User Manual

MI08D708048AD-V1 用户手册

总线型 TFT 驱动模块

修订历史

版本	日期	原因
V1.00	2010/10/13	第一次发布

目 录

1. 特性参数

MI08D708048AD-V1 是一款高性能的 16 位真彩 TFT 控制器，控制器上集成了 16Mbytes 的显示缓存，能够提供 8 个显示分页，并且支持各个分页之间的数据拷贝操作。MI08D708048AD-V1 同时还提供了背光管理、分页间的数据拷贝、自动反色等高级功能，使用非常灵活、方便，其各项参数如表 1.1、表 1.2 和表 1.3 所示。

表 1.1 MI08D708048AD-V1 基本特性

项目	说明
接口类型	Intel8080-8
颜色格式	RGB565
显存页数	8 页
显存容量	16MBytes
可驱动 TFT	AT070TN83 V.1

表 1.2 MI08D708048AD-V1 功能特性

功能	说明
定点写数据	将指定数据写入指定坐标
X 坐标自动累加	每写入一个数据点，当前 X 坐标会自动加一
X 坐标自动返回	当 X 坐标累加到用户预设的 X 结束坐标后，自动返回用户预设的 X 起始坐标
Y 坐标自动累加	X 坐标自动返回时，Y 坐标自动加一
当前显示页切换	屏上显示的数据在 8 页显存中任意切换
当前操作页切换	以 8 页显存中任意页作为目标，写入数据
页拷贝	在任意两页显存之间实现任意区域的数据拷贝操作
自动反色	对任意分页、任意区域进行自动反色操作
背光控制	PWM 背光信号 64 级可调
状态标识	通过总线接口读取控制器的状态位

表 1.3 MI08D708048AD-V1 电气特性

项目	说明
电源电压	5±0.5V
功耗 [1]	300~850mA
IO 电平 [2]	3.3V LVTTL

注 1：300mA 对应着背光关闭时的功耗，850mA 对应着背光最亮时的功耗，此数据是在电源电压为 5V 时测出的，实际应用中功耗会由于电源电压的波动而略微变化。

注 2：通常情况下，如果用 3.3V 的 IO 输出驱动 5V 的 IO 是可以直接驱动的，如果用 5V 的 IO 输出驱动 3.3V 的 IO，推荐您将 5V 的 IO 设置成弱上拉的模式，这样可以避免由于电平不兼容而导致的 IO 电流过大。

2. 操作说明

2.1 引脚说明

MI08D708048AD-V1 对外有 20 个引脚，关于各个引脚的详细说明请参见表 2.1。

表 2.1 MI08D708048AD-V1 引脚说明

序号	名称	说明
1	+5V	5V 电源输入
2	+5V	5V 电源输入
3	D0	数据总线
4	CE	低平有效的片选信号
5	D1	数据总线
6	RES	低电平有效的复位信号
7	D2	数据总线
8	A0	地址信号
9	D3	数据总线
10	WE	低电平有效的写使能信号
11	D4	数据总线
12	RE	低电平有效的读使能信号
13	D5	数据总线
14	NC	保留未用
15	D6	数据总线
16	NC	保留未用
17	D7	数据总线
18	NC	保留未用
19	GND	地
20	GND	地

2.2 接口时序

MI08D708048AD-V1 采用 8 位 8080 总线接口，具体接口时序如图 2.1、图 2.2 所示。

图 2.1 为总线写的时序，当地址线为 A0 为 0 时表示写入的是地址寄存器，该寄存器用于对 MI08D708048AD-V1 中的各个寄存器进行寻址，取值范围为 0~6。当地址线 A0 为 1 时表示写入的是寄存器值，关于各个寄存器的作用请参见 2.3。

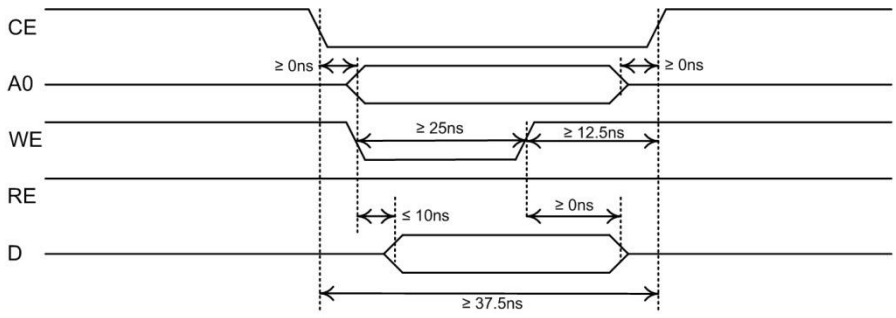


图 2.1 总线写时序

图 2.2 为总线读的时序，在 MI08D708048AD-V1 中可读的寄存器只有一个，因此为了方便操作，任何读操作都被自动指向了该寄存器，期间 A0 信号以及地址寄存器的状态都会被忽略。

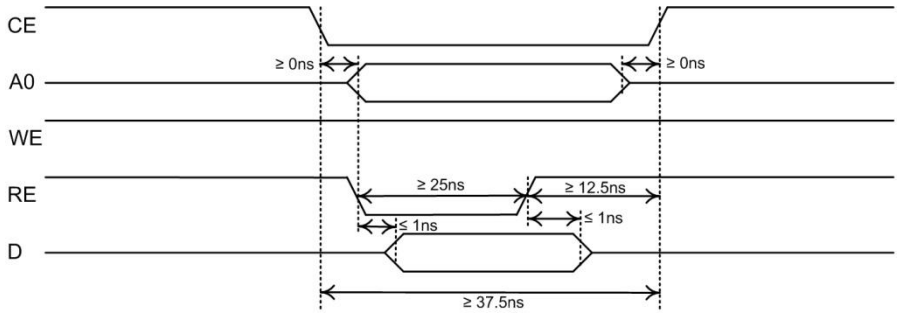


图 2.2 总线读时序

2.3 寄存器说明

MI08D708048AD-V1 各个寄存器的地址和功能简介如表 2.2 所示，其中有 6 个 16 位寄存器和 1 个 8 位寄存器，对于 16 位的寄存器需要进行两次写操作才能完成一个寄存器的设置，在进行写操作时必须先写入高八位再写入低八位，而且写操作必须要成对出现，对于 8 位寄存器，只需一次写操作即可完成设置。

表 2.2 寄存器地址和功能简介

版本	操作	位宽	地址	名称	功能简介	复位值
-V1	写	16	0x00	CUR_Y	设置屏幕的 Y 坐标	0x0000
		16	0x01	CUR_X	设置屏幕的 X 坐标	0x0000
		16	0x02	PIXELS	写入像素数据	0x0000
		16	0x03	END_X	设置 X 方向自动返回的坐标，以及页拷贝时 X 方向的结束坐标	0x031f
		16	0x04	END_Y	设置页拷贝时 Y 方向结束坐标	0x01df
		16	0x05	PREF	设置当前显示页、当前操作页，背光等	0x0000
		8	0x06	RVS_MASK	设置反色掩码	0x00
	读	8	—	STATE	状态寄存器	0x00

2.3.1 CUR_Y（0x00）、CUR_X（0x01）

寄存器 CUR_Y 和 CUR_X 用于设置待操作像素点的坐标，TFT 屏幕上坐标的排列如图 2.3 所示，当 CUR_Y 和 CUR_X 的值确定后，像素点 A 的位置便被唯一的确定了，随后的写入的像素数据会被准确的放置在 A 点。

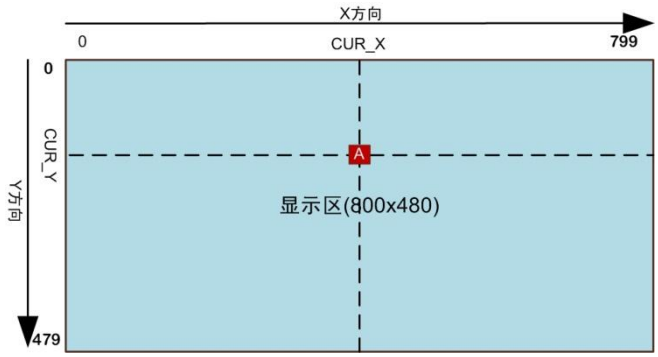


图 2.3 坐标排列

2.3.2 PIXELS（0x02）

寄存器 PIXELS 对应着 16 位的颜色数据，如果当前显示页与当前操作页相同，那么写入 PIXELS 的数据会被立即呈现在由 CUR_X 和 CUR_Y 选中的当前激活点上，如果当前显示页与当前操作页不相同，那么写入 PIXELS 的数据不会被立即呈现出来。MI08D708048AD-V1 的颜色格式为 RGB565，具体的颜色位对应关系如表 2.3 所示。

表 2.3 颜色位对应关系

b15	b14	b13	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
R4	R3	R2	R1	R0	G5	G4	G3	G2	G1	G0	B4	B3	B2	B1	B0

2.3.3 END_X(0x03)

为了提高像素数据连续写的效率，当设置好 CUR_X 和 CUR_Y 后，每写入一个像素，当前激活点的 X 坐标就会自动加一，当激活点的 X 坐标等于 END_X 后，便会自动返回 CUR_X 同时 Y 坐标自动加一。如图 2.4 所示，假设 CUR_X、CUR_Y、END_X 分别为 400、200、500，A 点、B 点、C 点、D 点的坐标分别为（400，200）、（500，200）、（400，201）、（500，201）。设置好 CUR_X、CUR_Y 后，第一个像素写到了 A 点，第 100 个像素写到 B 点，第 101 个像素写到 C 点，第 200 个像素写到 D 点，依此类推。

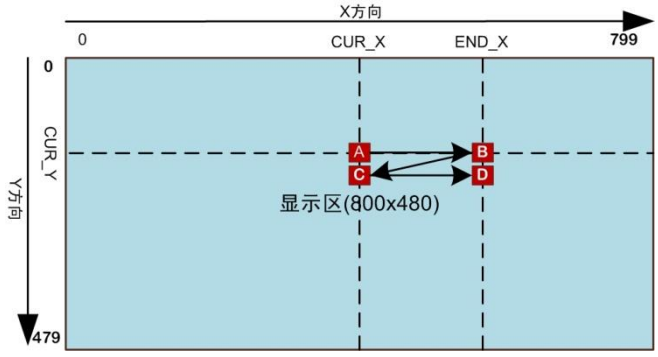


图 2.4 X 自动返回示意

借助 END_X 寄存器，可以简化 MCU 批量数据写的流程，假设 MCU 需要以（100，200）为起始坐标写入一个 10×20 的矩形，那么只需要将 CUR_X 设为 100，CUR_Y 设为 200，END_X 设为 210，然后进行 200 次的像素点写操作即可，期间不需要再进行坐标设置操作，所有的坐标都会被自动推算。

2.3.4 END_Y(0x04)

END_Y 寄存器需要配合 CUR_X、CUR_Y 和 END_X 使用，在页拷贝和反色操作时，这四个寄存器用于界定操作范围，如图 2.5 所示，A 点坐标为（CUR_X，CUR_Y），B 点坐标为（END_X，CUR_Y），C 点坐标为（CUR_X，END_Y），D 点坐标为（END_X，END_Y），页拷贝和反色操作的作用范围都是由 A、B、C、D 四点所界定的。

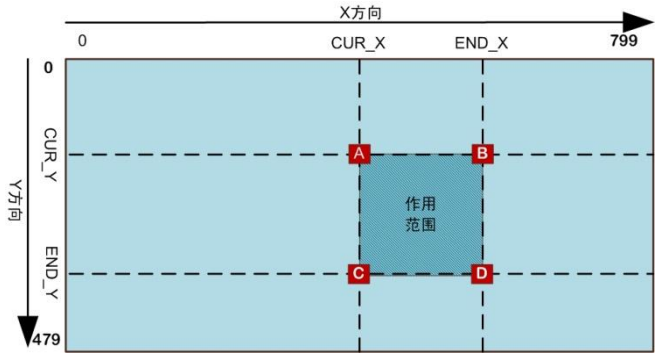


图 2.5 操作范围界定

2.3.5 PREF(0x05)

PREF 寄存器用于设置当前显示页、当前操作页、页拷贝源和 TFT 背光，各个位的具体含义如表 2.4 所示。

表 2.4 PREF 寄存器位定义

位	名称	功能简介	复位值
b5~b0	BK_PWM	背光控制	0
b8~b6	COPY_SRC	页拷贝时的源	0
b11~b9	CUR_PAGE	当前显示的页	0
b14~b12	OPT_PAGE	当前操作的页	0
b15	保留	——	0

1. 背光控制

BK_PWM 用于设置背光信号的占空比，从而调节 TFT 背光的亮度，取值范围为 0~63，0 代表背光关闭，63 代表背光最亮。上电复位后 BK_PWM 的值默认为 0，也就是背光关闭，在 MCU 对 BK_PWM 赋以非零值后，背光亮起。

2. 页拷贝时的源

COPY_SRC 用于设置页拷贝时的数据源，取值范围为 0~7，对应于显存中的 8 个分页，关于页拷贝操作的示意如图 2.6 所示。

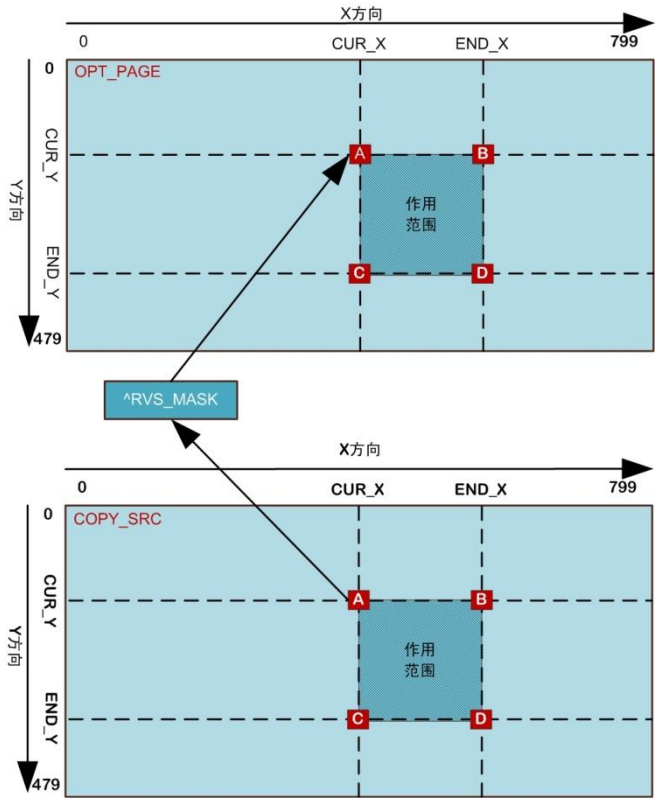


图 2.6 页拷贝操作示意

图 2.6 中示意了两个分页，上面的分页为 OPT_PAGE，表示当前正在操作的页，下面为 COPY_SRC，表示储存着拷贝操作数据源的页，当发起页拷贝操作后，主控逻辑会从 COPY_SRC 所指定的页中将 A、B、C、D 四点所界定的范围中的点逐个读出、与 RVS_MASK 异或，然后写入 OPT_PAGE 中的对应位置。如果 RVS_MASK 的值为 0，那么这一操作只是单纯的数据搬移，如果 RVS_MASK 的值不为 0，那么在数据搬移的过程中像素的颜色值会以 RVS_MASK 为掩码进行反色，如果 OPT_PAGE 和 COPY_SRC 指向了同一页，同时 RVS_MASK 不为 0，那么数据搬移操作便演化成了单纯的反色操作。关于页拷贝操作的进一步说明请参见 2.3.6。

3. 当前显示/操作页

当前显示页由 CUR_PAGE 指定，表示屏幕上实际显示的显存分页，当前操作页由 OPT_PAGE 指定，表示写数据操作、反色操作以及页拷贝操作所对应的显存分页。如果 CUR_PAGE 与 OPT_PAGE 指向同一显存分页，那么写数据、反色等操作的结果会被立即呈现在屏幕上，如果 CUR_PAGE 与 OPT_PAGE 指向不同的显存分页，那么对 OPT_PAGE 的任何操作都不会影响屏幕上的显示内容，只有在 CUR_PAGE 切换到 OPT_PAGE 后，OPT_PAGE 中数据才会被显示出来。

2.3.6 RVS_MASK（6）

RVS_MASK 用于设置 8 位的反色掩码，反色掩码的作用是标识在反色操作时需要进行反转的颜色位，RVS_MASK 的位定义如表 2.5 所示，由于 RVS_MASK 只有 8 位，因此在反色操作时颜色位 R1~R0、G3~G0、B1~B0 均会被忽略。

表 2.5 RVS_MASK 位定义

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
R4	R3	R2	G5	G4	B4	B3	B2

另一方面，向 RVS_MASK 写入数据的同时会启动页拷贝(或反色)操作。如果是需要进行反色操作，那么首先要让 OPT_PGAE 和 COPY_SRC 同时指向需要反色的页，然后设置 CUR_X、CUR_Y、END_X 和 END_Y，界定需要反色的区域，最后向 RVS_MASK 写入反色掩码即可。反色的掩码的具体值可以随意指定，例如 0xe0 可以用于对红色位反色，0x18 可以用于对绿色位反色，0x07 可以用于对蓝色位反色，依此类推。

如果是需要进行页拷贝操作，那么要让 OPT_PAGE 和 COPY_SRC 指向不同的页，然后设置 CUR_X、CUR_Y、END_X 和 END_Y 界定需要拷贝的区域，最后向 RVS_MASK 写入 0x0000（也可以是非 0 值）即可启动页拷贝，拷贝操作完成后，COPY_SRC 页中对应区域的数据将被拷贝到 OPT_PAGE 的对应区域中。需要注意的是，向 RVS_MASK 写入非 0 值也可以完成页拷贝操作，不同之处是，拷贝到 OPT_PAGE 中的数据是经过反色的。

2.3.7 STATE

STATE 是 MI08D708048AD-V1 中唯一的可读的寄存器，因此对总线的所有读操作均默认为读 STATE 寄存器，读期间的 A0 信号和地址寄存器均会被忽略。STATE 寄存器的宽度为 8bit，通过读取 STATE 寄存器，可以获知控制器当前的状态，如果从 STATE 寄存器中读回的值为零，表示控制器处于空闲状态，可以接收并处理新的操作，如果从 STATE 寄存器中读回的值为非零，表示控制器正进行页拷贝或反色操作，此时控制器不可以接收 MCU 的任何写操作，否则会导致页拷贝或反色操作出错。

3. MCU 操作示例

3.1 基本读写操作

对于兼容 8080 总线的 MCU，可将 MI08D708048AD-V1 映射成一个存储器件，以指针方式进行读写访问，对于不兼容 8080 总线或不具备外部总线接口的 MCU，可以用 IO 模拟总线的方式进行读写操作，下面以 8051 单片机为例分别说明，其端口连接如图 3.1 所示。

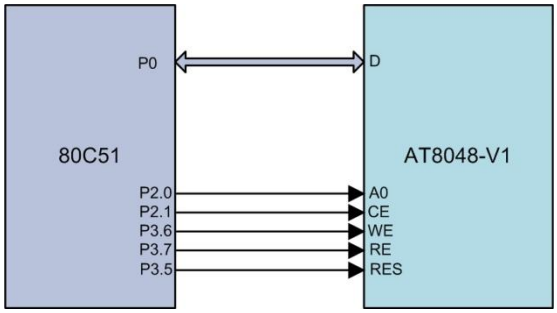


图 3.1 端口连接示意图

3.1.1 指针方式

对于图 3.1 所示的端口连接方式，用指针实现基本读写操作的代码示例如程序清单 3.1 所示。

程序清单 3.1 指针实现基本读写操作

```
#include "AT89X52.h"
#define RES      P3_5
unsigned char   xdata *pTFT_RegAddr = (unsigned char *)0x0000;
unsigned char   xdata *pTFT_RegData = (unsigned char *)0x0100;
// 写寄存器地址
void TFT_WRegAddr(unsigned char a)
{
      *pTFT_RegAddr = a;
}
// 写寄存器内容
void TFT_WRegData(unsigned char d)
{
      *pTFT_RegData = d;
}
// 读寄存器内容
unsigned char TFT_RData()
{
      unsigned char temp;
      temp = *pTFT_RegData;
      return temp;
}
```

3.1.2 IO 模拟总线

对于图 3.1 所示的端口连接方式，用 IO 模拟总线实现基本读写操作的代码如程序清单 3.2 所示。

程序清单 3.2 IO 模拟总线

```
#include "AT89X52.h"
#define CE      P2_1
#define A0      P2_0
#define D       P0
#define WE      P3_6
#define RD      P3_7
#define RES     P3_5
// 写寄存器地址
void TFT_WRegAddr(unsigned char a)
{
    CE = 0;
    A0 = 0;
    D = a;
    WE = 0;
    WE = 1;
    CE = 1;
}
// 写寄存器内容
void TFT_WRegData(unsigned char d)
{
    CE = 0;
    A0 = 1;
    D = d;
    WE = 0;
    WE = 1;
    CE = 1;
}
// 读寄存器内容
unsigned char TFT_RData()
{
    unsigned char temp;
    D = 0xff;
    CE = 0;
    RD = 0;
    temp = D;
    RD = 1;
    CE = 1;
    return temp;
}
```

3.2 高级操作

3.2.1 设置显示参数

MI08D708048AD-V1 可以方便的对显示缓存和背光进行管理，具体示例如程序清单 3.3 所示。

程序清单 3.3 设置显示参数

```
/*************************************************************************************
* 函数名          ：TFT_SetPref
* 描述            ：设置当前显示页、当前操作页、页拷贝源以及背光
* 参数            ：
                    --cur_page ：当前显示页
                    --opt_page ：当前操作页
                    --copy_src ：页拷贝的源
                    --bk_pwm ：背光
*返回值          ：无
*************************************************************************************/
void TFT_SetPref(     unsigned char cur_page,unsigned char opt_page,
                      unsigned char copy_src,unsigned char bk_pwm       )
{
    int temp;
    temp = bk_pwm | (copy_src<<6) | (opt_page <<12) | (cur_page<<9);
    TFT_WRegAddr(5);                  // 地址寄存器指向 PREF
    TFT_WRegData(temp>>8);            // 数据写入 PREF
    TFT_WRegData(temp);
}
```

3.2.2 矩形域填充

在进行清屏、图片显示等操作时，会用到矩形域填充操作，MI08D708048AD-V1 对矩形域填充操作进行了优化，在填充时 MCU 只需要设置好起点坐标和终点坐标即可，填充过程中所有点的坐标都会被自动推算，最大限度的保证矩形域填充的效率，矩形域填充的示例如程序清单 3.4 所示。

程序清单 3.4 矩形域填充

```
/*************************************************************************************
* 函数名          ：TFT_RectFill
* 描述            ：用指定颜色填充 TFT 上的指定矩形域
* 参数            ：
                    --start_x   ：矩形域的起始 X 坐标
                    --start_y   ：矩形域的起始 Y 坐标
                    --end_x     ：矩形域的结束 X 坐标
                    --end_y     ：矩形域的结束 Y 坐标
                    ---color    ：待填充的颜色
*返回值          ：无
*************************************************************************************/
```

```
void TFT_RectFill(int start_x,int start_y,int end_x,int end_y,int color)
{
    int i,j,w,h;
    TFT_WRegAddr(0);              // 地址寄存器指向 CUR_Y
    TFT_WRegData(start_y>>8);     // 设置 Y 起始坐标
    TFT_WRegData(start_y);
    TFT_WRegAddr(1);              // 地址寄存器指向 CUR_X
    TFT_WRegData(start_x>>8);     // 设置 X 起始坐标
    TFT_WRegData(start_x);
    TFT_WRegAddr(3);              // 地址寄存器向 END_X
    TFT_WRegData(end_x>>8);       // 设置 END_X
    TFT_WRegData(end_x);
    TFT_WRegAddr(2);              // 地址寄存器指向 PIXELS
    h=end_y-start_y+1;            // 计算矩形域高度
    w=end_x-start_x+1;            // 计算矩形域宽度
    for(i=0;i<h;i++)
    {
        for(j=0;j<w;j++)
        {                         // 循环填充数据
            TFT_WRegData(color>>8);
            TFT_WRegData(color);
        }
    }
}
```

3.2.3 页拷贝操作

MI08D708048AD-V1 提供了 8 页的显示缓存，可以在任意页之间对指定区域进行数据拷贝，数据拷贝操作由硬件完成，拷贝过程中不需要 MCU 的介入。对于低速 MCU，当刷新大面积区域时，会出现拉幕现象，灵活的运用页拷贝操作可以有效的避免这种现象，从而使画面显示更加流畅，页拷贝操作的示例如程序清单 3.5 所示。

程序清单 3.5 页拷贝操作

```
/*************************************************************************************
* 函数名        ：TFT_PageCopy
* 描述          ：在页之间进行数据拷贝
* 参数          ：
                    --start_x       ：待拷贝区域的起始 X 坐标
                    --start_y       ：待拷贝区域的起始 Y 坐标
                    --end_x         ：待拷贝区域的结束 X 坐标
                    --end_y         ：待拷贝区域的结束 Y 坐标
                    ---rvs_mask     ：反色掩码
*返回值         ：无
*************************************************************************************/
void TFT_PageCopy(int start_x,int start_y,int end_x,int end_y,char rvs_mask)
{
```

```
    unsigned char temp;
    TFT_WRegAddr(0);              // 地址寄存器指向 CUR_Y
    TFT_WRegData(start_y>>8);     // 设置 Y 起始坐标
    TFT_WRegData(start_y);
    TFT_WRegAddr(1);              // 地址寄存器指向 CUR_X
    TFT_WRegData(start_x>>8);     // 设置 X 起始坐标
    TFT_WRegData(start_x);
    TFT_WRegAddr(3);              // 地址寄存器指向 END_X
    TFT_WRegData(end_x>>8);       // 设置 X 结束坐标
    TFT_WRegData(end_x);
    TFT_WRegAddr(4);              // 地址寄存器指向 END_Y
    TFT_WRegData(end_y>>8);       // 设置 Y 结束坐标
    TFT_WRegData(end_y);
    TFT_WRegAddr(6);              // 地址寄存器指向 RVS_MASK
    TFT_WRegData(rvs_mask);       // 写该寄存器启动页拷贝操作
    while(1)                      // 等待页拷贝结束
    {
        temp = TFT_RData();
        if(temp == 0)
            break;
    }
}
```

需要注意的是，在进行页拷贝操作前先要调用 TFT_SetPref 函数，设置好当前操作页以及拷贝源。如果在拷贝时 RVS_MASK 的值不为 0，那么拷贝过去的数据是经过反色的。当前操作页和拷贝源也可以指向同一页，此时通过设置反色掩码可以实现单纯的反色操作。

3.2.4 上电复位

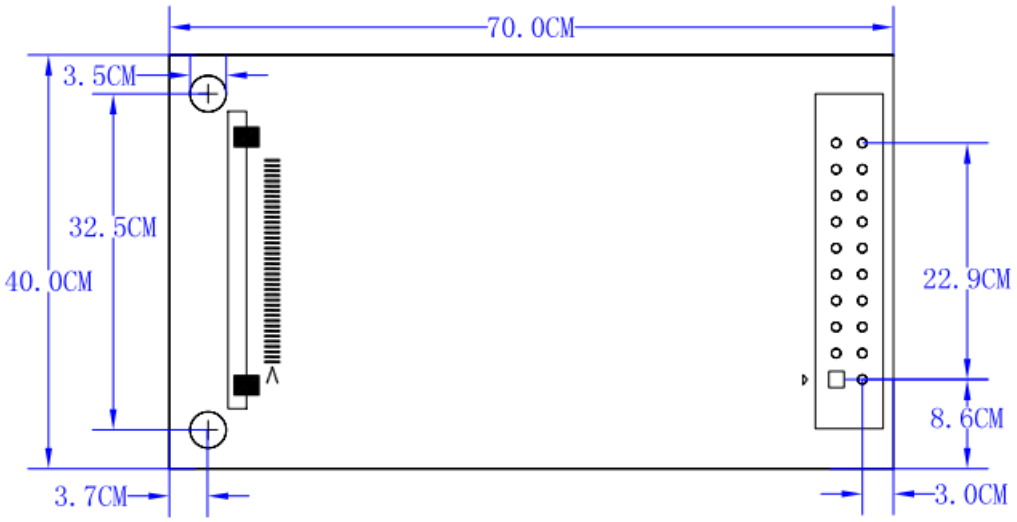
MI08D708048AD-V1 的上电复位操作非常简单，上电复位的示例如程序清单 3.6 所示，首先 MCU 将 MI08D708048AD-V1 的 RES 引脚拉低 25ns 以上，然后 MCU 再等待 1ms 即可开始对 MI08D708048AD-V1 发起其它写操作。

程序清单 3.6 上电复位操作

```
/*********************************************************************************
* 函数名         ：TFT_Init
* 描述           ：上电初始化
* 参数           ：无
* 返回值         ：无
*********************************************************************************/
void TFT_Init()
{
    unsigned int i;
    RES = 0;
    for(i=0;i<0;i++);             // 延时至少 25ns
    RES = 1;
```

```
    for(i=0;i<10000;i++);          // 延时至少 1ms
    TFT_SetPref(0,0,0,63);         // 打开背光
}
```

4. 结构尺寸图



5. 责任声明

1、 虽然 TFT 之家在设计时竭力提高方案与产品的可靠性与质量，但是设计中也可能存在缺陷，设计中的缺陷可能导致损害。在设计电路时请充分考虑安全性，对于因使用 TFT 之家的方案、产品以及文档资料、网站网页所记载的数据、图、表、程序、算法、应用电路示例而引起的损害或者对第三者的权力侵犯，TFT 之家不承担责任。

2、 本资料所记载的数据、图、表、程序、算法以及其它所有信息均为本资料发布时的信息，由于改进方案、产品或其它原因，本资料记载的信息可能变动，恕不另行通知。在购买本资料所记载的产品时，请通过 TFT 之家的网站（www.tfthome.com）确认最新信息。对于因使用过时资料而引起的损失、损害以及责任问题 TFT 之家不承担责任。

3、 本资料所记载的部分或全部数据、图、表、程序以及算法、电路等信息可能存在技术不准确或表述错误，因这些问题而引起的损失、损害以及责任问题 TFT 之家不承担责任。

4、 未经 TFT 之家的书面许可，任何组织和个人不得复制 TFT 之家的方案和产品。