



2019 年 SEU-Xilinx 国际暑期学校团队项目设计文档

(Project Paper Submission Template)

作品名称	数字字符识别			
组员姓名	张泽欢 天津大学	大四	微电子学院	集成电路设计与集成系统
	刘威壮 天津大学	大四	微电子学院	集成电路设计与集成系统
	凌瑾 东华大学	大四	信息科学与技术学院	通信工程
	徐小清 中山大学	大四	电子与信息工程学院	集成电路工程
房间号及桌号	717 教室 13 号			



第一部分

小组成员分工

	姓名	任务分配
组长	张泽欢	LCD 调试
组员 1	刘威壮	图像预处理
组员 2	凌瑾	算法设计
组员 3	徐小清	图像采集

第二部分

设计概述 /Design Introduction

功能：识别数字字符并显示识别结果。通过摄像头采集图像，使用 FPGA 读取图像数据进行处理，即根据不同数字的数字特征，对 0-9 十个数字进行识别，并在 HDMI 显示器上进行显示。

清单：SEA-S7 开发板、MIPI 摄像头、LCD 屏、SD 卡、HDMI 显示屏、HDMI 连接线

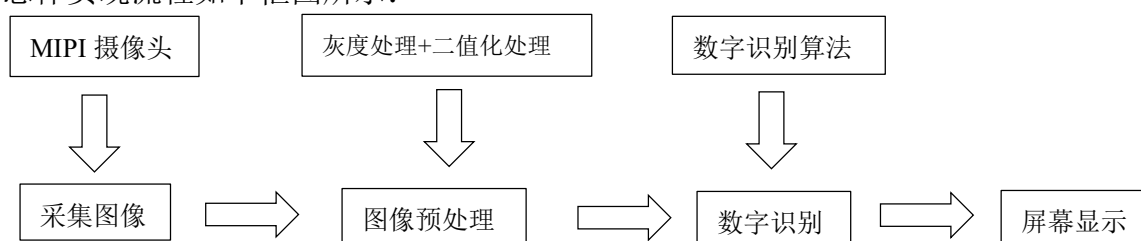
第三部分

详细设计 /Detailed Design

功能：识别数字字符并显示识别结果。

实现方法：

总体实现流程如下框图所示：



系统采用 MicroBlaze 软核对摄像头进行控制，通过例化 IIC 模块与摄像头进行初始化，摄像头的初始化使用软件实现。对摄像头采集的数据进行转化，通过 HDMI 显示模块进行实时显示。

数字识别算法使用 Verilog 编程实现，包括图像数据的获取、图像预处理、数字识别和数字显示模块。图像预处理包括图像灰度处理、图像降噪和二值化处理。

灰度处理：为了提高系统运行效率以及节省硬件资源，采取降维的方法来对图像灰度化处理。当彩色图像三种分量的值相等时，图像将变成灰色。彩色图像中 R、G、B 三分量分别代表红色、绿色、蓝色的亮度值，而人眼对这三种颜色的敏感度是不同的，其中绿色的敏感度最高，红色次之，蓝色的敏感度最低。因此，对这三个分量要以不同的权值进行加权平均得到较合理的灰度图像： $[R, G, B] = R \times 0.299 + G \times 0.587 + B \times 0.114$ 。

图像去噪：本设计利用均值滤波法对图像数据展开图像去噪，该方式为线性滤波算法。先对图像中的像素构建模板，而后对模板中的像素展开处理，即求平均值，最后将得到的平均值赋给原来的像素值。

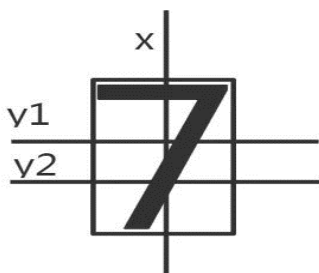
二值化处理：对摄像头所采集到的图像信息去噪声后，还要经过处理，才能将需要识别的有效信息与无效信息区分开，便于进行后期的数字识别。而设定一个阈值 T 后，将所



有采集到的像素点的灰度值与 T 相比较后，便可以将所有的像素点划分为两部分。本设计使用阈值 $T=100$ 对灰度图像进行二值化，之后采用二值化的数据进行数字字符识别。

数字识别算法：字符识别模块便是将前期经过处理的图像数据进行识别，判断出所采集到图像中的数字。字符识别模块内部由边沿计算模块和识别模块组成。本系统所采用的是基于字符特征分析的识别算法对数字字符进行识别，因此先要根据字符模块输出的每个字符的边界位置信息确定出三条直线，在根据交点数量以及交点位置进行识别结果的判断。

在本设计中采用提取数字字符的统计特征的方法来识别图像中的数字。即在所识别数字上画两横一竖的三条线，第一条横线位于高度的 $2/5$ ，第二条横线位于高度 $2/3$ 处，竖线位于宽度的 $1/2$ ，接下来对这三条线与数字的交点个数及交点位置进行统计和分析，达到区分出不同数字的目的。以数字 7 为例，穿越特征示意图如图所示。



对数字划线分割如下图所示：根据划线的交点个数进行分类进行识别。

数字	与 y 交叉点个数	与 x1 交叉点个数	与 x2 交叉点个数	分类
0	2	2	2	A
1	1	1	1	B
2	3	1	1	C
3	3	1	1	C
4	2	2	1	D
5	3	1	1	C
6	3	1	2	E
7	2	1	1	F
8	3	2	2	G
9	3	2	1	H

数字	与 x1 的交叉点位置（左，右）	与 x2 的交叉点位置（左，右）	分类
2	右	左	I (C)
3	右	右	J (C)
5	左	右	K (C)

操作说明：

将需要识别的字符放在屏幕中间的框内，观察显示器左上角的显示区域，会识别出相应的数字，并且同时会在 LCD 显示屏中将数字显示出来。要求数字颜色为黑色，背景为白色，每次识别一个数字。



第四部分

完成情况及性能参数 /Final Design & Performance Parameters

(作品完成情况, 附照片/视频链接)

已经实现:

摄像头采集, 图像的二值化处理, 数字识别, 显示屏显示结果, 同时 LCD 屏显示结果。

性能参数:

可以识别打印体的数字字符, 每次可进行单个数字的识别。

第五部分

项目总结 /Conclusions

(项目中所用到的知识点, 项目收获及心得)

1. 系统集成之前要确保单独的模块功能正确, 如果可以进行软件仿真进行软件仿真可以更快的找到问题。
2. LCD 屏使用的是 IIC 协议通信, 需要编写 IIC 协议和 LCD 屏的使用规则的代码才可使用, 因此本项目未直接采用 FPGA 直接控制 LCD, 而是利用 Arduino 与 SEA-S7 进行通信来控制 LCD 屏显示数字。

第六部分

源代码/Source code

(作品源码 Github 链接, github 操作步骤见 *Github 项目上传简单教程*)

项目工程源码:

<https://github.com/liuweistrong/Digital-Recognition>

第七部分 (技术总结/心得/笔记等分享)

(可分享的技术文档附件或已发表的文章链接)

通过项目学习, 团队成员了解了 FPGA 的开发流程, 以及掌握了 vivado 的使用方法, 锻炼了解决问题的能力以及团队协作的能力, 了解了更多查找的渠道以帮助项目的开发。数字识别的核心思想是分类, 对不同类的被识别的目标进行分类, 根据分类结果进行标记识别。在进行硬件设计时要注意与软件的不同, 如在进行交点判断时使用两个寄存器进行边沿检测, 实现方便且易于理解。

在培训中, 讲课的老师系统地介绍了 FPGA 的开发流程和前沿技术, 下午是实验能更好地掌握实验的流程和软件的操作。在项目的开发中网上检索算法和算法的源码, 理解算法的原理和编写的方法, 在自己项目中重构代码。开发过程中虽有困难, 解决的过程就是提升的过程。整个培训不仅学到了知识, 而且也锻炼了专业技能。

通过这次项目, 熟悉了 vivado 的工具的使用, 包括了使用 verilog 编写源代码和测试文件, 并且学习了如何在 RTL 模块添加 IP, 添加管脚约束等。在项目开发过程中, 还学习使用了 Arduino 来利用 LCD 进行数字显示, 应用 Python 用 cmd 进行图像处理的脚本文件生成二值图像的 0,1 值并且整理出来。在项目开发过程中, 对 FPGA 的开发有了更加深刻的理解, 并且在与团队成员的交流学习中, 积累了很多新的知识。