

MSP430 I/O 口驱动段式 LCD 设计说明

陈卫红

MCU SAE Team

摘要

本应用笔记介绍了使用 MSP430 微控制器驱动段式 LCD 的相关技术。方案通过 I/O 端口模拟液晶驱动器直接驱动液晶，不需要外接任何 LCD 控制器，源代码 firmware 中封装了液晶段操作函数，用户仅仅需要设置液晶显示 RAM (LCDMEM 写“0”或者“1”) 就可以方便地显示任何数字和图案，使用方便。本方案为需要显示的场合提供了有效的低成本解决方案。配合市面上广泛使用的 1/3Bias 液晶屏，给出了 COM 对应的扫描时序和显示特定内容所需要的 SEG 端口时序，并讨论了 COM 端口电压时序对液晶对比度的影响，分析结果显示，不同 Bias 的液晶，COM 端口扫描时序不同。

目录

简介

1	LCD 显示原理	2
2	单片机 I/O 口模拟液晶驱动器方案	5
3	设计实例	6
3.1	电路设计	6
3.2	扫描电压	8
3.3	代码设计	9
3.4	功耗和显示效果分析	10
3.4.1	功耗分析	10
3.4.2	显示效果分析	11
4	总结	11
	参考文档	11

图

图 1	LCD 显示原理示意图.....	3
图 2	光线的透射率与交流电压有效值的关系.....	4
图 3	1/4 duty, 1/3 bias 的液晶 COM 口驱动波形	5
图 4	MSP430 I/O 口实现不同电平输出.....	6
图 5	I/O 口驱动液晶电路图.....	7
图 6	LCD 显示内容	8
图 7	实物显示效果图.....	9
图 8	软件流程图	10

表

表 1	GPIO 口输出不同电平配置	6
表 2	LCD 逻辑表及与 GPIO 对应情况	7
表 3	LCDMEM 和 LCD 各段对应关系表.....	9

简介

单片机在实时控制领域使用非常广泛，在单片机应用系统中，人机界面占据非常重要的地位。人机界面主要包括事件输入和结果指示，事件输入包括键盘输入，通讯数据输入，中断输入等，结果指示包括 LED/LCD 显示、外围设备动作等。在这些人机界面当中，LCD 显示技术由于其具有界面友好，成本较低等特点而在很多应用场合得以广泛应用。

德州仪器的 MSP430 系列单片机以低功耗和丰富的外设模块著称。针对液晶显示这一应用，MSP430 系列单片机可分为两类，一类内置 LCD 控制器，另一类不带 LCD 控制器。内置 LCD 控制器的单片机价格较高，使用成本增加。不带 LCD 控制器的单片机可配合液晶驱动芯片使用，但需增加额外的芯片，也增加了成本。本文介绍的方案，适用于不带 LCD 控制器的 MSP430 系列单片机，通过使用通用 I/O 口直接驱动 LCD 显示，其显示效果以及占用的资源和内置液晶控制器的单片机相同。

市面上针对 4-COM 和 3-COM 的液晶，多是 1/3Bias 偏压方式，本设计方法适用于 1/3Bias 液晶屏，仅仅通过端口增加分压电阻即可完成显示，使用方便，且节省成本，相关文档和工程代码见 [XXXXXXXXXX](#)。1/2Bias 液晶屏的驱动设计见 <http://www.ti.com/lit/zip/slaa516>。1/3 Bias LCD 使用 1/2Bias 的驱动时序，会导致显示对比度下降，显示效果不理想。

1 LCD 显示原理

LCD(Liquid Crystal Display)是利用液晶分子的光学特性和物理结构进行显示的一种元件。液晶分子是介于固体和液体之间的一种物质，多呈长棒状大分子形态，在自然形态下，液晶分子排列没有规则，具有光学各向异性的特点，不透光；在电（磁）场作用下，液晶分子排列规则，光学各向同性，可透光。将液晶分子灌入精良加工的开槽平面，液晶分子大致会顺着槽排列。假如那些槽非常平行，液晶分子也大致平行。

整个 LCD 面板由上下玻璃基板和偏振片组成，两个偏振片互相垂直，分别放在两层玻璃基板的外侧。在玻璃基板内侧平面刻有可灌入液晶的细槽，每一块玻璃基板上的细槽完全平行，但两块玻璃基板上的细槽互相垂直。这样，在自然状态下（加在液晶面板两侧电压为 0），光线从一侧偏振片射出，经液晶扭转 90°后从另一偏振片完全射出，液晶面板透光，观察者看到的液晶没有点亮（液晶段暗）。当在玻璃基板间加上交流电压后，液晶分子的排列方向改变，两片玻璃基板间液晶分子呈平行排列，光线经一侧偏振片射出后，经过液晶分子方向不发生改变，由于两偏振片对光线选择角度互相垂直，所以，此情况下，光线无法射出另一偏振片，液晶不透光，观察者看到的液晶呈点亮状态（液晶段亮）。液晶面板的电极通过一种 ITO 的金属化合物蚀刻在上下玻璃基板上。这样通过在上下玻璃基板电极间施加不同的交流电压，即可实现液晶显示的两种基本状态亮(On)和暗(Off)。液晶显示原理如图 1 所示：

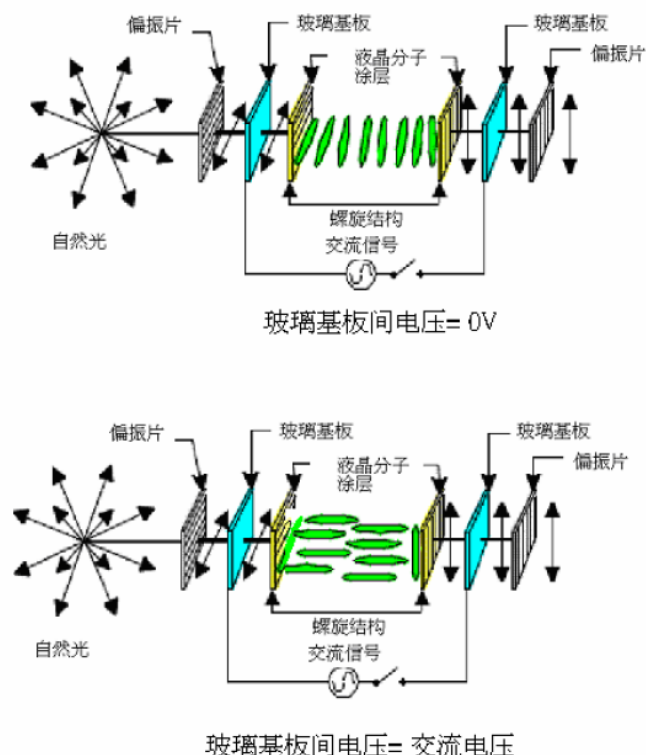


图 1 LCD 显示原理示意图

在 LCD 驱动中，驱动电压和扫描频率非常关键。液晶分子是用交流电压驱动的，长时间的直流电压加在液晶分子两端，会影响液晶分子的电气化学特性，引起显示模糊，寿命减少，其破坏性为不可恢复。在单片机系统中，一般 LCD 的驱动电压选择为 MCU 的供电电压，LCD 电压高于 MCU 电压易造成亮度不够，LCD 电压低于 MCU 电压易造成“鬼影”（不该点亮的点亮）。驱动液晶分子的交流电压的频率依据 LCD 面板的面积和设计而定，一般在 60~100Hz 之间。频率过高，增加驱动功耗；频率过低，会导致显示闪烁，同时如果扫描频率同光源的频率之间有倍数关系，显示也会有闪烁现象出现。

液晶分子是一种电压积分型材料，它的扭曲程度(透光性)仅和极板间电压的有效值有关，和充电波形无关。电压的有效值用 COM/SEG 之间的电压差值的均方根 V_{RMS} 表示：

$$V(RSM) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [V(t)]^2 dt} \dots\dots\dots (1)$$

LCD 显示“亮”和“灭(透光和不透光)的电压有效值的分界电压称为开启电压 V_{th} ，当电压有效值超过 V_{th} ，液晶分子的排列方向发生变化，旋光角度加大，透光率急剧变化，从而引起液晶显示状态的变化。光线的透射率与交流电压的有效值的关系如图 2 所示：

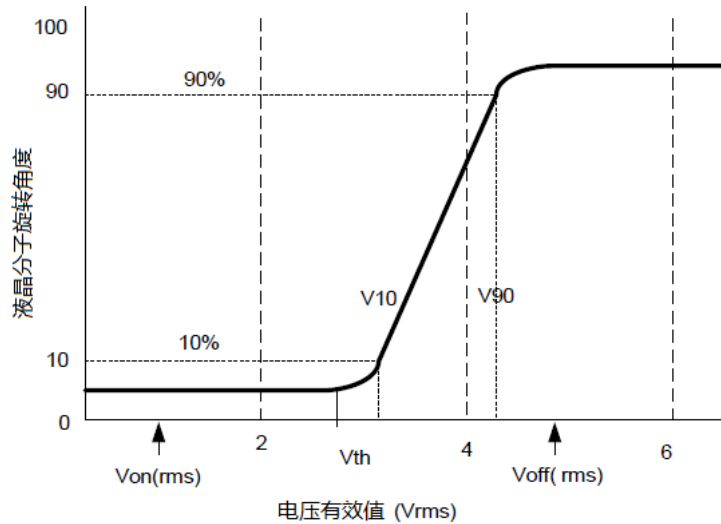


图 2 光线的透射率与交流电压有效值的关系

LCD 类单片机内嵌的 LCD Controller(液晶控制器)，正是通过系统的控制，按照用户定义的显示图案，在 I/O 口产生点亮 LCD 所需的模拟驱动波形，接到 LCD 面板(液晶显示屏)上点亮对应的像素而达到想要的显示效果。LCD 面板有两个重要的参数：

- 占空比(Duty)

该参数一般也称为 Duty 数或 COM 数。LCD 通常采用时分动态扫描的驱动模式，在此模式下，每个 COM 的有效选通时间与整个扫描周期的比值即占空比 (Duty)是固定的，等于 $1/\text{COM}$ 数。

- 偏置(Bias)

LCD 的 SEG/COM 的驱动波形为模拟信号，各档模拟电压相对于 LCD 输出的最高电压的比例称为偏置，偏压级数越多 LCD 的对比度级别就越多，能显示的图案就越复杂。一般来讲，Bias 是以输出最低档电压（0 除外）与输出最高档电压的比值来表示。图 3 所示为 $1/4$ Duty, $1/3$ Bias 液晶屏的 COM 端时序。

图 3 对应的是 $1/4$ duty, $1/3$ bias 的液晶 COM 口驱动波形，COM 数为 4，每个 COM 的有效选通时间与整个扫描周期的比值(Duty)为 $1/4$ ，驱动波形的模拟电压共分 3 档，V3 为输出最高电压，V2, V1 为输出中间电压，并且 $V1/V3=1/3$ 。

Bias 和 COM 数目共同决定了 LCD 的显示对比度。显示对比度用点亮段电压有效值 V_{on} 和不亮段电压有效值 V_{off} 之比来表示，显示对比度越高，亮和不亮段差别越明显，显示越清晰。

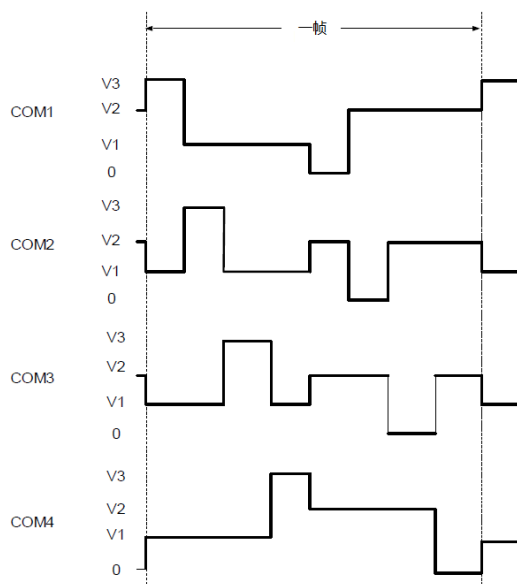


图 3 1/4 duty, 1/3 bias 的液晶 COM 口驱动波形

为了达到理想的显示效果，一般而言，Bias 和 COM 之间有一定关系，COM 数越多，每根 COM 对应的选通时间变短，而要达到同样的显示亮度， V_{ON} 的电压就要提高，要达到同样的显示对比度，选电平和非选电平的差异需要加大，即 Bias 需要加大，COM 和 Bias 间有一经验公式，即：

$$Bias = 1/(\sqrt{COM} + 1) \text{ ----- (2)}$$

同时，单片机 I/O 口占用数量和 LCD 的段数、Duty 数之间的关系也可计算，如公式 (3) 所示：

$$I/O \square = \frac{\square \square}{COM \square} + COM \square \text{ ----- (3)}$$

用户可根据单片机资源情况选择合适的液晶类型，并为各个端口设计合适的扫描时序。

2 单片机 I/O 口模拟液晶驱动器方案

集成液晶驱动器的 MCU 价格较高，本方案采用 GPIO 端口配合电阻分压电路模拟液晶驱动器，配合合适的 LCD 屏，可方便地实现显示功能。在一些对成本控制严格的场合，本方案具有很大的优势。本方案适用于 MSP430 系列产品任何一款不带 LCD 控制器的 MCU，占用的 I/O 口资源与内置 LCD 控制器的 MCU 没有区别。

目前市面上使用较多的是 1/4 duty, 1/3 bias 的段式 LCD。单片 I/O 口驱动此类 LCD，需要输出 0、1/3VCC、2/3VCC 和 VCC 四档电压，才可满足扫描时序的要求。MSP430 系列 MCU 的 I/O 口带上拉电阻，通过合理的配置相关寄存器，配合外部电路，可使一个 I/O 口输出四种电平状态。具体实现电路如图 4 所示：

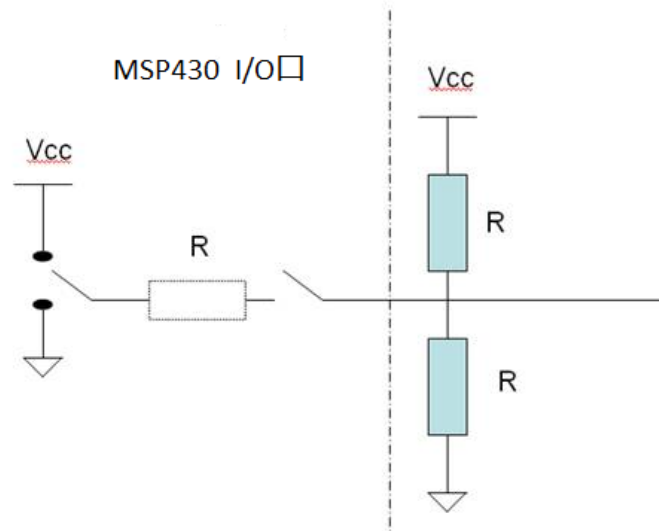


图 4 MSP430 I/O 口实现不同电平输出

一个 I/O 端口配合两个电阻即可实现最多五种电平输出状态。其中外接电阻取值需要和内部上拉电阻 R 相当。

I/O 口输出不同电平相关寄存器配置说明表格如下：

表 1 GPIO 口输出不同电平配置

GPIO 端口配置	端口输出电平 (VOUT)
输出高	VCC
输出低	GND
输出高内部上拉	$2/3V_{CC}$
输出高内部下拉	$1/3V_{CC}$
输入	$1/2V_{CC}$

从表 1 可看出，带内部上拉电阻的 GPIO 口通过外接两个电阻，可方便实现五种电平输出状态；内部不带上拉电阻的 GPIO 口仅可实现三种电平输出。

3 设计实例

本实例采用德州仪器 MSP430 LaunchPad EVM 开发板配合 1/4 duty, 1/3 bias 液晶屏使用，主处理器采用 MSP430G2452，占用 14 个 I/O 口，可驱动多达 40 段液晶。

3.1 电路设计

LaunchPad EVM 开发板电路设计见 <http://www.ti.com/general/docs/lit/slau318>。外接液晶模块电路设计如图 5 所示：

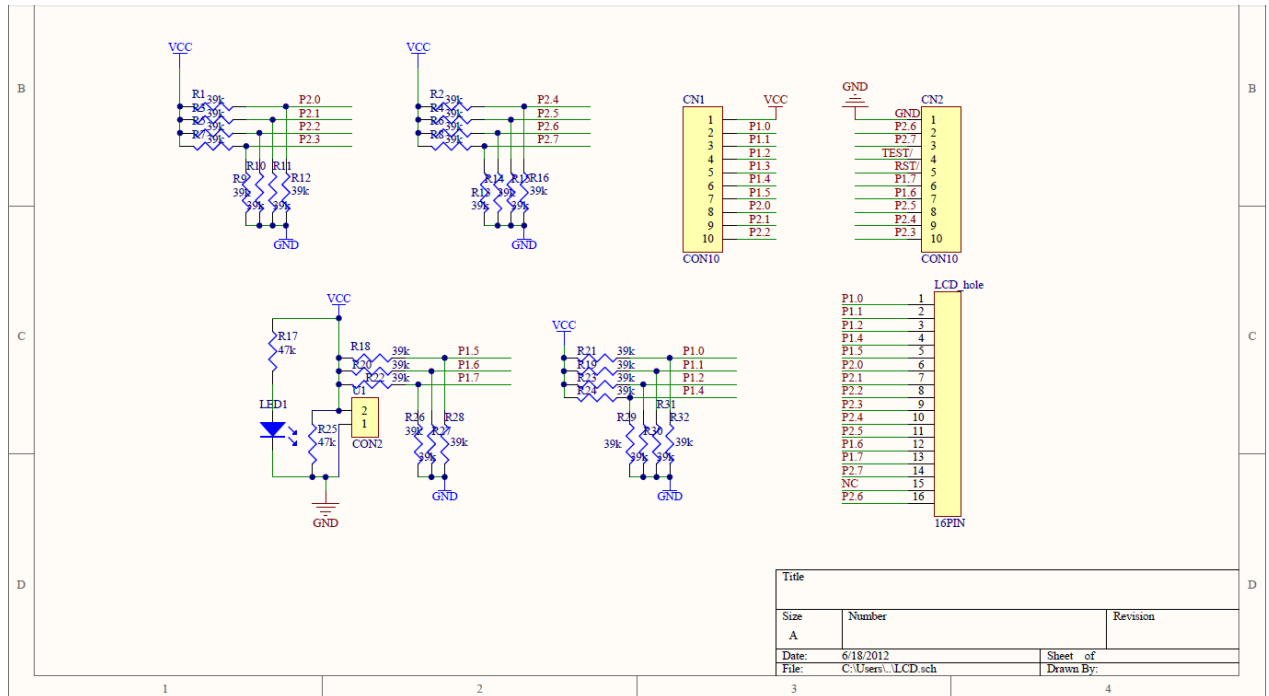


图 5 I/O 口驱动液晶电路图

其中 P1.3 口用于实现按键功能。

LCD 采用 6 位 8 字段式 LCD，可满屏显示 888.8.8.8，4 个 COM 端，12 个 SEG 脚，驱动电压 3V-5V，1/3 偏压方式；外形尺寸：长 57.4mm*宽 24.8mm *厚度 2.8mm，16 脚直插式封装。逻辑表如表 2 所示：

表 2 LCD 逻辑表及与 GPIO 对应情况

GPIO	P1.0	P1.1	P1.2	P1.4	P1.	P2.0	P2.1	P2.2	P2.3	P2.4	P2.5	P1.6	P1.7	P2.7
LCD PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
COM1	COM1				1D	T1	2D	T2	3D	T3	4D	P1	5D	P2
COM2		COM2			1E	1C	2E	2C	3E	3C	4E	4C	5E	5C
COM3			COM3		1G	1B	2G	2B	3G	3B	4G	4B	5G	5B
COM4				COM4	1F	1A	2F	2A	3F	3A	4F	4A	5F	5A

LCD 显示内容如图 6 所示

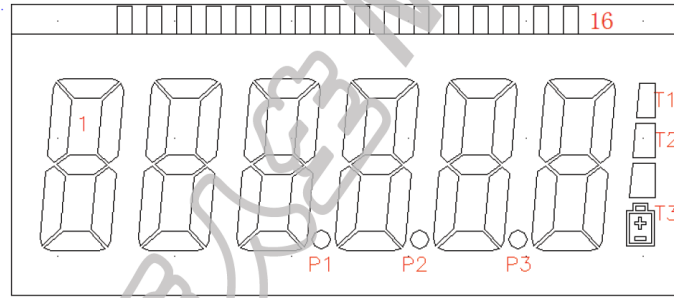


图 6 LCD 显示内容

3.2 扫描电压

为了简化程序设计过程，本例固定 COM 口波形，通过改变 SEG 段电平来控制 LCD 的“亮”和“灭”。LCD 帧频率设为 50Hz。

4 个 COM 口波形如图 3 所示，固定不变，LCD 每一帧分为 8 个时段，顺次编号为 1~8。操作 LCD 的每一段，对应 SEG 口波形设计原则如下：

所有段全“灭”--SEG 前半周期输出 $2/3V_{CC}$ ，后半周期输出 $1/3V_{CC}$ ，在此基础上：

与 COM1 对应的段亮，则把 SEG 第 1 时段电平变为 V_{CC} ，第 5 时段波形变为 0

与 COM2 对应的段亮，则把 SEG 第 2 时段电平变为 V_{CC} ，第 6 时段波形变为 0

与 COM3 对应的段亮，则把 SEG 第 3 时段电平变为 V_{CC} ，第 7 时段波形变为 0

与 COM4 对应的段亮，则把 SEG 第 4 时段电平变为 V_{CC} ，第 8 时段波形变为 0

此扫描电压设计保证每一段的“亮”和“灭”操作不影响其他段，达到了独立控制 LCD 每一段的目的。其中“点亮”段 SEG 和 COM 电压差有效值为：

$$\sqrt{\frac{[2*1^2 + 6*(\frac{1}{3})^2]}{8}} = \sqrt{\frac{1}{3}} V_{CC} \text{-----} (4)$$

“不亮”段的 SEG 和 COM 电压差有效电值为：

$$\sqrt{\frac{8*(\frac{1}{3})^2}{8}} = \frac{1}{3} V_{CC} \text{-----} (5)$$

液晶的显示效果由显示亮度和显示对比度决定。显示亮度与加在每一段上的电压有效值有关，也就是说与供电电压以及 SEG 和 COM 的压差有关。显示对比度则由“亮”和“不亮”段的电压有效值之比决定。本例中“亮”和“不亮”段电压对比度为： $\sqrt{3}:1=1.732$ 。“亮”段电压有效值为

$$\sqrt{\frac{1}{3}} V_{CC}.$$

3.3 代码设计

每一次显示分为 8 个时段来完成，每个时段 2.5ms (2.5ms*8=20ms=50Hz)。通过定时器产生 2.5ms 定时。主循环里面不断扫描要显示的数字，当发现显示的数字变化，则重新对液晶屏每一段显示状态进行判断和设定。本程序设计为按一下 P1.3 对应的按键，LCD 显示的数字加一。当加到 10 时，屏幕所有段全亮，之后从 0 开始显示，不断循环。想改变 LCD 显示的内容，只需修改 LCDMEM 变量对应的内容，其中 LCDMEM 是 char 类型的变量，其每一位 (bit) 对应了 LCD 的一段，写“1”点亮该段，写“0”关闭该段，其操作与内置 LCD 控制器的 MCU 相同，代码设计也相同，从而加快了使用者的开发进度。图 7 是实物显示效果图。

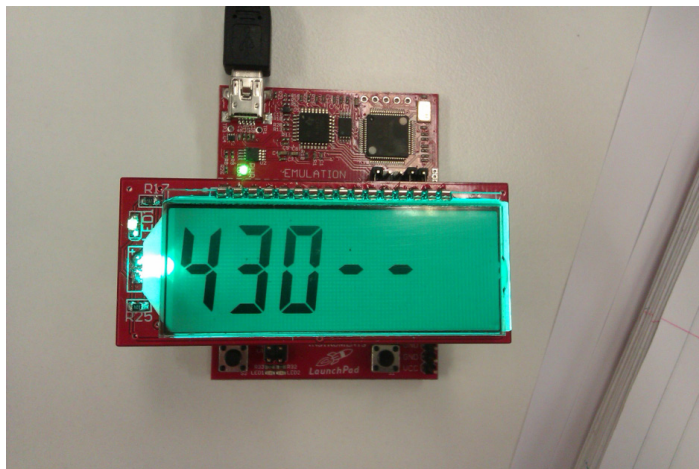


图 7 实物显示效果图

Firmware 中用几个数组保存不同状态下 GPIO 口寄存器值，其中 p1ren[8], p1out[8], p2re[8] 和 p2out[8]保存 LCD 初始化状态（全灭）下对应 GPIO 口寄存器数值，此时，LCD 各段均为非选电平，所有段全灭。p1ren1[8], p1out1[8], p2ren2[8]和 p2out2[8]保存 LCD 当前状态下对应 GPIO 口寄存器数值，每个数组的 8 个数值依次代表了 LCD 扫描时序的 8 个电平状态。

为了和内置 LCD 控制器的 MCU 使用相同，firmware 中定义了 LCDMEM，其每一位代表 LCD 的一段。置“1”点亮该段，置“0”灭。显示数字 0~9 和点亮所有段的 LCDMEM 对应值放在数组 LCD_display[11]中。LCDMEM 和 LCD 各段对应关系如表 3 所示：

表 3 LCDMEM 和 LCD 各段对应关系表

寄存器名称	LCD 段名称	寄存器名称	LCD 段名称	寄存器名称	LCD 段名称	寄存器名称	LCD 段名称	寄存器名称	LCD 段名称
LCDMEM1.0	1D	LCDMEM2.0	2D	LCDMEM3.0	3D	LCDMEM4.0	4D	LCDMEM5.0	5D
LCDMEM1.1	1E	LCDMEM2.1	2E	LCDMEM3.1	3E	LCDMEM4.1	4E	LCDMEM5.1	5E
LCDMEM1.2	1G	LCDMEM2.2	2G	LCDMEM3.2	3G	LCDMEM4.2	4G	LCDMEM5.2	5G
LCDMEM1.3	1F	LCDMEM2.3	2F	LCDMEM3.3	3F	LCDMEM4.3	4F	LCDMEM5.3	5F
LCDMEM1.4	T1	LCDMEM2.4	T2	LCDMEM3.4	T3	LCDMEM4.4	P1	LCDMEM5.4	P2
LCDMEM1.5	1C	LCDMEM2.5	2C	LCDMEM3.5	3C	LCDMEM4.5	4C	LCDMEM5.5	5C
LCDMEM1.6	1B	LCDMEM2.6	2B	LCDMEM3.6	3B	LCDMEM4.6	4B	LCDMEM5.6	5B
LCDMEM1.7	1A	LCDMEM2.7	2A	LCDMEM3.7	3A	LCDMEM4.7	4A	LCDMEM5.7	5A

程序使用定时器 timer0 产生 2.5ms 定时，每隔 2.5ms 变换 GPIO 口电压。LCD 帧频率为 50Hz，每一帧由 8 个状态组成，在 timer0 定时中断里变换 GPIO 口电平状态。timer0 中断服务程序代码如下：

主函数配置系统时钟和 GPIO 初始化条件（注意 P2.6 和 P2.7 引脚默认为晶振引脚功能，需要配置为 GPIO 口功能）。在程序主循环里面，扫描 value 值，如果发生变化，LCD 显示值也要相应变化。显示的原则是根据要显示的内容，将 LCD 的每一段配置成合适的状态。

对 LCDMEM1~5 变量的每一位进行判断。为了减少每次循环的时间，只有当有按键按下才对 LCD 显示数值重新判断。

用户可根据表 3 对应情况，仅仅通过改变 LCDMEM 的数值改变显示图案，其它代码固定，使用非常方便。源代码见 [XXXXXXXXXX](#)。

程序流程图如下：

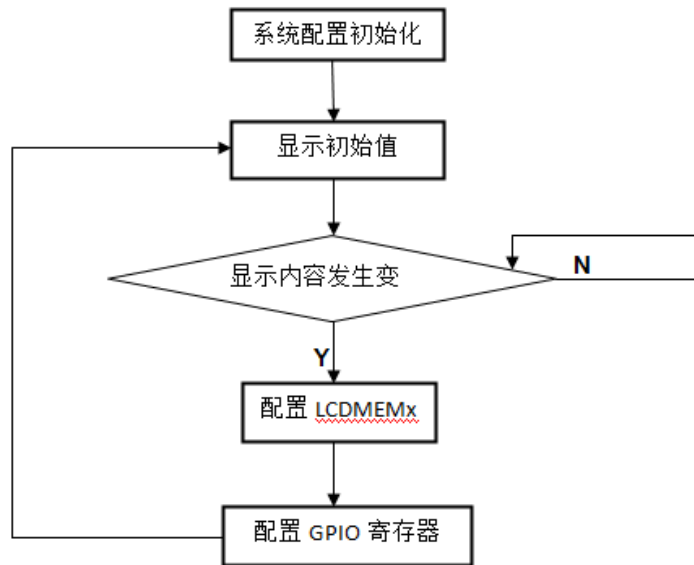


图 8 软件流程图

3.4 功耗和显示效果分析

3.4.1 功耗分析

低功耗是 MSP430 的 DNA。此种设计功耗较大，每个 I/O 口电流消耗为： $i = VCC / 1.5R$ 。MSP430G2452 端口上拉电阻 R 取值在 20Ω~50kΩ 之间，外部分压电路电阻值需要与内部上拉电阻 R 相当，为了降低功耗，取最大值 50kΩ，VCC 设为 3.3V，电流约为 $3.3/75k=44\mu A$ 。LCD 液晶耗电约为： $(\text{段数}/4+4) * 44\mu A$ 。程序设计中使 MCU 工作在 LPM3 模式下，使用 ACLK 产生 LCD 刷屏频率，可计算总功耗约为： $(\text{段数}/4+4) * 44\mu A + 220\mu A$ 。在对功耗要求不严格的场合可以使用此方案降低成本。

3.4.2 显示效果分析

外部分压电阻取值将影响 GPIO 端口输出电平精度，进而影响 LCD 的显示效果。已知 MSP430G2452 端口上拉电阻取值 R 在 20~50kΩ，外部电阻取值设为 50kΩ，当端口上拉电阻取值为 50k 时，GPIO 端口输出电平为 0, 1/3VCC, 2/3VCC, VCC (R=50k)；当端口上拉电阻取值为 20k 时，GPIO 端口输出电平为 0, 0.22VCC, 0.78VCC, VCC (R=20k)。换算为 LCD 段

电压有效值，其点亮段电压最大值和最小值分别为 $\sqrt{\frac{1}{3}} VCC$ 和 $\sqrt{\frac{[2*1^2 + 6*(0.22)^2]}{8}} = 0.535 VCC$ 。

不亮段电压最大值和最小值为 0.33VCC 和 0.22VCC。当点亮段电压取最小值且不亮段电压取最大值时，LCD “亮” 和 “不亮” 段电压在对比度约为 0.535/0.33=1.6。电压对比度误差约为 7.6%（理想值为 1.732）。实验发现，此误差对显示效果没有明显影响，也就是说 GPIO 口内部上拉电阻差别对显示效果没有明显影响，而为了降低功耗，GPIO 口外接分压电阻优选上拉电阻的最大值。在对显示效果要求严格的场合，可将外部分压电阻取值设定为 35k（20k~50k 的中间值），这种设计可将显示对比度误差控制在-3.8%~3.8%之间，但功耗会比 50k 取值稍大一些。

本文档的分析是基于 1/3 Bias 的 LCD。不同 Bias（偏压）值要求的 COM 以及 SEG 扫描时序有差别，使用时要注意区分。为了达到较好的显示效果，可参考 MSP430 系列内嵌 LCD 控制器产品关于液晶显示模块的说明 <http://focus.ti.com/paramsearch/docs/MSP430Fx4xx>。其中 4 COM, 1/2 Bias 液晶显示对比度约为 1.528，4 COM, 1/3 Bias 液晶显示对比度约为 1.732。

4 总结

本文介绍了使用 MSP430 的 GPIO 端口直接驱动 LCD 显示的方法，从而扩展了不带 LCD 控制器的 MSP430 系列产品功能和使用场合，在一些要求低成本显示的场合，本方案具有很大的使用价值。

参考文档

1. *MSP430x2xx Family User's Guide* (SLAU144H)
2. *MSP430G2x52 Datasheet* (SLAS722E)
3. *MSP-EXP430G2 LaunchPad Experimenter Board User's Guide* (SLAU318)
4. *Software Glass LCD Driver Based on MSP430 MCU* (SLAA516)
5. *MSP430x4xx Family User's Guide* (SLAU056J)

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限制作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 特别标示了符合 ISO/TS16949 要求的特定组件, 此类组件主要针对汽车用途。凡未做如此标示的组件则并非设计或专门用于汽车用途; 如果客户在汽车应用中使用任何未被指定的产品, 则 TI 对未能满足应用要求不承担任何责任。

产品	应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio 通信与电信 www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers 计算机及周边 www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters 消费电子 www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com 能源 www.ti.com/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp 工业应用 www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers 医疗电子 www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface 安防应用 www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic 汽车电子 www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power 视频和影像 www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys
OMAP应用处理器	www.ti.com/omap
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity 德州仪器在线技术支持社区 www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2012 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司