

## 4. 实验[4] 点阵字符显示和用户操作界面设计

### 4.1 实验目的

学习如何查阅厂商技术资料，掌握点阵液晶显示屏电路模块的应用开发方法；

学会基于有限状态机(FSM, Finite State Machine)逻辑设计用户操作界面(UI, User Interface)功能的一般方法；

学习借助专业测量工具仪器评估实验作品技术性能的实验技巧；

培养在技术团队中以专业态度扮演个人角色和履行分工职责的能力。

### 4.2 实验主要器材和设备

电脑；TM4C1294NCPDT 实验板卡；A2000TM4 扩展板；

调频发射实验单元板或调频接收实验单元板（两种单元板均带有 JLX12864G-086-PC 型液晶显示屏电路模块）；

台式稳压电源或 USB 接口供电设备（输出电压 DC5V，输出电流>0.5A）；数字示波器；多用电表。

### 4.3 关于液晶显示屏电路模块的简要指导说明

本实验可以看作一项微型工程开发项目。由于面向初学者，该项目的两项前期工作——总体技术方案设计和核心器件选型，已由教学设计者完成。作为核心器件之一的液晶显示器件，选用 JLX12864G-086-PC 型液晶显示屏电路模块(如图 4-1)，其生产厂商为晶联讯电子。该显示屏为 128x64 黑白点阵型，可以显示单色图片；模块上带有一片存有中文点阵字库数据的存储器芯片，中文字库编码符合国标 GB2312，同时也含有多种字体的 ASCII 码字符点阵数据。

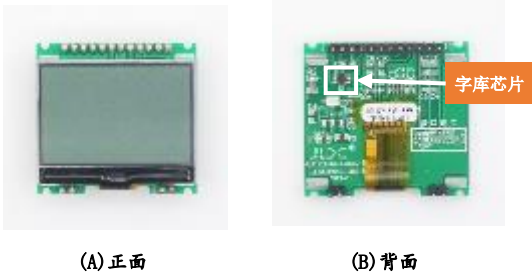


图 4-1 JLX12864G-086-PC 型液晶显示屏电路模块

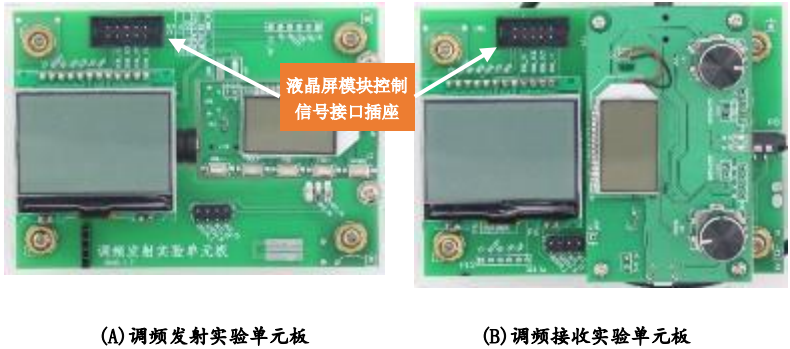


图 4-2 实验单元板

本实验的学习者应在各项学习指导资源的支持下，自主查阅解读厂商提供的技术资料，其中最关键的是《JLX12864G-086-PC 带字库 IC 的编程说明书》。实验团队中的软件工程师和硬件工程师都

应参与学习。核心器件的厂商技术资料是专业开发工程师赖以开展工作的重要技术文献。通常，相比于其他来源的二手资料，生产厂商提供的一手技术资料更为可靠。

在本实验中，液晶模块搭载在调频发射实验单元（电路）板或调频接收实验单元板上，具体形态和位置如图 4-2。单元板插装在实验用 A2000TM4 扩展底板插位上，由底板提供工作电源。液晶模块的控制信号已被引至单元板上特定接插座。

表 4-1 单片机与液晶屏模块信号连接建议方案

单片机 IO 引脚名	液晶屏模块信号名	“调频发射实验”单元板 P5 接插座引脚序号	“调频接收实验”单元板 P5 接插座引脚序号
PB4	CS	2	2
PB5	SCK	4	4
PK0	RESET	6	6
PK1	RS	8	8
PK2	ROM_IN	10	10
PE4	SDA	1	1
PC4	ROM_CS	3	3
PC5	ROM_SCK	5	5
PC6	ROM_OUT	7	7
PE5	无	9（留空备用）	9（留空备用）

根据厂商资料，液晶模块共有 12 个接口引脚。除了供电类引脚，信号引脚共 9 个，需要通过导线与 MCU 的 IO 引脚连接，表 4-1 是本实验教程建议的连接方案，实际操作中建议使用 5 芯杜邦头扁平线缆作为连接导线（简称 5 芯杜邦线，如图 4-3），连接后的形态如图 4-4。



图 4-3 5 芯杜邦头扁平线缆

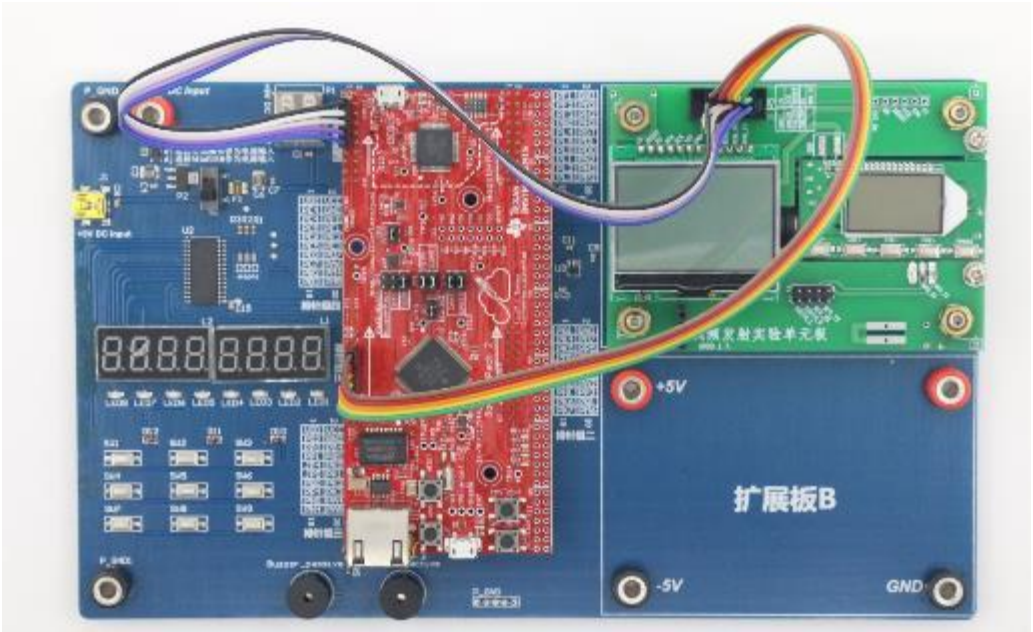


图 4-4 用 5 芯杜邦线连接单元板和单片机板卡

#### 4.4 实验任务要求

#### 4.4.1 厂商例程改写移植（实验任务 4\_1）

移植改写液晶屏模块厂商资料《JLX12864G-086-PC 带字库 IC 的编程说明书》第 7 部分的例程。建议以实验 2 例程（含 exp2\_0.c 代码文件等）为基础，将改写的程序植入实验 2 例程，共同达成以下要求：

- 1) 在本课程实验板器材上复现例程的显示效果，即：几页画面循环轮换显示，每页保持 2 到 3 秒后自动换下一页；
- 2) 增加“反白”效果（普通显示为白底黑字，反白即黑底白字），可自选一页画面，将第 1、3 行改为反白，第 2、4 行维持白底黑字；
- 3) 在具有上述功能效果的同时，实验 2 例程的原有各项功能（加计时、跑马灯、显示键值等）正常有效；
- 4) 设法将 128x64 图片替换为本校校徽图案（可选做）。

#### 4.4.2 UI 设计的示例实验（实验任务 4\_2）

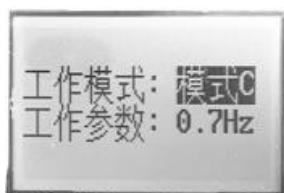


(A) 显示画面示意



(B) 十字排布的 5 个有效键

图 4-5 人机界面设计规划



(A) 光标在模式选择位置



(B) 光标在工作参数个位



(C) 光标在工作参数十分位

图 4-6 反白效果作为光标

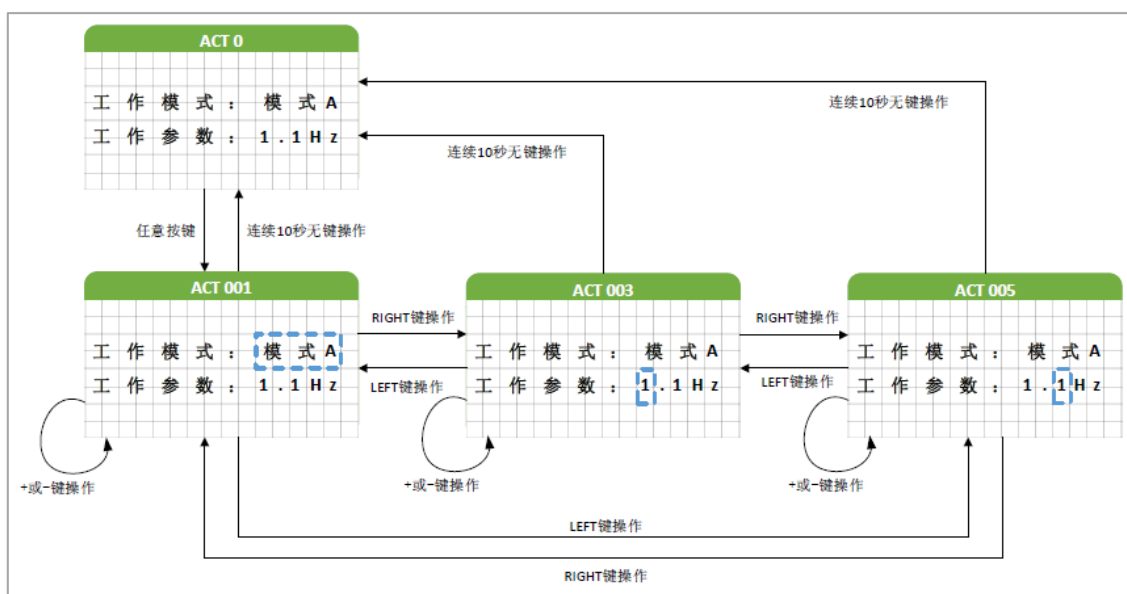


图 4-7 用状态机描述的人机界面功能逻辑

任务 4\_1 不带按键功能，也就是没有（人机）交互操作。任务 4\_2 则要求设计一个带交互的实例，因为给出了比较详细的基于有限状态机(FSM)模型描述的功能逻辑设计和分析做法，可以作为后续实验任务的示例方法，所以任务 4\_2 也称为 UI 设计的示例实验。

该任务具体要求有：

- 1) 按图 4-5（A）所示做出屏显基本画面（兼做开机初始状态）；
- 2) 如图 4-5（B），在实验板上选取十字排布的 5 个键作为有效操作键，功能命名如图上所示；
- 3) 使用“反白”效果作为光标，如图 4-6 所展示；
- 4) 编程实现人机操作界面功能，功能逻辑应符合图 4-7 和表 4-2 的描述。

表 4-2 各状态的功能逻辑细化分析

序号	状态代号	画面描述	状态转移触发条件	状态转移前完成相应操作	下一状态
1	ACT0	开机初始画面，不显示光标	任意按键	“模式#”做反白效果（光标）	ACT001
2	ACT001	光标在工作模式选择位置	“→”键操作	光标移到工作参数的个位	ACT003
			“←”键操作	光标移到工作参数的十分位	ACT005
			“+”键操作	“模式#”按 A→B→C→A 正序循环切换	ACT001（留在本状态）
			“-”键操作	“模式#”按 C→B→A→C 逆序循环切换	ACT001
			10 秒无键操作	“模式#”反白效果解除	ACT0
3	ACT003	光标在工作参数个位的位置	“→”键操作	光标移到十分位	ACT005
			“←”键操作	光标移到“模式#”	ACT001
			“+”键操作	个位数按 1→2→. . →9→0→1 正序循环切换	ACT003
			“-”键操作	个位数按 9→8→. . →0→9 逆序循环切换	ACT003
			10 秒无键操作	个位反白效果解除	ACT0
4	ACT005	光标在工作参数十分位的位置	“→”键操作	光标移到“模式#”	ACT001
			“←”键操作	光标移到个位	ACT003
			“+”键操作	十分位数按 1→2→. . →9→0→1 正序循环切换	ACT005
			“-”键操作	十分位数按 9→8→. . →0→9 逆序循环切换	ACT005
			10 秒无键操作	十分位反白效果解除	ACT0

4.4.3 实验任务 4\_3

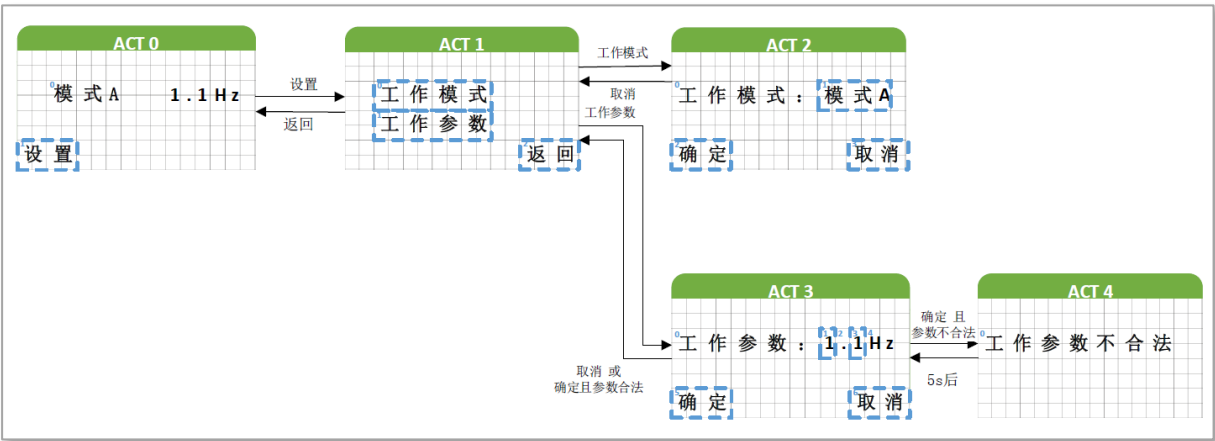


图 4-8 用状态机描述的人机界面功能逻辑

任务 4\_2 基本是单一画面的，任务 4\_3 则要求编程实现一个多画面、多层次菜单的用户操作界面实例。图 4-8 是该任务功能逻辑的简要描述。它借用类似有限状态机分析模型的形式，结合了屏显画面简图。要点说明如下：

- 1) 有效按键仍沿用图 4-5 (B) 所示的十字排布五键方案;
- 2) 图 4-8 中各屏显画面简图上的虚线框, 用于表示该画面上光标可以逗留的位置;
- 3) 在一个画面上, 通过“←”或“→”键操作, 光标在多个位置间按正序(左上至右下)或逆序循环轮转;
- 4) ACT0 作为开机初始画面;
- 5) 光标位于某些位置, 可结合“确定”键操作表达特定含义, 比如当 ACT1 画面光标位于“工作模式”时按“确定”, 画面将转入(下一层菜单)工作模式设定画面 ACT2;
- 6) 光标位于某些位置, 可结合“+”或“-”键操作表达特定含义, 比如当 ACT3 画面光标位于十分位, 可通过“+”或“-”键对该位数字做加或减(可选择循环式切换, 例如“9”加 1 可变到“0”);
- 7) 工作参数的“合法”取值范围, 指定在 1.0(含)至 9.0(含)区间, 在 ACT3 时按“确定”, 程序须检查参数值合法性, 若非法则显示警示画面 ACT4, 维持 5 秒后退出警示。

以上是功能逻辑要点, 未尽之处由学习者依据常规经验做分析和细化。

## 4.5 实验结果的考评

课程组织现场考评, 检查学习者对实验任务的完成情况。

- ✧ 对实验任务规定的外部可见功能, 学习者应能熟练操作和展示;
- ✧ 学习者应能熟练掌握实验步骤中的具体操作, 根据评测官现场要求(工作参数可能有别于已做内容)展示这些技能, 比如临时改变界面显示内容、改变界面前后序承接关系等。

课程还对实验报告进行评价。

## 4.6 拓展探究

以下为可选的探究内容, 可供学习者自行设计实验, 思考和研究。

- ✧ 如何利用键盘多余按键, 设计类似“一键返回”等快捷键效果?
- ✧ 如何通过改进字库访问函数代码, 使用到字库芯片中存有的更多字体?
- ✧ 硬件工程师如何利用示波器等专业仪器, 协助软件工程师验证系统电路功能, 查找和解决调试中遇到的技术问题?

## 4.7 实验报告要求

根据自己的实验结果记录, 编写实验报告。课程提供有报告模板作为参考, 其中内容允许学习者根据自己情况灵活调整。