

# 基于 FPGA 的 LCD1602 液晶显示屏系统设计

学号：201202060116 姓名：彭悛骁

**摘要：**本设计基于 FPGA 实现驱动 LCD1602 液晶显示屏显示 ASCII 码和中文字符，设计中使用了 Verilog 硬件描述语言、Xilinx ISE 14.7 软件编程调试环境和 BASYS2 开发板硬件环境，以完成对 LCD1602 液晶显示屏的系统设计。最终，此液晶显示屏 LCD1602 可以完成显示 ASCII 码和中文字符的功能，该系统得以验证。

**关键词：**FPGA；Verilog；Xilinx ISE 14.7；LCD1602 液晶显示屏

## 1、引言

本设计中使用 BASYS2 开发板和 LCD1602 液晶显示屏，此显示屏能够显示 2 行 16 列的  $5 \times 7$  点阵字符，液晶模块内部 CGROM 中储存的字符包括阿拉伯数字、英文字母的大小写、常用的符号和日文假名等。

使用液晶显示屏相比于数码管或者 LED 显示有着极大的优势，其应用范围更广、显示功能更强，易于实现当今系统设计中越来越多的人机交互功能。如今 LCD 液晶在智能电子产品中应用广泛，使用 LCD 液晶显示的系统设计已经成为电子产品设计中不可或缺的一部分。使用 FPGA 对 LCD1602 进行驱动，可以实现系统各模块并行执行，从而使得显示部分实时反映系统状态，而且对于程序的各个模块便于修改与移植。<sup>[1]</sup>本设计使用 Verilog 语言对 BASYS2 开发板上的 FPGA 进行编程，驱动 LCD1602 显示字符。

## 2、整体方案设计

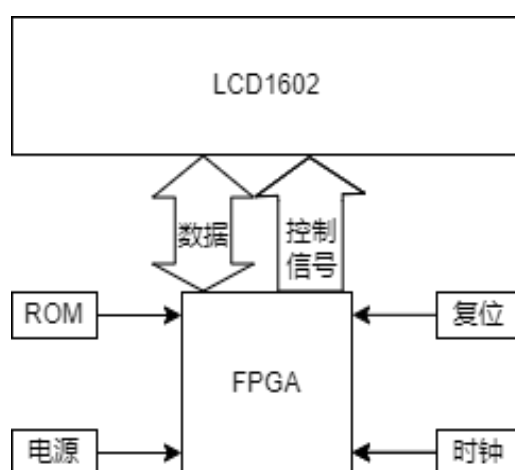


图 1 系统框图

LCD1602 受 BASYS2 开发板上 XC3S100E 芯片控制，两者相关引脚连接。通过对 FPGA 编程和外部信号输入可实现 LCD1602 的字符显示，系统框图如图 1 所示。

3、硬件设计

3.1 LCD1602 引脚功能说明

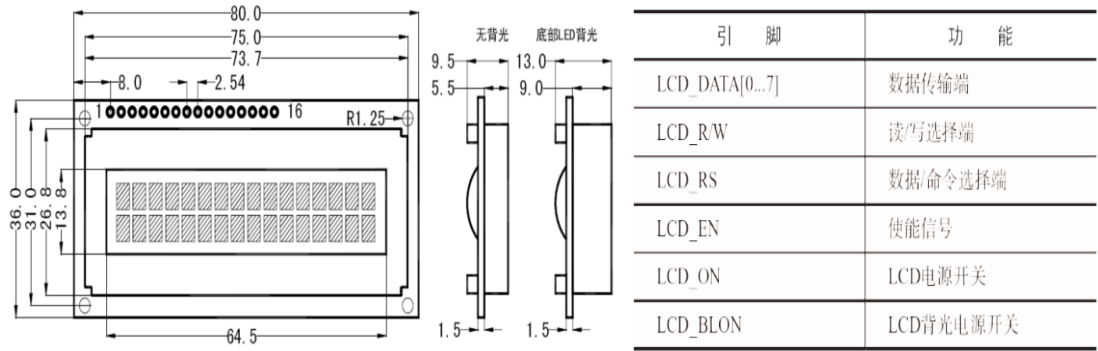


图 2 外观及引脚功能图

1602 字符型 LCD 模块的应用非常广泛，而各种液晶厂家均有提供几乎都是同样规格的 1602 模块或兼容模块，尽管各厂家的对其各自的产品命名不尽相同。1602 字符型 LCD 模块最初采用的 LCD 控制器采用的是 HD44780，在各厂家生产的 1602 模块当中，基本上也都采用了与之兼容的控制 IC，所以从特性上基本上是一样的。当然，很多厂商提供了不同的字符颜色、背光色之类的显示模块<sup>[2]</sup>。

3.2 LCD1602 的指令说明及功能

1602 液晶模块内部的控制器共有 11 条控制指令,如图 3 所示:

序号	指令	RS	R/W	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	清显示	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	光标返回	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
3	置输入模式	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
4	显示开/关控制	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
5	光标或字符移位	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*
6	置功能	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*
7	置字符发生存储器地址	0	0	0	1	字符发生存储器地址					
8	置数据存储器地址	0	0	1	显示数据存储器地址						
9	读忙标志或地址	0	1	BF	计数器地址						
10	写数到 CGRAM 或 DDRAM)	1	0	要写的数据内容							
11	从 CGRAM 或 DDRAM 读数	1	1	读出的数据内容							

图 3 控制命令表

1602 液晶模块的读写操作、屏幕和光标的操作都是通过指令编程来实现的。  
(说明：1 为高电平、0 为低电平)  
指令 1:清显示, 指令码 01H, 光标复位到地址 00H 位置。  
指令 2:光标复位, 光标返回到地址 00H。

指令 3: 光标和显示模式设置 I/D: 光标移动方向, 高电平右移, 低电平左移 S: 屏幕上所有文字是否左移或者右移。高电平表示有效, 低电平则无效。

指令 4: 显示开关控制。D: 控制整体显示的开与关, 高电平表示开显示, 低电平表示关显示 C: 控制光标的开与关, 高电平表示有光标, 低电平表示无光标 B: 控制光标是否闪烁, 高电平闪烁, 低电平不闪烁。

指令 5: 光标或显示移位 S/C: 高电平时移动显示的文字, 低电平时移动光标。

指令 6: 功能设置命令 DL: 高电平时为 4 位总线, 低电平时为 8 位总线 N: 低电平时为单行显示, 高电平时双行显示 F: 低电平时显示 5x7 的点阵字符, 高电平时显示 5x10 的点阵字符。

指令 7: 字符发生器 RAM 地址设置。

指令 8: DDRAM 地址设置。

指令 9: 读忙信号和光标地址 BF: 为忙标志位, 高电平表示忙, 此时模块不能接收命令或者数据, 如果为低电平表示不忙。

指令 10: 写数据。

指令 11: 读数据。<sup>[2]</sup>

### 3.3 BASYS 开发板

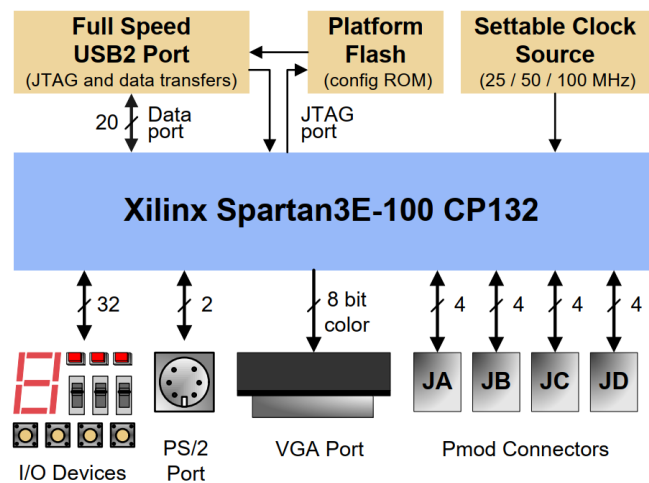


图 4 BASYS2 开发板功能框图

Basys 2 板是一个电路设计和实现平台, 任何人都可以使用它来获得构建真正数字电路的经验。Basys 2 主板围绕 Xilinx Spartan-3E 现场可编程门阵列和 Atmel AT90USB2 USB 控制器构建, 提供完整的、随时可用的硬件, 适用于从基本逻辑设备到复杂控制器的托管电路。包括大量的板载 I/O 设备和所有必需的 FPGA 支持电路, 因此可以在不需要任何其他组件的情况下创建无数的设计。

## 4、程序分析

### 4.1 用状态机实现字符显示控制

LCD1602 液晶模块的读/写操作、屏幕和光标的操作都是通过指令编程来实现的,为了方便控制,采用状态机实现设计。在设计中设置 7 个状态,分别是起始状态 CLEAR,设置 CGRAM 状态 SETCGRAM,工作方式设置状态 SETFUNCTION,显示方式设置状态 SWITCHMODE,输入方式设置状态 SETMODE,字符移位状态 SHIFT,写 RAM 状态 WRITERAM。字符液晶控制器状态转移图如下图:

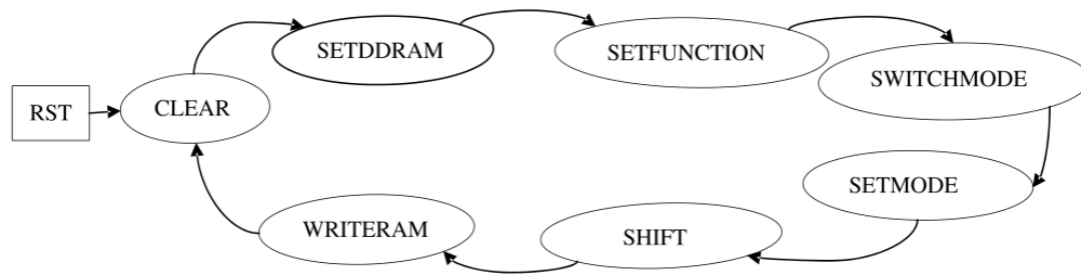


图 5 字符液晶控制器状态转移图

### 4.2 程序引脚绑定

```
NET "rs" LOC = B2;  
NET "rw" LOC = A3;  
NET "en" LOC = J3;  
NET "rst" LOC = A7;  
NET "data[0]" LOC = C6;  
NET "data[1]" LOC = B6;  
NET "data[2]" LOC = C5;  
NET "data[3]" LOC = A9;  
NET "data[4]" LOC = B9;  
NET "data[5]" LOC = A10;  
NET "data[6]" LOC = C12;  
NET "data[7]" LOC = A13;  
NET "clk_50M" LOC = B8;
```

### 4.3 LCD1602 液晶显示控制部分程序

```
write_data_first:                                     //显示第一行
begin
    if(disp_count == 14)
    begin
        data    <= 8'hc2;
        RS      <= 1'b0;
        disp_count    <= 4'b0;
        state     <= write_data_second;
    end
    else
    begin
        data    <= data_first_line[disp_count];
        RS      <= 1'b1;
        disp_count    <= disp_count + 1'b1;
        state     <= write_data_first;
    end
end
write_data_second:                                   //显示第二行
begin
    if(disp_count == 9)
    begin
        en_sel   <= 1'b0;
        RS       <= 1'b0;
        disp_count    <= 4'b0;
        state    <= write_data_first;
    end
    else
    begin
        data    <= data_second_line[disp_count+1];
        RS      <= 1'b1;
        disp_count    <= disp_count + 1'b1;
        state    <= write_data_second;
    end
end
```

## 5、运用分析

将调试完成的程序下载到 BASYS2 开发板上之后，LCD1602 屏幕上可以正常显示所需要显示的学号与中文姓氏，刷新显示 ASCII 码。通过复位按键可以重新刷新 ASCII 码的显示。图 6 为实物图。



图 6 实物图

## 6、总结

通过这次课程设计使我懂得了理论与实际相结合是很重要的,只有理论知识是远远不够的,只有把所学的理论知识与实践结合起来,从理论中得出结论,才能真正学到知识,从而提高自己的实际动手能力和独立思考的能力。在设计的过程中遇到许多问题,这毕竟第一次做 FPGA,难免会遇到各种各样的问题,同时在设计的过程中发现了自己的不足之处,对以前所学过的知识理解得不够深刻,掌握得不够牢固。通过这次课程设计之后,以前所学过的知识又得到巩固。

LCD1602 液晶模块体积小、功耗低、易于控制。字符数据内置在液晶模块内,无须外加字符数据存储芯片。由于液晶是慢显示设备,对读/写,时序控制要求高,如果速度过快可能导致显示错乱,在设计时须注意的。

### 参考文献

- [1] 段旭阳,韩延义,王晓丹,宋闻萱.基于FPGA的LCD1602液晶显示屏系统控制设计.电信技术,2018,(03).
- [2] <https://www.doc88.com/p-802573512251.html>.