NuMicro® 32位系列微控制器范例代码介绍

使用 EBI 驱动 RGB LCD 屏幕

**grity**

|  |  |
| --- | --- |
| **文件信息** | |
| 应用简述 | 本范例代码使用M55M1 EBI 驱动同步讯号RGB LCD 屏幕 |
| BSP版本 | M55M1\_Series\_BSP\_CMSIS\_V3.01.001 |
| 开发平台 | NuMaker-M55M1 V1.0 |

*The information described in this document is the exclusive intellectual property of  
 Nuvoton Technology Corporation and shall not be reproduced without permission from Nuvoton.*

*Nuvoton is providing this document only for reference purposes of NuMicro microcontroller and microprocessor based system design. Nuvoton assumes no responsibility for errors or omissions.*

*All data and specifications are subject to change without notice.*

*For additional information or questions, please contact: Nuvoton Technology Corporation.*

[www.nuvoton.com](http://www.nuvoton.com)

# 概述

一般常用于微控制器的LCD屏幕接口为MPU-type LCD，由于这类屏幕内建控制器与显示内存，以致于价格高于同步信号LCD屏幕 (可参阅表 1‑1)。本范例代码使用M55M1 EBI驱动同步信号(Sync-Type) LCD屏幕，透过EBI接口并搭配M55M1系列支持的 PDMA 或是 GDMA 实现自我刷新画面功能。

|  |
| --- |
|  |

图 1‑1 EBI驱动同步信号LCD屏幕

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **MPU-Type LCD** | **Sync-Type LCD** |
| **传输方式** | EBI i80 接口或 SPI 进行指令操作和影像数据的传输 | RGB 与同步信号来显示影像 |
| **内存与带宽使用量** | 低 | 高 |
| **适用场合** | 适合静态画面或小量变动画面 | 适合较高分辨率、动态画面 |
| **硬件成本** | 自带 LCD 控制器，由屏幕输出 RGB 数据与同步讯号，价位高。 | 无 LCD 控制器，Host 端直接输出 RGB 数据与同步讯号至屏幕，价位相对低。 |

表 1‑1 MPU-type 与 Sync-type LCD屏幕比较表

## 原理

本范例代码使用EBI仿真同步信号LCD控制器，透过 PDMA或是GDMA进行Memory-to-memory 传输功能，将RGB565像索数据透过EBI接口传送至同步信号LCD屏幕，其运作原理为屏幕画面建立V Lines × H Stages DMA描述符，其中：

* V代表 LCD时序的 Vertical Pulse Width (VPW)、Vertical Back Porch (VBP)、Vertical Active (VA) 和 Vertical Front Porch (VFP) 的扫描线数量。
* H代表Horizontal Pulse Width (HPW)、Horizontal Back Porch (HBP)、Horizontal Active (HA)和Horizontal Front Porch (HFP)的这四个阶段。

|  |
| --- |
| A screenshot of a computer  Description automatically generated |

图 1‑2 V Lines × H Stages DMA描述符

如图 1‑2所示，这些 V Lines × H Stages 的 DMA 描述符依次链接，将最后一个描述符的 **NEXT LINK** 设置为第一个描述符的地址，从而形成一个环状描述符集，并将最后一个描述符启用传输完成中断，并在中断服务程序（ISR）中更新HACT阶段的描述符数据传输起始地址，以切换至新图像的每条 LINE 内存起始地址，从而实现画面动态切换，提供防止画面撕裂（Anti-tearing）功能。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **V \ H** | **HFP** | **HPW** | **HBP** | **HACT** |
| **VFP** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Active**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** |
| **VPW** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Active**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Active**  **Set V*SYNC\_ACT* to Active**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Active**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Active**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** |
| **VBP** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Active**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** |
| **VACT** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Active**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Inactive**  **Set D[15-0] to Dummy** | **Set H*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set V*SYNC\_ACT* to Inactive**  **Set DE*ACT* to Active**  **Set D[15-0] to pixel data in every Line**  Raising in latest descriptor. |

表 1‑2 各LCD 时序阶段与***HSYNC\_ACT、VSYNC\_ACT*** 和 ***DEACT*** 脚位对应表

由于不同类型屏幕对于同步信号支持程度不同，有些屏幕可支持 ***DEACT-ONLY*** 同步模式，表示它们仅需要 ***DEACT*** 信号输入；而无需 ***HSYNC\_ACT*** 和 ***VSYNC\_ACT*** 信号输入。在操作 ***DEACT-ONLY***这类屏幕，可大幅度地减少 DMA 描述符数量，节省系统内存空间与使用带宽。如表 1‑2与表 1‑3所列。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **V \ H** | **HFP** | **HPW** | **HBP** | **HACT** |
| **VFP** | **Set *DEACT* to Inactive**  **Set *D[15-0]* to Dummy** | | | |
| **VPW** |
| **VBP** |
| **VACT** | **Set *DEACT* to Inactive**  **Set *D[15-0]* to Dummy** | | | **Set *DEACT* to Active**  **Set *D[15-0]* to pixel data in every Line**  Raising in latest descriptor. |

表 1‑3 各LCD 时序阶段与***DEACT-Only*** 脚位对应表

如图1‑3所示，LCD时序的***HSYNC\_ACT***、***VSYNC\_ACT***和***DEACT*** 三个同步讯号脚位分别透过EBI的ADR1、ADR0和ADR7地址脚位来仿真，透过指定不同地址译码以产生LCD同步讯号、PCLK讯号连接至 ***EBI-nWR*** 脚位和EBI 的16位数据脚位***D[15-0]*** 对应到LCD颜色信号：

* R[7-3](红色)，G[7-2](绿色) 和 B[7-3](篮色)。
* 额外的R[2-0]、G[1-0] 和 B[2-0]可以使用R[7-5]、G[7-6] 和 B[7-5]的数据进行RGB888补色，以实现更高的颜色精度。

|  |
| --- |
|  |

图1‑3 EBI16-to-RGB24各讯号脚位连接图

本范例代码需接扩充子板，包含 NuMaker-M55M1开发板、4.3” WQVGA 同步信号屏幕子板与 EBI16–RGB24 转接板，如图1‑4所示。

|  |
| --- |
| A close up of a device  Description automatically generated |

图1‑4 外部硬件模块

## 执行结果

本范例代码提供两种目标编译选项：***WQVGA\_GDMA*** 和 ***WQVGA\_PDMA***，分别对应使用 GDMA 或 PDMA 控制器进行自我刷新画面功能，如图1‑5所示。执行时，可透过连接 NULINK2ME 的 VCOM 功能，搭配计算机端终端机软件进行观测，默认通讯参数为 115200N81。如图1‑6所示，终端机将显示执行结果；使用者亦可直接从连接的屏幕上观察图像切换与更新效果。

|  |
| --- |
|  |

图1‑5 选择编译选项与执行编译

|  |
| --- |
|  |

图1‑6 执行画面

# 代码介绍

本范例代码执行各组件初始化与结束流程，程序代码位于 *main.c*。各组件初始化与结束函式程序代码位于 *disp\_sync\_gdma.c*，*disp\_sync\_pdma.c*，*board.c*、*disp\_example.c* 和 *disp.h*实作内。各组件实作使用*COMPONENT\_EXPORT* 宏注册组件名称(*.name*)、组件初始化回调函式(.*initialize*) 和组件结束回调函式(.*finalize*)，并将这些组件注册数据结收录至 *CompInitTab* 区域，供主程序呼叫执行。

/\*\*

\* @brief Initializes the components.

\* @param[in] None

\* @return None

\*/

static void components\_initialize(void)

{

int i;

component\_export\_t asCompInitTbl = (component\_export\_t)&CompInitTab$$Base;

uint32\_t u32CompInitNum = (component\_export\_t)&CompInitTab$$Limit - asCompInitTbl;

for (i = 0; i < u32CompInitNum; i++)

{

if (asCompInitTbl[i].initialize)

{

printf("Initial %s\n", asCompInitTbl[i].name);

asCompInitTbl[i].initialize();

}

}

}

/\*\*

\* @brief Finalizes the components.

\* @param[in] None

\* @return None

\*/

static void components\_finalize(void)

{

int i;

component\_export\_t asCompInitTbl = (component\_export\_t)&CompInitTab$$Base;

uint32\_t u32CompInitNum = (component\_export\_t)&CompInitTab$$Limit - asCompInitTbl;

for (i = 0; i < u32CompInitNum; i++)

{

if (asCompInitTbl[i].finalize)

{

printf("Finalize %s\n", asCompInitTbl[i].name);

asCompInitTbl[i].finalize();

}

}

}

int main(void)

{

components\_initialize();

/\* Just keep here, or put your code here. \*/

while (1)

{

\_\_WFI();

}

components\_finalize();

return 0;

}

## disp\_sync\_gdma组件代码介绍

在 *disp\_sync\_gdma.c* 的实作中，在*disp\_gdma\_dsc\_init*函式逐一地建立V Lines × H Stages DMA描述符，依不同H/VLINE Stage给予不同的Memory-to-memory 操作属性和写出地址，以完成LCD 屏幕***HSYNC\_ACT***、***VSYNC\_ACT***、***DEACT*** 与VRAM缓冲区内的像索输出。

// Function to initialize EBI sync GDMA

static int disp\_ebi\_sync\_gdma\_init(void)

{

enum dma350\_lib\_error\_t lib\_err;

/\* Set the VRAM address by default. \*/

s\_pu16BufAddr = (uint16\_t\*)g\_au8FrameBuf;

/\* Enable GDMA module clock and un-mask interrupt. \*/

gdma\_init();

/\* Initial all Lines descriptor-link. \*/

disp\_gdma\_dsc\_init();

/\* Link to external command \*/

dma350\_ch\_enable\_linkaddr(GDMA\_CH\_DEV\_S[1]);

dma350\_ch\_set\_linkaddr32(GDMA\_CH\_DEV\_S[1], (uint32\_t) s\_head);

dma350\_ch\_disable\_intr(GDMA\_CH\_DEV\_S[1], DMA350\_CH\_INTREN\_DONE);

dma350\_ch\_cmd(GDMA\_CH\_DEV\_S[1], DMA350\_CH\_CMD\_ENABLECMD);

return 0;

}

static int disp\_ebi\_sync\_gdma\_fini(void)

{

/\* Disable GDMA module clock and mask interrupt. \*/

gdma\_fini();

return 0;

}

## disp\_sync\_pdma组件代码介绍

在 *disp\_sync\_pdma.c* 的实作中，在*disp\_pdma\_dsc\_init*函式逐一地建立V Lines × H Stages DMA描述符，依不同H/VLINE Stage给予不同的Memory-to-memory 操作属性和写出地址，以完成LCD 屏幕***HSYNC\_ACT***、***VSYNC\_ACT***、***DEACT*** 各时序与VRAM缓冲区内的像索输出。

// Function to initialize the EBI sync PDMA

static int disp\_sync\_pdma\_init(void)

{

struct nu\_pdma\_chn\_cb sChnCB;

/\* Set the VRAM address by default. \*/

s\_pu16BufAddr = (uint16\_t\*)g\_au8FrameBuf;

pdma\_init();

if (s\_i32Channel < 0)

{

/\* Allocate a PDMA channel resource. \*/

s\_i32Channel = nu\_pdma\_channel\_allocate(PDMA\_MEM);

if (s\_i32Channel < 0)

return -1;

}

/\* Initial all Lines descriptor-link. \*/

disp\_pdma\_dsc\_init();

/\* Register ISR callback function \*/

sChnCB.m\_eCBType = eCBType\_Event;

sChnCB.m\_pfnCBHandler = nu\_pdma\_memfun\_cb;

sChnCB.m\_pvUserData = (void \*)NULL;

nu\_pdma\_filtering\_set(s\_i32Channel, NU\_PDMA\_EVENT\_TRANSFER\_DONE);

nu\_pdma\_callback\_register(s\_i32Channel, &sChnCB);

/\* Trigger scatter-gather transferring. \*/

return nu\_pdma\_sg\_transfer(s\_i32Channel, s\_head, 0);

}

// Function to deinitialize the EBI sync PDMA

static int disp\_sync\_pdma\_fini(void)

{

if (s\_i32Channel >= 0)

{

/\* Free allocated PDMA channel resource. \*/

nu\_pdma\_channel\_free(s\_i32Channel);

s\_i32Channel = -1;

}

pdma\_fini();

return 0;

}

## disp\_example组件代码介绍

在 *disp\_example.c* 的实作中，使用 *.incbin* 汇编语言指令将两张 RGB565 格式的影像嵌入程序中，直接存入 FLASH，以缩短编译时间。在 *disp\_example\_init* 函式中，首先注册 Blank 事件的回调函式 (*disp\_example\_blankcb*)。最后，将两张 RGB565 影像数据拷贝至影像缓冲区。由于 Cortex-M55 支持 Data-Cache，拷贝完成后需呼叫 *SCB\_CleanDCache\_by\_Addr* 函式，以同步影像数据至 SRAM。在 *disp\_example\_blankcb* 中，透过 *disp\_set\_vrambufaddr* 函式并传入不同的 VRAM 地址，交替更新画面，以防止画面撕裂。然而，由于展示范例更新速率过快导致显示重影，因此设定条件为收到两次 Blank 事件后再进行画面切换。

#define STR2(x) #x

#define STR(x) STR2(x)

#define INCBIN(name, file) \

\_\_asm\_\_(".section .rodata\n" \

".global incbin\_" STR(name) "\_start\n" \

".balign 16\n" \

"incbin\_" STR(name) "\_start:\n" \

".incbin \"" file "\"\n" \

\

".global incbin\_" STR(name) "\_end\n" \

".balign 1\n" \

"incbin\_" STR(name) "\_end:\n" \

".byte 0\n" \

); \

extern const \_\_attribute\_\_((aligned(32))) void\* incbin\_ ## name ## \_start; \

extern const void\* incbin\_ ## name ## \_end; \

static uint8\_t s\_au8FrameBuf[CONFIG\_VRAM\_TOTAL\_ALLOCATED\_SIZE] \_\_attribute\_\_((aligned(DCACHE\_LINE\_SIZE))); // Declare VRAM instance.

INCBIN(image1, PATH\_IMAGE1\_BIN);

INCBIN(image2, PATH\_IMAGE2\_BIN);

// Blank event callback function

void disp\_example\_blankcb(void \*p)

{

static uint32\_t u32Counter = 0;

/\* Toggle different image showing after getting 2 event, \*/

/\* Just for avoid visual persistence ghosting. \*/

#define DEF\_TOGGLE\_COND (u32Counter & 0x10u)

/\* Toggle between image1 and image2 display based on u32Counter's value. \*/

if (DEF\_TOGGLE\_COND)

{

/\* If the condition is true, set VRAM buffer to image2 buffer address. \*/

disp\_set\_vrambufaddr((void \*)&s\_au8FrameBuf[CONFIG\_VRAM\_BUF\_SIZE]);

}

else

{

/\* If the condition is false, set VRAM buffer to image1 buffer address. \*/

disp\_set\_vrambufaddr((void \*)s\_au8FrameBuf);

}

// Increment the counter to alternate the display in the next callback

u32Counter++;

}

// Initialize the display example

static int disp\_example\_init(void)

{

/\* Set VRAM buffer address. \*/

disp\_set\_vrambufaddr((void \*)s\_au8FrameBuf);

/\* Set blank event callback function. \*/

disp\_set\_blankcb(disp\_example\_blankcb);

/\* Copy image1 and image2 pixel data to VRAM buffer. \*/

memcpy(s\_au8FrameBuf, (const uint8\_t \*)&incbin\_image1\_start, CONFIG\_VRAM\_BUF\_SIZE);

memcpy(&s\_au8FrameBuf[CONFIG\_VRAM\_BUF\_SIZE], (const uint8\_t \*)&incbin\_image2\_start, CONFIG\_VRAM\_BUF\_SIZE);

/\* Flush all pixel data in DCache to memory. \*/

SCB\_CleanDCache\_by\_Addr(s\_au8FrameBuf, 2 \* CONFIG\_VRAM\_BUF\_SIZE);

return 0;

}

## disp驱动参数介绍

*disp.h* 头文件用于定义同步信号 LCD 屏幕的同步讯号脚位与时间驱动参数。这些参数需依据实际板子的引脚配置进行设置，例如：

*CONFIG\_LCD\_PANEL\_USE\_DE\_ONLY* 取消定义后，系统将启用 *VSYNC\_ACT*、*HSYNC\_ACT* 和 *DEACT* 三条讯号输出至屏幕；反之，仅输出 *DEACT* 讯号*。*

CONFIG\_DISP\_\*\_ACTIVE\_LOW设为 0 时，表示对应讯号为 Active-High 动作；反之，则为 Active-Low 动作。

CONFIG\_DISP\_\*\_BITIDX设定值为各EBI\_ADRx脚位编号加1的值。

CONFIG\_TIMING\_\* 用于设定同步讯号屏幕的时序参数，需与屏幕规格书对应调整。

#define CONFIG\_LCD\_PANEL\_USE\_DE\_ONLY /\*!< DE-only mode, W/O H/VSync. \*/

#define CONFIG\_DISP\_DE\_ACTIVE\_LOW 0 /\*!< Disable DE active low \*/

#define CONFIG\_DISP\_VPW\_ACTIVE\_LOW 1 /\*!< Enable VPW active low \*/

#define CONFIG\_DISP\_HPW\_ACTIVE\_LOW 1 /\*!< Enable HPW active low \*/

#define CONFIG\_DISP\_DE\_BITIDX 8 /\*!< Implies SET\_EBI\_ADR7\_PH0 \*/

#define CONFIG\_DISP\_VSYNC\_BITIDX 1 /\*!< Implies SET\_EBI\_ADR0\_PH7 \*/

#define CONFIG\_DISP\_HSYNC\_BITIDX 2 /\*!< Implies SET\_EBI\_ADR1\_PH6 \*/

#define CONFIG\_TIMING\_HACT 480 /\*!< Specify XRES \*/

#define CONFIG\_TIMING\_VACT 272 /\*!< Specify YRES \*/

#define CONFIG\_TIMING\_HBP 30 /\*!< Specify HBP (Horizontal Back Porch) \*/

#define CONFIG\_TIMING\_HFP 5 /\*!< Specify HFP (Horizontal Front Porch) \*/

#define CONFIG\_TIMING\_HPW 41 /\*!< Specify HPW (HSYNC plus width) \*/

#define CONFIG\_TIMING\_VBP 2 /\*!< Specify VBP (Vertical Back Porch) \*/

#define CONFIG\_TIMING\_VFP 27 /\*!< Specify VFP (Vertical Front Porch) \*/

#define CONFIG\_TIMING\_VPW 10 /\*!< Specify VPW (VSYNC width) \*/

# 软件与硬件需求

## 软件需求

BSP版本

M55M1\_Series\_BSP\_CMSIS\_V3.01.001。

IDE版本

Keil uVision 5.40。

## 硬件需求

电路组件

NuMaker-M55M1 V1.0。

EBI16-RGB24连接板。

同步信号LCD屏幕，分辨率为WQVGA。

线路示意图

将NuMaker-M55M1 V1.0、EBI16-RGB24连接板和同步信号LCD屏幕进行组装。

使用USB Type-C to Type-A 连接线，将NuMaker-M55M1 V1.0开发板连接至计算机。

|  |
| --- |
|  |

图 3‑1 线路示意图

# 目录信息

目录结构如下图所示。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| * EC\_M55M1\_Drive\_RGB\_LCD\_panel\_using\_EBI\_V1.00  |  |  | | --- | --- | | * Library | Sample code header and source files | | * + CMSIS | Cortex® Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS) by Arm® Corp. | | * + Device | CMSIS compliant device header file | | * + StdDriver | All peripheral driver header and source files | | * + SampleCode |  | | * + ExampleCode |  | |
| |  |  | | --- | --- | | * + - Project | Source file of example code | |

图 4‑1目录信息

# 范例程序执行

* + - * 1. 根据目录信息章节进入ExampleCode 路径中的KEIL文件夹，双击*Drive\_RGB\_LCD\_Panel\_using\_EBI.uvprojx*。
        2. 进入编译模式接口

编译

下载代码至内存

执行代码

# 修订纪录

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Date** | **Revision** | **Description** |
| 2025.04.01 | 1.00 | 初始发布。 |

**A notice with text and black text

Description automatically generated with medium confidence**