

基于液晶和 DSP 的强光局部选通智能网络 摄像系统研究*

唐远河[†] 吴勇

(西安理工大学理学院物理系, 西安 710048)

(2013 年 5 月 27 日收到; 2013 年 6 月 27 日收到修改稿)

基于透射式液晶的电光特性, 设计和开发了一套基于液晶和数字处理器 (digital signal processor, DSP) 的强光局部选通智能网络摄像机系统. 系统基于透射式液晶和 DSP 开发板 (核心芯片 TMS320DM642) 技术, 利用 DSP 控制液晶驱动, 实现液晶单个像素透过率的控制, 将强光的透过率下降 2 个数量级; 该系统利用另一块 DSP 开发板 (核心芯片 TMS320DM6437) 实现将处理后的强光视频信号进行网络传输与实时存储到 PC 机中, 实现选通智能网络摄像. 该系统 24 h 所需存储硬盘容量 8.648 Gbit, 所用液晶的延迟时间 25.5 ms, 电路延迟时间 17 μ s. 在光强大于 2.2×10^5 lx 的强光照射下, 得到系统的选通视频实验结果. 结果表明该系统能解决强光下普通 CCD 高动态范围摄像机出现局部曝光过度而不能分辨细节的成像问题, 实现了 CCD 的高动态范围成像.

关键词: 液晶, DSP, 光强透过率, 高动态范围

PACS: 42.70.Df, 42.30.Va, 07.05.Pj, 07.07.Hj

DOI: 10.7498/aps.62.214210

1 引言

常温下, 一般 CCD 相机能成像探测的照度范围为 10^4 — 10^{-2} lx^[1], 如果被摄物体的光强照度大于 10^4 lx 或小于 10^{-2} lx, 则曝光过度或不足, 均不能获取图像细节. 为了提高成像探测的动态范围, 目前解决强光下清晰成像的方法有光学和电学两类选通方法: 光学选通一般采用控制光圈大小、调整电子快门、加入偏振片等^[2]方式. 电学选通则是控制电压增益^[3], 改变积分时间^[4]等方式, 主要应用在微光选通探测器中^[5,6]. 以上光学选通和电学选通的硬件控制方法最终结果均针对整体图片的曝光量, 而不能对某个局部区域光强进行选通控制. 尽管目前出现了高动态范围成像 (high dynamic range, HDR) 技术来解决上述问题, 例如市场上不少智能手机的拍照功能已应用 HDR 技术, 一种方法是拍摄多张不同曝光的照片, 通过软件算法匹配将它们局部分辨清晰部分叠加在一起组合成一种

新的图片, 因为需要拍摄多张图像进行合成, 一旦目标物体发生移动, 合成的图片就会发生拖影, 所以这种方法不适合拍摄移动物体; 另一种方法是通过操作图像的亮度梯度场的衰减变化, 压缩图像的动态范围^[7], 该方法较也难以清晰获得高光部分和暗光部分的细节, 并且算法优化的好坏直接影响到最后的图片质量.

液晶一般将其作为显示器件和自适应成像器件^[8,9], 我们课题组将液晶用于选通成像器件, 基于透射式液晶已经进行了静态的强光局部选通成像的相关研究^[1,10-12], 本文将基于液晶进行强光局部选通视频的研究, 提出一种基于液晶和 DSP 的强光局部选通智能网络摄像机系统^[13], 使用 TI 公司的 DSP 处理器 (芯片 TMS320DM642) 实现视频信号处理后控制液晶驱动, 对液晶面板中各像素点的光强透过率加以控制, 即智能的控制成像在液晶面板上的离散空间光学图像的单个像素点的亮度大小, 实现强光照射下对拍摄目标物体所

* 国家自然科学基金 (批准号: 10874138) 资助的课题.

[†] 通讯作者. E-mail: ttp1801@163.com

形成的光学图像进行物理层面的光学处理,大大降低了 DSP 视频处理中像素间的相关度与算法复杂度,最终通过普通 CCD 摄像机就能获得强光照射下(照度 $> 2.2 \times 10^5 \text{ lx}$)清晰的目标图像,还原出因亮度而导致的图像信息丢失,实现 CCD 的 HDR 成像,这套系统同时使用另外一块 DSP 处理器(芯片 TMS320DM6437)实现 CCD 输出视频图像的网络传输与实时存储,较好地平衡了软件和硬件要求,节约了成本,实现了物理层面上的强光选通视频.

2 强光局部选通视频系统的探测原理

2.1 系统结构描述

基于液晶和 DSP 的强光局部选通智能网络摄像系统的结构如图 1 所示. 该系统最左端是采用焦距和光圈可调的成像镜头,在镜头后面同一水平线上放置分光棱镜,分光棱镜水平出射光方向放置一块像素 1024×768 的高温多晶硅 (high temperature poly-silicon, HTPS) 液晶片,分光棱镜垂直出射光方向是一块光纤与裸 CCD 芯片耦合的光锥,裸 CCD 模块输出连接 DSP 处理板(核心处理芯片 DM642),在 DSP 处理板后依次连接信号转换模块和液晶驱动板,液晶驱动板最后连接到 HTPS 液晶上. 在 HTPS 液晶同一水平线后面是带镜头的 CCD 摄像机,其后依次连接 DSP 处理板(核心芯片 DM6437)和通过网线连接到 PC 机.

如图 1 所示的强光局部选通智能网络摄像系统的工作原理分两部分:第一部分完成基于液晶的强光局部选通原理,第二部分完成基于 DSP 的视频 H.264 编解码.

图 1 中的第一部分所示,成像镜头收集一定视场下的强光照射下的目标物体的光线,而镜头的出射光经过分光棱镜后又分出光强相同的两束光,其中一束光在液晶面板上成像,另外一束光成像在光纤光锥的大端,光锥光纤使得连续的光学图像离散化,离散的光学图像通过光纤点到点的传输到不带镜头的 CCD 相机上进行光电效应,完成目标物体的原始信号的测光,获得目标物体中每个像素的灰度值的大小,输出视频图像的像素与成像在液晶面板上的光学图像的像素单元成一一对应关系. 测光 CCD 的视频图像输出给 DSP 处理板模块(核心处理芯片 TMS320DM642),在 DSP 处理板模块里进行视频信号亮度处理,扫描出图像中过曝点,处理后,将输出为 PAL (phase alternating line, 逐行倒相)制式的模拟视频信号通过规格 SYV75-5 视频线传输到信号转换硬件模块进行信号转换,将 PAL 模拟视频信号转化为 DVI (digital visual interface, 数字视频接口)接口的数字视频信号,进一步传输给液晶驱动板模块,液晶驱动板模块对液晶面板的单个像素点施加不同电压,对不同局部区域的光强透过率加以控制,进而实现对镜头所摄物体在液晶 HTPS 模块所成光学图像的单个像素点的亮度控制.

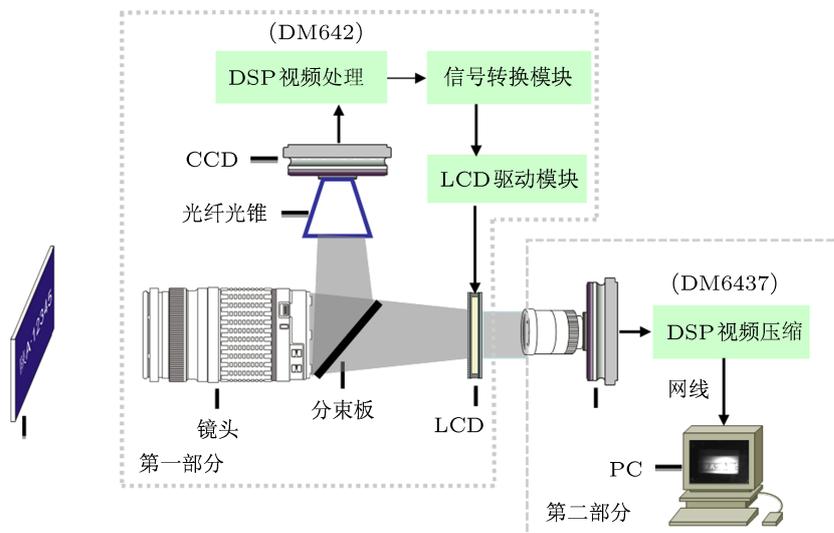


图 1 基于液晶和 DSP 的强光局部选通智能网络摄像系统^[13]

图 1 中的第二部分, 通过用带镜头的摄像 CCD 模块对已经完成选通的图像进行实时拍摄, 进一步将处理完成的光学图像转化为电学图像, 然后输出给 DSP 处理板模块 (核心芯片 TMS320DM6437), 在该 DSP 处理板模块中的软件层面上通过 Codec Engine 调用基于 eXpressDSP Digital Media(XDM) 算法封装中的 H.264 的视频处理算法, 进行实时视频压缩处理^[14], 基于 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 协议, 通过以太网 PHY (physical layer, 物理层) 芯片进行数据的封装发送给网络接口, 通过网线传输到 PC 机, 在 PC 机上利

用上位机控制软件进行对视频信号的控制与存储, 从而实现了视频的网络传输和实时存储.

2.2 系统的光学成像原理

图 2 左上图是基于图 1 的光路搭建而成的实物图, 其中左图是打开强光 (> 2.2 × 10⁵ lx) 射灯照射到写有文字“陕 A12345”的被摄车牌情景, 使用普通照相机直接拍摄目标物体牌照会得到曝光过度的所谓图像, 右图是关闭射灯的情景图; 图 2 右下图是图 1 所示的光路图. 图 1 所示系统用到的光学器件参数如表 1 所示.

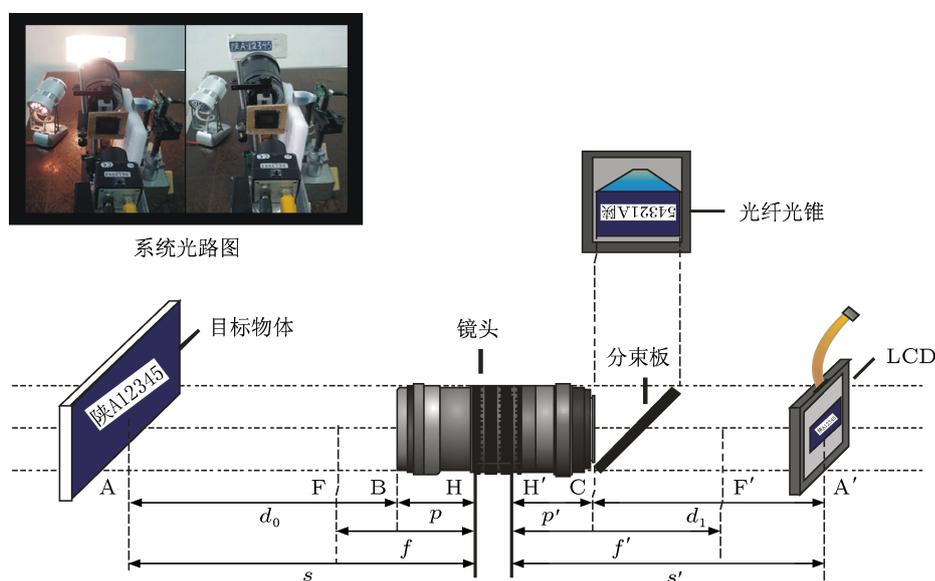


图 2 强光局部选通智能网络摄像机的光路实物图及示意图

单反镜头由多组镜片组成, 可看成是理想光具组. 图 2 中 A 点是目标物体的垂直投影点, F 和 F' 点分别是镜头的物方和像方焦点, B 和 C 点分别是镜头前与后顶点, H 和 H' 点分别是镜头的物方和像方主点, p 和 p' 分别是物方主点到前顶点的距离和像方主点到后顶点的距离, f 和 f' 分别为镜头物方焦距和像方焦距, s 和 s' 分别为物距和像距, d₀ 为物体到镜头前顶点的距离, d₁ 是镜头后顶点 C 点到液晶上 A 点的距离. 根据理想光具组成像关系, 有

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}. \quad (1)$$

由图 2 可知

$$s = d_0 + p, \quad (2)$$

$$d_1 = f - p'. \quad (3)$$

将 (2) 和 (3) 式代入 (1) 式可以得到

$$d_1 = \frac{f}{1 - \frac{f}{d_0 + p}} - p'. \quad (4)$$

由于一般 $d_0 \gg f$, 当 $p' = 0$ 时, 有

$$d_1 = f. \quad (5)$$

上面结果表明, 像平面 (即液晶面板所在位置) 是在像方焦面附近. 根据被摄目标物体的远近, 调节单反镜头的物距进行对焦直到目标物体清晰成像为止.

2.3 系统的景深

对图 2 所示的强光局部选通智能摄像系统, 我们需要确定被拍摄目标的景深. 根据摄影中景深的

公式^[15]

$$D = \frac{2Fc f^2}{\left(\frac{f^2}{u-f}\right)^2 - F^2 c^2}, \quad (6)$$

其中 D 为景深, F 为光圈 F 数、 c 为模糊圈直径, u 为对焦距离、 f 为镜头焦距. 这 4 个因素是在其他 3 个相同时, 另一个因素对景深大小的影响成立.

由于传统的监控摄像机是在镜头后面放置 CCD 传感器, 因此模糊圈直径 c 取成像 CCD 单个像素的短边大小. 例如, 我们使用 1/3 英寸 CCD 成像, CCD 靶面 $4.8 \text{ mm} \times 3.6 \text{ mm}$, 有效像素 976×582 , 可计算得到 $c = 0.005 \text{ mm}$. 当我们使用镜头 $F = 8$, $f = 70 \text{ mm}$, 拍摄对焦距离为 $u = 5 \text{ m}$ 的物体时, 代入 (6) 式可计算出景深 $D \approx 0.39 \text{ m}$. 也就是说, 对焦距离为 5 m 的前后位置约 0.39 m 的范围内都清晰成像.

表 1 强光局部选通智能摄像系统的光学器件参数

器件	参数	值
单反镜头 (lens)	品牌/型号	Vivitar
	焦距 f/mm	28—210
	镜头 F 数	3.5, 5.6, 8, 11, 16, 22
	口径 ϕ/mm	72
分光棱镜 (BS)	品牌/型号	卓立汉光/OBC B20-0406-R5
	分光比例	0.5:0.5
	尺寸/cm	$20 \times 20 \times 20$
	折射率	1.5095271
	波长范围/mm	450—600
光纤光锥 (fiber optic taper)	面精度	$\lambda/4$
	尺寸 (大端对角线)/in	0.9
	尺寸 (大端对角线)/in	1/3
	纤芯折射率	1.82
	皮层折射率	1.52
液晶 (LCD)	填充率/%	90
	品牌/型号	SONY/LX029
	分辨率	1024×768
	尺寸 (对角线)/in	0.9
	扭曲角/ $^\circ$	90
	驱动方式	TFT

图 1 所示的系统, 在镜头后放置液晶面板, 经过分束板一侧的光在液晶面板上成像, 另一侧光是在光锥光纤面上成像, 然后点到点传输到规格为 1/3 英寸的 CCD 感光面积上, 这时模糊圈直径由液晶面板单像素的短边决定. 系统中所用液晶面板为 $18.5 \text{ mm} \times 13.9 \text{ mm}$, 像素 1024×768 , 计算得

$c = 0.018 \text{ mm}$. 如果镜头 $F = 8$ 、对焦距离 $u = 5 \text{ m}$ 、焦距 $f = 70 \text{ mm}$, 代入 (6) 式则可以计算出本系统的景深 $D \approx 1.46 \text{ m}$. 可见, 本系统采用液晶面板作为成像面, 相对 CCD 而言, 扩大了模糊圈的直径, 进而增大了系统的景深.

2.4 液晶的选通成像原理

本系统使用薄膜场效应晶体管 (thin film transistor, TFT) 液晶面板的结构如图 3 所示, 其中由偏振片、玻璃基板与取向膜、扭曲向列型液晶、透明电极与 TFT 驱动阵列构成. 在液晶面板上下分别放置有偏振化方向互相垂直的起偏器和检偏器, 两偏振片的偏振化方向均与其一侧的取向膜方向一致. 偏振片可以使自然光转化为线偏振光, 如果不加偏振片, 即使给液晶加上调制电压, 也会由于液晶的旋光特性导致液晶的透过率基本相同, 无法实现局部选通调制功能. 偏振片质量的好坏会对光强产生较大影响. 图 3(a) 和 (b) 图分别是液晶分子未加电压和加入电压的转动情况.

对于 TFT 液晶而言, 由于液晶分子的电光特性, 给液晶加入调制电压值 V , 即加入外电场, 液晶分子就朝外电场方向旋转 θ 角. 调制电压 V 与液晶旋转角度 θ 关系^[16,10] 为

$$\theta = \begin{cases} 0, & (V \leq V_c), \\ \frac{\pi}{2} - 2 \arctan \left[\exp - \left| \frac{V - V_c}{V_0} \right| \right], & (V > V_c), \end{cases} \quad (7)$$

其中 V_c 是液晶分子开始发生偏转时的电压即阈值电压, V_0 是当液晶旋转角度 θ 为 49.6° 时候施加的某一固定电压值. 又由于液晶分子具有电控双折射规律, 当液晶分子发生 θ 角度旋转后, 导致液晶出现双折射效应

$$\frac{1}{n_e^2(\theta)} = \frac{\cos^2 \theta}{n_o^2} + \frac{\sin^2 \theta}{n_e^2}, \quad (8)$$

式中 $n_e(\theta)$ 为液晶分子双折射率指向矢, 它是倾斜角 θ 的函数, n_o 是寻常光 (o 光) 折射率, n_e 是非常光 (e 光) 折射率. 折射率之差 $\Delta n = n_e(\theta) - n_o$ 发生变化将改变透过液晶的光强

$$I(\theta) = I_0 \sin^2 2\varphi \sin^2 \frac{\pi d \Delta n(\theta)}{\lambda}, \quad (9)$$

其中 I_0 为入射前的光强, φ 为液晶光轴和起偏器透射轴的夹角, d 为液晶厚度, λ 为入射光的波长.

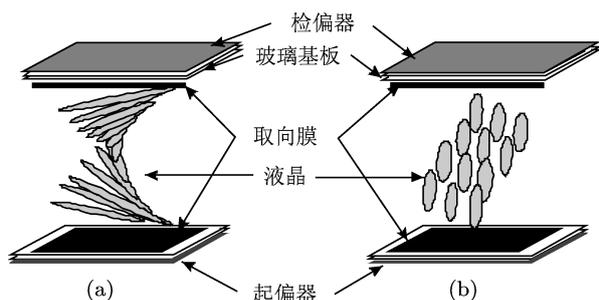


图3 液晶的选通原理 (a) 不加电压; (b) 施加电压

从上面 4 个式子可知, 当给液晶分子施加外加电压超过阈值 V_c 时, 液晶分子指向矢会发生变化, 使得 Δn 随之变化, 最终通过检偏器的线偏振光强度将发生变化. 当施加电压 V_0 时, 液晶分子指向矢完全偏转至与电场方向一致, 此时入射光的偏振态将不再受液晶层影响, 出射光完全被检偏器截止, 光强透过率最小. 因此, 通过控制施加于液晶板单个像素的电压, 可改变液晶像素的透过率, 从而实现液晶面板上单个像素的透过光强控制.

鉴于液晶像素单元施加的电压越大, 其光强透过率越低, 而电压又与视频信号的灰度值成正比关

系, 所以只要通过扫描控制视频信号中每个像素点的灰度值大小, 然后将处理完成的视频信号输入给液晶驱动, 也就控制了液晶面板中各个显示像素单元的透过率, 从而保证了液晶面板上输入光学图像中光强比较高的液晶像素位置透过率比较低, 而光强比较低的液晶像素位置保持高的透过率, 使得液晶面板上输出光学图像的各个像素亮度变得均衡, 即从光学方法压缩了图像的对比如.

2.5 DSP 的视频处理原理和算法设计

为了能够智能地控制液晶单个像素的透过率, 需要使用处理器控制液晶驱动. 本系统中使用是 TI 公司的一款 32 位定点 DSP 芯片 TMS320DM642 (DM642) 进行对测光 CCD 的输出信号进行视频处理 [17]. 基于 DM642 的视频处理主要包括硬件系统结构和软件系统框架.

图 4 是采用 DM642 平台开发板进行的强光局部选通视频处理的硬件系统结构原理图, 箭头的方向为视频信号数据的流向, 左上图是 DM642 平台实物图. 结构原理图中包括用于将 CCD 输出的

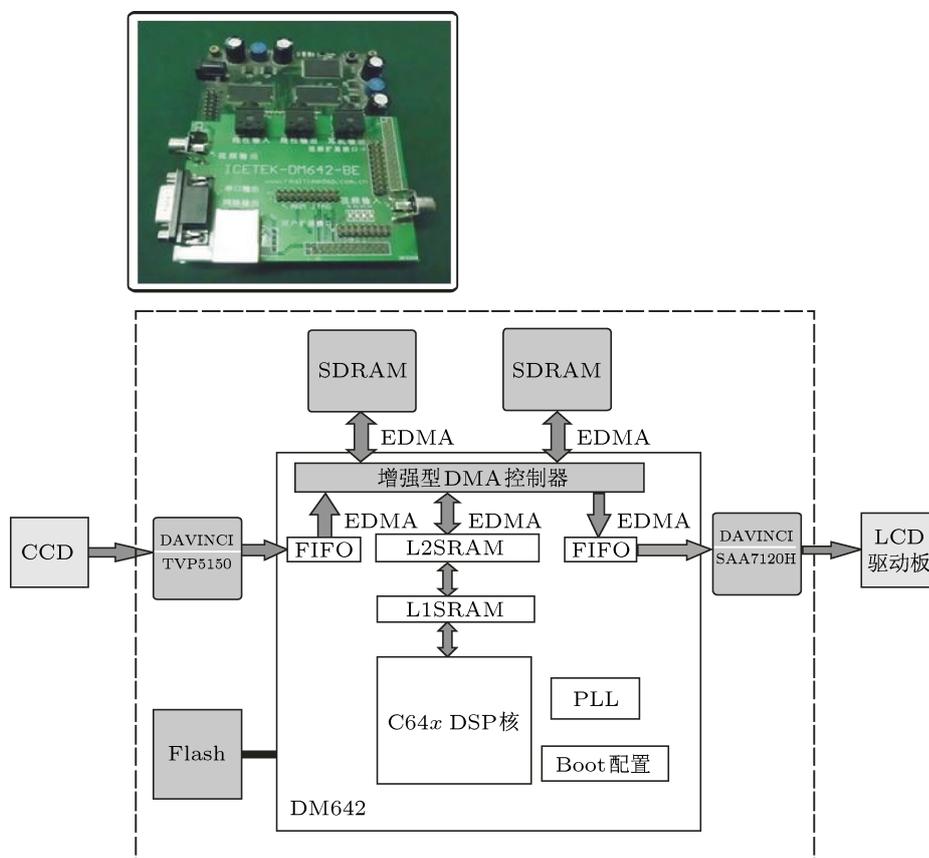


图4 强光局部选通视频信息流图

PAL 模拟视频信号解码为 ITU BT.656 信号数字视频信号的 TVP5150 视频解码芯片^[18], 用于视频处理的 DM642 处理器芯片, 用于动态视频缓存的 2 片总容量为 4 Mbit × 64 的 SDRAM (synchronous dynamic random access memory, 同步动态随机存储器) 芯片, 用于存储程序和数据容量为 32Mbit × 8 位的 Flash 芯片, 以及最后用于对处理完后的数字视频信号进行编码的 SAA7120H 芯片。

图 5 是采用 DM642 平台开发板进行的强光局部选通视频处理的软件系统流程图. DM642 的软件开发是在 CCS 应用软件中进行的, 完成之后的应用程序需烧写到开发板上的 Flash 中以等待上电运行. 上电之后, 首先进行 bootloader 自举引导^[19], 即通过 EDMA 控制器^[20] 将 Flash 中的硬件初始化, 操作系统和用户应用程序等代码搬运到外部 SDRAM 中, 接着 CPU 完成取指、译码、执行等操作. 该应用处理程序是基于 DSP/BIOS 实时操作系统的^[21], 首先进行硬件与软件的初始化, 然后进入 DSP/BIOS 中的任务线程中处理循环任务, 直至断电或者不与预料的情况发生时, 任务强制退出, 释放到所有占用的资源和视频通道。

3 实验

3.1 DM642 板输入与输出视频信号的延迟时间测试

我们使用 Sony029 液晶, 延迟时间为 25.5 ms^[10,11], 虽然目前全息聚合物弥散液晶 (holographic polymer dispersed liquid crystal, HPDLC)^[22] 具有平均 100 μs 的快速响应, 但是由于材料制造工艺较为复杂, 目前仅处于实验室阶段, 尚未量产投入市场。

本系统的电路延迟时间测出结果如图 6 所示. 图 6 是通过示波器采集到的 DM642 板输入与输出的视频信号, 上面波形为输入, 下面为输出, 而示波器每一格的时间长度 10 μs, 从两个视频信号的行消隐脉冲的时间差可以推算出电路的处理延迟时间在 17 μs 左右. 由于本系统使用 CCD 的输出视频是 25 帧/s, 即 40 ms 一帧图像, 而本系统中的液晶延迟时间为 25.5 ms^[10], 因此说明本系统拍摄移动量不是很大目标物体, 液晶及其电路满足强光局部选通的时间响应要求. 当目标物体移动速度较快时, 可以通过更换 CCD 模块来获得清晰的

成像. 假设忽略电路延迟时间 (电路延迟时间经过测试在 17 μs), CCD 每 25.5 ms 输出一帧图像, 那么所需 CCD 的输出帧数为 40 帧/s. 因此如果运动的物体速度加快, 可以通过更换系统中的 CCD 模块使得输出的帧数增加, 但是输出帧数最大不要超过 40 帧/s.

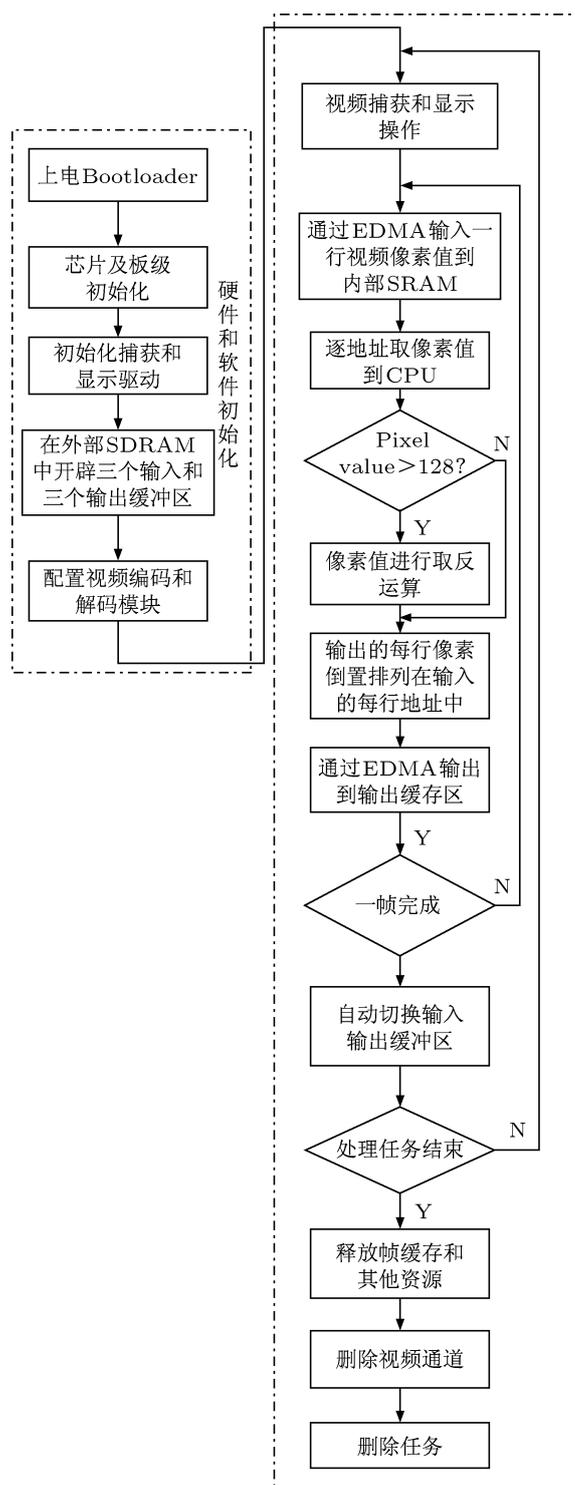


图 5 本系统的 DM642 视频处理软件流程图

4 强光局部选通视频实验

对图 1 所示的强光局部选通控制的智能网络摄像机系统进行了实验测试, 虽然在这套光路中, 镜头、分光棱镜、液晶面板偏振片及液晶本身对光强有一些衰减, 但相对于强光 ($> 2.2 \times 10^5 \text{ lx}$) 来说可以忽略. 利用 CCD 实时拍摄后, 通过 DM6437 板进行视频 H.264 压缩编码和视频传输到 PC 进行显示和保存, 我们拍摄了 24 s 的视频容量为 2.46 Mbit, 可以算出 24 h 所需存储硬盘容量为 8.648 Gbit. 图 7 是图 1 左上方图示所得结果的两帧液晶选通处理前与处理后的图像对比的截图, 图 7(a) 是未采用 DSP 控制液晶驱动控制拍摄的图, 只能看到强光下车牌的一部分信息, 图 7(b) 是采用 DSP 控制液晶驱动后拍摄的图像, 可以分辨出所有的车牌细节信息.

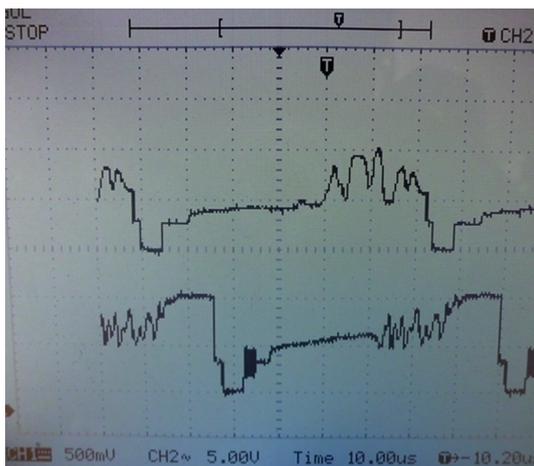


图 6 本系统 DM642 板输入与输出视频信号

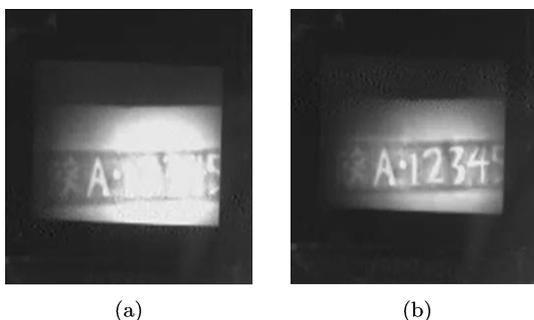


图 7 自制的强光局部选通视频摄像系统拍摄的实验结果

5 结论与讨论

我们设计和开发了一套基于 DSP 的强光局部选通智能网络摄像机系统. 该系统基于单镜头、透射式液晶和 DSP 电路控制, 可以实现强光 ($> 2.2 \times 10^5 \text{ lx}$) 照射下的被摄物体的透过率下降 2 个数量级, 实现局部选通视频功能, 并能进行网络传输与实时存储到 PC 机中. 研究了该系统的光学成像原理和 DSP 的控制原理后, 利用实验验证了系统. 测试了该系统的电路延迟时间为 $17 \mu\text{s}$, 液晶延迟时间为 25.5 ms , 24 h 系统所需存储硬盘容量为 8.648 Gbit; 在光强大于 $2.2 \times 10^5 \text{ lx}$ 的强光照射下, 得到了本系统的选通视频结果, 实验结果表明该系统能解决强光下普通 CCD 摄像机出现局部曝光过度而不能分辨细节的成像问题, 实现了 CCD 的 HDR 成像.

这款强光局部选通智能网络摄像系统, 利用液晶的电光特性对视频图像的亮度进行控制, 大大减弱视频图像像素点之间的相关度, 减小了利用处理器对视频图像进行处理的算法的复杂度, 较大程度上提高了现有成像系统在强光环境下的动态范围, 解决了目前光电成像系统在强光下局部过曝, 细节丢失等缺陷, 扩大了网络摄像机的探测亮度阈值, 并且整套系统可以拍摄运动的目标物体, 而且利用 TI 公司的 DM6437 处理器进行视频的 H.264 视频编码, 实现了智能化与网络化.

对于普通或者较暗光线的目标拍摄物体, 目前还处于研究中, 具体思路和方法是在 CCD 经过测光后输入给系统中的 DSP 模块, 在 DSP 中开发出两套算法, 其中一套算法是如果扫描出所有像素的灰度值均是正常或者比较弱的话 (灰度值小于 128), 则利用该 DSP 进行 H.264 视频压缩直接输出到远端 PC 机上储存起来, 而不使用液晶面板, 这和传统的监控系统所使用的方法类似. 另外一套算法是扫描出所有像素的灰度值中有光强超过强度阈值的话, 则使用本文所使用的算法, 将 DSP 输出的视频信号值传递给液晶驱动板, 进而控制液晶面板的透过率.

- [1] Tang Y H, Cao X G, Liu H C, Shepherd G G, Liu S L, Gao H Y, Yang X S, Wu Y, Wang S W 2012, *Appl. Opt.* **51** 1968
- [2] Gu L, Hu X D, Luo C Z, Xu Z 2002 *Acta Phot. Sin.* **31** 12 (in Chinese) [谷林, 胡晓东, 罗长洲, 徐洲 2002 光子学报 **31** 12]
- [3] Jing L X, Lv Z M, Xiong J W 2002 *Opt. Precis. Eng.* **10** 588 (in Chinese) [金龙旭, 吕增明, 熊经武 2002 光学精密工程 **10** 588]
- [4] Hu B L, Ma C W, Sun Y S 2002 *Acta Phot. Sin.* **31** 504 (in Chinese) [胡炳梁, 马彩文, 孙益善 2002 光子学报 **31** 504]
- [5] Estera J P, Sakdana M R 2003 *SPIE* **5079** 212
- [6] Estera J P, Sakdana M R 2003 *SPIE* **4796** 60
- [7] Debevec P E, Malik J 2008 *ACM Siggraph* 2008 Classes (Beijing) 2008 p31
- [8] Liu C, Hu L F, Mu Q Q 2012 *Acta Phys. Sin.* **61** 129501 (in Chinese) [刘超, 胡立发, 穆全全 2012 物理学报 **61** 129501]
- [9] Zheng J H, Zhong Y W, Wen K 2010 *Acta Phys. Sin.* **59** 1831 (in Chinese) [郑继红, 钟阳万, 温垦 2010 物理学报 **59** 1831]
- [10] Tang Y H, Zhang R X, Gao H Y, Liu K, Zhao G X, Yang X S, Li Q, Liang Y, Ye N, Liu H C, Liu S L 2010 *Opt. Express* **18** 10616
- [11] Tang Y H, Yang X S, Gao H Y, Wu Y, Wang S W, Cao X G, Jia W L 2013 *J. Quant Spectrosc Radiat Transf* **122** 87
- [12] Tang Y H, Zhang R X, Liu H C, Liu S L, Liu K, Gao H Y 2010 *J. Liquid Crystals and Display* **25** 200 (in Chinese) [唐远河, 张瑞霞, 刘汉臣, 刘术林, 刘锴, 鄯海阳 2010 液晶与显示 **25** 200]
- [13] Tang Y H, Wu Y, Yang X S, Wang S W 2013 *Patent* 201310011154.6 [2013.1.11]
- [14] Pescador F, Maturana G, Garrido M, Juarez E, Sanz C 2009 *IEEE Transactions on Consumer Electronics* **55** 205
- [15] Tang Y H, Liu H C 1999 *Practical technology and art of photography* (Xian: Xian MapPress) (in Chinese) 27 [唐远河, 刘汉臣 1999 实用摄影技术与艺术 (西安: 西安地图出版社) 第 27 页]
- [16] Zhao J L, Ren G J 2006 *J. Liquid Crystals and Display* **21** 384 (in Chinese) [赵阶林, 任广军 2006 液晶与显示 **21** 384]
- [17] TMS320DM642 Video/Imaging Fixed-Point Digital Signal Processor Data Manual, Texas Instruments <http://www.ti.com> [2010]
- [18] TVP5150 Data Manual, Texas Instruments <http://www.ti.com> [2005]
- [19] TMS320C6000 Bootloader, Texas Instruments <http://www.ti.com> [2005]
- [20] TMS320C6000 DSP Enhanced Direct Memory Access(EDMA) Controller Reference Guide, Texas Instruments <http://www.ti.com> [2005]
- [21] TMS320 DSP/BIOS User's Guide, Texas Instruments <http://www.ti.com> [2004]
- [22] Liu Y J, Xu K S, Zhang B 2004 *Acta Phys. Sin.* **53** 1850 (in Chinese) [刘言军, 徐克璜, 张斌 2004 物理学报 **53** 1850]

Study on the partial gating smart network camera for controlling strong light intensity based on DSP and liquid crystal*

Tang Yuan-He[†] Wu Yong

(Faculty of Science, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

(Received 27 May 2013; revised manuscript received 27 June 2013)

Abstract

Based on the electro-optical characteristics of the transmission-type liquid crystal (LC) and DSP (Digital Signal Processor, chip TMS320DM642) technology, a smart network camera system for partial gating strong light intensity is developed. An LC display driver is controlled by DSP to achieve light intensity transmittance of every single pixel in this system; the light intensity transmittance can be decreased by two orders of magnitude. In addition, the smart camera of video signal processed under a strong light can be transmitted through network transmission and real-time storage to PC by another DSP (chip TMS320DM6437). Thus the LC delay time is about 25.5 ms and the system circuit delay time is about 17 μ s, while the storage hard disk capacity requires 8.648 Gbit in 24 h. Experimental images are taken by the prototype to shoot the simulated license plate illuminated by the strong light (greater than 2.2×10^5 lx). Results show that the imaging problems, viz the ordinary CCD camera may give partially overexposed images and cannot distinguish details under the strong light, are all solved and achieved a high dynamic range imaging by the prototype.

Keywords: liquid crystal, DSP, light transmittance, high dynamic range imaging

PACS: 42.70.Df, 42.30.Va, 07.05.Pj, 07.07.Hj

DOI: 10.7498/aps.62.214210

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 10874138).

[†] Corresponding author. E-mail: ltp1801@163.com