



## 设计基于 MSP430 单片机的低功耗中文人机界面

### The design of Chinese man-machine interface of low power consumption based on MSP430 series single-chip controller

西安第四军医大学生物医学工程系电子学教研室

焦纯 董秀珍 杨国胜 霍旭阳

**摘要:** 本文详细介绍了利用 MSP430F149 单片机实现低功耗中文人机界面的设计思路和方法, 并给出了相应的程序实例。

**关键词:** MSP430 单片机、中文人机界面、液晶、SED1520、键盘接口

在现代便携式智能仪器或手持设备中, 中文人机界面成为一种事实上的行业标准。能显示汉字的图形点阵液晶和可输入数字的小键盘已成为智能设备必不可少的组成部分。同时作为便携式设备基本要求的低功耗特性也贯穿于中文人机界面的设计始终。

这种低功耗中文人机交互界面需要设计者在选取 MCU 和具体元器件上有特殊考虑。低功耗、小体积应作为选择相关器件的首要要求。

设计中, 笔者采用 MSP430F149 单片机作为系统的 MCU, 通过选择合适的液晶显示模块在 3V 电平构建了一个低功耗的中文人机界面。此中文人机界面构成了低功耗数据采集系统的重要组成部分。

#### 一、MSP430 系列 FLASH 型单片机的低功耗特点

德州仪器公司 (TI) 推出的 MSP430F14x 系列是超低功耗 Flash 型 16 位 RISC 指令集单片机。它采用“冯-纽曼”结构, RAM、ROM 和全部外围模块都位于同一个地址空间内。其具有丰富的片内外围, 性价比极高。

MSP430F14x 系列是 TI 的 MSP430F1x 系列 (FLASH 存储器型) 单片机中功能最强大的子系列。F14x 具有更大的程序和数据存储区、更多的外围模块, 其片内甚至还包括一个硬件乘法器。同时 F14x 系列单片机开发工具简便, 固化于 FLASH 存储器内的程序易于在线升级和调试, 非常适合于开发消费类便携式电子产品。

MSP430F14x 单片机集中体现了现代单片机先进的低功耗设计理念。其设计结构完全以系统低功耗运行为核心。

这种低功耗结构具体体现在以下四点:

##### (1) 高集成度的完全单片化设计。

将很多外围模块集成到了 MCU 芯片中, 增大硬件冗余。内部以低功耗、低电压的原则设计, 这样系统不仅功能强、性能可靠、成本降低, 而且便于进一步微型化和便携化。

##### (2) 内部电路可选择性工作。

F14x 单片机可以通过特殊功能寄存器选择使用不同的功能电路, 即依靠软件选择其中不同的外围功能模块, 对于不使用的模块使其停止工作, 以减少无效功耗。

(3) 具有高速和低速两套时钟。

系统运行频率越高, 电源功耗就会相应增大。为更好地降低功耗, F14x 单片机可采用三套独立的时钟源: 高速的主时钟、低频时钟(如 32.768kHz)以及 DC0 片内时钟。可在满足功能需要的情况下按一定比例降低 MCU 主时钟频率, 以降低电源功耗。在不需要高速运行的情况下, 可选用副时钟低速运行, 进一步降低功耗。通过软件对特殊功能寄存器赋值可改变 CPU 的时钟频率, 或进行主时钟和副时钟切换。

(4) 具有多种节能工作模式。

F14x 单片机具有五种节能模式: LPM0、LPM1、LPM2、LPM3、LPM4。这五种模式为其功耗管理提供了极好的性能保证。图 1 显示了活动状态(AM)与各种节能模式下消耗的实际工作电流大小。

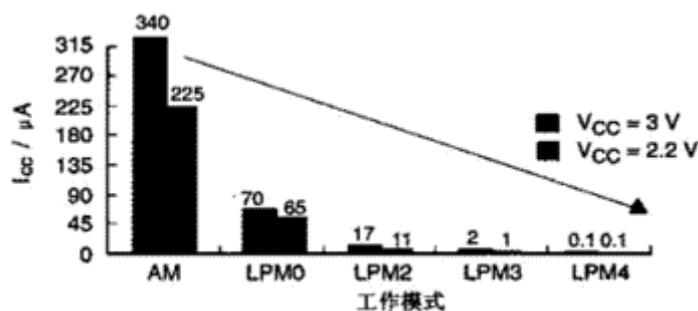


图 1 F14x 的工作模式与工作电流关系

由于 MSP430F14x 系列是专为超低功耗的便携式应用开发的。利用先进的集成电路技术和生产工艺, 其功耗已经跨越了毫安级, 真正进军到了微安级。

不仅如此, F14x 的软件结构也针对低功耗而设计。如从备用模式唤醒 MCU 仅需 6  $\mu$ S。其中断和子程序调用无层次限制, 这种丰富的中断能力减少了系统查询的需要, 可以方便地设计出中断程序结构的控制程序。

利用 F14x 系列单片机, 可以方便地构建一个低电压的工作平台。通过各功能模块的智能运行管理和 MCU 的节能模式相结合, 可以解决运行速度、数据流量与低功耗设计的矛盾, 将各功能模块的电流消耗降至最低状态, 限制活动状态至最低要求。经过这样优化, 可以实现单片机的极低功耗。如在 1MHz 工作频率下, F14x 只消耗 0.1~400  $\mu$ A 电流(1.8~3.6V 供电), 如 1.8V 供电时, 执行时仅消耗 160 $\mu$ A 的电流, 备用时 0.1 $\mu$ A, 这时 RAM 中的数据还能有效保持。

概括来说, MSP430F14x 单片机具有极低的功耗、强大的处理能力、丰富的片上外围模块, 方便高效的开发方式。

本系统采用的 MSP430F149 单片机, 是 F14x 系列中功能最强大的一款。它具有一个硬件乘法器、6 个 I/O 端口(每个有 8 个 I/O 口)、1 个精确的模拟比较器、2 个具有捕捉/比较寄存器的定时器、8 路 12 位 A/D 转换器、片内看门狗定时器、2 个串行通信接口和 60KB 的 FlashROM, 2KB RAM。

F149 还具有强大的扩展功能, 其具有 48 个 I/O 引脚, 每个 I/O 口分别对应输入、输出、功能选择、中断等多个寄存器, 使得功能口和通用 I/O 口可以复用, 大大增强了端口功能和灵活性, 提高了对外围设备的开发能力。

MSP430F149 的以上特点, 使其非常适合于构成一个全功能的便携式单片机应用系统。

## 二、液晶显示模块与接口电路

图形点阵式液晶可显示用户自定义的任意符号和图形, 并可卷动显示, 它作为便携式单片机系统人机交互界面的重要组成部分被广泛应用于实时检测和显示的仪器仪表中。支持汉字显示的图形点阵液晶在现代单片机应用系统中是一种十分常用的显示设备, 汉字 BP 机、手机上的显示屏就是图形点阵液晶。它与行列式小键盘组成了现代单片机应用系统中最常用的人机交互界面。

采用图形点阵式液晶显示较之其它显示方式主要有以下优点:

- (1) 工作电压低、功耗极低。工作电压 3~5V, 工作电流  $\leq 10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ , 特别适用于便携式的仪器仪表中。
- (2) 液晶显示属被动显示, 受外界光线干扰小。
- (3) 图形点阵式液晶可显示的信息量大, 分辨率高。
- (4) 不产生电磁干扰。
- (5) 可靠性高。使用寿命长。

在设计中, 笔者采用了信利 (TRULY) 公司的 MG-12232 液晶显示模块。MG-12232 模块供电电压的典型值为 3V, 工作电流的典型值为 0.3mA, 很适合本系统 3V 电平的低功耗环境。其可显示范围为  $122 \times 32$  点阵, 即能实现所谓的“双排汉字”。MG-12232 采用的控制器是两片 SED1520, 一片 SED1520 控制器可以驱动 16 行  $\times$  80 列。SED1520 控制器可以在 3V 逻辑下正常工作, 因而避免了与 MSP430 单片机逻辑电平不匹配的问题。其具体结构框图见图 2。

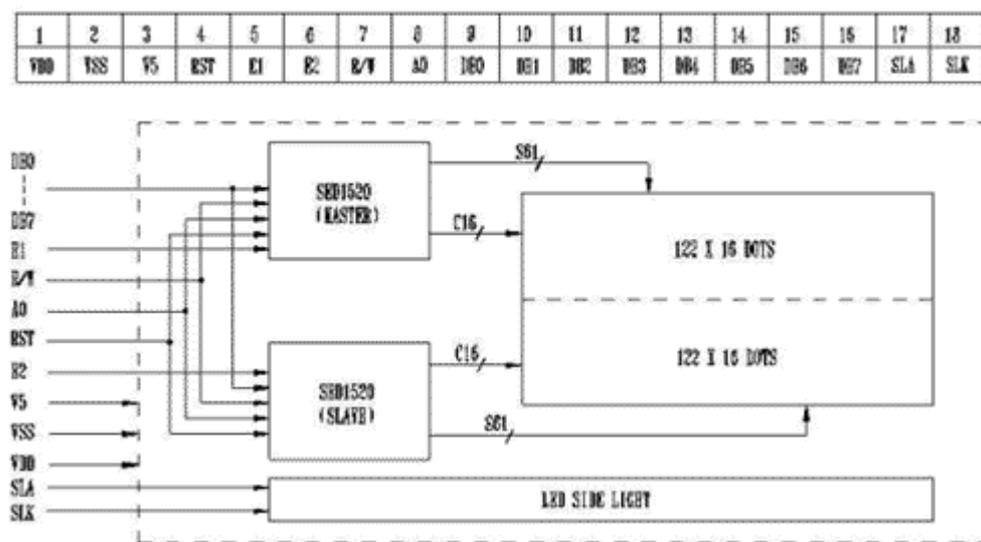


图 2 SED1520 的引脚定义和结构框图

SED1520 控制器作为液晶显示屏与 MCU 的接口, 它直接驱动 MG-12232 液晶, 控制字符、汉字以及图形的显示。由于 MSP430F149 具有 48 个 I/O 引脚, 借助 SED1520, 可以直接利用 MSP430 的 I/O 口模拟液晶的读写和控制时序。使得 MCU 对液晶的操作实际上变为 MCU 对液晶显示控制器 SED1520 的操作, 因而接口电路的硬件连接和软件编程都简单了很多。

图 2 中“V5”引脚提供 MG-12232 液晶的对比度电压, 可以通过一个 -12V 电压发生电路 (如 MAX765) 产生, 经一个 100K 电位器分压后即可使用。

MCU 可以通过 SED1520 的一些控制引脚和 13 条常用指令来访问液晶显示模块。如“RST”用于重启 SED1520, “E1”和“E2”分别用于使能两片 SED1520。“R/W”控制对 SED1520 的读或写。“A0”决定此次操作是指令读写还是数据读写。

一个 SED1520 显示控制器能控制  $80 \times 16$  点阵液晶的显示, 其显示 RAM 共 16 行, 分 2 页, 每页 8 行, 每一页的数据寄存器分别对应液晶屏幕上的 8 行点。当设置了页地址和列地址后就确定了显示 RAM 中的唯一单元。屏幕上的每一列对应一个显示 RAM 的字节内容, 且每列最下面一位为 MSB, 最上面一位为 LSB, 即该 RAM 单元字节数据由低位到高位各个数据位对应于显示屏上某一列的由高到低的 8 个数据位。对显示 RAM 的一个字节单元赋值就是对当前列的 8 行 (一页) 像素点是否显示进行控制。

如图 3, MSP430F149 单片机的 P5 口用作与液晶显示模块通信的数据口。

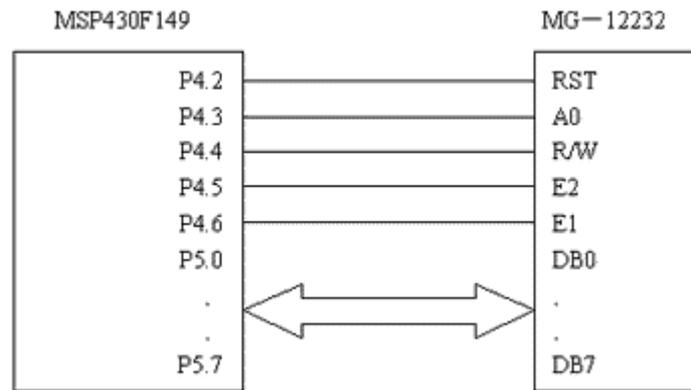


图 3 MSP430F149 与 MG-12232 的电路连接示意图

MG-12232 显示模块有多个型号, 不同型号都采用相同的 SED1520 控制器, 操作及使用方法完全相同, 只是尺寸不同。常用的如 MG-12232-5 ( $76 \times 29.1 \times 5.7\text{mm}$ )、MG-12232-6 ( $45.05 \times 22.32 \times 6.3\text{mm}$ )、MG-12232-7 ( $84 \times 44 \times 10\text{mm}$ ) 等, 可以分别用在大小不同的便携式仪器或设备上。

对液晶显示模块还需着重考虑其背光类型, 不同的背光类型消耗电流大不相同。一般可选的背光类型有 LED (发光二极管)、EL (电致发光灯) 以及 CCFL 型 (冷阴极灯管)。EL 是一种面发光的冷光源, 在结构上可以做得很大很薄, 虽然亮度较低, 但发光非常均匀而且无光斑, 尤其是功耗很低。缺点是需要一个高压交流电压来驱动, 故需要一个专门的电压变换电路 (如 IMP803)。CCFL 照明面积更大, 适用于需要大面积液晶显示界面的仪器或设备中。

### 三、键盘接口

MSP430F149 的 P1、P2 口除了支持输入、输出以外, 还支持硬件中断。P1、P2 口的 8 个引脚都有各自的控制寄存器, 每个引脚可以单独控制, 并且每个引脚都可以作为中断源, 每一引脚都可以单独选择中断触发沿, 单独允许中断。P1、P2 口各使用一个中断向量, P1.0~P1.7 产生同一个中断, P2.0~P2.7 也产生同一个中断。P1、P2 口的这种结构非常适合实现基于中断的键盘输入响应程序。

本系统中使用  $2 \times 2$  的行列式键盘。键盘程序采用行扫描法。即 P1.0、P1.1 接两根列线, 列线定义为输出口, P1.2、P1.3 接两根行线, 行线定义为输入口。两根行线需接 10K 上拉电阻。

基于对系统低功耗要求的考虑, 键盘输入响应程序应设计为中断方式运行的。即有键按下时, 产生中断把 MCU 从休眠状态唤醒, 并启动定时 12ms 的定时器, 随后 MCU 又进入休眠状态。当定时器产生中断时再次将

MCU 从休眠状态唤醒, 此时扫描键盘, 若有键按下, 则计算出键值, 并执行该键值对应的功能程序。执行完该程序后, MCU 再次进入休眠状态。

#### 四、汉字显示的原理与部分程序实例

##### 1、图形点阵液晶的汉字字模

与在 DOS 中显示汉字不同的是, 图形点阵液晶并不是简单地用画点的方式来描出汉字。直接从中文系统汉字字库中提取的汉字字模并不能直接在液晶上显示, 通常都必须经过格式上的调整和转换。标准 16 点阵汉字 (如希望汉字的 HZK16) 字模数据的排列形式如图 4。

由于一个 SED1520 显示控制器能控制  $80 \times 16$  点阵液晶的显示, 其显示 RAM 共 16 行, 分 2 页, 每页 8 行。连续 16 列相邻 2 页的 32 字节显示 RAM 就可以控制一个汉字的显示区域 (如图 5)。对这些显示 RAM 赋以相应值就可以显示出一个汉字。

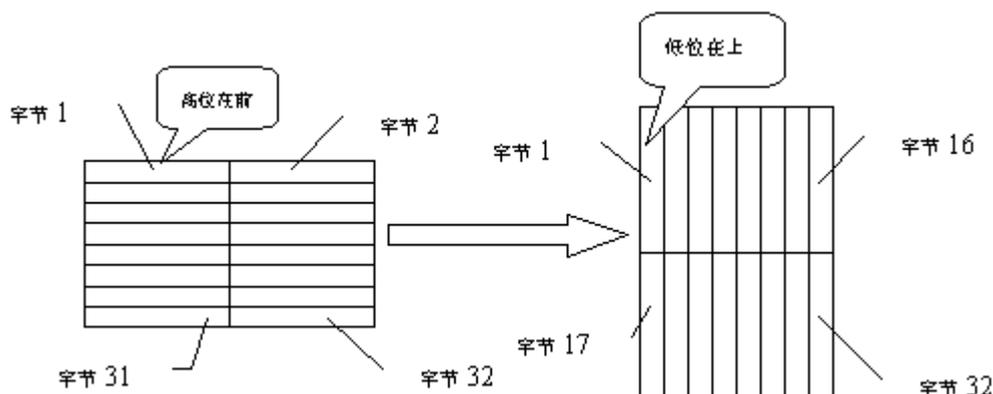


图 4 标准汉字字模排列形式

图 5 SED1520 汉字字模排列形式

由图 4 和图 5 所示可见, SED1520 图形点阵液晶显示控制器汉字字模的排列顺序和方式与标准汉字字模完全不同。液晶字模数据可以通过对标准字模数据进行位运算后得到。

实际编程中, 具体汉字的液晶字模数据应存放在 MSP430F149 单片机的 FLASH 存储器中。

##### 2、液晶显示器初始化流程

在液晶显示信息之前, 必须先对液晶进行初始化。

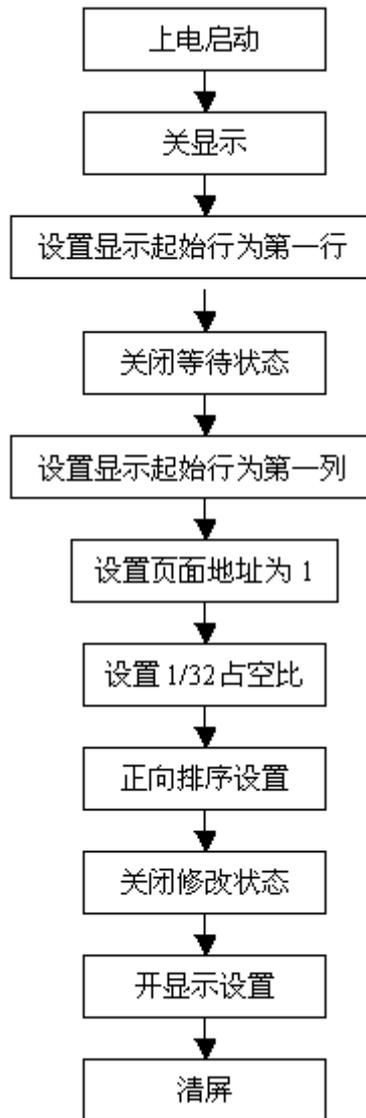
初始化的流程如下:



**ZXLCD**

中 显 液 晶

北京中显电子有限公司, 现货库存, 欢迎光临!www.zxlcd.com,010-52926620,52926621



需注意, MG-12232 模块内虽然一片 SED1520 控制器实际控制区域为 61 列, 但清除显示 RAM 时, 仍应按 80 个 RAM 单元清除。

### 3、部分程序实例

程序是在 MSP430 单片机的开发平台 IAR Embedded Workbench 下采用汇编语言编写, 仿真机采用了 TI 公司的 MSP-FET430P410。

由于本系统中选用了 MSP430F149 单片机, 对源程序编译前需对 IAR Embeded WorkBench 平台进行以下设置:

- 点击 Project 菜单下的 Options...命令进入设置窗口, 对左边 Category 框内的“XLINK”选项下的“Include”页面进行设置, 把“XCL file name”框的内容设置为“C:\Program Files\IAR Systems\ew23\430\icc430\msp430F149A.xcl”。
- 点击 Project 菜单下的 Options...命令进入设置窗口, 对左边 Category 框内的“C-SPY”选项下的“Setup”页面进行设置, 把“Chip Description”框的内容设置为“C:\Program Files\IAR Systems\ew23\430\cw430\msp430F149.ddf”。

**ZXLCD**

中 显 液 晶

北京中显电子有限公司, 现货库存, 欢迎光临!www.zxlcd.com,010-52926620,52926621

以下给出了一些常量定义和发送命令字子程序 (SEND\_COM)、发送数据子程序 (SEND\_DATA) 及液晶状态查询子程序 (LCD\_STE) 的源代码。

```
#include      "msp430x14x.h"
;程序在液晶上显示“汉字液晶”。
;-----定义 LCD 的引脚
LCD_RST      EQU    04H      ;P4. 2
LCD_E1       EQU    40H      ;P4. 6
LCD_E2       EQU    20H      ;P4. 5
LCD_RW       EQU    10H      ;P4. 4
LCD_A0       EQU    08H      ;P4. 3
;-----定义 LCD 使用的数据寄存器
LCD_PAGE     EQU    0200h    ;定义显示页面
LCD_ORDER    EQU    0201h    ;暂存液晶控制指令
LCD_DATA     EQU    0202h    ;暂存液晶数据
LCD_CNT      EQU    0203h    ;液晶计数存储器
LCD_ROW      EQU    0204h    ;存放列地址数据
LCD_LINE     EQU    0205h    ;存放行地址数据
LCD_CHAR     EQU    0206h    ;存放当前字符数据的首地址
LCD_BYTECNT  EQU    0207h    ;存放要显示的字节数
LCD_STATUS   EQU    0208h    ;存放液晶当前状态的数据
SEND_COM     ;发送命令字子程序, 以 LCD_ORDER 为入口参数
             BIS.B   #LCD_E1, &P4OUT      ;SET E1=1 , 使能 CHIP1
             CALL    #LCD_STE
             BIC.B   #LCD_A0, &P4OUT      ;A0=0, SEND OUT INSTRUCTION
             BIC.B   #LCD_RW, &P4OUT      ;R/W=0, WRITABLE
             BIS.B   #0FFH, &P5DIR        ;SET P5 PINS OUTPUT
             MOV.B   LCD_ORDER, &P5OUT    ;SEND ORDER BYTE TO LCD
             BIC.B   #LCD_E1, &P4OUT      ;SET E1=0
             RET
;发送数据子程序, 以 LCD_DATA 为入口参数
SEND_DATA    BIS.B   #LCD_E1, &P4OUT      ;SET E1=1
             CALL    #LCD_STE
             BIS.B   #LCD_A0, &P4OUT      ;A0=1, SEND OUT DATA
             BIC.B   #LCD_RW, &P4OUT      ;R/W=0, WRITABLE
             BIS.B   #0FFH, &P5DIR        ;SET P5 PINS OUTPUT
             MOV.B   LCD_DATA, &P5OUT    ;SEND DATA BYTE TO LCD
             BIC.B   #LCD_E1, &P4OUT      ;SET E1=0
             RET
;读液晶当前状态的子程序 LCD_STE
LCD_STE      BIC.B   #LCD_A0, &P4OUT      ;A0=0, SEND OUT INSTRUCTION
             BIS.B   #LCD_RW, &P4OUT      ;R/W=1, READABLE
             BIC.B   #0FFH, &P5DIR        ;SET P5 PINS INPUT
STE_AGN      MOV.B   &P5IN, LCD_STATUS    ;GET STATUS DATA FROM LCD
```



**ZXLCD**

中显液晶 北京中显电子有限公司, 现货库存, 欢迎光临!www.zxlcd.com,010-52926620,52926621

---

BIT.B #80H, LCD\_STATUS ;如状态存储器第 7 位为 1, 忙, 则等待  
JC STE\_AGN  
RET

## 五、结束语

本系统利用 MSP430F149 单片机、MG-12232 图形点阵液晶模块和行列式键盘接口构建了基于 3V 电平的低电压、低功耗的中文人机界面。实际使用中, 此人机界面消耗电流不足 1mA, 这种设计方案取得了很好的低功耗效果。

## 参考文献

1. MSP430 系列 FLASH 型超低功耗 16 位单片机, 胡大可, 北京航空航天大学出版社, 2001
2. MSP430x1xx Family User's Guide, 2000
3. MSP430x13x, MSP430x14x Data sheet, 2000