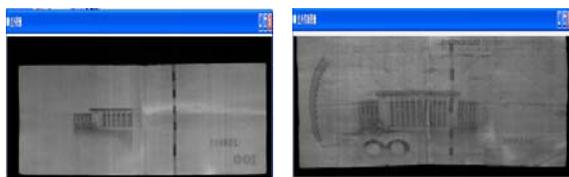
首先由 CPLD 发出 CIS 的启动信号 SI, 同时打开光源 LED, 应当注意 SI 高电平持续时间不能小于 60ns, 也不能大于 5 个 CIS 的时钟周期; 在 CIS 启动后的第 65 个时钟周期输出有效数据, 数据被模数转换器采样后, 需经 5 个时钟周期的延时输出数字信号, 由此 CPLD 在第 70 个时钟周期时给出行使能信号. 由于 CIS 分三段同时采集并输出每行数据, 最长的一段 576 个像素, 而每行采集结束后要经过至少 7 个时钟周期才可以进行下一行的扫描, 所以 CIS 完整地扫描一行共需要 $65+576+7=648$ 个时钟周期, 在第 648 个时钟周期时由 CPLD 发出控制信号行使能信号无效. 一场图像共 1000 行, 则在 $648*1000=648000$ 个时钟周期结束后一场数据采集完成. 每个时钟周期为 $1/16=62.5\text{ns}$, 则采集一场图像(包括白光、紫外、红外图像)共需要 $625*648000=40.5\text{ms}$.

4 实验结果

用 2005 版 100 元人民币与其中一种 100 元假币作对比实验. 通过以上设计的图像采集系统, 分别得到了真假币的红外、紫外特征图像, 如图 7、图 8 所示. 由图 7 可以清楚地看到, 在红外光照射下, 100 元真币背面图案的右侧完全消失, 而假币背面图案没有变化. 由图 8 可以清楚地看到, 在紫外光照射下, 100 元真币正面中央靠上部分有 100 元字样出现, 假币整个票面均无字体出现. 图像清晰, 可供后续软件处理.

系统同时采集到纸币可见光、红外光、紫外光特征图像共用 40.5ms 左右. 可为软件预留 9.5ms 对所采集图像进行识别处理, 时间充足, 可保证纸币图像采

集及处理的实时性。



(a) 100 元真币背面图像 (b) 100 元假币背面图像

图 7 100 元真假币红外特征图像比较



(a) 100 元真币正面图像 (b) 100 元假币正面图像

图 8 100 元真假币紫外特征图像比较

5 结语

本文研制了一款基于 CIS+DSP+CPLD 的纸币图像高速采集系统,将该装置安装在出钞速度为 20 张/秒的点钞机中实验,能够在 40.5ms 内同时采集到高质量的纸币可见光、红外光、紫外光特征图像,并可为后续软件处理预留足够时间。为目前主流点钞机中的

纸币防伪系统增添了新的鉴伪手段,从而进一步提高了假币剔除率,在很大程度上应对了目前假币仿真技术高,不易识别等特点。另外本设计对纸币放入点钞机的方向无要求,较传统点钞机操作更加便捷。

参考文献

- 1 GB/16999-2010-2010,人民币鉴别仪通用技术条件.
- 2 刘琳.基于图像和磁技术的人民币鉴别仪[硕士学位论文].广州:华南理工大学,2012.
- 3 郭玉峰,胡学娟,阮双琛.红外图像处理在钞票鉴伪中的应用.激光与红外,2009,39(1):113-115.
- 4 马继刚.新旧版第五套人民币防伪特征的比较研究.中国人民公安大学学报(自然科学版),2006,12(1):46-51.
- 5 赵葵银,唐勇奇.CCD 高精度图像采集系统设计.传感器世界,2001,7(1):35-37.
- 6 程开富.接触式图像传感器的发展与应用.国外电子元器件,2002,(6):62-65.
- 7 王忠立,刘佳音,贾云得.基于 CC-D 与 CMOS 的图像传感技术.光学技术,2003,29(3):361-364.
- 8 宋戈.基于 DM648 的视频采集系统的设计与实现[硕士学位论文].成都:电子科技大学,2009.