

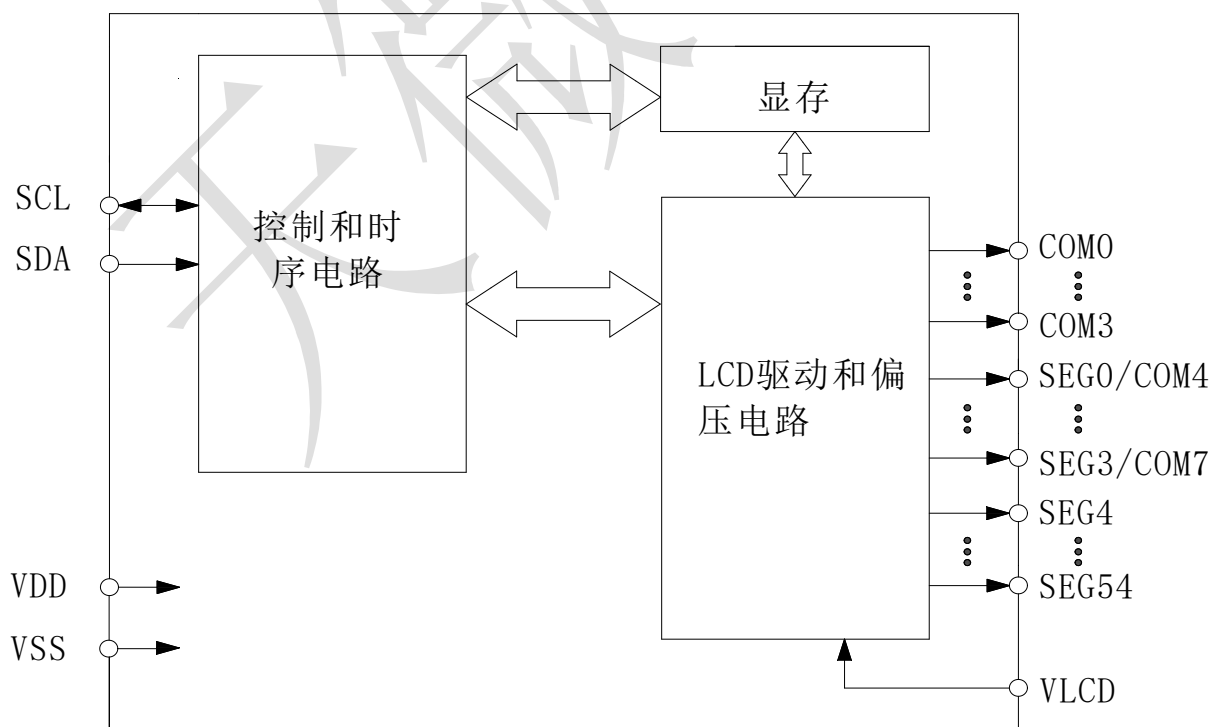
一、特性描述

TM16C23 是一种低功耗的字段式LCD显示驱动控制专用芯片。它最多可拥有 55 个SEG输出端、4 个COM输出端，或者 51 个SEG输出端、8 个COM输出端。配置 1/8Duty 模式下内置 51×8=408bit的DDRAM显存，配置 1/4Duty模式下内置 55×4=220bit的DDRAM显存。采用标准I2C串行传输数据，可以设置 1/3Bias和 1/4Bias 驱动模式。可广泛应用在电表、水表、家用电器、游戏机、功率计等仪器仪表上。本产品性能优良，质量可靠。

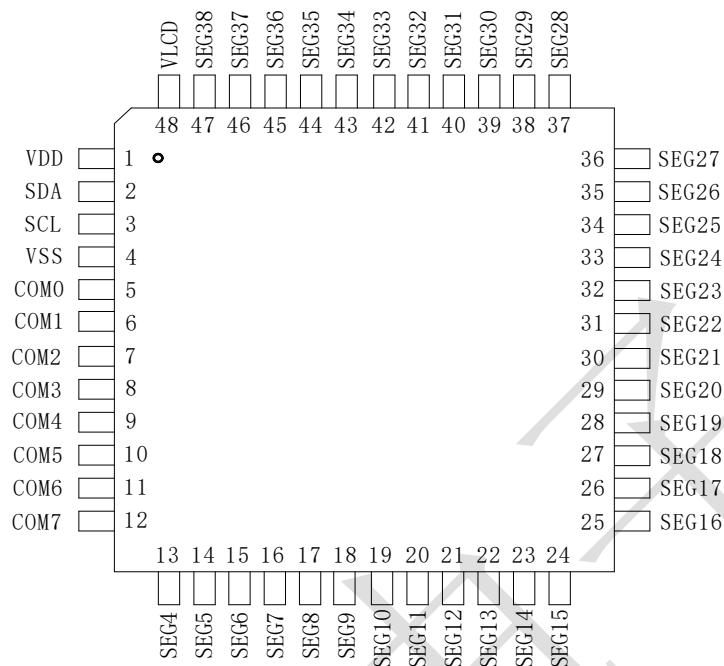
二、功能特点

- 工作电压范围：2.4V~5.5V
- LCD驱动模式设置：1/8Duty和 1/4Bias、1/4Duty和 1/3Bias
- 最大内置DDRAM显存容量：51×8=408 bit
- 使用串行控制数据可以选择 1/8Duty(408 bit)或 1/4Duty(220 bit)
- 帧频率设置：80Hz、160Hz
- 标准I2C串行数据输入接口：SCL、SDA
- 用于LCD驱动集成缓冲放大器
- 内置集成振荡器电路
- 内置VLCD生成与调节模块
- 共 16 级可调VLCD电压
- 1/3 或 1/4 偏置电压可选
- 低功耗设计
- 封装形式：LQFP48、LQFP64

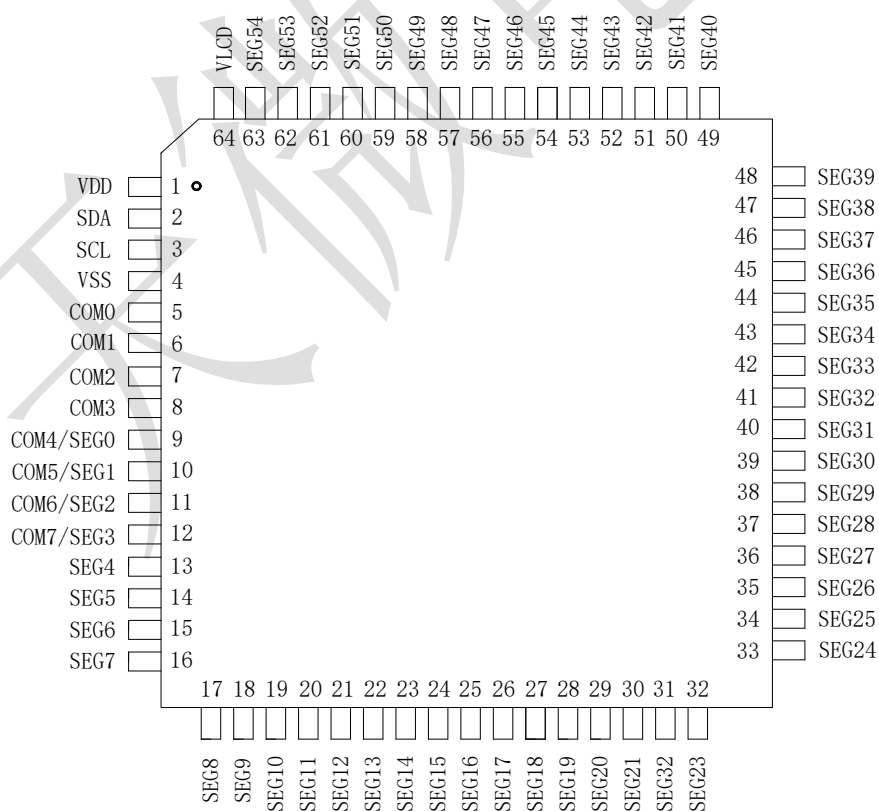
三、内部结构框图



四、管脚排列



LQFP48



LQFP64

五、管脚功能

引脚名称	LQFP48	功能说明
VDD	1	电源
SDA	2	标准 I2C 串行数据输入
SCL	3	标准 I2C 串行数据传输时钟
VSS	4	电源地
COM0~COM7	5~12	LCD 驱动器的位输出
SEG4~SEG38	13~47	LCD 驱动器的段输出
VLCD	48	LCD 驱动电源，内部 pad 与 VCC 相连

引脚名称	LQFP64	功能说明
VDD	1	电源
SDA	2	标准 I2C 串行数据输入
SCL	3	标准 I2C 串行数据传输时钟
VSS	4	电源地
COM0~COM3	5~8	LCD 驱动器的位输出
COM4/SEG0~COM7/SEG3	9~12	LCD 驱动器的位/段输出
SEG4~SEG54	13~63	LCD 驱动器的段输出
VLCD	64	LCD 驱动电源，内部 pad 与 VCC 相连

*备注：上表中的管脚序号，不同的封装，脚位有所不同，详情请参考管脚排列图。



集成电路系静电敏感器件，在干燥季节或者干燥环境使用容易产生大量静电，静电放电可能会损坏集成电路，天微电子建议采取一切适当的集成电路预防处理措施，不正当的操作焊接，可能会造成ESD损坏或者性能下降，芯片无法正常工作。

六、极限工作条件

如无特殊说明, 在 25℃下测试, VDD=5V		TM16C23	单位
参数名称	参数符号	极限值	
电源电压 1	VDD	-0.3~+6.5	V
电源电压 2	VLCD	-0.3~+6.5	V
输入电压范围	VIN	-0.3~VDD+0.3	V
工作温度范围	Topr	-40~+85	℃
储存温度范围	Tstg	-40~+150	℃
最高结温	Tjmax	150	℃

- 芯片长时间工作在上述极限参数条件下，可能造成器件可靠性降低或永久性损坏，天微电子不建议实际使用时任何一项参数达到或超过这些极限值。
- 所有电压值均相对于系统地测试。

七、芯片参数

1、电气特性

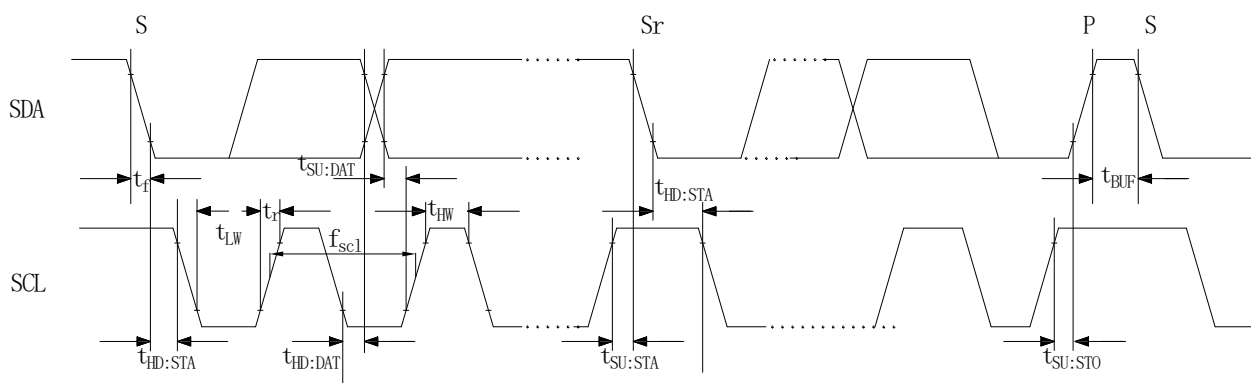
在-40℃~+85℃下测试, VDD/VLCD=2.4V~5.5V, 除非另有说明				TM16C23			单位
参数名称	VDD	参数符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	
电源电压 1	-	VDD	---	2.4	---	5.5	V
电源电压 2	-	VLCD	---	2.4	---	5.5	V
高电平输入电压	-	VTH	---	0.7VDD	-	VDD	V
低电平输入电压	-	VTL	---	GND	-	0.3VDD	V
输入漏电流	-	IOUT	VIN=VSS 或 VDD	-1	-	1	uA
低电平输出电流	3V	IOL	VOL=0.4V	3	-	-	mA
	5V			6	-	-	mA
LCD COM 灌电流	3V	IOLC	VLCD=3V, VOL=0.3V	250	400	-	uA
	5V		VLCD=5V, VOL=0.5V	500	800	-	uA
LCD COM 源电流	3V	IOHC	VLCD=3V, VOL=2.7V	-140	-230	-	uA
	5V		VLCD=5V, VOL=4.5V	-300	-500	-	uA
LCD SEG 灌电流	3V	IOLS	VLCD=3V, VOL=0.3V	250	400	-	uA
	5V		VLCD=5V, VOL=0.5V	500	800	-	uA
LCD SEG 源电流	3V	IOHS	VLCD=3V, VOL=2.7V	-140	-230	-	uA
	5V		VLCD=5V, VOL=4.5V	-300	-500	-	uA
静态电流	3V	ISTB	无负载, VDD=VLCD, 振荡关闭, 显示关闭	-	-	1	uA
	5V			-	-	2	uA
工作电流 1	3V	IDD1	无负载, VDD=VLCD, FLCD=80Hz, 1/3 偏置, Ta=25℃, 振荡器开启, 显示开启, LV0~LV3 配置全 0	-	25	40	uA
	5V			-	35	50	uA
工作电流 2	3V	IDD2	无负载, VDD=VLCD, FLCD=80Hz, 1/3 偏置, Ta=25℃, 振荡器开启, 显示关闭, LV0~LV3 配置全 0	-	2	5	uA
	5V			-	4	10	uA

2、振荡特性

在-40℃~+85℃下测试, VDD/VLCD=2.4V~5.5V, 除非另有说明			TM16C23			单位
参数名称	参数符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	
LCD 刷新频率 1	FLCD1	FR=0, VDD=2.4V~5.5V, Ta=-40℃~+85℃	-	80	-	Hz
LCD 刷新频率 2	FLCD2	FR=1, VDD=2.4V~5.5V, Ta=-40℃~+85℃	-	160	-	Hz

3、 开关特性

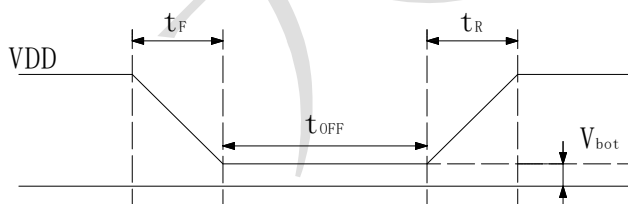
在-40℃~+85℃下测试, VDD/VLCD=2.5V~6V, 除非另有说明			VDD=2.4V~5.5V		VDD=3V~5.5V		单位
参数名称	参数符号	测试条件	最小值	最大值	最小值	最大值	
输入信号上升时间	t_r	--	-	1	-	0.3	us
输入信号下降时间	t_f	--	-	0.3	-	0.3	us
时钟频率	f_{scl}	--	-	100	-	400	kHz
高电平SCL幅宽	t_{HW}	--	4	-	0.6	-	us
低电平SCL幅宽	t_{LW}	--	4.7	-	1.3	-	us
SDA 建立时间	t_{SDS}	--	250	-	100	-	ns
SDA 保持时间	t_{SDH}	--	0	-	0	-	ns
总线无效时间	t_{BUF}	--	4.7	-	1.3	-	us
开始条件保持时间	$t_{HD:STA}$	--	4	-	0.6	-	us
开始条件建立时间	$t_{SU:STA}$	--	4.7	-	0.6	-	us
停止条件建立时间	$t_{SU:STO}$	--	4	-	0.6	-	us



八、上电时注意事项

在给芯片上电时，芯片内部以及复位电位会有一段时间处于不稳定的低电压区域，由于VDD的电压在上升造成芯片内部完全没有被复位，这样的误操作有可能发生。为了防止这样的情况发生，附加了POR电路以及软件复位功能。为了确保正常的芯片内部复位，上电时必须满足以下条件。

(1) 为了使POR电路工作而需满足 t_R , t_F , t_{OFF} , V_{bot} 的推荐条件

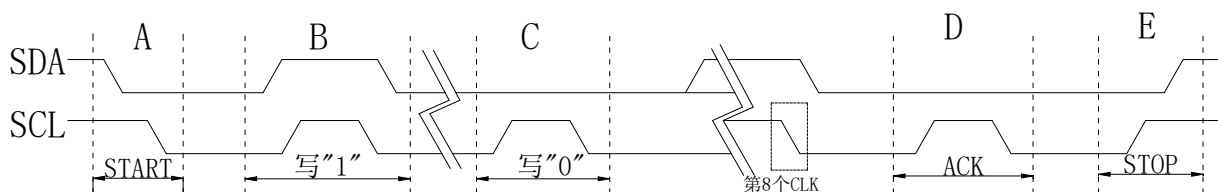


推荐条件

t_R	t_F	t_{OFF}	V_{bot}
>1ms	>1ms	>100ms	<0.1V

九、功能说明

TM16C23 采用图 1 中 2 线串行传输协议通讯：

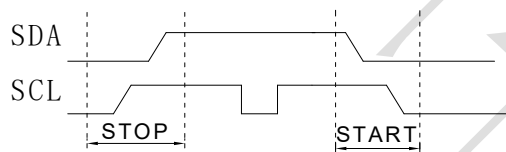


1、开始信号 (START) /结束信号 (STOP)

开始信号：保持 SCL 为 “1” 电平，SDA 从 “1” 跳 “0”，认为是开始信号，如图 A 段；

结束信号：保持 SCL 为 “1” 电平，SDA 从 “0” 跳 “1”，认为是结束信号，如图 E 段；

注意：发送 “STOP” 信号后，需要拉低一下 SCL，然后再发送 “START” 信号，否则后续指令无法输入。
相关时序如下：



2、ACK 信号

如果本次通讯正常，芯片在串行通讯的第 8 个时钟下降沿后，TM16C23 主动把 SDA 拉低。直到检测到 SCL 来了下降沿，SDA 释放为输入状态。

3、写 “1” 和写 “0”

写 “1”：保持 SDA 为 “1” 电平，SCL 从 “0” 跳到 “1”，再从 “1” 跳到 “0”，则认为是写入 “1” 如图 B 段。

写 “0”：保持 SDA 为 “0” 电平，SCL 从 “0” 跳到 “1”，再从 “1” 跳到 “0”，则认为是写入 “0” 如图 C 段。

4、从机地址

从机地址	7CH(W) / 7DH(R)
------	-----------------

开始条件生成后，输入从机地址 (0111110)。输入从机地址后，必须输入 1byte 数据，即读写位。读写位会决定后续操作类型。

读写位为 “1” 时，后续执行的操作为读操作；

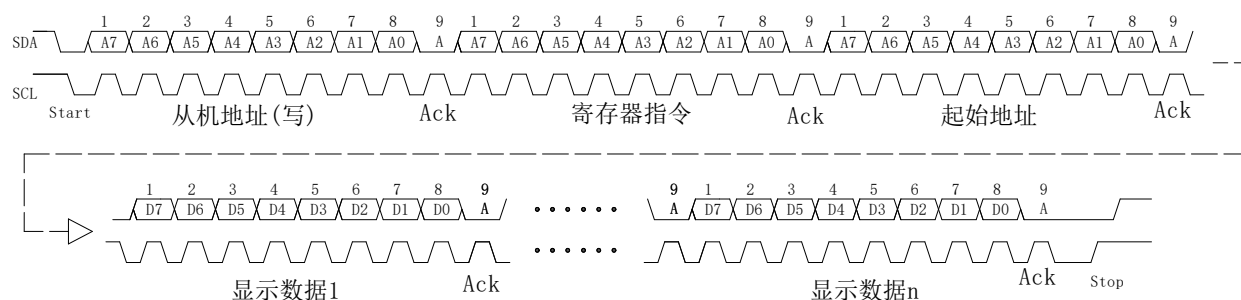
读写位为 “0” 时，后续执行的操作为写操作。

5、数据写入模式

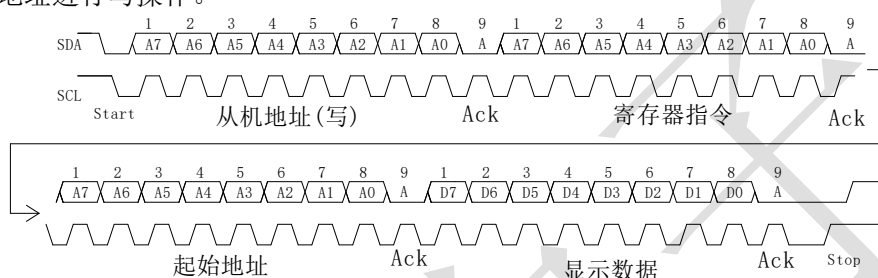
显示数据写入

在 Start 信号生效后连续发送多个字节直到 Stop 信号到来。第一个字节是写从机地址 (7CH)，第二个字节是寄存器指令 (80H)，第三个字节是起始地址，从第四字节开始往后直到 Stop 信号到来前是显示数据。主机对芯片写入数据，支持单个数据写入或多个数据连续写入。

显示数据地址自增：第一个显示数据会从前面配置的起始地址开始写入，后续每发送一个显示数据，地址会自动加 1。当显示数据写入到显存的最后一位后，会返回到 0x00 地址。设置地址实际上是设置传送的数据流存放的起始地址。



单个显示数据地址：在寄存器指令(80H)后写入特定起始地址，接着写入一个显示数据数据和 Stop 信号，即可实现对固定地址进行写操作。

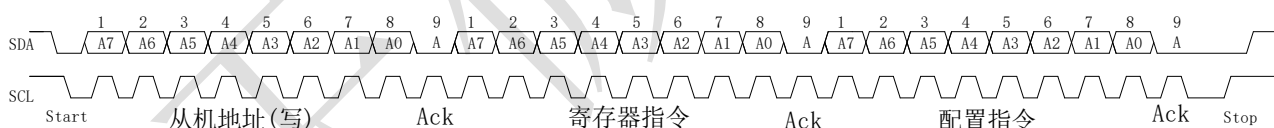


在输入显示数据的状态时，就不能进行命令的输入。如果想再次输入命令的话，需要再次生成开始条件。在命令传送的过程中，输入开始条件或停止条件时传送的命令就会被取消的，传送过程中输入开始条件，下一个从机地址输入后转换为命令输入状态。

开始条件生成后，请先传送从机地址数据，最初传送的从机地址数据没有被识别时，ACK信号将不返回，后续传送的数据将不能接收到，在数据接收被拒绝的状态时，将再次回复到输入开始条件。

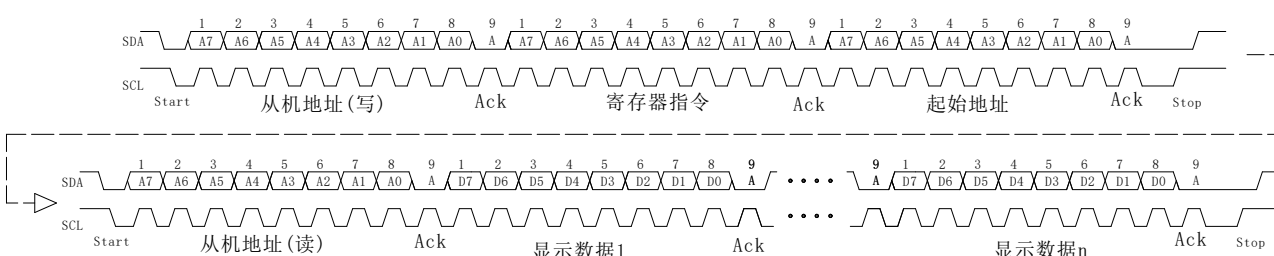
命令数据写入

命令数据的写入共三个字节，第一个字节是写从机地址(7CH)，第二个字节是寄存器指令，第三个字节是配置指令，后跟 Stop 信号。命令数据不支持连续写入，如果想再次输入命令的话，需要再次生成开始条件。



显示数据读取

若需读取显示数据，第一个字节是写从机地址(7CH)，第二个字节是寄存器指令(80H)，第三个字节是起始地址和 Stop 信号。此时主机需重新生成 Start 信号，接着发送读从机地址(7DH)。当从机接收到 ACK 信号之后会根据之前设定好的起始地址开始以 8bit+1ACK 为周期持续读出显示数据，直到 Stop 信号到来。



第一个显示数据会从前面配置的起始地址开始读出，后续每读出一个显示数据，地址会自动加 1。当显示数据读出到显存的最后一位后，会返回到 0x00 地址。



5、显示数据寄存器

本芯片内置最大容量为 51X8=408 bit 的显示数据 RAM (DDRAM)。写入显示数据以及 DDRAM 数据与之相对应的地址的显示对应关系如下图所示。

1/8 占空比和 1/4 偏置模式下：数据写入的起始地址由命令来指定，每输入 8bit 数据，地址会自动增加，因此，可以用连续发送数据的方法，将数据写入 DDRAM 中。

	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
RAM地址	COM0	COM1	COM2	COM3	COM4	COM5	COM6	COM7
00H	SEG4							
01H	SEG5							
02H	SEG6							
03H	SEG7							
04H	SEG8							
05H	SEG9							
06H	SEG10							
07H	SEG11							
08H	SEG12							
09H	SEG13							
0AH	SEG14							
0BH	SEG15							
0CH	SEG16							
0DH	SEG17							
0EH	SEG18							
0FH	SEG19							
10H	SEG20							
11H	SEG21							
12H	SEG22							
13H	SEG23							
14H	SEG24							
15H	SEG25							
16H	SEG26							
17H	SEG27							
18H	SEG28							
19H	SEG29							
1AH	SEG30							
1BH	SEG31							
1CH	SEG32							
1DH	SEG33							
1EH	SEG34							
1FH	SEG35							
20H	SEG36							
21H	SEG37							
22H	SEG38							
.....								
32H	SEG54							

每输入 8bit 数据，DDRAM 写入一次，如果没有等待 ACK 信号动作，写入动作结束。

1/4 占空比和 1/3 偏置模式下：数据写入的起始地址由命令来指定，每输入 8bit 数据，地址会自动增加，因此，可以用连续发送数据的方法，将数据写入 DDRAM 中。

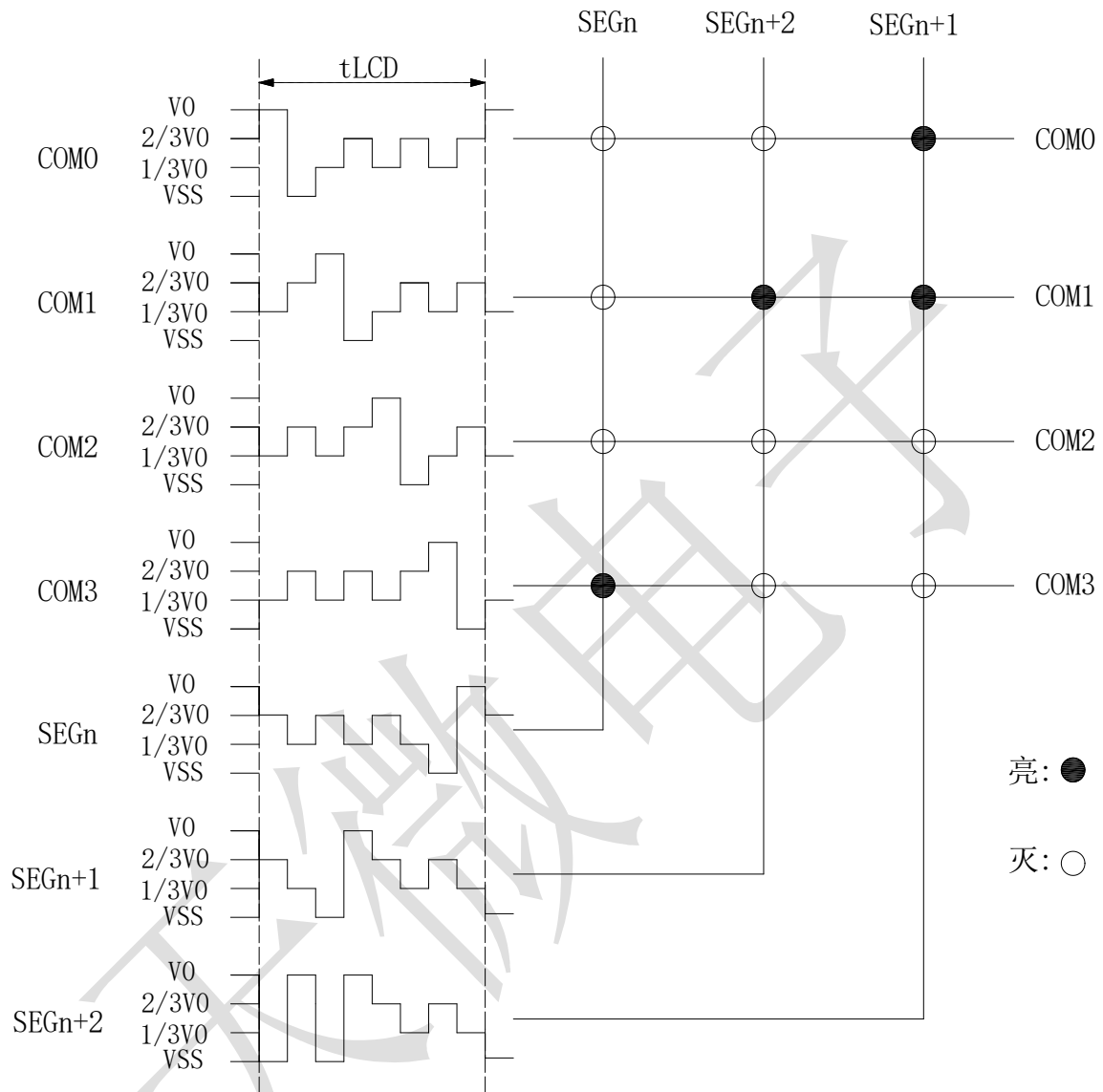
	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
RAM地址	COM0	COM1	COM2	COM3	COM0	COM1	COM2	COM3
00H	SEG0				SEG1			
01H	SEG2				SEG3			
02H	SEG4				SEG5			
03H	SEG6				SEG7			
04H	SEG8				SEG9			
05H	SEG10				SEG11			
06H	SEG12				SEG13			
07H	SEG14				SEG15			
08H	SEG16				SEG17			
09H	SEG18				SEG19			
0AH	SEG20				SEG21			
0BH	SEG22				SEG23			
0CH	SEG24				SEG25			
0DH	SEG26				SEG27			
0EH	SEG28				SEG29			
0FH	SEG30				SEG31			
10H	SEG32				SEG33			
11H	SEG34				SEG35			
...								
1AH	SEG52				SEG53			
1BH	SEG54							

每输入 4bit 数据，DDRAM 写入一次，如果没有等待 ACK 信号动作，写入动作结束。

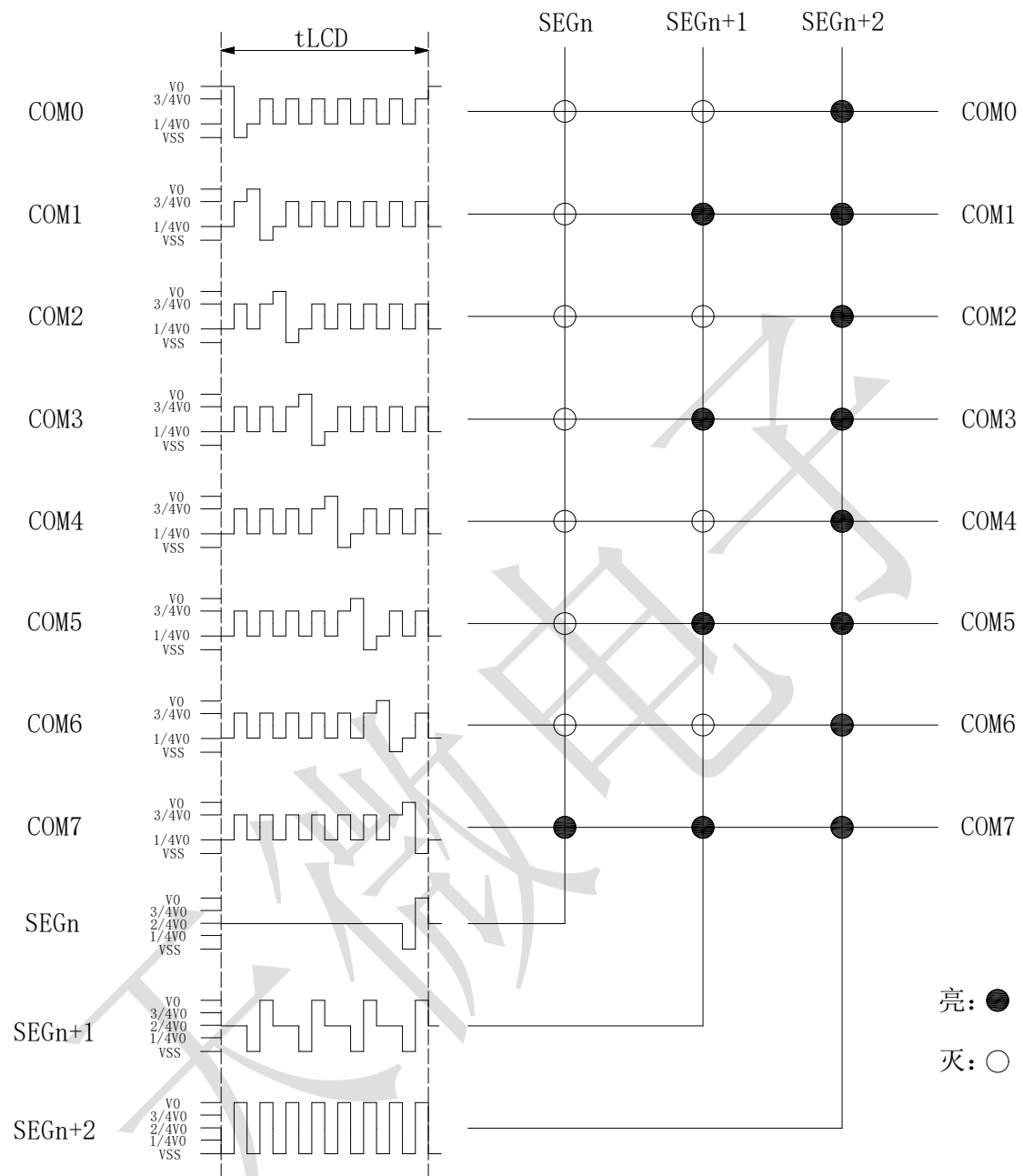
6、液晶显示屏驱动电压

TM16C23 可实现低功耗的驱动液晶显示，可以使用命令生成相应的液晶驱动电压。

(1) 1/4Duty, 1/3Bias

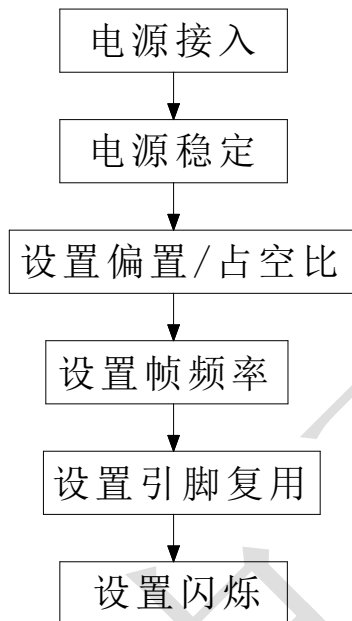


(3) 1/8Duty, 1/4Bias



十、默认工作顺序

接入电源后请执行以下的步骤，以本芯片进行默认状态。



芯片默认状态

电源接入后，芯片会自动执行初始化操作，芯片内部所有寄存器都会配置为默认值。初始化执行后的默认状态如下：

- (1) LCD驱动模式为 1/4Duty和 1/3Bias
- (2) 显示开关与内部时钟以及闪烁功能都是关闭状态
- (3) 内置的VLCD生成与调节模块均不可用
- (4) VLCD引脚无输出，COM与SEG引脚输出VLCD的等效电平

十一、寄存器命令详述

TM16C23 的所有命令都是 8bit, 高位先发低位后发。向芯片发送命令数据时需先发送寄存器指令再发送配置指令。读写显示数据需在寄存器指令后发送起始地址再读写显示数据。

1、读写指令寄存器

寄存器指令：0x80

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	功能说明
0	0	AS[5]	AS[4]	AS[3]	AS[2]	AS[1]	AS[0]	起始地址设定

发送完起始地址后不发送停止信号，以 8bit+1ACK为周期持续读写显示数据，1/4Duty显示模式下AS[5:0]的范围为 00000~011011，1/4Duty显示模式下AS[5:0]的范围为 00000~110011。RAM地址有自加功能，当芯片开始返回 000000 时，说明地址达到相应范围的最后一个地址。

2、模式设置 1

寄存器指令：0x82

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	功能说明
0	0	0	0	0	0	DU	BI	占空比及偏置设置

(1) 占空比设置

设定	DU	默认值
1/4Duty 显示	0	✓
1/8Duty 显示	1	

(2) VLCD电压偏置设置

设定	BI	默认值
VLCD 电压 1/3Bias	0	✓
VLCD 电压 1/4Bias	1	

3、模式设置 2

寄存器指令：0x84

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	功能说明
0	0	0	0	0	0	CLK	SH	内部时钟及显示控制

(1) 内部时钟设置

设定	CLK	默认值
内部时钟关闭	0	✓
内部时钟开启	1	

(2) 显示开关

设定	SH	默认值
显示关闭	0	✓
显示开启	1	

4、帧频率设置

寄存器指令：0x86

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	功能说明
0	0	0	0	0	0	0	FR	设置COM脚扫描频率

设定	FR	默认值
80Hz	0	✓
160Hz	1	

5、闪烁设置

寄存器指令：0x88

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	功能说明
0	0	0	0	0	0	TE[1]	TE[0]	设置显示输出周期性亮灭

设定	TE[1]	TE[0]	默认值
关闭闪烁	0	0	✓
闪烁频率 2Hz	0	1	
闪烁频率 1Hz	1	0	
闪烁频率 0.5Hz	1	1	

6、VLCD设置

寄存器指令：0x8A

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	功能说明
0	0	M[1]	M[0]	LV[3]	LV[2]	LV[1]	LV[0]	VLC电压设置与调节

设定	M[1]	M[0]	默认值
VLCD电压从VLCD引脚灌入，不受LV位控制	0	0	✓
	0	1	
	1	0	
VLCD电压从VLCD引脚灌入，受LV位控制	1	1	

设定	LV[3]	LV[2]	LV[1]	LV[0]	默认值
VLCD电压最高，VLCD电压跟随器关闭	0	0	0	0	✓
VLCD电压最低，VLCD电压跟随器开启	1	1	1	1	

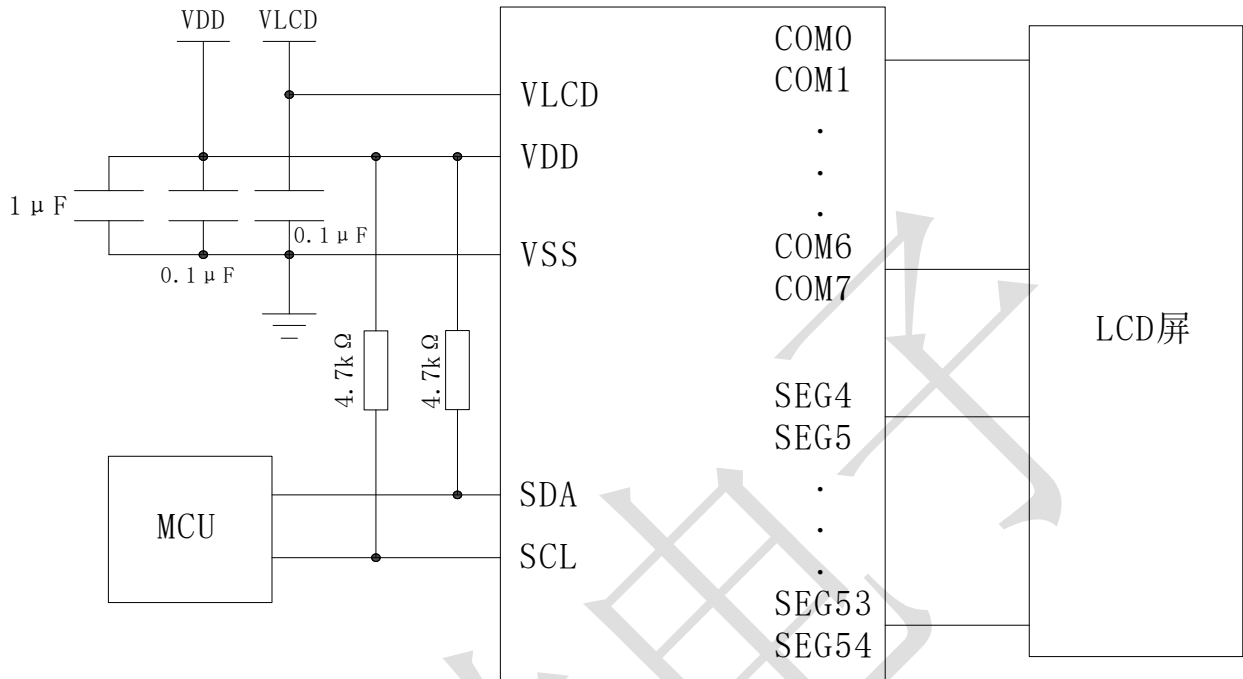
十二、VLCD电压调整表

LV[3:0]	1/3	1/4	默认值
00H	$1 \times VDD$	$1 \times VDD$	✓
01H	$0.944 \times VDD$	$0.957 \times VDD$	
02H	$0.894 \times VDD$	$0.918 \times VDD$	
03H	$0.849 \times VDD$	$0.882 \times VDD$	
04H	$0.808 \times VDD$	$0.849 \times VDD$	
05H	$0.711 \times VDD$	$0.818 \times VDD$	
06H	$0.738 \times VDD$	$0.789 \times VDD$	
07H	$0.707 \times VDD$	$0.763 \times VDD$	
08H	$0.678 \times VDD$	$0.738 \times VDD$	
09H	$0.652 \times VDD$	$0.714 \times VDD$	
0AH	$0.628 \times VDD$	$0.692 \times VDD$	
0BH	$0.605 \times VDD$	$0.672 \times VDD$	
0CH	$0.584 \times VDD$	$0.652 \times VDD$	
0DH	$0.565 \times VDD$	$0.634 \times VDD$	
0EH	$0.547 \times VDD$	$0.616 \times VDD$	
0FH	$0.529 \times VDD$	$0.6 \times VDD$	

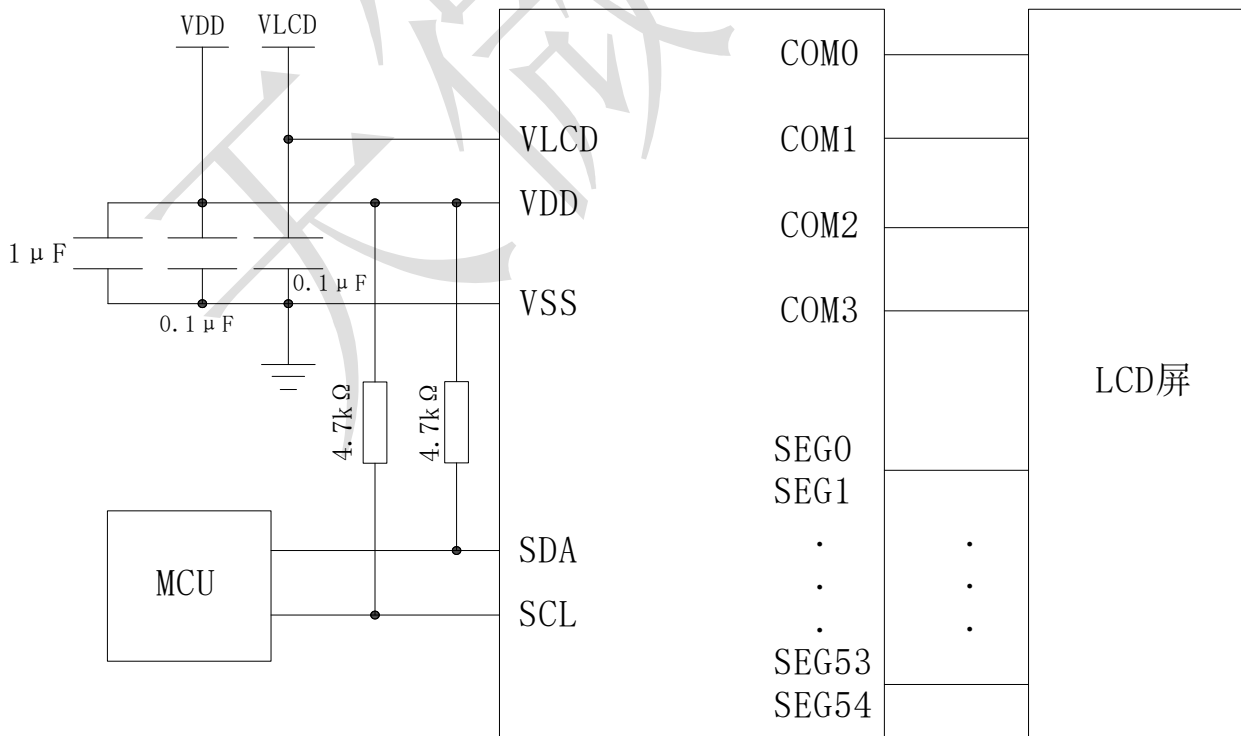
十三、应用案例

64 脚封装应用电路图

1/8 Duty模式

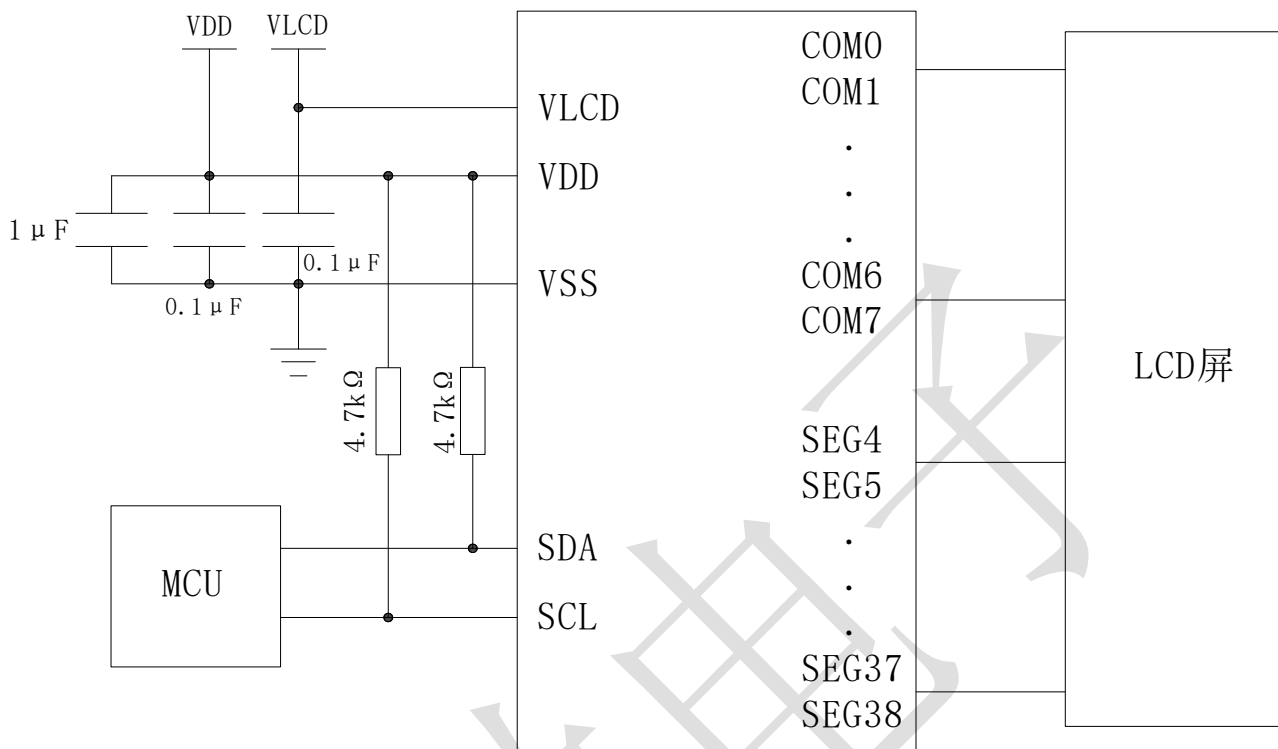


1/4 Duty模式



48 脚封装应用电路图

仅 1/8 Duty 模式

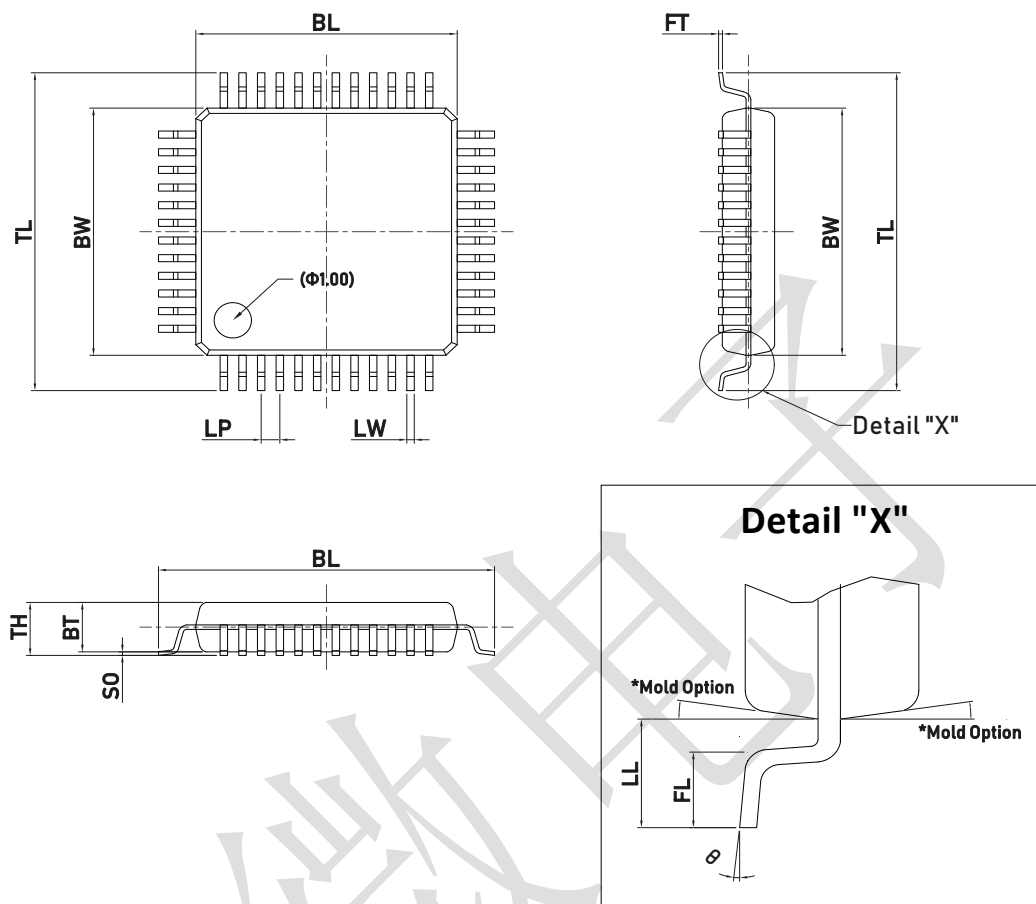


注：电源外接电容容值依据对直流电源的滤波常数和温度等决定。

在实际应用时，全部SEG与COM引脚应直接与LCD屏幕相连，SEG引脚会根据显存内的显示数据产生输出，COM引脚由Duty模式决定输出。若有未使用的引脚，应当悬空处理。

十四、封装示意图

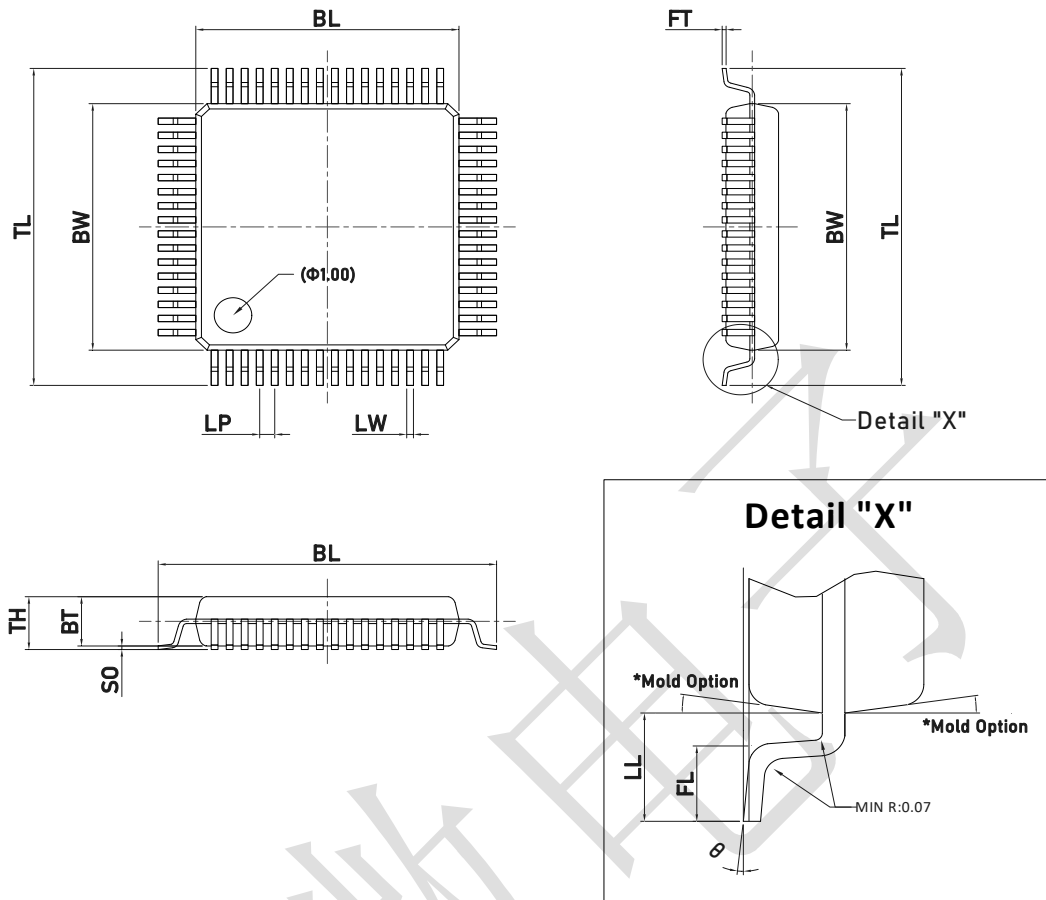
LQFP48



Dimensions

Item	BL	BW	TL	LW	LP	FT	BT	SO	TH	LL	FL	θ
表示	总长	胶体宽度	跨度	脚宽	脚间距	脚厚	胶体厚度	站高	胶体高度	单边长	脚长	脚角度
Unit	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°
Spec	7.10 (7.00) 6.90	7.10 (7.00) 6.90	9.20 (9.00) 8.80	0.200 TYP	0.500 TYP	0.150 (0.127) 0.100	1.45 (1.40) 1.35	0.150 (0.100) 0.050	1.550 Max.	1.10 (1.00) 0.90	0.75 (0.60) 0.45	8 (4) 0

LQFP64



Dimensions

Item	BL	BW	TL	LW	LP	FT	BT	SO	TH	LL	FL	θ	coplanarity
表示	总长	胶体宽度	跨度	脚宽	脚间距	脚厚	胶体厚度	站高	胶体高度	单边长	脚长	脚角度	
Unit	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	°	mm
Spec	7.10 (7.00) 6.90	7.10 (7.00) 6.90	9.20 (9.00) 8.80	0.180 TYP	0.400 TYP	0.150 (0.127) 0.100	1.45 (1.40) 1.35	0.150 (0.100) 0.050	1.600 Max.	1.10 (1.00) 0.90	0.75 (0.60) 0.45	8 (4) 0	± 0.10

All specs and applications shown above subject to change without prior notice.

(以上电路及规格仅供参考，如本公司进行修正，恕不另行通知)