



应用笔记

ACM32F070 / A070 / WB15 系列芯片
LCD 应用手册

版本: V1.2

日期: 2025-3-10

上海航芯电子科技股份有限公司

1. 概述

LCD 控制器是一款适用于单色无源液晶显示器(LCD)的数字控制器/驱动器，最多具有 8 个公用端子 (COM) 和 40 个区段端子 (SEG)，用以驱动 160(4x40)或 288(8x36)个 LCD 图像元素。端子的确切数量取决于数据手册中所述的器件引脚。

LCD 由若干区段（像素或完整符号）组成，这些区段均可点亮或熄灭。每个区段都包含一层在两根电极之间对齐的液晶分子。当向液晶施加高于阈值电压的电压时，相应的区段可见。区段电压必须为交流，以避免液晶中出现电泳效应（这将影响显示效果）。之后，必须在区段两端生成波形以避免出现直流。

本应用笔记举例介绍了 LCD 外设的相关功能，以及举例说明了如何利用 LCD 模块驱动 LCD 屏显示。

本应用笔记主要包括两部分内容：

- 第 1 部分介绍 LCD 模块的主要特性。
- 第 2 部分介绍 LCD 用于驱动显示。

本应用说明应与相关的用户手册、数据表一同阅读。

2. LCD 主要特性

2.1. LCD 驱动波形

为了保护 LCD 面板，LCD 控制器的驱动波形，每隔一段时间液晶两端的电压反向一次。LCD 控制器可以输出两种驱动波形：A 类和 B 类。A 类驱动波形中，COM 和 SEG 的电压差在一个 common 扫描周期内完成反向。B 类驱动波形中，COM 和 SEG 的电压差在两个 common 扫描周期内完成反向。

LCD 支持 5 种占空比 (Duty) 的驱动波形：静态、1/2、1/3、1/4、1/6 和 1/8，由

LCD_CR0.Duty 进行设置。LCD 支持 3 种偏置 (Bias) 的驱动波形 1/2、1/3 和 1/4，由 LCD_CR0.Bias 进行设置。建议的组合方式如下表所示：

表 2-1 LCD 偏压占空比组合

	1/2 Duty	1/3 Duty	1/4 Duty	1/6 Duty	1/8 Duty
1/2 偏压	√	√	√	不推荐	不推荐
1/3 偏压	√	√	√	√	√
1/4 偏压	不推荐	不推荐	√	√	√

如 1/6 占空比，1/3 偏压时，的 A/B 类波形示例波形图中，LCD_RAM0 数据为 0x01，COM0 和 SEG0 的电压差最大，所以 COM0 和 SEG0 之间的液晶将被点亮。

图 2-1 1/6 占空比 1/3 偏压 A 类波形图

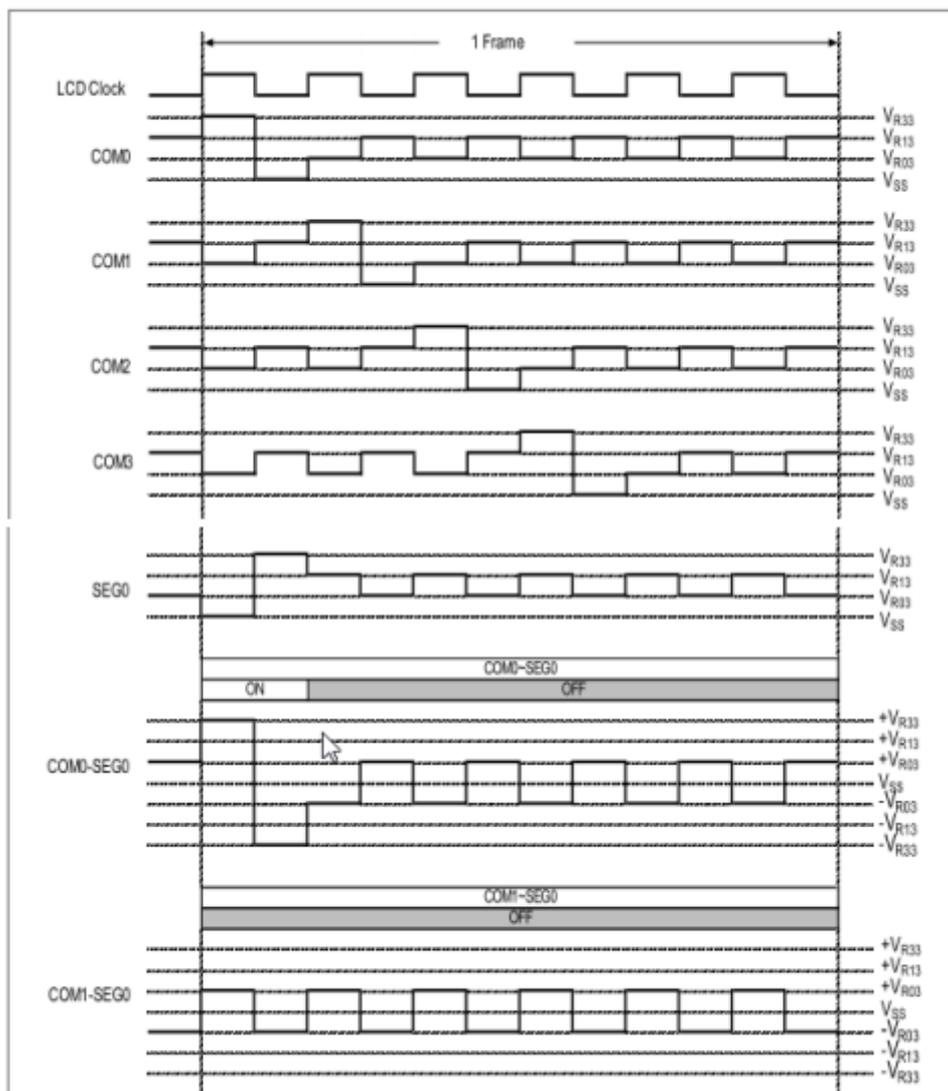
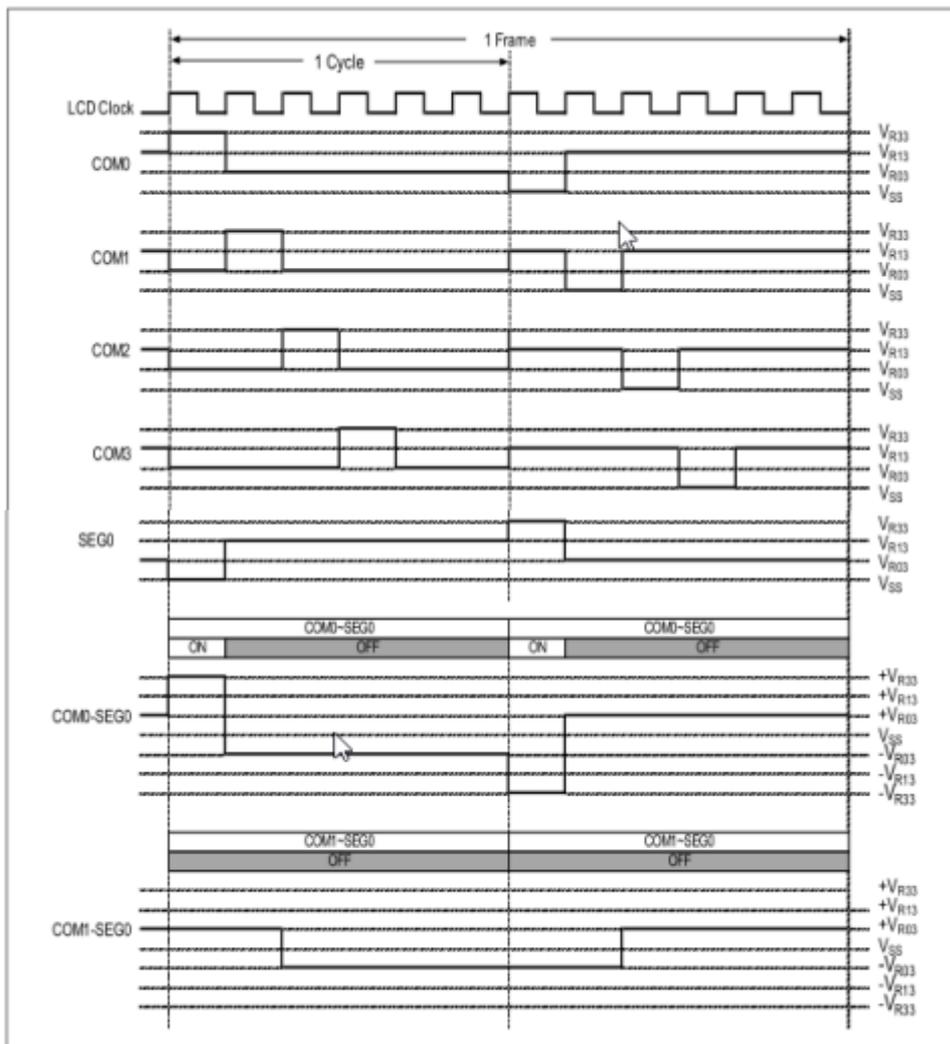


图 2-2 1/6 占空比 1/3 偏压 B 类波形图



2.2. LCD Bias 产生电路

LCD 的 Bias 电压共具有 2 种来源：内部电阻分压、外部电阻分压。当选择内部电阻分压时，芯片会自动切换内部的电路以产生符合 Bias 和 Duty 的电压。当选择外部电阻分压或外部电容分压时，需要用户在芯片的外围引脚搭建相关电路。且在两种分压模式时，还可选择是否要外接滤波电容，以得到更好的驱动效果。通过 LCD_CR0.MOD[1:0] 选择，三种模式如下：

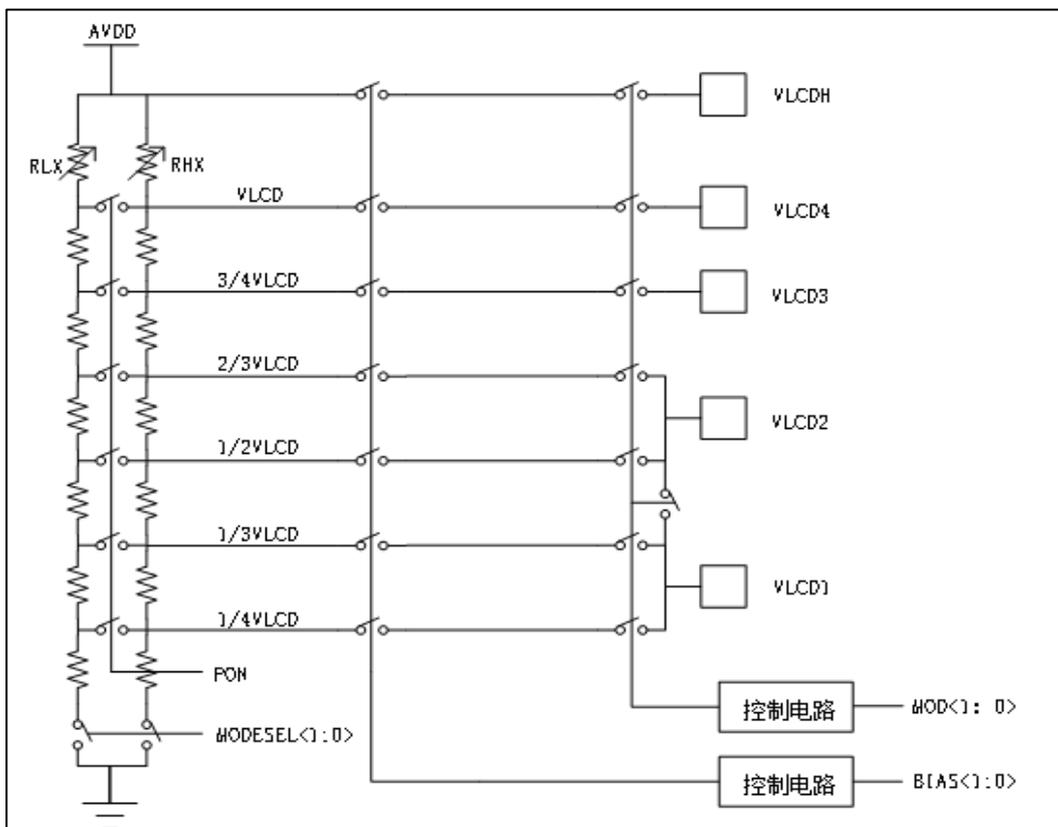
表 2-2 LCD Bias 模式选择表

LCD_CR0.MOD[1:0]	功能	说明
00	断开 SEG[35:31]到内部电阻的分压通道，SEG[35:31]做段码电极	内部电阻分压
01	闭合 SEG[35:31]到内部电阻的分压通道，此时可使用外接电容对偏置电压滤波	内部电阻分压+外接滤波电容，此时 SEG[35:31]用于外接电容，不可作为 SEG
10	断开 SEG[35:31]到内部电阻的分压通道，且闭合外部分压通道，此时可使用外部电阻网络提供偏置电压	外部电阻分压+外接滤波电容，此时 SEG[35:31]用于外接电容/电阻，不可作为 SEG

2.2.1. 内部电阻分压

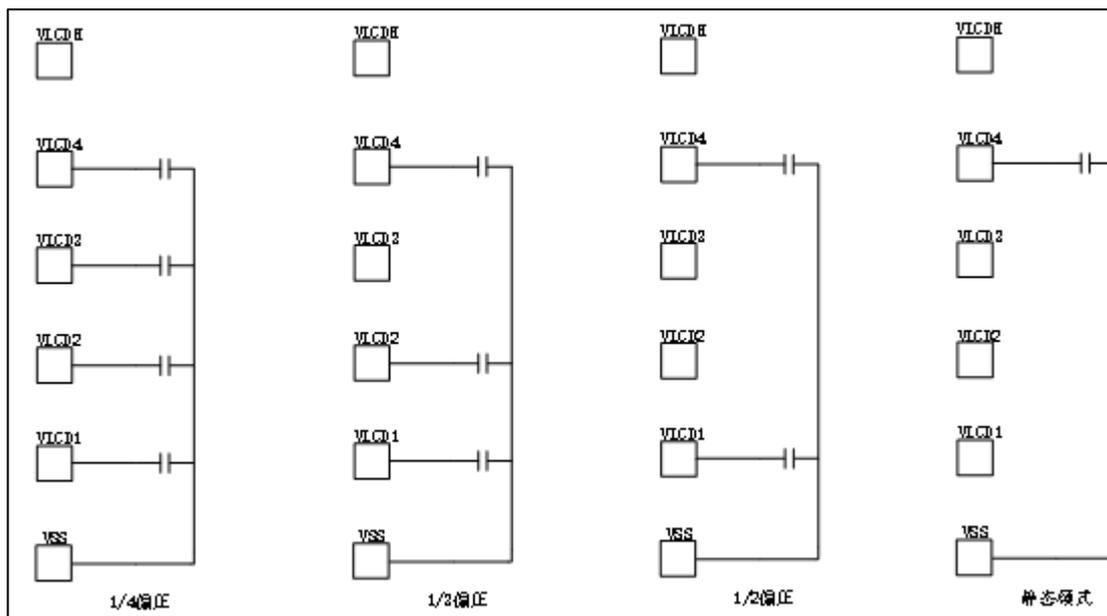
LCD 控制器内部集成了电阻分压电路，要使用内部电阻分压模式，寄存器 LCD_CR0 的 MOD 位需要写 “00” 或 “01”。内部电阻分压电路示意如图所示。

图 2-3 内部电阻分压电路示意图



当寄存器 LCD_CR0 的 MOD 位写 “01” 时，使用内部电阻分压，可接外部电容对偏执电压滤波，不同偏压下的滤波电容连接示意图如图所示。

图 2-4 内部电阻模式外接滤波电容示意图



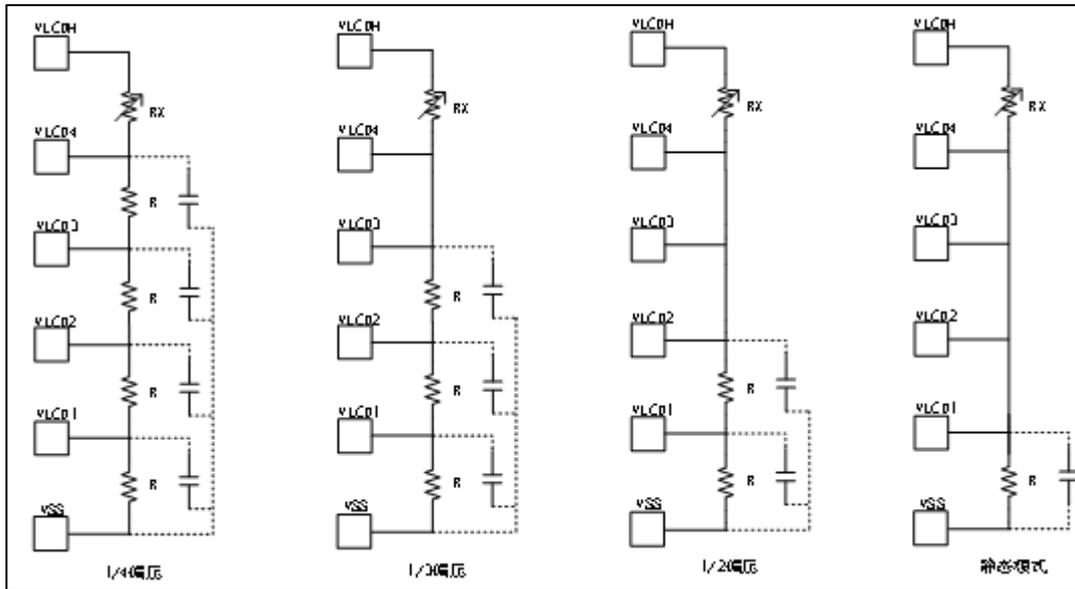
- 当使用内部电阻分压时，可以通过 LCD_CR0.CONTRAST[16:13]设置 LCD 对比度，通过调整 VLCD 和 VDD 的大小关系来调节 LCD 对比度强弱。

- 当使用内部电阻分压时，可以通过 LCD_CR1.RSEL 设置 LCD 内部电阻分压的偏置电阻大小
- 当使用内部电阻分压时，可以通过 LCD_CR1.MODSE[14:13]设置 LCD 内部电阻分压的驱动模式
- 当使用内部电阻分压时，LCD_CR1.MODSE[14:13]选择为快速充电模式且 LCD_CR1.FCC 快速充电控制
- 使能时，可以通过设置 LCD_CR1.PON[22:18]设置脉冲打开持续时间，较短的脉冲有助于降低功耗，但内部电阻较高的显示器可能需要更长的脉冲才能达到令人满意的对比度。

2.2.2. 外部电阻分压

要使用外部电阻模式，寄存器 LCD_CR0 的 MOD 位需要写“10”。外部电阻模式时，不同偏压对应的外部连接如图所示，其中分压电阻需根据不同 Bias 连接，滤波电容可根据需要选择添加。

图 2-5 外部电阻模式连接示意图



注：- Rx 为可调电阻，用于调节 LCD 屏幕亮度。
 - 请根据使用的 LCD 屏幕选择合适的电阻 R。

2.3. DMA 请求

LCD 支持软件和硬件触发 DMA 数据传输，可以将需要显示的内容从 RAM 或 ROM 中自动搬到 LCD 显示 RAM 中。硬件触发使用的是帧中断信号，在不使能 LCD 中断情况下也可产生 DMA 请求。

2.4. LCD 中断

当 LCD 设置有效时，LCD 中断可以配置为帧数产生中断，通过配置 LCD_CR1.BLINKCNT[5:0]可配置帧中断产生的时间快慢。

2.5. LCD 闪屏

当 LCD 设置有效时，LCD 可以开启闪屏，通过配置 LCD_CR1.BLINKEN 选择开启/关闭使能，并通过 LCD_CR1.BLINKCNT[5:0]配置闪屏速率，在不使能 LCD 中断情况下也可产生 LCD 闪屏。

2.6. LCD 显示模式

LCD 支持两种显示模式。一种以 COM 为显示单元，同一个 SEG 的所有 COM 段在同一字节中（模式 0）。另

图 2-13 1/6 占空比(模式 0)

Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	
COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	
							SEG3							SEG2																	SEG0	LCDRAM0
							SEG7							SEG6																	SEG4	LCDRAM1
							SEG11							SEG10																	SEG8	LCDRAM2
							SEG15							SEG14																	SEG12	LCDRAM3
							SEG19							SEG18																	SEG16	LCDRAM4
							SEG23							SEG22																	SEG20	LCDRAM5
							SEG27							SEG26																	SEG24	LCDRAM6
							SEG31							SEG30																	SEG28	LCDRAM7
																															SEG32	LCDRAM8
																															SEG33	LCDRAM9
																															SEG34	LCDRAMA
																															SEG35	LCDRAMB
																															SEG36	LCDRAMC
																															SEG37	LCDRAMD
																															SEG38	LCDRAME
																															SEG39	LCDRAMF

图 2-14 1/4 占空比(模式 0)

Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	
COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	
							SEG3							SEG2																	SEG0	LCDRAM0
							SEG7							SEG6																	SEG4	LCDRAM1
							SEG11							SEG10																	SEG8	LCDRAM2
							SEG15							SEG14																	SEG12	LCDRAM3
							SEG19							SEG18																	SEG16	LCDRAM4
							SEG23							SEG22																	SEG20	LCDRAM5
							SEG27							SEG26																	SEG24	LCDRAM6
							SEG31							SEG30																	SEG28	LCDRAM7
																															SEG32	LCDRAM8
																															SEG33	LCDRAM9
																															SEG34	LCDRAMA
																															SEG35	LCDRAMB
																															SEG36	LCDRAMC
																															SEG37	LCDRAMD
																															SEG38	LCDRAME
																															SEG39	LCDRAMF

图 2-15 1/3 占空比(模式 0)

Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	
COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	
							SEG3							SEG2																	SEG0	LCDRAM0
							SEG7							SEG6																	SEG4	LCDRAM1
							SEG11							SEG10																	SEG8	LCDRAM2
							SEG15							SEG14																	SEG12	LCDRAM3
							SEG19							SEG18																	SEG16	LCDRAM4
							SEG23							SEG22																	SEG20	LCDRAM5
							SEG27							SEG26																	SEG24	LCDRAM6
							SEG31							SEG30																	SEG28	LCDRAM7
																															SEG32	LCDRAM8
																															SEG33	LCDRAM9
																															SEG34	LCDRAMA
																															SEG35	LCDRAMB
																															SEG36	LCDRAMC
																															SEG37	LCDRAMD
																															SEG38	LCDRAME
																															SEG39	LCDRAMF

图 2-16 1/2 占空比(模式 0)

Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	
COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	
							SEG3							SEG2																	SEG0	LCDRAM0
							SEG7							SEG6																	SEG4	LCDRAM1
							SEG11							SEG10																	SEG8	LCDRAM2
							SEG15							SEG14																	SEG12	LCDRAM3
							SEG19							SEG18																	SEG16	LCDRAM4
							SEG23							SEG22																	SEG20	LCDRAM5
							SEG27							SEG26																	SEG24	LCDRAM6
							SEG31							SEG30																	SEG28	LCDRAM7
																															SEG32	LCDRAM8
																															SEG33	LCDRAM9
																															SEG34	LCDRAMA
																															SEG35	LCDRAMB
																															SEG36	LCDRAMC
																															SEG37	LCDRAMD
																															SEG38	LCDRAME
																															SEG39	LCDRAMF

图 2-17 静态(模式 0)

Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0		
COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0		
							SEG3								SEG2								SEG1								SEG0	LCDRAM0	
							SEG7								SEG6									SEG5								SEG4	LCDRAM1
							SEG11								SEG10									SEG9								SEG8	LCDRAM2
							SEG15								SEG14									SEG13								SEG12	LCDRAM3
							SEG19								SEG18									SEG17								SEG16	LCDRAM4
							SEG23								SEG22									SEG21								SEG20	LCDRAM5
							SEG27								SEG26									SEG25								SEG24	LCDRAM6
							SEG31								SEG30									SEG19								SEG28	LCDRAM7
																																SEG32	LCDRAM8
																																SEG33	LCDRAM9
																																SEG34	LCDRAMA
																																SEG35	LCDRAMB
																																SEG36	LCDRAMC
																																SEG37	LCDRAMD
																																SEG38	LCDRAME
																																SEG39	LCDRAMF

3. LCD 显示示例

3.1. 说明

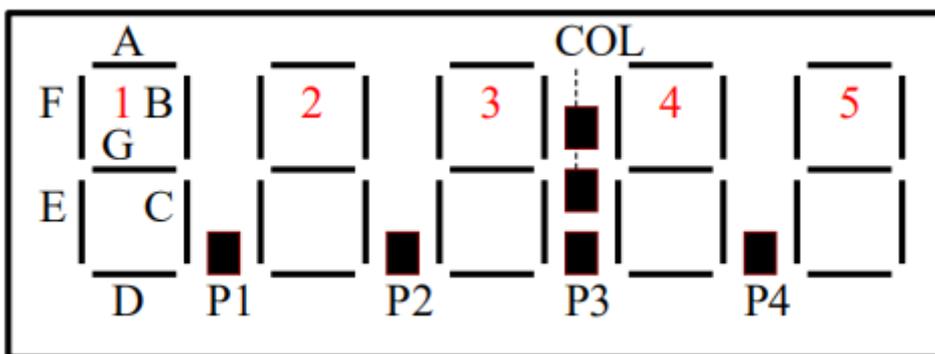
本示例中说明了如何使用本芯片的 LCD 模块驱动 LCD 断码屏进行显示，示例中分别利用了两款不同的 LCD 屏进行说明，不同的 LCD 显示屏所采用的占空比/偏压/显示模式等均不同，可根据实际项目进行参照。

开发板	航芯 ACM32F0X0 开发板 “ACM32F0x0_LQFP64 V1.0”
LCD 显示屏 1	名称: GDC03828 运行电压: 5V 占空比: 静态 偏压: / (静态模式无偏压概念) 引脚数量: COM0 + SEG0-SEG39, 共 41 个
LCD 显示屏 2	名称: GDC04212 运行电压: 3V 占空比: 1/4 偏压: 1/3 引脚数量: COM0-COM3 + SEG0-SEG7, 共 12 个

3.2. 2.2 硬件连接

3.2.1. GDC03828 硬件连接

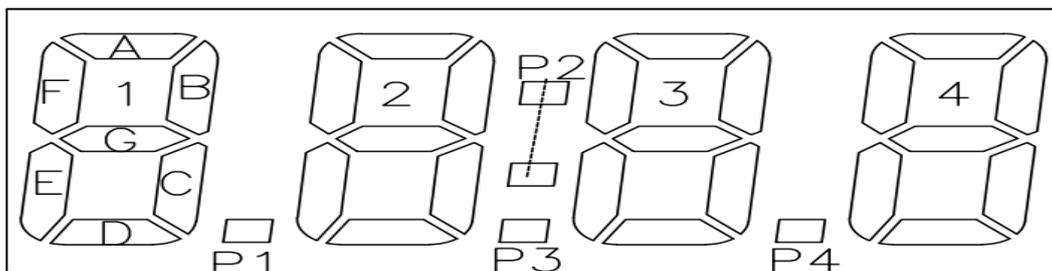
若使用 GDC03828 LCD 屏进行驱动时，查看厂家提供的 LCD 屏的数字分布以及引脚示意图如下：



PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COM1	COM1					1E	1D	1C	P1	2E
PIN	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
COM1	2D	2C	P2	3E	3D	3C	P3	4E	4D	4C
PIN	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
COM1	P4	5E	5D	5C	5B	5A	5F	5G	4B	4A
PIN	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
COM1	4F	4G	COL	3B	3A	3F	3G	2B	2A	2F
PIN	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
COM1	2G		1B	1A	1F	1G				COM1

3.2.2. GDC04212 硬件连接

若使用 GDC04212 LCD 屏进行驱动时，查看厂家提供的 LCD 屏的数字分布以及引脚示意图如下：



PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
COM1	COM1				1F	1A	2F	2A	3F	3A	4F	4A
COM2		COM2			1G	1B	2G	2B	3G	3B	4G	4B
COM3			COM3		1E	1C	2E	2C	3E	3C	4E	4C
COM4				COM4	P1	1D	P2	2D	P3	3D	P4	4D

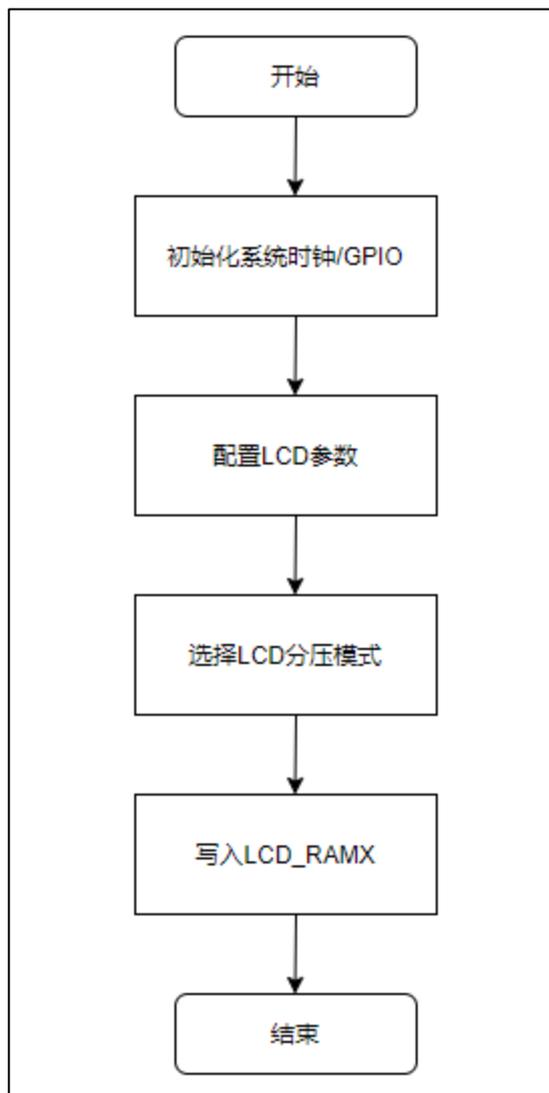
由表可知，该屏共 4 个 COM，为 1/4Duty 驱动，观察 LCD 屏幕可知，ABCDEFG+P 构成一个数字，为了便于编程，将航芯 ACM32F0X0 与 GDC04212 连接如下，即 SEG0-SEG1/SEG2-SEG3/SEG4-SEG5/SEG6-SEG7 分别对应四个数字。

GDC04212		ACM32F0X0	
pin	名称	pin	名称
1	COM1	PA9	COM0
2	COM2	PA10	COM1
3	COM3	PA11	COM2
4	COM4	PA12	COM3
5	\	PA8	SEG00
6	\	PC9	SEG01
7	\	PC8	SEG02
8	\	PC7	SEG03
9	\	PC6	SEG04
10	\	PB15	SEG05
11	\	PB14	SEG06
12	\	PB13	SEG07

3.3. 软件实现

3.3.1. 软件流程

完成了上述的硬件连接之后，即可进行软件编程实现，LCD 驱动的的软件流程如下：



3.3.2. 初始化系统时钟/GPIO

初始化系统时钟，根据选择的 LCD 屏幕引脚以及连接关系，需要设置相应的 GPIO 为模拟功能，并且在 LCD 中使能相应的 SEG/COM 口

3.3.3. 配置 LCD 参数

根据所选屏幕，配置合适的占空比/偏压/扫描频率/驱动波形类型等参数，如：

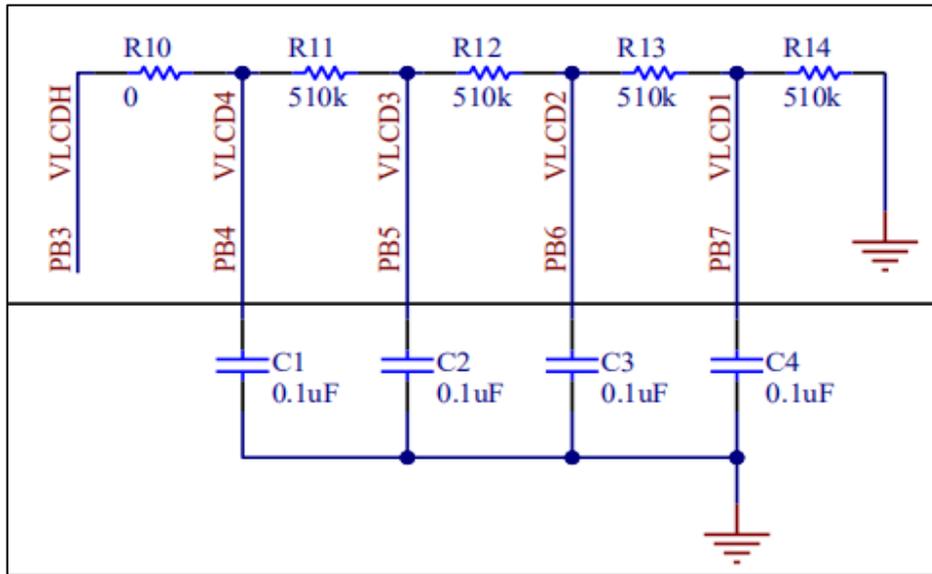
GDC03828：占空比选择为静态；偏压无需设置；扫描频率设置为 128HZ。

GDC04212：占空比选择为 1/4；偏压设置为 1/3；扫描频率设置为 128HZ。

3.3.4. 选择 LCD 分压方式

LCD 分为内部电阻分压和外部电阻分压两种模式，且都提供了电容滤波接口，可选择是否外接滤波电容，详见 LCD Bias 产生电路章节说明，可根据不同的屏幕/需求选择合适的分压方式。

航芯 ACM32F0X0 开发板“ACM32F0x0_LQFP64 V1.0”上提供了一种外部电阻分压+滤波电容的电路（1/4 偏压模式），用户可根据实际的 LCD 屏幕偏压去除多余的电阻/电容或调节 VLCD 电压大小，不同偏压方式的电路连接示意图见 LCD Bias 产生电路章节。



本示例中只为说明如何驱动 LCD 显示屏，故分压方式选择内部电阻分压，且不外接外部电容的方式，此模式下无需外部电路辅助，SEG31-SEG35 对外接口关闭，用作 SEG 口。

GDC03828: 内部电阻分压不带滤波电容; 对比度调节为 1.00VDD; 偏执电阻选择为 240K; 开启快速充电模式;

GDC04212: 内部电阻分压不带滤波电容; 对比度调节为 1.00VDD;; 偏执电阻选择为 240K; 开启快速充电模式;

注: 较大的对比度和快速充电配置, 较大的脉冲打开持续时间能使 LCD 显示效果更好更清晰, 但是带来的功耗也更大, 请根据实际需求配置, 此处仅为参考。

3.3.5. 写入 LCD_RAMx

完成上述基本配置之后, 使能 LCD 模块, 模块即按照配置输出驱动 COM 波形, 但此时 SEG 端还没有输出, 需要向 LCD_RAMx 中写入合适的数字, SEG 口才有相应的波形输出, 并利用 COM 和 SEG 的电压差点亮 LCD 屏。根据不同的屏幕 SEG 和 COM 对应关系, 应选择与芯片合适的连接方式以及显示模式。下文将分别以上述两款不同屏幕为例, 说明如何写入 LCD_RAMx 进行显示, 以及显示模式的选择。

■ 点亮 GDC03828

按照上述章节连接 GDC03828 与芯片的 SEG/COM 引脚, 即所有 SEG 都挂载在同一个 COM 上 (静态), 且每 8 个 SEG 分别对应一个显示屏数字, 若按照显示模式 0 (如下图), 则需设置 LCDRAM0-LCDRAMF 共 16 个寄存器, 不易实现。

Bit31	Bit30	Bit29	Bit28	Bit27	Bit26	Bit25	Bit24	Bit23	Bit22	Bit21	Bit20	Bit19	Bit18	Bit17	Bit16	Bit15	Bit14	Bit13	Bit12	Bit11	Bit10	Bit9	Bit8	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0			
COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0	COM7	COM6	COM5	COM4	COM3	COM2	COM1	COM0			
							SEG3								SEG2																	SEG1	LCDRAM0	
							SEG7								SEG6																	SEG5	SEG4	LCDRAM1
							SEG11								SEG10																	SEG9	SEG8	LCDRAM2
							SEG15								SEG14																	SEG13	SEG12	LCDRAM3
							SEG19								SEG18																	SEG17	SEG16	LCDRAM4
							SEG23								SEG22																	SEG21	SEG20	LCDRAM5
							SEG27								SEG26																	SEG25	SEG24	LCDRAM6
							SEG31								SEG30																	SEG29	SEG28	LCDRAM7
																																SEG32	SEG31	LCDRAM8
																																SEG33	SEG32	LCDRAM9
																																SEG34	SEG33	LCDRAMA
																																SEG35	SEG34	LCDRAMB
																																SEG36	SEG35	LCDRAMC
																																SEG37	SEG36	LCDRAMD
																																SEG38	SEG37	LCDRAME
																																SEG39	SEG38	LCDRAMF

若按照显示模式 1 (如下图), 则需设置 LCDRAM0 和 LCDRAM8 共 2 个寄存器, 且每个数字的 8 个 SEG 都在同一个寄存器, 容易实现。

3.3.6. LCD 拓展功能

按照上述章节步骤完成硬件和软件配置后，LCD 即可正常点亮，此外，LCD 模块还提供了闪屏/DMA/低功耗模式显示等功能，用户可根据实际需求选择是否开启，详细的例子见航芯提供 HAL 库 LCD 工程示例，此处不再作重复说明。

4. 版本历史

版本	日期	作者	描述
V1.0	2021-01-25	Hangxin	初始版
V1.1	2023-02-10	Hangxin	添加 A070 系列芯片支持
V1.2	2025-03-10	Hangxin	添加 WB15 系列芯片支持

5. 版权声明

本文档的所有部分，其著作产权归上海航芯电子科技股份有限公司（简称航芯科技）所有，未经航芯科技授权许可，任何个人及组织不得复制、转载、仿制本文档的全部或部分组件。本文档没有任何形式的担保、立场表达或其他暗示，若有任何因本文档或其中提及的产品所有资讯所引起的直接或间接损失，航芯科技及所属员工恕不为其担保任何责任。除此以外，本文档所提到的产品规格及资讯仅供参考，内容亦会随时更新，恕不另行通知。

联系我们

公司：上海航芯电子科技股份有限公司

地址：上海市闵行区合川路 2570 号科技绿洲三期 2 号楼 702 室

邮编：200241

电话：+86-21-6125 9080

传真：+86-21-6125 9080-830

Email: service@HangChip.com

Website: www.hangChip.com