

HT8 MCU 内置 LCD 应用须知

文件编码: AN0410S

简介

Holtek LCD 型 MCU 提供了多种类型的 LCD 驱动方式, 分别有 R Type、C Type、SCOM 以及 SCOM + SSEG 共 4 种 LCD 驱动架构, 各种类型有各自的特点。本文首先介绍 LCD 的驱动原理, 再逐步介绍各种类型驱动方式的使用方法及优缺点。使用户对 Holtek LCD 型 MCU 有深刻的了解, 并能熟练使用。

功能说明

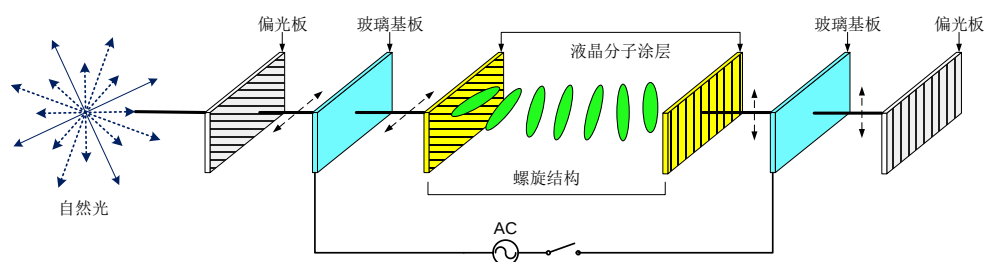
LCD Display 的基本原理说明

LCD (Liquid Crystal Display) 是利用液晶分子的物理结构和光学特性进行显示的一种技术。

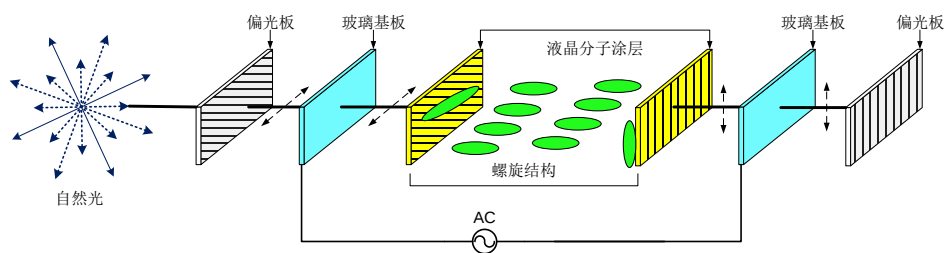
液晶分子的特性:

- 液晶分子是介于固体和液体之间的一种棒状结构的大分子物质
- 在自然形态, 具有光学各向异性的特点, 在电(磁)场作用下, 呈各向同性特点

下面以直视型简单多路 TN/STN LCD Panel(液晶显示面板)的基本结构介绍 LCD 的基本显示原理, 示意图如下:



(a)玻璃基板间未加电压



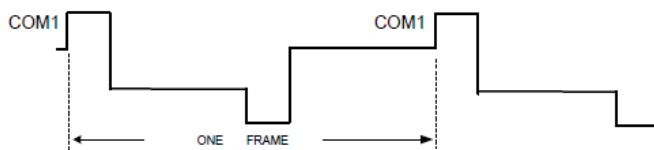
(b)玻璃基板间加电压

LCD 的基本显示原理

整个 LCD Panel 由上下玻璃基板和偏振片组成，在上下玻璃之间，按照螺旋结构将液晶分子有规律的进行涂层。液晶面板的电极是通过一种 ITO 的金属化合物蚀刻在上下玻璃基板上。如图所示，液晶分子的排列为螺旋结构，对光线具有旋光性，上下偏振片的偏振角度相互垂直。在上下基板间的电压为 0 时，自然光通过偏振片后，只有与偏振片方向相同的光线得以进入液晶分子的螺旋结构的涂层中，由于螺旋结构的旋光性，将入射光线的方向旋转 90 度后照射到另一端的偏振片上，由于上下偏振片的偏振角度相互垂直，这样入射光线通过另一端的偏振片完全的射出，光线完全进入观察者的眼中，看到的效果就为白色。而在上下基板间的电压为一交流电压时，液晶分子的螺旋结构在电(磁)场的作用下，变成了同向排列结构，对光线的方向没有作任何旋转，而上下偏振片的偏振角度相互垂直，这样入射光线就无法通过另一端的偏振片射出，光线无法进入观察者的眼中，看到的效果就为黑色。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)。

在实际的液晶模拟驱动电压中，有几个参数非常关键：

- 交流电压，液晶分子是需要交流信号来驱动的，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，寿命的减少，其破坏性为不可恢复。
- 扫描频率，直接驱动液晶分子的交流电压的频率一般在 60~100Hz 之间，具体是依据 LCD Panel 的面积和设计而定，频率过高，会导致驱动功耗的增加，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，则显示也会有闪烁现象出现。



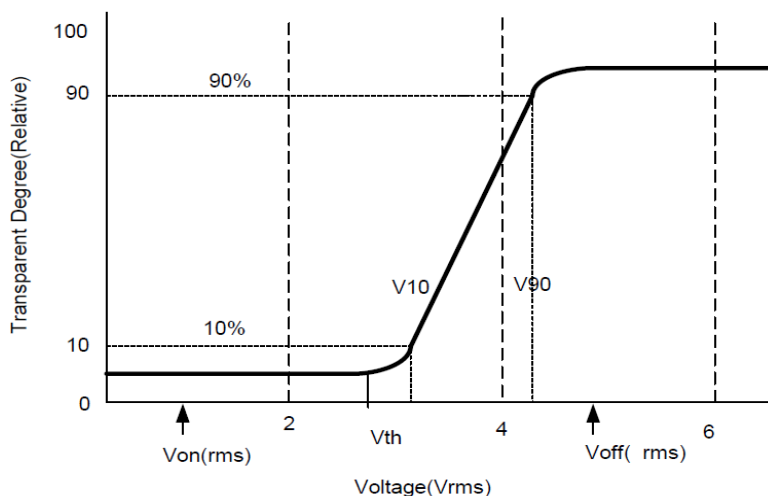
帧频(Frame)示意图

液晶分子是一种电压积分型材料，它的扭曲程度(透光性)仅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 VRMS 表示：

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

LCD 显示黑白(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} ，螺旋结构的旋光角度加大，透光率急剧变化，透明度急剧上升。反之，则透明度

急剧下降。光线的透射率与交流电压的有效值的关系如下图：



光线的透射率与交流电压的有效值的关系图

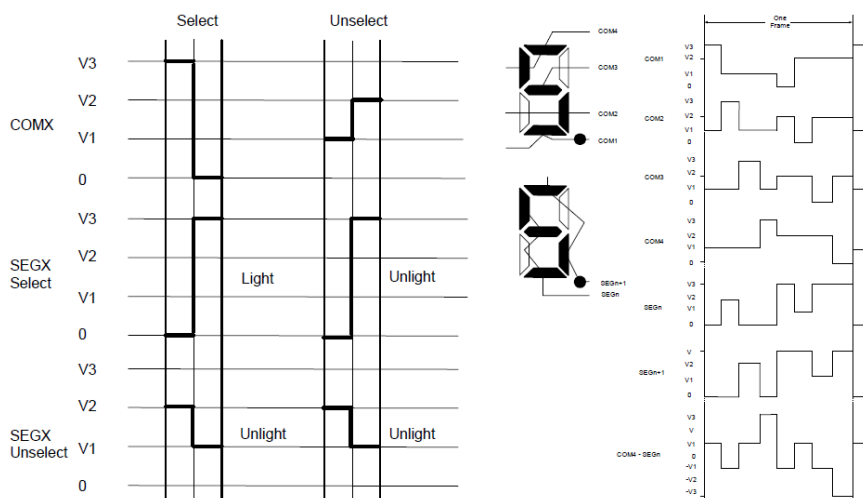
LCD 类单片机内嵌的 LCD driver(液晶驱动器)，正是通过系统的控制，按照用户定义的显示图案，产生点亮 LCD(Liquid Crystal Display, 液晶)所需的仿真驱动波形，接到 LCD Panel(液晶显示屏)上点亮对应的像素而达到显示的效果。

占空比(Duty)

该项参数一般也称为 Duty 数或 COM 数。由于 STN/TN 的 LCD 一般是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 $1/COM$ 数。

偏置(Bias)

LCD 的 SEG/COM 的驱动波形为模拟信号，而各档模拟电压相对于 LCD 输出的最高电压的比例称为偏置，而一般来讲，Bias 是以最低一档与输出最高电压的比值来表示，如下图所示($1/4$ Duty, $1/3$ Bias)：



LCD Driver 驱动波形图

该图对应的是 1/4 duty, 1/3 bias 的液晶驱动波形, 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)=1/4, 驱动波形的模拟电压共分 3 档, V3 位输出最高电压, V2、V1 为输出中间电压, 并且 V1/V3=1/3, 所以上述波形图对应的 Duty=1/4, Bias=1/3。

一般而言, Bias 和 Duty 之间是有一定关系的, Duty 数越多, 每根 COM 对应的扫描时间变短, 而要达到同样的显示亮度和显示对比度, Von 的电压就要提高, 选准位和非选准位的差异需要加大, 即 Bias 需要加大, Duty 和 Bias 间有一经验公式, 即

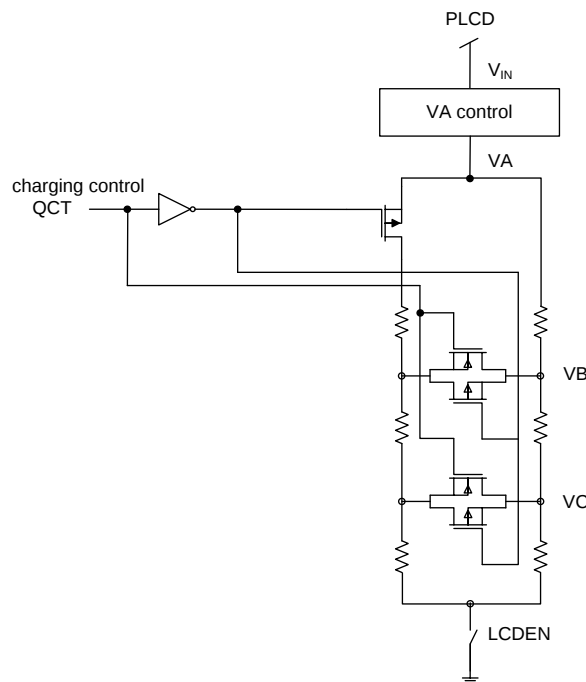
$$\text{Bias} = 1/(\sqrt{\text{Duty}} + 1)$$

R Type & C type LCD

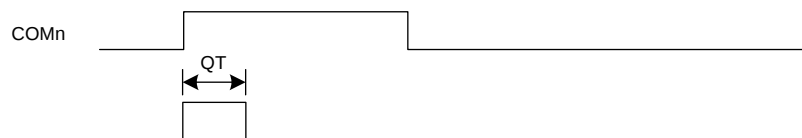
R Type 是通过电阻分压方式提供偏压, C type 是通过内部充电泵来提供偏压, 下面以 BS67Fxx 系列单片机为例来说明。

	占空比	偏压	偏压类型	波形类型
BS67F340 BS67F350 BS67F360	1/4	1/3	R 或 C	A 或 B

LCD 选项

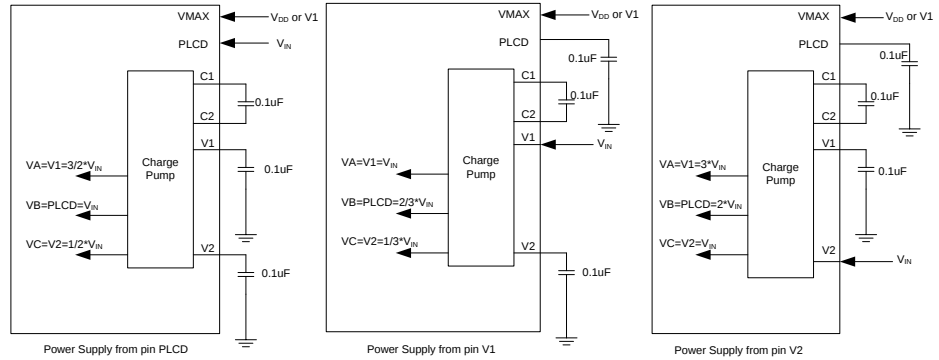


Note: When the R type LCD is disabled, the DC path will be switched.



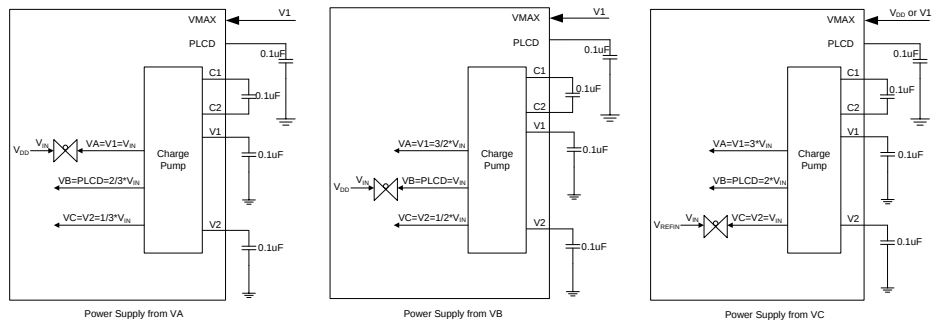
QT: Quick charging time determined by QCT [2:0]

R 型偏压配置 - 1/3 Bias



Note: The pin VMAX must be connected to the maximum voltage to prevent from the pad leakage.

C 型偏置外部电源方案 - 1/3 Bias



Note: The pin VMAX must be connected to the maximum voltage to prevent from the pad leakage.

C 型偏置内部电源方案 - 1/3 Bias

功耗特性

R Type 优点是可工作于负载电流较大的 LCD 屏中，缺点是自身功耗也比较大；C Type 优点是自身功耗比较小，缺点是对外部负载提供的电流也比较小。以下是 BS67Fxx 系列单片机 LCD 的直流电气特性供参考：

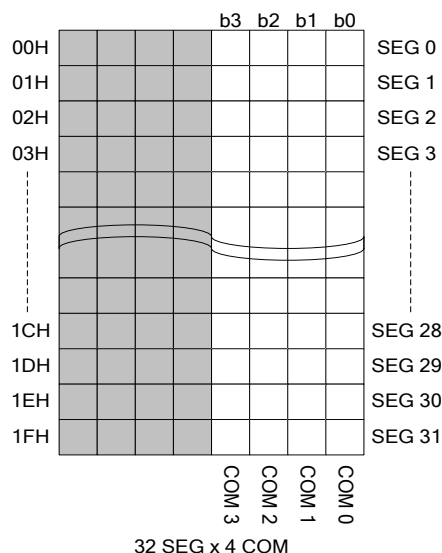
符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		V _{DD}	条件				
I _{LCD}	LCD 驱动器使能额外功耗 (R type)	3V	R _T =1170KΩ, V _A =V _{PLCD} =V _{DD} ,	—	—	12.5	μA
		5V	1/3 bias, 无负载	—	—	25	μA
		3V	R _T =225KΩ, V _A =V _{PLCD} =V _{DD} ,	—	—	25	μA
		5V	1/3 bias, 无负载	—	—	50	μA
	LCD 驱动器使能额外功耗 (C type)	3V	R _T =60KΩ, V _A =V _{PLCD} =V _{DD} ,	—	—	100	μA
		5V	1/3 bias, 无负载	—	—	160	μA
I _{LCDOL}	LCD common 和 segment 灌电流	3V	V _{OL} = 0.1V _{DD}	210	420	—	μA
		5V		350	700	—	μA
I _{LCDOH}	LCD common 和 segment 源电流	3V	V _{OH} = 0.9V _{DD}	-80	-160	—	μA
		5V		-180	-360	—	μA

从上表可以看出，在 3V 时，R-型 LCD 驱动器的最小电流为：12.5μA；C-型 LCD 驱动器的最小电流为：2μA。

LCD 储存器

数据储存器中有一部分区域是专门为 LCD 的显示数据而保留，即显示储存区。单片机内部显示驱动电路会自动读取任何写入此处的数据，并据此产生 LCD 驱动信号。因此任何写入 LCD 储存器的数据，会立即映射到连接单片机的 LCD 显示器上。由于 LCD 储存器地址与通用数据储存器地址重迭，因此 LCD 数据储存在独立的数据储存区 Sector 4 中。数据储存器 Sector 的选择是通过数据储存器中的一个特殊功能寄存器来完成的，即储存器指针高字节寄存器 MP1H 或 MP2H。当要存取 LCD 储存器时，首先要将 MP1H 或 MP2H 的值设为“04H”来选择对 Sector 4 操作。此后，用户可以通过储存器指针低字节寄存器 MP1L 或 MP2L 使用间接寻址方式来对储存区进行操作。选择了 Sector 4 之后，使用 MP1L 或 MP2L 可以对以“00H”作为起始地址的储存区操作，就可以直接对显示储存区进行读或者写的操作了。直接寻址 LCD 显示储存区可由相关扩展指令实现。

所附显示储存器映射图显示了其中一款单片机内部显示储存器与 COM、SEG 端的显示映射。



BS67F350 LCD 储存器映射图

LCD 寄存器

LCD 控制寄存器 LCDC0 和 LCDC1 位于数据储存区，用于设定 LCD 驱动器的各种特性。LCD 寄存器的各个位可用来设定如 LCD 波形类型、偏压类型、电源选择、偏压电阻选择和 LCD 的使能和除能。

寄存器 LCDC0 中的 LCDEN 位只有当单片机工作于正常模式、低速模式或空闲模式时才可以控制 LCD 的使能与除能。如果单片机处于休眠模式，则显示将一直处于除能状态。寄存器 LCDC0 中的 RSEL2~RSEL0 位用于选择内部电阻来提供 LCD 适当的 R 型偏压电流。在应用中，选择匹配的 LCD 面板也可以降低偏压电流。此外，LCDC0 寄存器中的 TYPE 位是用于选择 A 型或 B 型的 LCD 控制信号，RCT 位是用来选择 R 型或 C 型偏压类型。LCDP1 和 LCDP0 位用于选择 C 型偏压应用中 LCD 电源来自外部引脚还是内部电源。

LCDC1 寄存器中的PLCD3~PLCD0 位用来选择R型偏压电路中的 V_A 电压值，QCT2~QCT0 位用来选择快速充电时间周期。

Register Name	Bit							
	7	6	5	4	3	2	1	0
LCDC0	TYPE	RCT	LCDP1	LCDP0	RSEL2	RSEL1	RSEL0	LCDEN
LCDC1	QCT2	QCT1	QCT0	—	PLCD3	PLCD2	PLCD1	PLCD0

LCD 电压源与偏压

LCD 驱动器需要几种电压值以产生时间振幅可变的信号。单片机有 R 型和 C 型偏压，可通过软件控制位 RCT 选择。选择 C 型的偏压将使能内部充电泵。

R 型偏压

对于R型偏压，必须要在PLCD引脚上提供外部LCD电压源，以产生内部偏压电压。这个外部电压源可以是单片机的电源电压 V_{DD} ，也可以是小于或等于 V_{DD} 的其它电压源。对于R型1/3 偏压的结构，要用到 V_{SS} 、 V_A 、 V_B 和 V_C 四种电压值。 V_A 由PLCD3~PLCD0 位选择等于不同的 V_{PLCD} 电压比例，范围值是 $8/16V_{PLCD} \sim V_{PLCD}$ ， V_B 等于 $V_A \times 2/3$ ， V_C 等于 $V_A \times 1/3$ 。

不同的内部偏压电阻阻值可由LCDC0 寄存器中RSEL2~RSEL0 位来选择。在PLCD引脚上的电压值决定偏流值。 V_{MAX} 引脚的连接方式取决于加在PLCD引脚上的电压，如果 V_{DD} 大于或等于PLCD引脚上的电压，则 V_{MAX} 引脚连接到VDD。需注意的是，PLCD R型偏压值不应大于VDD引脚的电压值。如果使用R型偏压，则不需要连接外部电容或电阻。

条件	V_{MAX} 连接方式
$V_{DD} \geq V_{PLCD}$	V_{MAX} 连接至 VDD
$V_{DD} < V_{PLCD}$	禁用条件

R 型偏压 V_{MAX} 引脚连接方式

C 型偏压

对于 C 型偏压，单片机的 LCD 电压源可通过 LCDP1~LCDP0 位选择来自外部引脚或内部电源。当 LCDP[1:0]=00 时由外部引脚 PLCD、V1 或 V2 提供，当 LCDP[1:0]=01、10 或 11 时由内部电源提供，都用以产生内部偏置电压。当电压源来自 PLCD 引脚，C 型偏压使用内部充电泵电路可以产生高于 PLCD 引脚上的电压。这项特性在单片机提供电压小于 LCD 所需电压时非常有用。为了产生所需的电压值，必须要在引脚 C1 与 C2 之间连接充电泵电容。

LCD Power Supply		V_A 电压	V_B 电压	V_C 电压
来自外部电源	V_{IN} on V1	V_{IN}	$2/3 \times V_{IN}$	$1/3 \times V_{IN}$
	V_{IN} on PLCD	$3/2 \times V_{IN}$	V_{IN}	$1/2 \times V_{IN}$
	V_{IN} on V2	$3 \times V_{IN}$	$2 \times V_{IN}$	V_{IN}
来自内部电源	V_{DD} on V_A	V_{DD}	$2/3 \times V_{DD}$	$1/3 \times V_{DD}$
	V_{DD} on V_B	$3/2 \times V_{DD}$	V_{DD}	$1/2 \times V_{DD}$
	V_{REFIN} on V_C	$3 \times V_{REFIN}$	$2 \times V_{REFIN}$	V_{REFIN}

C 型偏压电源方案

连接到 V_{MAX} 引脚的电压取决于LCD电源连接方案，但需要注意的是，要确保充电泵产生

的内部电压值不能超过 V_{DD} 最大值 5.5V。

条件	VMAX 连接方式
$V_{DD} > V_{PLCD} \times 1.5$	VMAX 连接至 VDD
否则	VMAX 连接至 V1

C 型偏压 VMAX 引脚连接

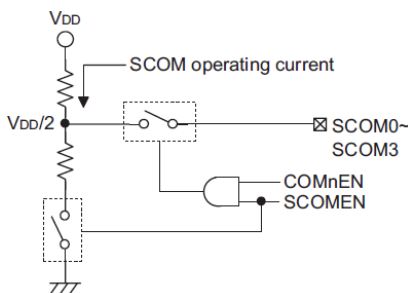
带 SCOM 功能的 LCD

以 HT66Fxx 系列单片机为例, LCD 驱动的 COM 脚 SCOM0~SCOM3 与 PC0~PC3 或 PC0~PC1, PC6~PC7 口共享。LCD 控制信号(COM & SEG)由软件程序设计实现。

LCD 操作

单片机通过设定 PC0~PC3 或 PC0~PC1, PC6~PC7 作为 COM 引脚, 其它输出口作为 SEG 引脚, 以驱动外部的液晶面板。LCD 驱动功能是由 SCOMC 寄存器来控制, 另外, 该寄存器可设定 LCD 的开启和关闭以及输出偏压值等功能, 使得 COM 端口输出 $V_{DD}/2$ 的电压, 从而实现 1/2 Bias LCD 的显示。

SCOMC 寄存器中的 SCOMEN 位是 LCD 驱动的主控制位, 它与 COMnEN 位搭配共同选择哪些 PC 端口用于 LCD 驱动。需注意的是, 端口控制寄存器不需要设定为输出以使能 LCD 驱动操作。



LCD COM 偏压

SCOMEN	COMnEN	引脚功能	O/P Level
0	X	I/O	0 或 1
1	0	I/O	0 或 1
1	1	SCOMn	$V_{DD}/2$

输出控制

LCD 偏压控制

LCD 驱动器可以提供多种驱动电流选择以适应不同 LCD 面板的需求。通过设定 SCOMC 寄存器中 ISEL0 位和 ISEL1 位可以配置不同的偏压电阻。

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Name	D4	ISEL1	ISEL0	SCOMEN	COM3EN	COM2EN	COM1EN	COM0EN
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
POR	0	0	0	0	0	0	0	0

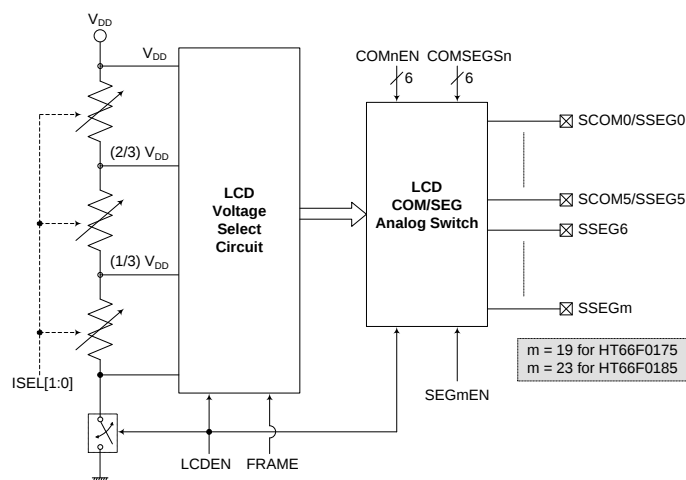
带 SCOM 和 SSEG 功能的 LCD

以 HT66F0175/HT66F0185 为例，该系列单片机具有驱动外部 LCD 面板的能力。LCD 驱动的 COM 脚 SCOM0~SCOM5 和 SEG 脚 SSEG0~SSEG19 或 SSEG0~SSEG23 与 I/O 口共享。LCD 信号 COM 和 SEG 由应用程序实现。

LCD 操作

该系列单片机通过设定相关 I/O 引脚为 COM 引脚和 SEG 引脚，以驱动外部 LCD 面板。LCD 驱动功能是由几个 LCD 控制寄存器一起控制的，另外，这些寄存器还可设定 LCD 的开启和关闭以及 SCOM 和 SSEG 引脚的 R-type 偏压电流，使得 LCD 驱动器 COM 和 SEG 引脚输出 V_{SS} 、 $(1/3)V_{DD}$ 、 $(2/3)V_{DD}$ 和 V_{DD} 的电压，从而实现 1/3 Bias LCD 的显示。

SLCDC0 寄存器中的 LCDEN 位是 LCD 驱动的主控制位，它与 COMnEN 和 SEGnEN 位搭配共同选择哪些输入/输出引脚用于 LCD 驱动。需注意的是，输入/输出端口控制寄存器不需要设定为输出以使能 LCD 驱动操作。



软件控制 LCD 驱动器结构

LCD 控制寄存器

LCD 驱动器 COM 和 SEG 端口可以提供多种驱动电流选择以适应不同 LCD 面板的需求。通过设定 SLCDC0 寄存器中 ISEL0 位和 ISEL1 位可以配置不同的偏压电阻。所有 COM 和 SEG 引脚和 I/O 引脚共享，可分别通过 SLCDCn 寄存器的相应引脚功能选择位选择 COM 和 SEG 引脚。

Register Name	Bit							
	7	6	5	4	3	2	1	0
SLCDC0	FRAME	ISEL1	ISEL0	LCDEN	COM3EN	COM2EN	COM1EN	COM0EN
SLCDC1	COM5EN	COM4EN	COMSEGS5	COMSEGS4	COMSEGS3	COMSEGS2	COMSEGS1	COMSEGS0
SLCDC2	SEG13EN	SEG12EN	SEG11EN	SEG10EN	SEG9EN	SEG8EN	SEG7EN	SEG6EN
SLCDC3	—	—	SEG19EN	SEG18EN	SEG17EN	SEG16EN	SEG15EN	SEG14EN

LCD 驱动器控制寄存器列表 – HT66F0175

Register Name	Bit							
	7	6	5	4	3	2	1	0
SLCDC0	FRAME	ISEL1	ISEL0	LCDEN	COM3EN	COM2EN	COM1EN	COM0EN
SLCDC1	COM5EN	COM4EN	COMSEGS5	COMSEGS4	COMSEGS3	COMSEGS2	COMSEGS1	COMSEGS0
SLCDC2	SEG13EN	SEG12EN	SEG11EN	SEG10EN	SEG9EN	SEG8EN	SEG7EN	SEG6EN
SLCDC3	SEG21EN	SEG20EN	SEG19EN	SEG18EN	SEG17EN	SEG16EN	SEG15EN	SEG14EN
SLCDC4	—	—	—	—	—	—	SEG23EN	SEG22EN

LCD 驱动器控制寄存器列表 – HT66F0185

结论

本文逐个介绍了 Holtek MCU 驱动 LCD 的几种方式，其中 C-Type 型利用内部充电泵电压提供 Bias 电压，功耗低。R-Type 利用电阻分压提供 Bias 电压，功耗较大；还有 SCOM 方式以及多功能的 SCOM+SSEG 方式。

版本及修改信息

日期	作者	Issue 发行、修订说明
2015.12.15	薛明列(David, Xue)	First Version

参考数据

参考文件HT66F40、HT66F0175/0185、BS67F350 DataSheet。

如需进一步了解，敬请浏览 Holtek官方网站 www.holtek.com。

免责声明

免责声明

本网页所载的所有数据、商标、图片、链接及其他数据等（以下简称「数据」），只供参考之用，盛群半导体股份有限公司（以下简称「本公司」）将会随时更改数据，并由本公司决定而不作另行通知。虽然本公司已尽力确保本网页的数据准确性，但本公司并不保证该数据均准确无误。本公司不会对任何错误或遗漏承担责任。

本公司不会对任何人士使用本网页而引致任何损害（包括但不限于计算机病毒、系统故障、数据损失）承担任何赔偿。本网页可能会连结至其他机构所提供的网页，但这些网页并不是由本公司所控制。本公司不对这些网页所显示的内容作出任何保证或承担任何责任。

责任限制

在任何情况下，本公司并不须就任何人由于直接或间接进入或使用本网站，并就此内容上或任何产品、信息或服务，而招致的任何损失或损害负任何责任。

管辖法律

本免责声明受中华民国法律约束，并接受中华民国法院的管辖。

免责声明更新

本公司保留随时更新本免责声明的权利，任何更改于本网站发布时，立即生效。