
第 25 章 LCD

目录

本章主要包括以下一些内容：

| | |
|-----------------------|-------|
| 25.1 简介 | 25-2 |
| 25.2 控制寄存器 | 25-3 |
| 25.3 LCD 定时 | 25-6 |
| 25.4 LCD 中断 | 25-12 |
| 25.5 像素控制 | 25-13 |
| 25.6 电压发生器 | 25-15 |
| 25.7 休眠模式下的操作 | 25-16 |
| 25.8 复位的影响 | 25-17 |
| 25.9 LCD 模块的设置 | 25-17 |
| 25.10 判别比 | 25-18 |
| 25.11 LCD 电压发生器 | 25-20 |
| 25.12 对比度 | 25-22 |
| 25.13 LCD 玻璃基板 | 25-22 |
| 25.14 初始化 | 25-23 |
| 25.15 设计技巧 | 25-24 |
| 25.16 相关应用笔记 | 25-25 |
| 25.17 版本历史 | 25-26 |

PICmicro 中档单片机系列

25.1 简介

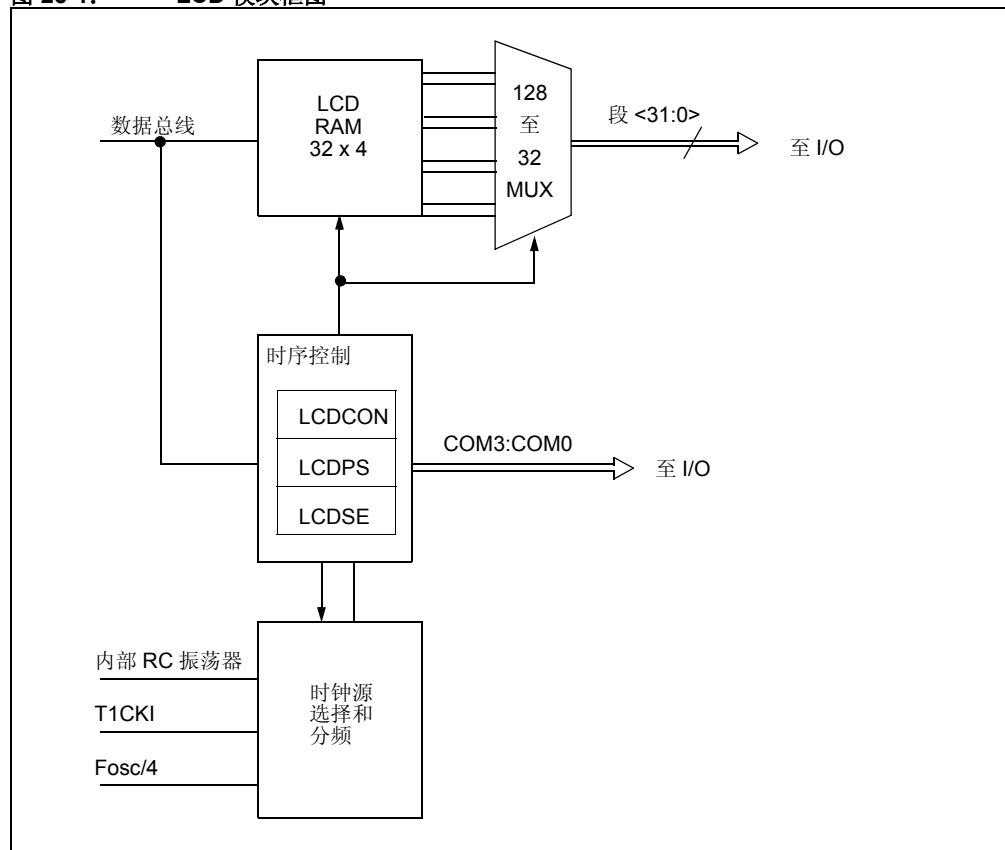
LCD 模块产生时序控制以驱动一个静态的或复用的 LCD 显示，最多可支持 32 段和 4 位公共端。它也提供 LCD 像素数据的控制。

模块的接口由 LCDCON、LCDSE 和 LCDPS 三个控制寄存器和 16 个 LCD 数据寄存器 (LCD00-LCD15) 组成。控制寄存器定义对 LCD 面板的时序要求，数据寄存器存储像素数据的数组。为运行正常，需配置控制寄存器以满足 LCD 面板的显示。初始化主要包括：选择 LCD 面板所需的公共端和段数量，然后指定供面板使用的 LCD 帧的时钟速率。

对 LCD 模块初始化后，通过将 LCD 数据寄存器的某一位清零 / 置 “1”，可以控制一个像素的显示。

模块设置完成后，LCDEN 位 (LCDCON<7>) 可使能或禁止 LCD 模块。当清零 SLPEN 位 (LCDCON<6>) 时，LCD 面板在休眠状态下也能工作。

图 25-1: LCD 模块框图



25.2 控制寄存器

寄存器 25-1: LCDCON 寄存器

| | | | | | | | |
|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| R/W-0 | R/W-0 | U-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| LCDEN | SLPEN | — | VGEN | CS1 | CS0 | LMUX1 | LMUX0 |
| bit 7 | | | | | | bit 0 | |

- bit 7 **LCDEN**: 模块驱动使能位
1 = 使能 LCD 驱动
0 = 禁止 LCD 驱动
- bit 6 **SLPEN**: LCD 显示休眠使能位
1 = LCD 模块在休眠状态下停止操作
0 = LCD 模块在休眠状态下将继续显示
- bit 5 **未用位**: 读为 “0”
- bit 4 **VGEN**: 电压产生器使能位
1 = 使能内部 LCD 电压发生器 (上电)
0 = 关闭内部 LCD 电压发生器, 电压由外部提供
- bit 3:2 **CS1:CS0**: 时钟源选择位
00 = Fosc/256
01 = T1CKI (Timer1)
1x = 内部 RC 振荡器
- bit 1:0 **LMUX1:LMUX0**: 公共端选择位
指定公共端数量和偏置方法

| LMUX1:LMUX0 | 复用模式 | 偏置 | 最大段数 |
|-------------|---------------------|-----|------|
| 00 | 静态 (COM0) | 静态 | 32 |
| 01 | 1/2 (COM0, 1) | 1/3 | 31 |
| 10 | 1/3 (COM0, 1, 2) | 1/3 | 30 |
| 11 | 1/4 (COM0, 1, 2, 3) | 1/3 | 29 |

图注

R = 可读位

W = 可写位

U = 未用位, 读为 “0”

- n = 上电复位时的值

PICmicro 中档单片机系列

寄存器 25-2: LCDPS 寄存器

| | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| U-0 | U-0 | U-0 | U-0 | R/W-x | R/W-x | R/W-x | R/W-x |
| — | — | — | — | LP3 | LP2 | LP1 | LP0 |
| bit 7 | | | | bit 0 | | | |

bit 7:4 未用位, 读为 “0”

bit 3:0 **LP3:LP0**: 帧时钟预分频选择位

| LMUX1:LMUX0 | 复用模式 | 帧频率 |
|-------------|------|-----------------------------|
| 00 | 静态 | 时钟源 / (128 * (LP3:LP0 + 1)) |
| 01 | 1/2 | 时钟源 / (128 * (LP3:LP0 + 1)) |
| 10 | 1/3 | 时钟源 / (96 * (LP3:LP0 + 1)) |
| 11 | 1/4 | 时钟源 / (128 * (LP3:LP0 + 1)) |

图注
 R = 可读位 W = 可写位
 U = 未用位, 读为 “0” - n = 上电复位时的值

寄存器 25-3: 通用 LCDD (像素数据) 寄存器的布局

| | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| R/W-x | R/W-x | R/W-x | R/W-x | R/W-x | R/W-x | R/W-x | R/W-x |
| SEGs COMc | SEGs COMc | SEGs COMc | SEGs COMc | SEGs COMc | SEGs COMc | SEGs COMc | SEGs COMc |
| bit 7 | | | | bit 0 | | | |

bit 7:0 **SEGsCOMc**: 段 s 和公共端 c 的像素数据位

1 = 像素开 (变黑而显示)
 0 = 像素关 (不显示)

图注
 R = 可读位 W = 可写位
 U = 未用位, 读为 “0” - n = 上电复位时的值

寄存器 25-4: LCDSE 寄存器

| R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 | R/W-1 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SE29 | SE27 | SE20 | SE16 | SE12 | SE9 | SE5 | SE0 |
| bit 7 | | | | | | bit 0 | |

bit 7 **SE29:** COM1/SEG31 - COM3/SEG29 的引脚功能选择
 1 = 引脚有 LCD 段驱动功能
 0 = 引脚为数字输入

注: LMUX1:LMUX0 的设置优先于 SE29 位的设置, 这使得引脚成为公共驱动。

bit 6 **SE27:** SEG28 和 SEG27 的引脚功能选择位
 1 = 引脚有 LCD 段驱动功能
 0 = 引脚为数字输入

bit 5 **SE20:** SEG26 - SEG20 的引脚功能选择位
 1 = 引脚有 LCD 段驱动功能
 0 = 引脚为数字输入

bit 4 **SE16:** SEG19 - SEG16 的引脚功能选择位
 1 = 引脚有 LCD 段驱动功能
 0 = 引脚为数字输入

bit 3 **SE12:** SEG15 - SEG12 的引脚功能选择位
 1 = 引脚有 LCD 段驱动功能
 0 = 引脚为数字输入

bit 2 **SE9:** SEG11 - SEG09 的引脚功能选择位
 1 = 引脚有 LCD 段驱动功能
 0 = 引脚为数字输入

bit 1 **SE5:** SEG08 - SEG05 的引脚功能选择位
 1 = 引脚有 LCD 段驱动功能
 0 = 引脚为数字输入

bit 0 **SE0:** SEG04 - SEG00 的引脚功能选择位
 1 = 引脚有 LCD 段驱动功能
 0 = 引脚为数字 I/O

图注

R = 可读位

W = 可写位

U = 未用位, 读为 “0”

- n = 上电复位时的值

注: 上电复位时, LCD 引脚被自动初始化为 LCD 驱动。

PICmicro 中档单片机系列

25.3 LCD 定时

LCD 模块有三种可能的时钟源输入，并支持静态、1/2、1/3 和 1/4 复用。

25.3.1 定时时钟源的选择

LCD 定时发生器的时钟源有：

- 内部 RC 振荡器 适用于低频率的器件或在休眠模式下使用
- Timer1 振荡器 适用于低频率的器件或在休眠模式下使用
- 系统时钟 /256

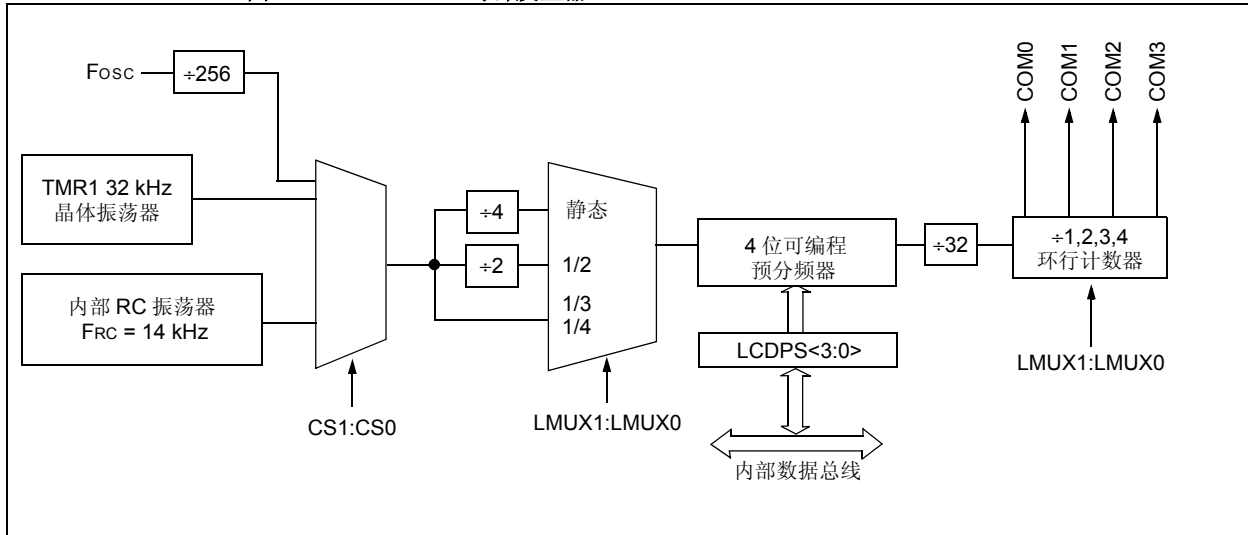
第一个定时时钟源是内部 RC 振荡器，频率为 14kHz。这个振荡器提供了一个低速时钟，此时钟可以在休眠模式时继续运行 LCD。当没有选择 RC 振荡器或者 LCD 模块未使能时，RC 振荡器将断电停止工作。

第二个时钟源是 Timer1 外部振荡器。这个振荡器提供一个低速时钟，此时钟可以在休眠模式时继续运行 LCD，频率为 32 kHz。为使 Timer1 振荡器作为 LCD 模块时钟源，必须把 T1OSCEN (T1CON<3>) 位置 “1”。

第三个时钟源是系统时钟的 256 分频。当外部振荡器是 8 MHz 时，将提供 32 kHz 的输出。分频器是不可编程的。实际上，是用 LCDPS 寄存器来设置 LCD 帧时钟的分频。

时钟源可以用位 CS1:CS0 (LCDCON<3:2>) 来选择。请参见寄存器 25-1，了解该寄存器编程的详细信息。

图 25-2: LCD 时钟发生器



25.3.2 复用的定时发生器

对于各种显示模式，定时发生电路将产生 1 到 4 个公共时钟，具体模式由 LMUX1:LMUX0 位 (LCDCON<1:0>) 指定。表 25-1 显示了计算帧频率的公式。

表 25-1: 帧频率公式

| 复用模式 | 帧频率 |
|------|-----------------------------|
| 静态 | 时钟源 / (128 * (LP3:LP0 + 1)) |
| 1/2 | 时钟源 / (128 * (LP3:LP0 + 1)) |
| 1/3 | 时钟源 / (96 * (LP3:LP0 + 1)) |
| 1/4 | 时钟源 / (128 * (LP3:LP0 + 1)) |

表 25-2: 使用 Timer1 (频率为 32.768kHz) 或者 Fosc (频率为 8 MHz) 的近似帧频率 (Hz)

| LP3:LP0 | 静态 | 1/2 | 1/3 | 1/4 |
|---------|----|-----|-----|-----|
| 2 | 85 | 85 | 114 | 85 |
| 3 | 64 | 64 | 85 | 64 |
| 4 | 51 | 51 | 68 | 51 |
| 5 | 43 | 43 | 57 | 43 |
| 6 | 37 | 37 | 49 | 37 |
| 7 | 32 | 32 | 43 | 32 |

表 25-3: 使用内部 RC 振荡器 (频率为 14 kHz) 的近似帧频率 (Hz)

| LP3:LP0 | 静态 | 1/2 | 1/3 | 1/4 |
|---------|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 109 | 109 | 146 | 109 |
| 1 | 55 | 55 | 73 | 55 |
| 2 | 36 | 36 | 49 | 36 |
| 3 | 27 | 27 | 36 | 27 |

PICmicro 中档单片机系列

图 25-3: 静态驱动波形

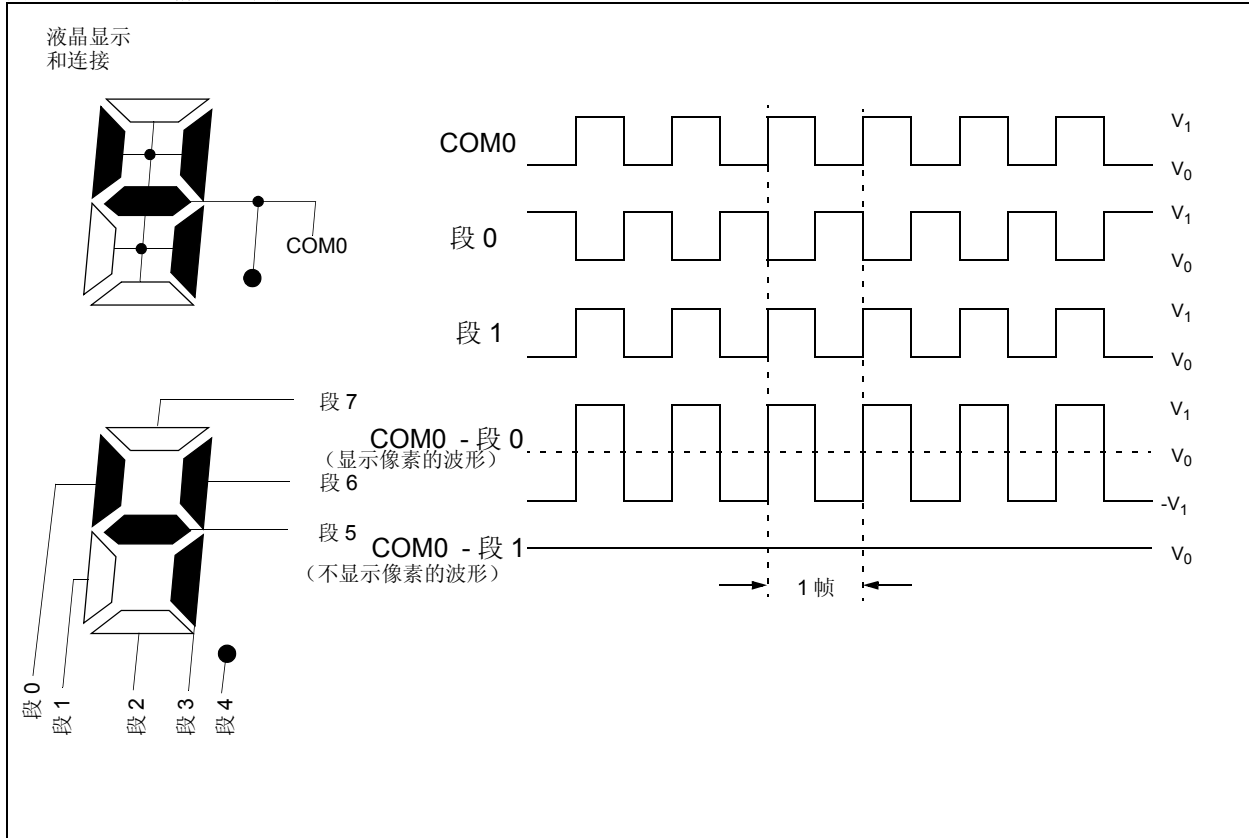


图 25-4: 1/2 MUX, 1/3 偏置波形

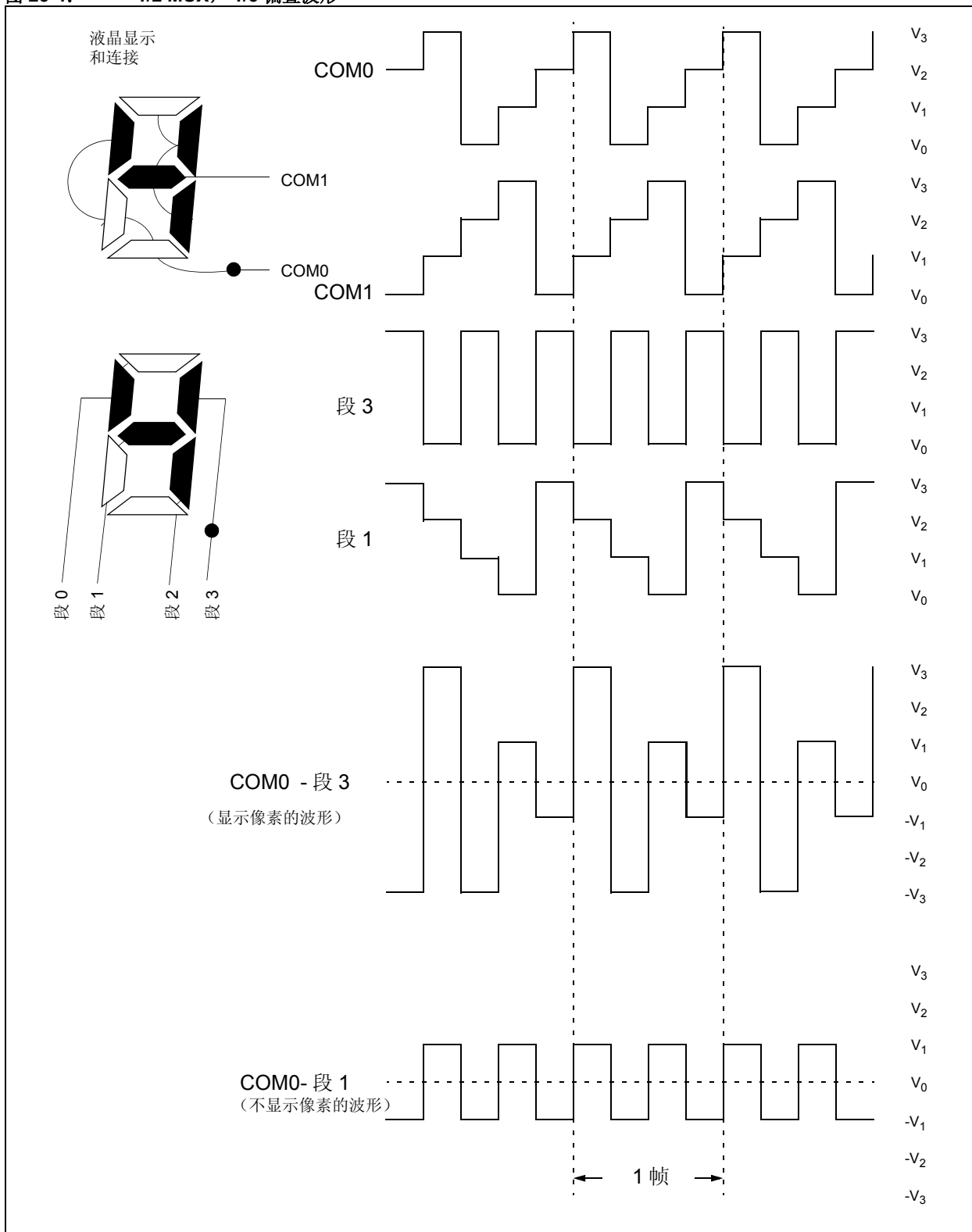


图 25-5: 1/3 MUX, 1/3 偏置波形

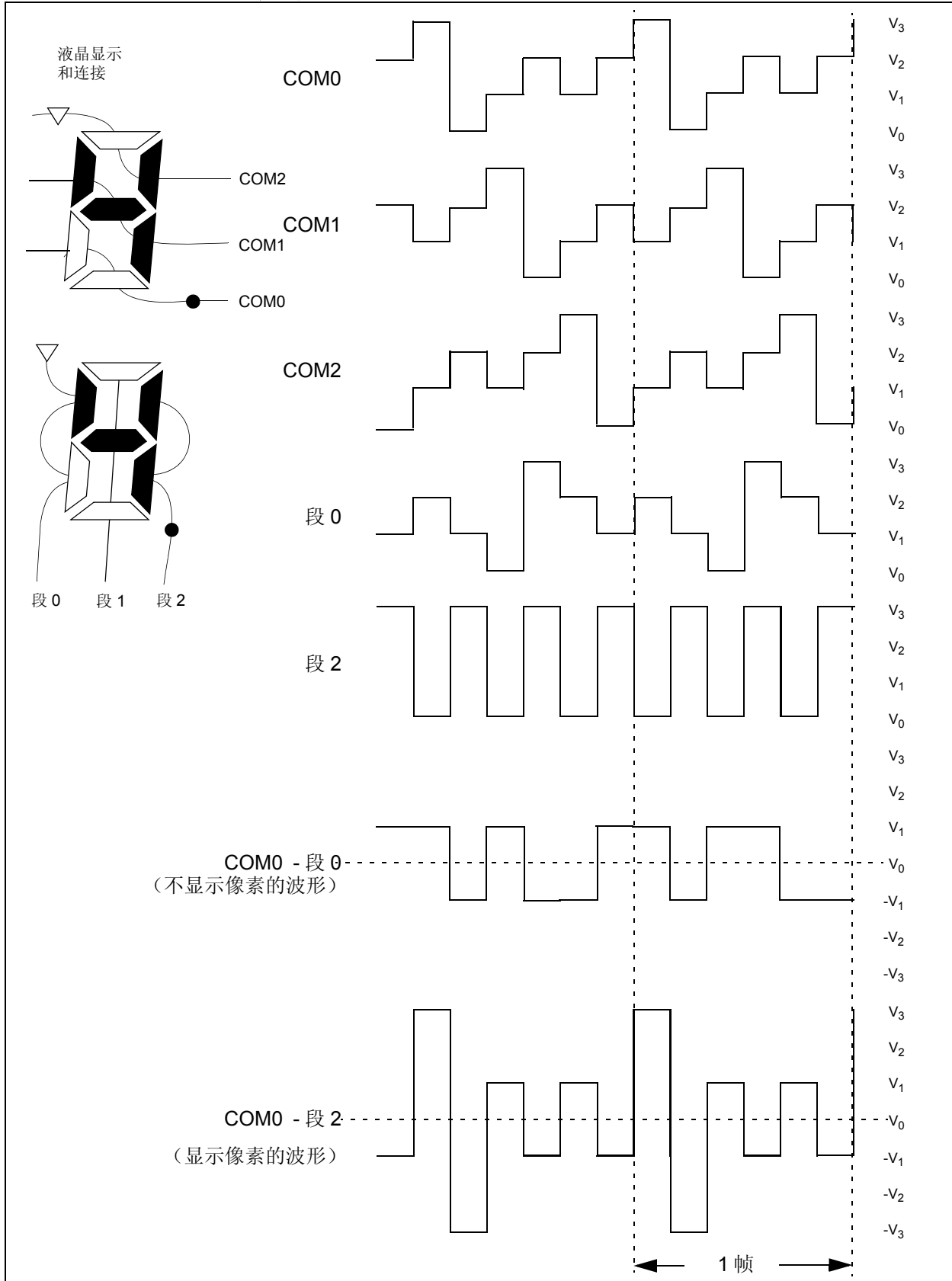
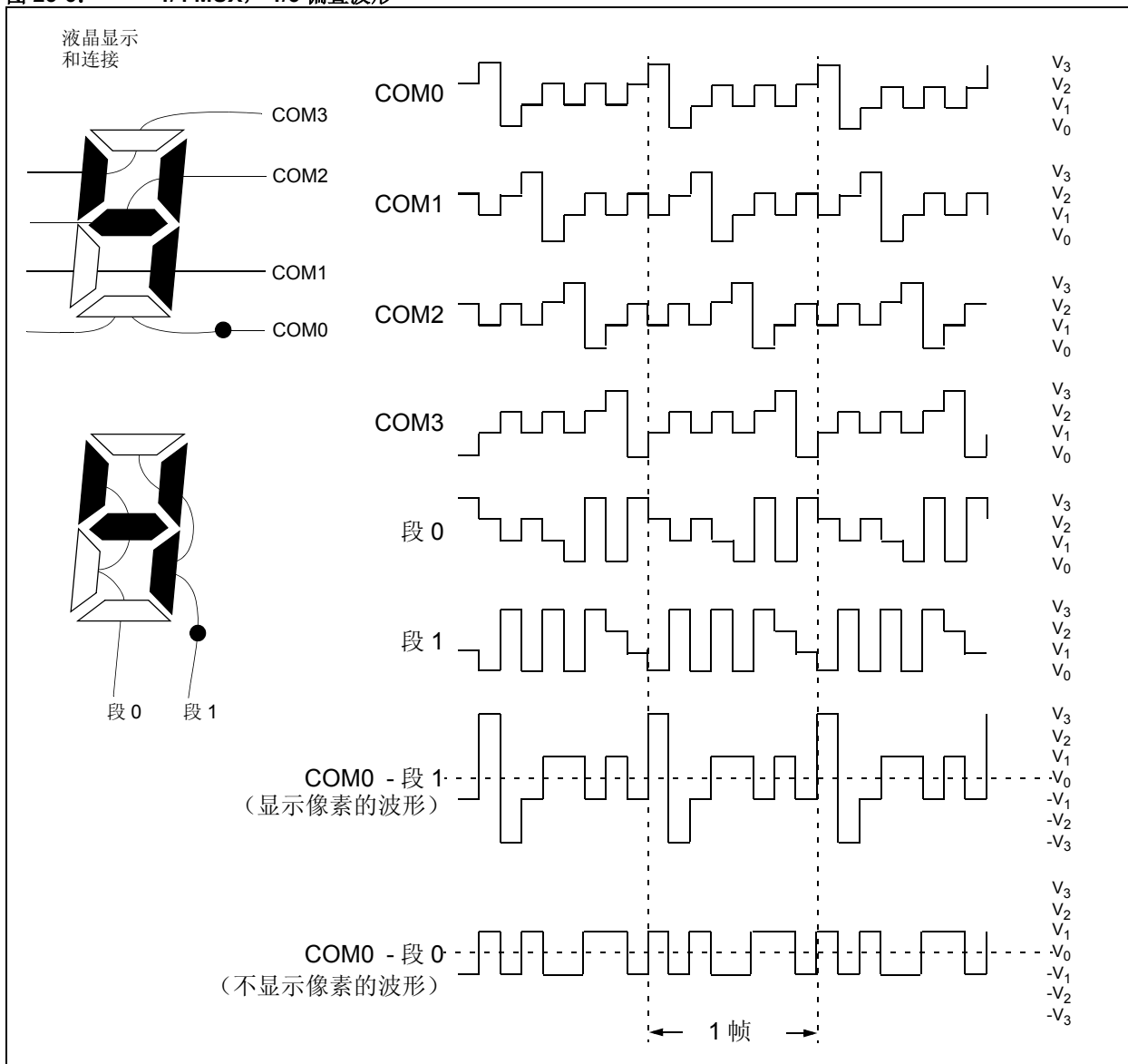


图 25-6: 1/4 MUX, 1/3 偏置波形



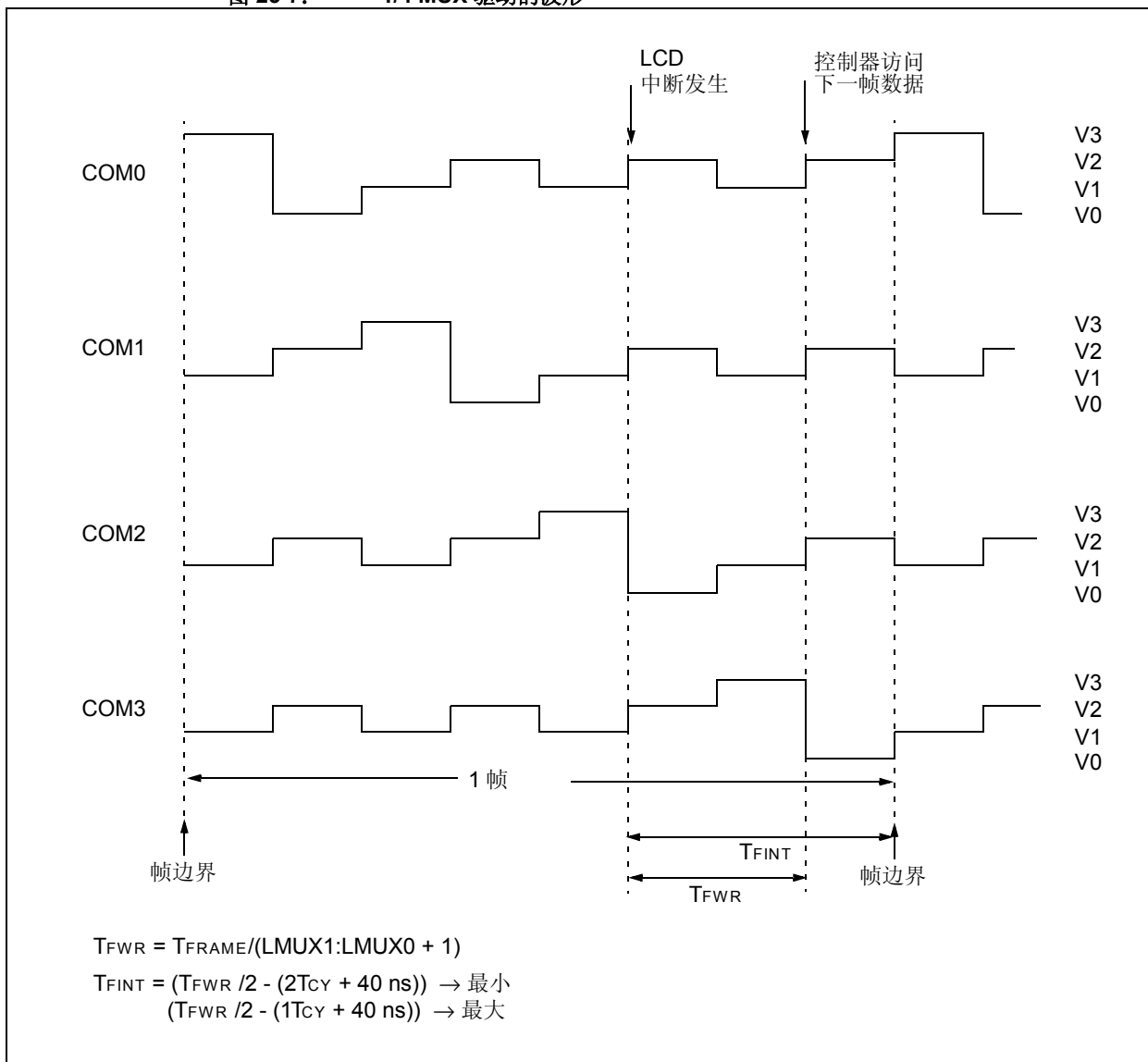
PICmicro 中档单片机系列

25.4 LCD 中断

LCD 定时发生器提供一个中断，该中断用于定义 LCD 的帧时序。它可在一个新帧开始时写入像素数据。在帧边界处写入像素数据可使图像过渡更清晰。这个中断也用于 LCD 和外部事件的同步。例如：与外部段驱动器的接口（如 Microchip 的 AY0438），使更新的段数据与 LCD 帧同步。

一个新帧开始于 COM0 公共信号的前沿。在 LCD 控制器完成对某一帧所需的所有像素数据的访问后，将立刻产生中断。该中断发生在帧边界前的某个固定时间，如图 25-7 所示。在中断发生的 T_{FWR} 时间后，LCD 控制器开始访问下一帧的数据。

图 25-7: 1/4 MUX 驱动的波形



25.5 像素控制

25.5.1 LCDD（像素数据）寄存器

像素寄存器决定每个像素的状态，每位都定义一个单独的像素。

表 25-4 显示了 LCDD 寄存器各位和段信号之间的关系。

任何没有用于显示的 LCD 像素位置都可以用作通用 RAM。

表 25-4: LCDD 寄存器

| 名称 | bit 7 | bit 6 | bit 5 | bit 4 | bit 3 | bit 2 | bit 1 | bit 0 | POR、BOR 时的值 | 其它复位值 |
|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-------------|-----------|
| LCDD00 | SEG07 COM0 | SEG06 COM0 | SEG05 COM0 | SEG04 COM0 | SEG03 COM0 | SEG02 COM0 | SEG01 COM0 | SEG00 COM0 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD01 | SEG15 COM0 | SEG14 COM0 | SEG13 COM0 | SEG12 COM0 | SEG11 COM0 | SEG10 COM0 | SEG09 COM0 | SEG08 COM0 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD02 | SEG23 COM0 | SEG22 COM0 | SEG21 COM0 | SEG20 COM0 | SEG19 COM0 | SEG18 COM0 | SEG17 COM0 | SEG16 COM0 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD03 | SEG31 COM0 | SEG30 COM0 | SEG29 COM0 | SEG28 COM0 | SEG27 COM0 | SEG26 COM0 | SEG25 COM0 | SEG24 COM0 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD04 | SEG07 COM1 | SEG06 COM1 | SEG05 COM1 | SEG04 COM1 | SEG03 COM1 | SEG02 COM1 | SEG01 COM1 | SEG00 COM1 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD05 | SEG15 COM1 | SEG14 COM1 | SEG13 COM1 | SEG12 COM1 | SEG11 COM1 | SEG10 COM1 | SEG09 COM1 | SEG08 COM1 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD06 | SEG23 COM1 | SEG22 COM1 | SEG21 COM1 | SEG20 COM1 | SEG19 COM1 | SEG18 COM1 | SEG17 COM1 | SEG16 COM1 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD07 | SEG31 COM1 ⁽¹⁾ | SEG30 COM1 | SEG29 COM1 | SEG28 COM1 | SEG27 COM1 | SEG26 COM1 | SEG25 COM1 | SEG24 COM1 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD08 | SEG07 COM2 | SEG06 COM2 | SEG05 COM2 | SEG04 COM2 | SEG03 COM2 | SEG02 COM2 | SEG01 COM2 | SEG00 COM2 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD09 | SEG15 COM2 | SEG14 COM2 | SEG13 COM2 | SEG12 COM2 | SEG11 COM2 | SEG10 COM2 | SEG09 COM2 | SEG08 COM2 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD10 | SEG23 COM2 | SEG22 COM2 | SEG21 COM2 | SEG20 COM2 | SEG19 COM2 | SEG18 COM2 | SEG17 COM2 | SEG16 COM2 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD11 | SEG31 COM2 ⁽¹⁾ | SEG30 COM2 ⁽¹⁾ | SEG29 COM2 | SEG28 COM2 | SEG27 COM2 | SEG26 COM2 | SEG25 COM2 | SEG24 COM2 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD12 | SEG07 COM3 | SEG06 COM3 | SEG05 COM3 | SEG04 COM3 | SEG03 COM3 | SEG02 COM3 | SEG01 COM3 | SEG00 COM3 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD13 | SEG15 COM3 | SEG14 COM3 | SEG13 COM3 | SEG12 COM3 | SEG11 COM3 | SEG10 COM3 | SEG09 COM3 | SEG08 COM3 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD14 | SEG23 COM3 | SEG22 COM3 | SEG21 COM3 | SEG20 COM3 | SEG19 COM3 | SEG18 COM3 | SEG17 COM3 | SEG16 COM3 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |
| LCDD15 | SEG31 COM3 ⁽¹⁾ | SEG30 COM3 ⁽¹⁾ | SEG29 COM3 ⁽¹⁾ | SEG28 COM30 | SEG27 COM3 | SEG26 COM30 | SEG25 COM3 | SEG24 COM3 | xxxx xxxx | xxxx xxxx |

注 1: 这些像素位不显示，但可作为通用 RAM 使用。

25.5.2 段驱动使能

LCDSE 寄存器用来选择成组引脚的功能，它可以选择每个引脚组是作为 LCD 驱动器还是作为数字引脚。要将引脚设置为数字端口，必须将 LCDSE 寄存器的相应位清零。

如果引脚作为数字输入，则相应的 TRIS 位控制数据方向。LCDSE 寄存器中的任何位置为“1”将覆盖相应 TRIS 寄存器中对应位的设置。

注 1: 当上电复位时，LCD 引脚自动初始化为 LCD 驱动功能。

注 2: 对 RD7、RD6 和 RD5 引脚来说，LMUX1:LMUX0 位的设置优先于 LCDSE 位的设置。

例 25-1: 32 段的静态驱动

```
BCF STATUS,RP0 ; Select Bank2
BSF STATUS,RP1 ;
BCF LCDCON,LMUX1 ; Select Static MUX
BCF LCDCON,LMUX0 ;
MOVLW 0xFF ; Make PortD,E,F,G LCD pins
MOVWF LCDSE ; configure rest of LCD
```

例 25-2: 13 段的 1/3 MUX 驱动

```
BCF STATUS,RP0 ; Select Bank2
BSF STATUS,RP1 ;
BSF LCDCON,LMUX1 ; Select 1/3 MUX
BCF LCDCON,LMUX0 ;
MOVLW 0x87 ; Make PORTD<7:0> & PORTE<6:0> LCD pins
MOVWF LCDSE ; configure rest of LCD
```

25.6 电压发生器

LCD 的电压产生有两种方法，内部电荷泵或者外部梯形电阻网络。

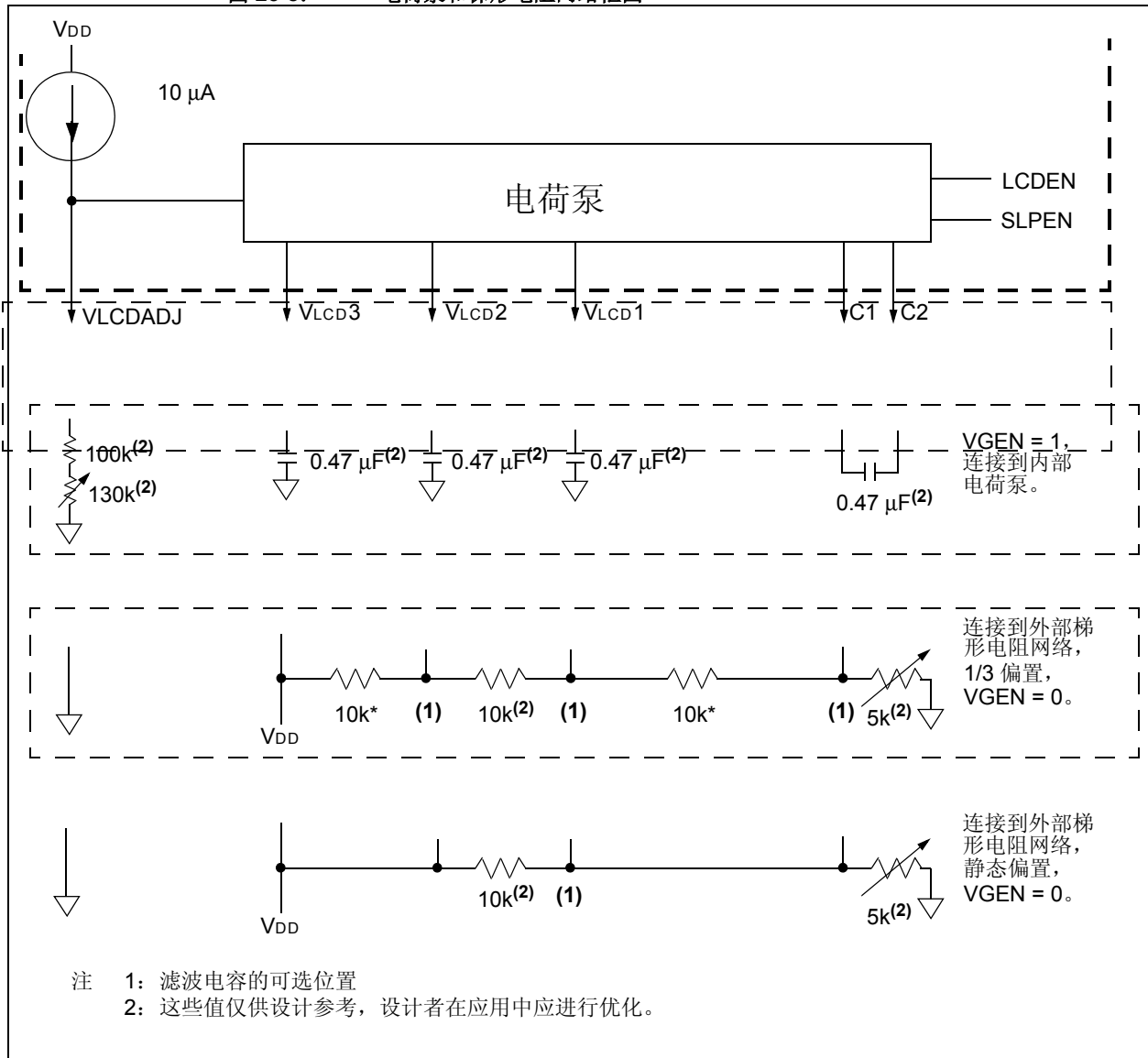
25.6.1 电荷泵

LCD 电荷泵如图 25-8 所示。1.0V 至 2.3V 的调节器将从变化的电池电压里建立一个稳定的参考电压。调节器通过连接在 VLCDADJ 到地的外接可变电阻来调节。电位器为 LCD 提供对比度调节。这个参考电压连接到电荷泵的 VLCD1，电荷泵放大 VLCD1 至 VLCD2 = 2 * VLCD1 和 VLCD3 = 3 * VLCD1。当电荷泵不工作时，VLCD3 在内部连向 VDD。关于电荷泵的电容和电位器数值可参考电荷泵的电气规范说明。

25.6.2 外部梯形电阻网络

VGEN (LCDCON<4>) 位清零时，LCD 模块用外部梯形电阻网络来产生 LCD 电压。图 25-8 显示如何在静态和 1/3 偏置情况下连接外部电阻网络。

图 25-8: 电荷泵和梯形电阻网络框图



25.7 休眠模式下的操作

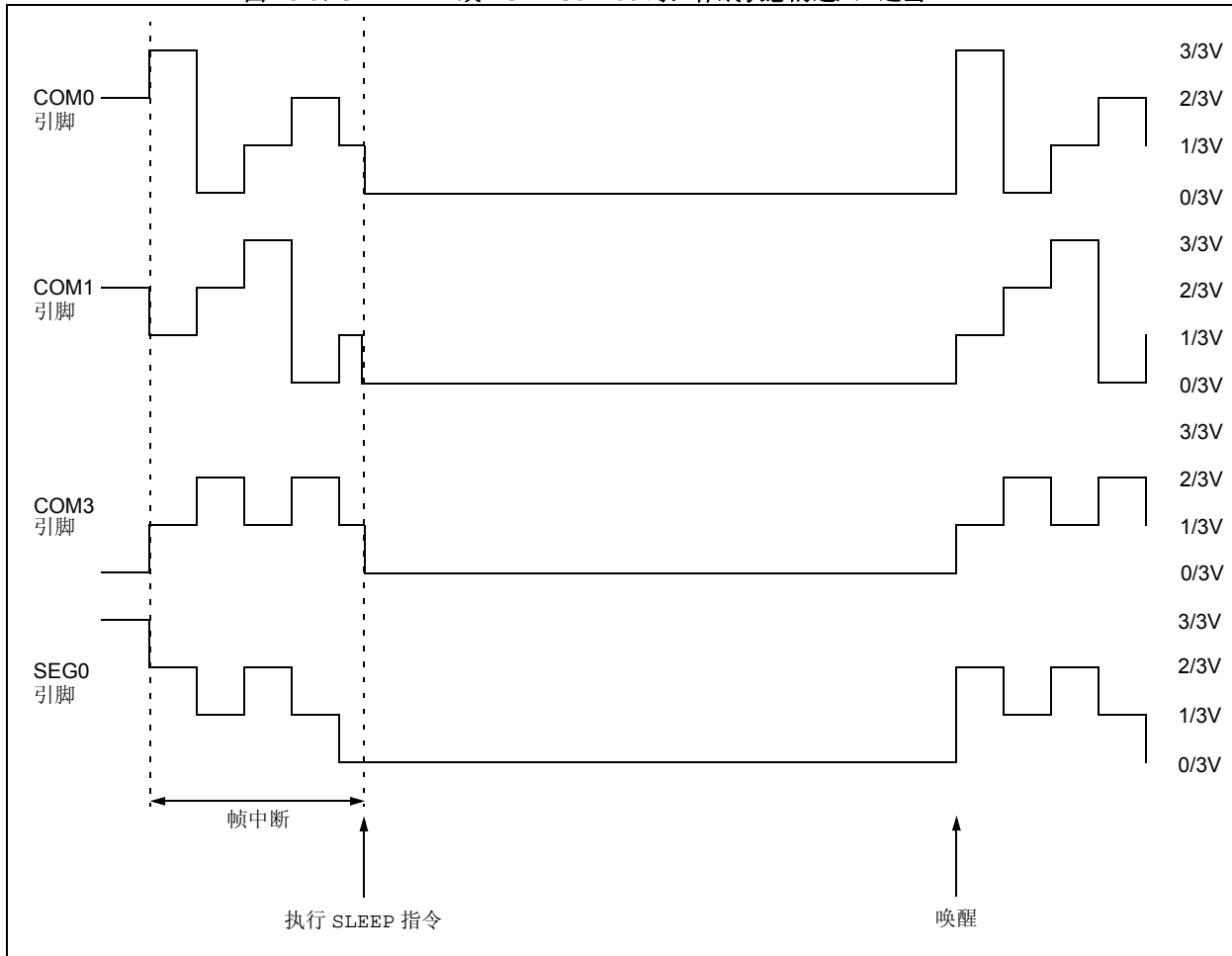
LCD 模块在休眠模式下也能工作。SLPEN 位 (LCDCON<6>) 对此进行控制。将 SLPEN 位置“1”允许 LCD 模块进入休眠模式，而 SLPEN 位清零允许 LCD 模块在休眠模式下继续工作。

如果执行 SLEEP 指令时，SLPEN = '1'，LCD 模块将停止所有的功能，进入一个极低的功耗模式。该模块将立即停止工作，并在段和公共引脚上输出最低的 LCD 电压，如图 25-9 所示。为确保 LCD 完成一帧的扫描，SLEEP 指令应该紧接着 LCD 帧边界后执行。LCD 中断能够确定帧边界。计算延迟的公式请参考 25.4 “LCD 中断”。

如果执行 SLEEP 指令时，SLPEN = '0'，模块将继续显示 LCDD 寄存器当前的内容。为使模块在休眠模式下继续工作，时钟源必须是内部 RC 振荡器或 Timer1 外部振荡器。在休眠时，LCD 数据不能被改变。在这种模式下，LCD 模块的功耗并未降低，然而由于内核和其它外设功能的关闭，器件的总功耗将降低。

注： 当休眠时，必须使用内部 RC 振荡器或外部 Timer1 振荡器来操作 LCD 模块。

图 25-9: SLPEN = 1 或 CS1:CS0 = 00 时，休眠状态的进入 / 退出



25.8 复位的影响

复位时，LCD 模块被关闭，但 LCD 引脚被设置为 LCD 驱动。这确保单片机不会因突然有 DC 电压加在 LCD 显示段上而损坏 LCD 玻璃基板。

25.9 LCD 模块的设置

下面是设置 LCD 模块的步骤：

1. 用 LP3:LP0 位（LCDPS<3:0>）选择帧时钟预分频。
2. 用 LCDSE 寄存器将适当的引脚设置为段驱动器。
3. 用 LCDCON 寄存器如下设置 LCD 模块。
 - LMUX1:LMUX0 位设置复用模式和偏置值
 - CS1:CS0 位设置时钟源
 - VGEN 位使能电压发生器
 - SLPEN 位使能休眠模式
4. 将初始数值写到像素数据寄存器 LCDD00 到 LCDD15。
5. 将 LCD 中断标志位 LCDIF 清零。如果需要，可以通过 LCDIE 置“1”使能该中断。
6. 通过 LCDEN 位（LCDCON<7>）置“1”，使能 LCD 模块。

25.10 判别比

判别比是一种计算 LCD 对比度的方法。第一个例子是关于图 25-3 中的静态驱动波形。电压 V_1 和 V_0 分别赋予 1 和 0 值。首先，列出像素点亮和未点亮时的 DC 和 RMS 电压方程，然后计算 DC、RMS 和判别比。

例 25-3: 静态 MUX 的判别比计算

$$\text{COM}_x - \text{SEG}_x [\text{ON}] = 1 - 1, \quad V_{\text{DC}} = 0$$

$$\text{COM}_x - \text{SEG}_x [\text{OFF}] = 0 + 0, \quad V_{\text{DC}} = 0$$

$$V_{\text{RMS}} [\text{ON}] = \Delta V \sqrt{\frac{(1)^2 + (-1)^2}{2}} = 1\Delta V$$

$$V_{\text{RMS}} [\text{OFF}] = \Delta V \sqrt{\frac{(0)^2 + (0)^2}{2}} = 0\Delta V$$

$$D = \frac{V_{\text{RMS}} [\text{ON}]}{V_{\text{RMS}} [\text{OFF}]} = \frac{1\Delta V}{0\Delta V} = \infty$$

请参考图 25-3 静态驱动波形。

下一个例子针对图 25-6，一个 1/4 MUX 和 1/3 偏置时的波形。在这个例子中，将值 3、2、1 和 0 分别赋给 V_3 、 V_2 、 V_1 和 V_0 。DC 电压，RMS 电压和判别比的计算如例 25-4 所示。

例 25-4: 1/4 MUX 时判别比的计算

$$\begin{aligned} \text{COM0 - SEGx [ON]} &= 3 - 3 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 & V_{DC} &= 0 \\ \text{COM0 - SEGx [OFF]} &= 1 - 1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + 1 & V_{DC} &= 0 \end{aligned}$$

$$V_{\text{RMS [ON]}} = \Delta V \sqrt{\frac{(3)^2 + (-3)^2 + (1)^2 + (-1)^2 + (1)^2 + (-1)^2 + (1)^2 + (-1)^2}{8}} = \sqrt{3} \Delta V$$

$$V_{\text{RMS [OFF]}} = \Delta V \sqrt{\frac{(1)^2 + (-1)^2 + (-1)^2 + (1)^2 + (-1)^2 + (1)^2 + (-1)^2 + (1)^2}{8}} = \Delta V$$

$$D = \frac{V_{\text{RMS [ON]}}}{V_{\text{RMS [OFF]}}} = \frac{\sqrt{3} \Delta V}{1 \Delta V} = 1.732$$

注: 请参考图 25-6

从这些例子可以看出，静态显示有很好的对比度。LCD 的复用比越高，判别比就越低，因此，显示的对比度就越小。

表 25-5 显示了各种 MUX 和偏置组合下的 V_{OFF} ， V_{ON} 和判别比。

随着 LCD 的复用比增加，判别比将减小，显示的对比度也将减小，因此为了有较高的对比度，可以加大 V_{OFF} 和 V_{ON} 两种状态下的 LCD 驱动电压的差异。

表 25-5: 判别比与复用比和偏置的关系

| | 1/3 偏置 | | |
|---------|------------------|-----------------|----------|
| | V_{OFF} | V_{ON} | D |
| 静态 | 0 | 1 | ∞ |
| 1/2 MUX | 0.333 | 0.745 | 2.236 |
| 1/3 MUX | 0.333 | 0.638 | 1.915 |
| 1/4 MUX | 0.333 | 0.577 | 1.732 |

25.11 LCD 电压发生器

在产生 LCD 电压的众多方法之中，有两种方法最常用：

- 梯型电阻网络
- 电荷泵。

梯型电阻网络方法，如图 25-10 所示，是最常用的产生较高 V_{CC} 电压的方法。这种方法用较便宜的电阻产生多级 LCD 电压。不管要驱动的像素数目有多少，它总能使激励电流保持恒定不变。 V_3 点的电压一般与 V_{CC} 相连（外部连接或内部连接皆可）。

电阻值的选择主要取决于两个特性：显示性能和功耗。显示性能是 LCD 驱动波形的函数。因为 LCD 是一个容性负载，在充电和放电时波形将失真。这种失真能通过减小电阻值而减小，然而减小电阻，会加大流经电阻的电流，进而增加功耗。随着 LCD 尺寸的增加，必须减小电阻值以保持显示的图像质量不失真。

有时候在电阻两端并联电容可以减小因充放电引起的失真。该电容可充当电荷存储器，在驱动波形变化时提供额外的电流。一般， R 为 $1\text{ k}\Omega$ 到 $50\text{ k}\Omega$ ，电位器为 $5\text{ k}\Omega$ 到 $200\text{ k}\Omega$ 。

图 25-10: 梯型电阻网络

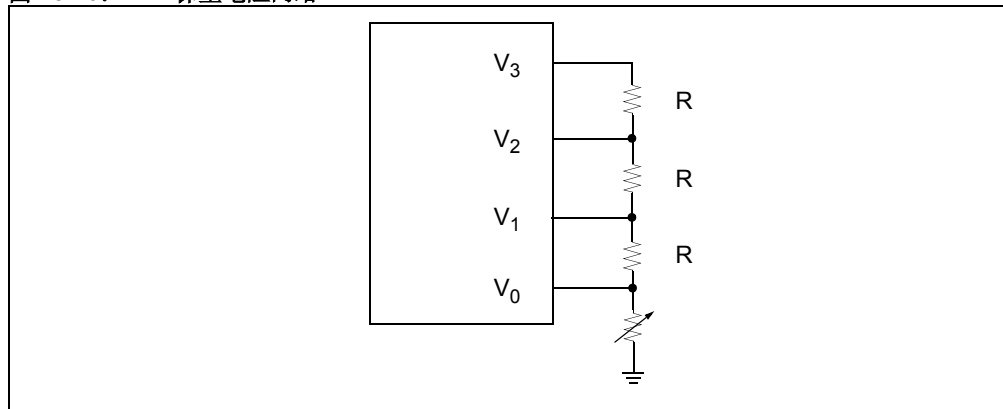
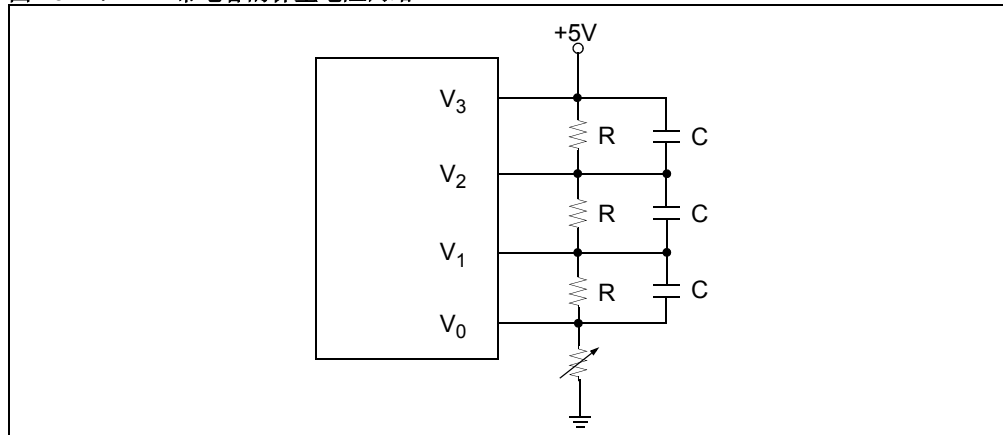
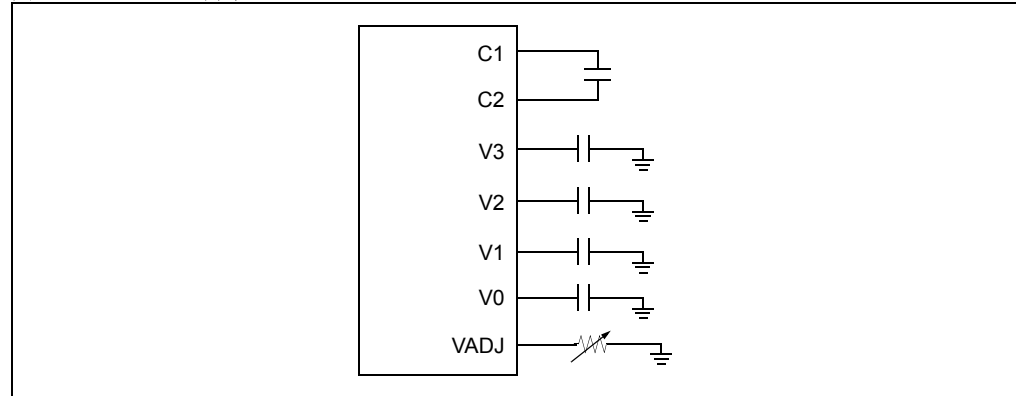


图 25-11: 带电容的梯型电阻网络



利用电荷泵可以将 V_{DD} 电压提升到显示 LCD 所需的驱动电压，所以电荷泵很适合于低压电池的应用场合。如图 25-12 所示，对每组 LCD 电压，电荷泵都需要外接一个充电电容和滤波电容。这些电容通常是由低泄漏材料组成，例如聚酯、聚丙烯或聚苯乙烯。此外，电流的消耗与要驱动的像素数目成比例，这也是电荷泵适用于电池应用场合的另一因素。

图 25-12: 电荷泵



25.12 对比度

尽管对比度主要由光源和复用模式决定，但它也随 LCD 驱动电压的变化而变化。如前所述，电位器可以控制 LCD 显示的对比度。电位器可以调节每组 LCD 驱动电压之间差异，差异越大，对比度就越明显。

25.13 LCD 玻璃基板

LCD玻璃基板的特性取决于所采用的材料。[附录 B](#)列出了一些LCD制造商。若想了解所用基板材料的特性，请与他们联系。

25.14 初始化

例 25-5 所示的代码将初始化 LCD 模块，使所有段清零。

例 25-5: LCD 初始化

```
BCF    PIR1,LCDIF    ; Clear LCD interrupt flag
BCF    STATUS,RP0    ; Go to Bank2
BSF    STATUS,RP1
MOVLW 0x06           ; Set frame freq to ~37Hz
MOVWF  LCDPS
MOVLW 0xff           ; Make all pin functions LCD drivers
MOVWF  LCDSE
MOVLW 0x17           ; Drive during SLEEP, Charge pump enabled
MOVWF  LCDCON        ; Timer1 clock source, 1/4 MUX
CLRF   LCDD00        ; Clear all data registers to turn
CLRF   LCDD01        ;   all pixels off
CLRF   LCDD02
CLRF   LCDD03
CLRF   LCDD04
CLRF   LCDD05
CLRF   LCDD06
CLRF   LCDD07
CLRF   LCDD08
CLRF   LCDD09
CLRF   LCDD10
CLRF   LCDD11
CLRF   LCDD12
CLRF   LCDD13
CLRF   LCDD14
CLRF   LCDD15
BSF    PIE1,LCDIE    ; Enable LCD interrupts
BSF    LCDCON,LCDEN  ; Enable LCD Module
BCF    STATUS,RP1    ; Go to Bank0
```

25.15 设计技巧

问 1: *我想使用一些 LCD 引脚作为输入。*

答 1:

要正确设置 LCDSE 寄存器中的控制位，因为这些位会覆盖相应 TRIS 位的设置。

问 2: *LCD 显示总在闪烁。*

答 2:

您的帧频率可能太低。帧频率可以在 LCDPS 寄存器中更改。

问 3: *LCD 的显示段看不太清楚。*

答 3:

这可能是由于 LCD 驱动电压不正确，解决方法有：

1. 如果您使用梯型电阻网络，尝试改变 R 的数值或梯型电阻网络中的电位器大小。此外 VLCDADJ 引脚应该接地。
2. 如果您使用电荷泵，可调节 VLCDADJ 引脚上的电阻值。

25.16 相关应用笔记

本部分列出了与本章内容相关的应用笔记。这些应用笔记并非都是专门针对中档单片机系列而写的（即有些针对低档系列，有些针对高档系列），但是其概念是相近的，通过适当修改并受到一定限制，即可使用。当前与 LCD 驱动器相关的应用笔记有：

| 标题 | 应用笔记 # |
|---|---------|
| Yet Another Clock Using the PIC16C92X | AN649 |
| LCD Fundamentals Using PIC16C92x Microcontrollers | AN658 |
| PICDEM3 Demo Board User's Guide | DS51079 |

25.17 版本历史

版本 A

这是描述 LCD 模块的初始发行版。