



# PCA9685

## 16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

Rev. 02 - 16 July

2009产品数据表

### 1. 一般描述

PCA9685是一个I2C总线控制的16通道LED控制器，为LCD红/绿/蓝/琥珀（RGBA）彩色背光应用而优化。每个LED输出都有自己的12位分辨率（4096步）固定频率的独立PWM控制器，其工作频率可从典型的40赫兹到1000赫兹进行编程，占空比可从0 %到100 %进行调节，以使LED被设置为特定的亮度值。所有的输出都被设置为相同的PWM频率。

每个LED输出可以关闭或打开（无PWM控制），或以其单独的PWM控制器值设置。LED输出驱动器被编程为开漏，在5 V时具有25 mA的电流灌注能力，或者在5 V时具有25 mA的灌注和10 mA的来源能力。PCA9685的工作电源电压范围为2.3 V至5.5 V，输入和输出均为5.5 V耐受。LED可以直接连接到LED输出端（最多可以连接到10个）。

25 mA，5.5 V）或用外部驱动器和最小量的分立元件控制更大电流或更高电压的LED。

PCA9685属于新的快速模式Plus（Fm+）系列。Fm+器件提供更高的频率（高达1 MHz）和更密集的总线操作（高达4000 pF）。

尽管PCA9635和PCA9685有许多类似的功能，但PCA9685有一些独特的功能，使其更适用于LCD背光和Ambilight等应用。

- PCA9685允许交错的LED输出开启和关闭时间，以尽量减少电流浪涌。16个通道中的每个通道的开启和关闭时间延迟是独立可编程的。这个功能在PCA9635中是不存在的。
- PCA9685有4096步（12位PWM）的单独LED亮度控制。PCA9635只有256步（8位PWM）。
- 当在一个系统中加入多个LED控制器时，如果使用PCA9635，多个器件之间的PWM脉冲宽度可能不同。PCA9685有一个可编程的预分频器，可调整多个器件的PWM脉冲宽度。
- PCA9685有一个外部时钟输入引脚，可以接受用户提供的时钟（最大50MHz）来代替内部的25MHz振荡器。这一功能允许多个设备的同步。PCA9635没有外部时钟输入功能。
- 与PCA9635一样，PCA9685也有一个用于PWM控制的内置振荡器。然而，PCA9685中用于PWM控制的频率可在约40 Hz至1000 Hz之间调节，而PCA9635的典型频率为97.6 kHz。这使得PCA9685可以与外部电源控制器一起使用。所有的位都设置在相同的频率。
- 在PCA9685的情况下，LEDn输出引脚的上电复位（POR）默认状态为低电平。对于

PCA9635来说，它是高电平。



## 16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

低电平输出使能输入引脚（OE）允许对LED进行异步控制。

输出，并可用于将所有的输出设置为定义的I2C总线可编程的逻辑状态。OE还可以用来从外部对输出进行"脉冲宽度调制"，当多个设备需要使用软件控制进行调光或闪烁时，这很有用。

软件可编程的LED全调用和三个子调用I2C总线地址允许所有或定义的PCA9685器件组响应一个共同的I2C总线地址，例如，允许所有红色LED在同一时间打开或关闭或marquee追逐效果，从而最大限度地减少I2C总线命令。六个硬件地址引脚允许多达同一总线上有62个设备。

软件复位（SWRST）通用调用允许主站通过I2C总线对PCA9685进行复位，与上电复位（POR）相同，后者将寄存器初始化为默认状态，导致输出被设置为低电平。这使得通过软件将所有器件寄存器重新配置为相同的状态成为一种简单而快速的方法。

## 2. 特点

- 16个LED驱动器。每个输出都可在。
  - ◆ 关闭
  - ◆ 在
  - ◆ 可编程的LED亮度
  - ◆ 可编程的LED开启时间，帮助减少EMI
- 1MHz快速模式Plus兼容I2C总线接口，SDA输出具有30mA高驱动能力，用于驱动高电容总线
- 每个LED输出有4096步（12位）线性可编程亮度，从完全关闭（默认）到最大亮度。
- LED输出频率（所有LED）通常从40 Hz到1000 Hz不等（PRE\_SCALE寄存器的默认值为1Eh，导致200 Hz的刷新率，振荡器时钟为1.5GHz。25兆赫）。
- 16个图腾柱输出（5 V时灌入25 mA和源10 mA），具有软件可编程的开漏LED输出选择（默认为图腾柱）。没有输入功能。
- 在确认或停止命令中，输出状态的改变是可编程的，可以逐个字节或同时更新输出（默认为"停止时改变"）。
- 低电平有效的输出使能（OE）输入引脚。当OE为高电平时，LEDn输出可编程为逻辑1、逻辑0（上电时默认）或"高阻抗"。
- 6个硬件地址引脚允许62个PCA9685设备连接到同一个I2C总线上
- 切换OE可以实现硬件LED的闪烁
- 4个软件可编程的I2C总线地址（一个LED全调用地址和三个LED子调用地址）允许以任何组合同时对一组设备进行寻址（例如，一个寄存器用于"全调用"，这样I2C总线上

PCA9685

的所有PCA9685可以同时被寻址，第二个寄存器用于三个不同的地址，这样总线上的所有设备的I<sub>3</sub>可以在一组中同时被寻址）。软件对这些I2C总线地址进行启用和禁用。

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

- 软件复位功能（SWRST通用调用）允许设备通过I2C总线进行复位。

- 25 MHz典型的内部振荡器不需要外部元件
- 外部50MHz（最大）时钟输入
- 内部通电复位
- SDA/SCL输入的噪声滤波器
- 输出的边缘速率控制
- 开机时没有输出故障
- 支持热插入
- 低待机电流
- 工作电源电压范围为2.3V至5.5V
- 5.5V耐受性输入
- 40 C至+85 C操作
- ESD保护超过JESD22-A114规定的2000V HBM， JESD22-A115规定的200V MM和JESD22-C101规定的1000V CDM
- 闩锁测试是按照JEDEC标准JESD78进行的， 超过100mA
- 提供的套餐。TSSOP28, HVQFN28

3. 应用

- RGB或RGBA LED驱动器
- LED状态信息
- LED显示屏
- 液晶显示器背光灯
- 蜂窝电话或手持设备的键盘背光

4. 订购信息

表 1.订购信息

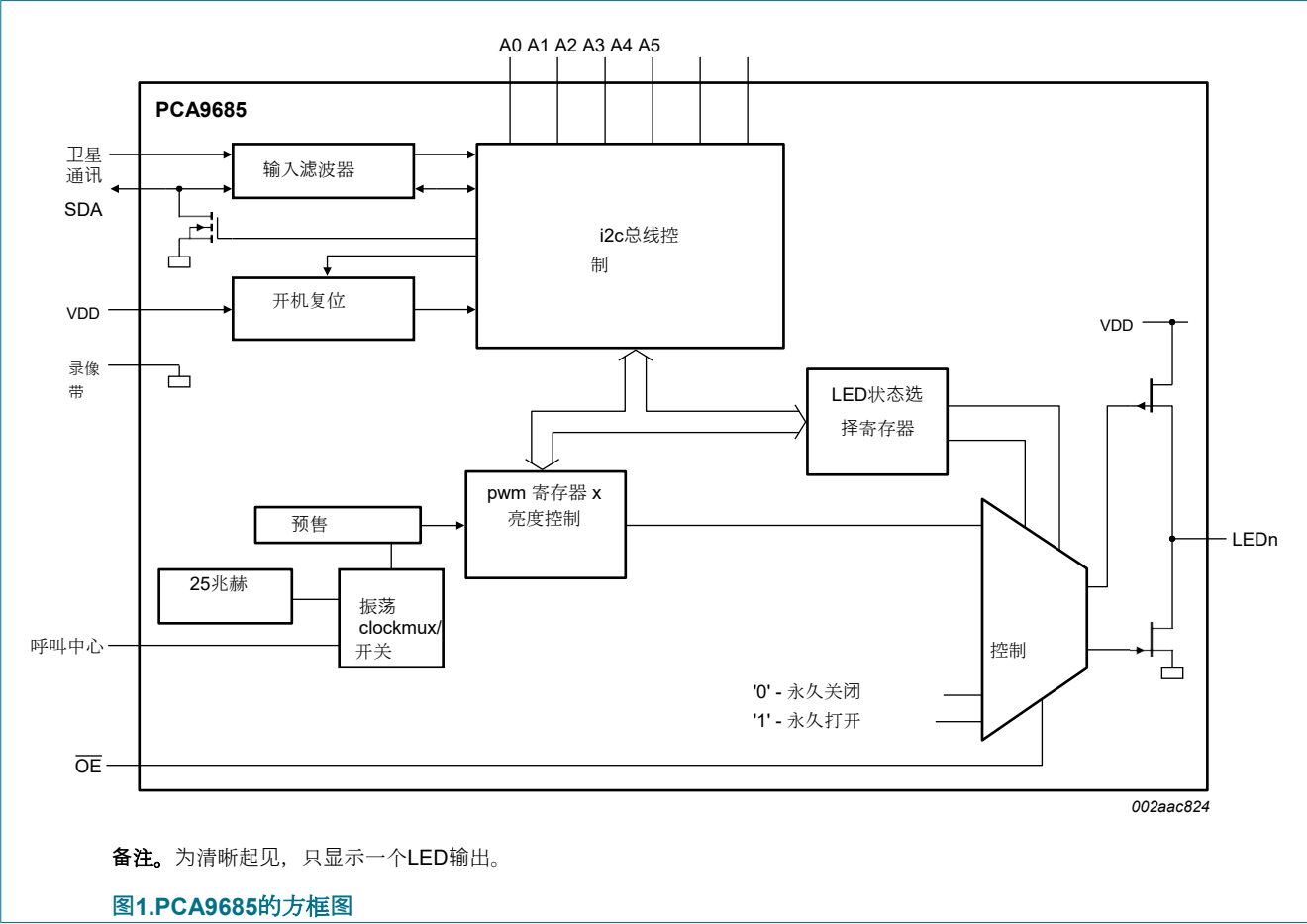
类型号	顶部标记	包装		
		命名	描述	版本
PCA9685PW	PCA9685PW	TSSOP28	塑料薄型收缩小轮廓封装；28个引线； 体宽4.4毫米	SOT361-1
PCA9685PW/Q900 <sup>[1]</sup>	PCA9685PW	TSSOP28	塑料薄型收缩小轮廓包装。 28条导线；机身宽度4.4毫米	SOT361-1
PCA9685BS	PCA9685BS	HVQFN28	塑料热增强型非常薄的四层平面	SOT788-1

PCA9685\_2

© NXP B.V. 2009.保留所有权利。

封装：无引线，28个端子，主体  
6 6 0.85毫米  
16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

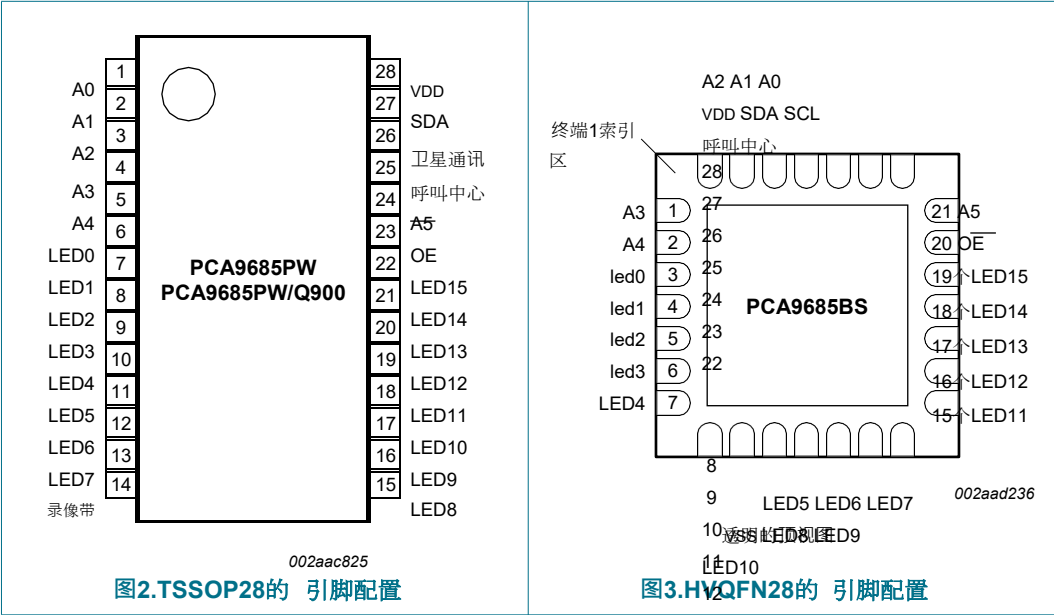
[1] PCA9685PW/Q900符合AEC-Q100标准。请联系i2c.support@nxp.com，以获得PPAP。



5. 框图

6. 插销信息

6.1 钉子



6.2 引脚描述

表 2.引脚描述				
符号	钉子		类型	描述
	TSSOP28	HVQFN28		
A0	1	26	I	地址输入0
A1	2	27	I	地址输入1
A2	3	28	I	地址输入2
A3	4	1	I	地址输入3
A4	5	2	I	地址输入4
LED0	6	3	O	LED驱动器0
LED1	7	4	O	LED驱动器1
LED2	8	5	O	LED驱动器2
LED3	9	6	O	LED驱动器3
LED4	10	7	O	LED驱动器4
LED5	11	8	O	LED驱动器5
LED6	12	9	O	LED驱动器 6
LED7	13	10	O	LED驱动器 7
Vss		1411	电源	供应地



LED8	15	12	O	LED驱动器 8
LED9	16	13	O	LED驱动器 9
LED10	17	14	O	LED驱动器 10
LED11	18	15	O	LED驱动器 11

表 2.引脚描述...继续

符号	钉子		类型	描述
	TSSOP28	HVQFN28		
LED12	19	16	O	LED驱动器 12
LED13	20	17	O	LED驱动器 13
LED14	21	18	O	LED驱动器 14
LED15	22	19	O	LED驱动器 15
OE	23	20	I	有源低电平输出使能
A5	24	21	I	地址输入5
呼叫中心	25	22	I	外部时钟输入 [2]
卫星通讯	26	23	I	串行时钟线
SDA	27	24	输入/输出	串行数据线
VDD	28	25	电力供应	电源电压

[1] HVQFN28封装芯片的电源地与V<sub>SS</sub> 引脚和暴露的中心焊盘相连。V<sub>SS</sub> 引脚必须连接到电源地，以使器件正常工作。为了增强热、电和板级性能，需要使用板上相应的导热垫将暴露的焊盘焊接到板上，为了适当地通过板进行热传导，需要在导热垫区域的PCB上加入热通孔。

[2] 不使用此功能时，此引脚必须接地。

7. 职能描述

参考图1 "PCA9685的方框图"。

7.1 设备地址

在START条件下，总线主站必须输出它所访问的从站的地址。

使用6个硬件地址引脚，最多有64个可能的可编程地址。其中两个地址，即软件复位和LED全调用，不能使用，因为它们的默认上电状态是ON，剩下的最多只有62个地址。使用其他保留地址以及任何其他子调用地址，将进一步减少可能的地址总数。

7.1.1 常规I2C总线从属地址

PCA9685的I2C总线从属地址如图4所示。为了节省电源，在硬件可选择的地址引脚上没有加入内部上拉电阻，它们必须被拉高或拉低。

备注。使用保留的I2C总线地址会干扰其他设备，但只有当这些设备在总线上和/或总线以后将对其他I2C总线系统开放时才会如此。在设计者控制地址分配的封闭系统中，可以使用这些地址，因为PCA9685把它们当作任何其他地址。芯片

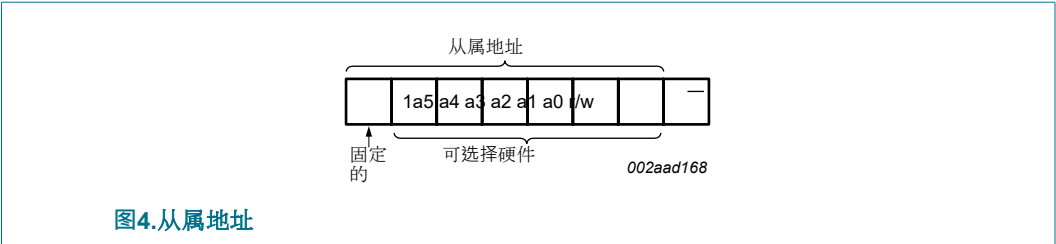
LED全部调用、软件复位和PCA9564或PCA9665从属地址（如果在总线上）永远不能用

于单个设备地址。

#### 16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

- PCA9685 LED 所有的呼叫地址（1110 000）和软件复位（0000 0110）在启动时处于活动状态

- PCA9564(0000 000)或PCA9665(1110 000)的从属地址在启动时是有效的
- 保留给未来使用的 "I2C总线地址 (0000 011, 1111 1XX) 。
- 使用10位寻址方案的从属设备 (1111 0XX) 。
- 被设计用来响应总调用地址 (0000 000) 的从属设备，该地址被用作软件复位地址。
- 高速模式 (Hs-mode) 主代码 (0000 1XX) 。



地址字节的最后一位定义了要执行的操作。当设置为逻辑1时，选择读，而逻辑0则选择写操作。

7.1.2 LED全部调用I2C总线地址

- 默认开机值 (ALLCALLADR寄存器)。E0h或1110 000X
- 可通过I2C总线进行编程 (挥发性编程) 。
- 在上电时，LED全部调用I2C总线地址被启用。当主站发送E0h (R/W = 0) 或E1h (R/W = 1) 时，PCA9685会发送一个ACK。

详情见[7.3.7节 "ALLCALLADR, LED全部调用I2C总线地址"](#)。

**备注。** 默认的LED All Call I2C总线地址 (E0h或1110 000X) 不能作为常规的I2C总线从属地址使用，因为该地址在上电时被启用。如果I2C总线上的所有PCA9685由I2C总线主站发送，它们将确认该地址。

7.1.3 LED次调用I2C总线地址

- 可以使用3个不同的I2C总线地址
- 默认的开机值。
  - SUBADR1寄存器。E2h或1110 001X
  - SUBADR2寄存器。E4h或1110 010X
  - SUBADR3寄存器。E8h或1110 100X
- 可通过I2C总线进行编程 (挥发性编程) 。
- 在上电时，子呼叫I2C总线地址被禁用。当主站发送E2h (R/W = 0) 或E3h (R/W = 1)、E4h (R/W = 0) 或E5h (R/W = 1)，或E8h (R/W = 0) 或E9h (R/W = 1) 时，PCA9685不发送ACK。

更多细节见[7.3.6节 "SUBADR1至SUBADR3, I2C总线子地址1至3"](#)、[16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器](#)

**备注。**默认的LED Sub Call I2C总线地址可以作为普通的I2C总线从属地址使用，只要它们被禁用。

#### 7.1.4 软件复位 I2C总线地址

**图5**所示的地址是在需要由主站执行PCA9685的复位时使用的。软件复位地址（SWRST调用）必须在R/W=逻辑0时使用。如果R/W=逻辑1，PCA9685不会确认SWRST。更多细节见**第7.6节“软件复位”**。

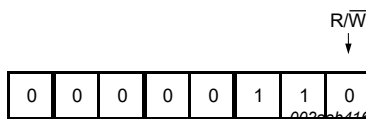


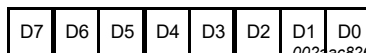
图5.软件复位地址

**备注。**软件复位I2C总线地址是一个保留地址，不能作为常规的I2C总线从属地址，也不能作为LED全调用或LED子调用地址。

## 7.2 控制寄存器

在成功确认从属地址、LED全调用地址或LED子调用地址后，总线主站将向PCA9685发送一个字节，该字节将存储在控制寄存器中。

这个寄存器被用作一个指针，以确定哪个寄存器将被访问。



复位状态=00h

**备注。** 控制寄存器不适用于软件复位的I2C总线地址。

### 图6.控制寄存器

7.3 登记簿的定义

表 3.寄存器摘要

注册 # (十进制)	寄存器# (十六进制)	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	命名	类型	职能
0	00	0	0	0	0	0	0	0	0	MODE1	读/写	模式寄存器1
1	01	0	0	0	0	0	0	0	1	MODE2	读/写	模式寄存器2
2	02	0	0	0	0	0	0	1	0	苏巴达R1	读/写	I2C总线子地址1
3	03	0	0	0	0	0	0	1	1	苏巴达R2	读/写	I2C总线子地址2
4	04	0	0	0	0	0	1	0	0	苏巴达R3	读/写	I2C总线子地址3
5	05	0	0	0	0	0	1	0	1	辽宁省	读/写	LED全部调用I2C总线地址
6	06	0	0	0	0	0	1	1	0	LED0_ON_L	读/写	LED0输出和亮度控制 字节0
7	07	0	0	0	0	0	1	1	1	LED0_ON_H	读/写	LED0输出和亮度控制 字节1
8	08	0	0	0	0	1	0	0	0	LED0_OFF_L	读/写	LED0输出和亮度控制 字节2
9	09	0	0	0	0	1	0	0	1	LED0_OFF_H	读/写	LED0输出和亮度控制 字节3
10	0A	0	0	0	0	1	0	1	0	LED1_ON_L	读/写	LED1输出和亮度控制 字节0
11	0B	0	0	0	0	1	0	1	1	LED1_ON_H	读/写	LED1输出和亮度控制字节1
12	0C	0	0	0	0	1	1	0	0	LED1_OFF_L	读/写	LED1输出和亮度控制 字节2
13	0D	0	0	0	0	1	1	0	1	LED1_OFF_H	读/写	LED1输出和亮度控制 字节3
14	0E	0	0	0	0	1	1	1	0	LED2_ON_L	读/写	LED2输出和亮度控制 字节0
15	0F	0	0	0	0	1	1	1	1	LED2_ON_H	读/写	LED2输出和亮度控制字节1
16	10	0	0	0	1	0	0	0	0	LED2_OFF_L	读/写	LED2输出和亮度控制字节2
17	11	0	0	0	1	0	0	0	1	LED2_OFF_H	读/写	LED2输出和亮度控制 字节3
18	12	0	0	0	1	0	0	1	0	LED3_ON_L	读/写	LED3输出和亮度控制 字节0

19	13	0	0	0	1	0	0	1	1	LED3_ON_H	读/写	LED3输出和亮度控制 字节1
20	14	0	0	0	1	0	1	0	0	LED3_OFF_L	读/写	LED3输出和亮度控制 字节2
21	15	0	0	0	1	0	1	0	1	LED3_OFF_H	读/写	LED3输出和亮度控制 字节3



16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

表 3.寄存器汇总...继续

注册 # (十进制)	寄存器# (十六进制)	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	命名	类型	职能
22	16	0	0	0	1	0	1	1	0	LED4_ON_L	读/写	LED4输出和亮度控制 字节0
23	17	0	0	0	1	0	1	1	1	LED4_ON_H	读/写	LED4输出和亮度控制 字节1
24	18	0	0	0	1	1	0	0	0	LED4_OFF_L	读/写	LED4输出和亮度控制 字节2
25	19	0	0	0	1	1	0	0	1	LED4_OFF_H	读/写	LED4输出和亮度控制 字节3
26	1A	0	0	0	1	1	0	1	0	LED5_ON_L	读/写	LED5输出和亮度控制 字节0
27	1B	0	0	0	1	1	0	1	1	LED5_ON_H	读/写	LED5输出和亮度控制字节1
28	1C	0	0	0	1	1	1	0	0	LED5_OFF_L	读/写	LED5输出和亮度控制字节2
29	1D	0	0	0	1	1	1	0	1	LED5_OFF_H	读/写	LED5输出和亮度控制 字节3
30	1E	0	0	0	1	1	1	1	0	LED6_ON_L	读/写	LED6输出和亮度控制 字节0
31	1F	0	0	0	1	1	1	1	1	LED6_ON_H	读/写	LED6输出和亮度控制字节1
32	20	0	0	1	0	0	0	0	0	LED6_OFF_L	读/写	LED6输出和亮度控制字节2
33	21	0	0	1	0	0	0	0	1	LED6_OFF_H	读/写	LED6输出和亮度控制 字节3
34	22	0	0	1	0	0	0	1	0	LED7_ON_L	读/写	LED7输出和亮度控制 字节0
35	23	0	0	1	0	0	0	1	1	LED7_ON_H	读/写	LED7输出和亮度控制字节1
36	24	0	0	1	0	0	1	0	0	LED7_OFF_L	读/写	LED7输出和亮度控制字节2
37	25	0	0	1	0	0	1	0	1	LED7_OFF_H	读/写	LED7输出和亮度控制 字节3
38	26	0	0	1	0	0	1	1	0	LED8_ON_L	读/写	LED8输出和亮度控制 字节0

39	27	0	0	1	0	0	1	1	1	LED8_ON_H	读/写	LED8输出和亮度控制字 节1
40	28	0	0	1	0	1	0	0	0	LED8_OFF_L	读/写	LED8输出和亮度控制字 节2
41	29	0	0	1	0	1	0	0	1	LED8_OFF_H	读/写	LED8输出和亮度控制字 节3

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

表 3.寄存器汇总...继续

注册 # (十进制)	寄存器# (十六进制)	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	命名	类型	职能
42	2A	0	0	1	0	1	0	1	0	LED9_ON_L	读/写	LED9输出和亮度控制 字节0
43	2B	0	0	1	0	1	0	1	1	LED9_ON_H	读/写	LED9输出和亮度控制 字节1
44	2C	0	0	1	0	1	1	0	0	LED9_OFF_L	读/写	LED9输出和亮度控制 字节2
45	2D	0	0	1	0	1	1	0	1	LED9_OFF_H	读/写	LED9的输出和亮度控制 字节3
46	2E	0	0	1	0	1	1	1	0	LED10_ON_L	读/写	LED10输出和亮度控制 字节0
47	2F	0	0	1	0	1	1	1	1	LED10_ON_H	读/写	LED10输出和亮度控制 字节1
48	30	0	0	1	1	0	0	0	0	LED10_OFF_L	读/写	LED10输出和亮度控制 字节2
49	31	0	0	1	1	0	0	0	1	LED10_OFF_H	读/写	LED10输出和亮度控制 字节3
50	32	0	0	1	1	0	0	1	0	LED11_ON_L	读/写	LED11输出和亮度控制 字节0
51	33	0	0	1	1	0	0	1	1	LED11_ON_H	读/写	LED11输出和亮度控制 字节1
52	34	0	0	1	1	0	1	0	0	LED11_OFF_L	读/写	LED11输出和亮度控制 字节2
53	35	0	0	1	1	0	1	0	1	LED11_OFF_H	读/写	LED11输出和亮度控制 字节3
54	36	0	0	1	1	0	1	1	0	LED12_ON_L	读/写	LED12输出和亮度控制 字节0
55	37	0	0	1	1	0	1	1	1	LED12_ON_H	读/写	LED12输出和亮度控制 字节1
56	38	0	0	1	1	1	0	0	0	LED12_OFF_L	读/写	LED12输出和亮度控制 字节2
57	39	0	0	1	1	1	0	0	1	LED12_OFF_H	读/写	LED12输出和亮度控制 字节3
58	3A	0	0	1	1	1	0	1	0	LED13_ON_L	读/写	LED13输出和亮度控制 字节0

59	3B	0	0	1	1	1	0	1	1	LED13_ON_H	读/写	LED13输出和亮度控制 字节1
60	3C	0	0	1	1	1	1	0	0	LED13_OFF_L	读/写	LED13输出和亮度控制 字节2
61	3D	0	0	1	1	1	1	0	1	LED13_OFF_H	读/写	LED13的输出和亮度控制 字节3

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

表 3. 寄存器汇总...继续

注册 # (十进制)	寄存器# (十六进制)	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	命名	类型	职能
62	3E	0	0	1	1	1	1	1	0	LED14_ON_L	读/写	LED14输出和亮度控制 字节0
63	3F	0	0	1	1	1	1	1	1	LED14_ON_H	读/写	LED14输出和亮度控制 字节1
64	40	0	1	0	0	0	0	0	0	LED14_OFF_L	读/写	LED14输出和亮度控制 字节2
65	41	0	1	0	0	0	0	0	1	LED14_OFF_H	读/写	LED14输出和亮度控制 字节3
66	42	0	1	0	0	0	0	1	0	LED15_ON_L	读/写	LED15输出和亮度控制 字节0
67	43	0	1	0	0	0	0	1	1	LED15_ON_H	读/写	LED15输出和亮度控制 字节1
68	44	0	1	0	0	0	1	0	0	LED15_OFF_L	读/写	LED15输出和亮度控制 字节2
69	45	0	1	0	0	0	1	0	1	LED15_OFF_H	读/写	LED15输出和亮度控制 字节3
. 保留给未来使用												
250	FA	1	1	1	1	1	0	1	0	ALL_LED_ON_L	写/读零	载入所有的LEDn_ON 寄存器, 字节0
251	基金会	1	1	1	1	1	0	1	1	所有_LED_ON_H	写/读零	载入所有的LEDn_ON 寄存器, 字节1
252	基金会	1	1	1	1	1	1	0	0	所有_LED_OFF_L	写/读零	载入所有的LEDn_OFF 寄存器, 字节0
253	FD	1	1	1	1	1	1	0	1	所有_LED_OFF_H	写/读零	载入所有的LEDn_OFF 寄存器, 字节1
254	基金会	1	1	1	1	1	1	1	0	PRE_SCALE <sup>[1]</sup>	读/写	输出频率的预分频 器
255	FF	1	1	1	1	1	1	1	1	测试模式 <sup>[2]</sup>	读/写	定义了要进入的测试模 式

...所有进一步的地址都是为将来使用而保留的；保留的地址将不会被确认。

[1] 当SLEEP位为逻辑0（MODE 1）时，对PRE\_SCALE寄存器的写入被阻止。

[2] 保留。对该寄存器的写入可能导致不可预测的结果。

备注。自动增量过寄存器69将指向MODE1寄存器（寄存器0）。

自动增量也是从寄存器250工作到寄存器254，然后滚动到寄存器0

16通道、12位PWM分辨率、I2C总线的LED控制器

7.3.1 模式寄存器1，MODE1

表 4.MODE1 - 模式寄存器1（地址00h）位描述

图例。\* 默认值。

位	符号	访问	价值	描述
7	重新启动	R		显示RESTART逻辑的状态。详见7.3.1.1节。
			W	用户把逻辑1写到这个位上，就可以把它清除为逻辑0。用户对逻辑0的写入不会有任何影响。详见7.3.1.1节。
			0*	重新启动被禁用。
			1	启用重启。
6	呼叫中心	R/W		要使用EXTCLK引脚，必须按以下顺序设置该位。 1.在MODE1中设置SLEEP位。这将关闭内部振荡器。 2.在MODE1的SLEEP和EXTCLK位上都写逻辑1。现在切换已经完成。由于SLEEP位被设置，外部时钟在切换过程中可以被激活。  这个位是一个"粘性位"，也就是说，它不能通过写一个逻辑0来清除。EXTCLK位只能通过电源循环或软件复位来清除。  EXTCLK范围是DC到50MHz。  $\text{刷新率} = \frac{\text{EXTCLK}}{4096 \text{ 预标度} + 1}$
			0*	使用内部时钟。
			1	使用EXTCLK引脚时钟。
5	AI	R/W	0*	禁用寄存器自动增量[1]。
			1	启用寄存器自动增量。
4	睡眠	R/W	0	正常模式[2]。
			1*	低功率模式。振荡器关闭[3][4]。
3	SUB1	R/W	0*	PCA9685对I2C总线子地址1没有反应。
			1	PCA9685对I2C总线子地址1作出反应。
2	サイト2	R/W	0*	PCA9685对I2C总线子地址2没有反应。
			1	PCA9685对I2C总线子地址2作出反应。
1	サイト3	R/W	0*	PCA9685对I2C总线子地址3没有反应。
			1	PCA9685对I2C总线子地址3作出反应。
0	呼叫中心	R/W	0	PCA9685对LED All Call I2C总线地址没有反应。

[1] 当AI=1时，控制寄存器在读写后自动增量。这使得用户可以按顺序对寄存器进行编程。

[2] 一旦SLEEP位被设置为逻辑0，振荡器最多需要500秒才能启动和运行。如果在500秒的窗口内访问PWM控制寄存器，则不能保证LEDn输出的时间。使用EXTCLK引脚作为PWM时钟时，不需要启动延迟。

[3] 当振荡器关闭时，不可能有PWM控制。

[4] 当振荡器关闭时（睡眠模式），LEDn输出不能被打开、关闭或变暗/闪烁。

### 7.3.1.1 重新启动模式

如果PCA9685正在工作，而用户决定让芯片进入睡眠状态（设置MODE1第4位），而不停止任何PWM通道，那么RESTART位（MODE1第7位）将在PWM刷新周期结束时被设置为逻辑1。当时钟关闭时，每个PWM寄存器的内容都保持有效。

要想用几个I2C总线周期重新启动所有以前活动的PWM通道，请执行以下步骤。

1. 读取MODE1寄存器。
2. 检查第7位（RESTART）是否为逻辑1。如果是，清除第4位（SLEEP）。给予振荡器稳定的时间（500秒）。
3. 将逻辑1写到MODE1寄存器的第7位。所有的PWM通道将重新启动，RESTART位将被清除。

**备注。**在向RESTART位写入逻辑1之前，SLEEP位必须至少在500秒内为逻辑0。

其他会清除RESTART位的动作是：

1. 电源循环。
2. I2C软件复位命令。
3. 如果MODE2 OCH位为逻辑0，可以写到任何PWM寄存器，然后发出I2C总线STOP。
4. 如果MODE2 OCH位为逻辑1，则写入任何一个PWM通道的所有四个PWM寄存器。

同样，如果用户在设置SLEEP位之前有序地关闭<sup>1</sup>所有的PWM通道，RESTART位将被清除。如果这样做，所有的PWM寄存器的内容就会失效，在重新使用前必须重新加载。

使用RESTART位的一个例子是将客户的笔记本电脑从待机状态出来后的LCD背光强度恢复到进入待机状态前的水平。



**16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器**

1.有两种方法可以用来做有序的关机。最快的方法是在寄存器ALL\_LED\_OFF\_H的第4位写一个逻辑1。另一种方法是将逻辑1写入每个活动的PWM通道LEDn\_OFF\_H寄存器的第4位。

7.3.2 模式寄存器2，MODE2

表 5.MODE2 - 模式寄存器2（地址01h）位描述

图例。\* 默认值。

位	符号	访问	价值	描述
7至5	-	只读	000*	保留
4	INVRT <sup>[1]</sup>	R/W	0*	输出逻辑状态不反转。使用外部驱动器时使用的值。当OE=0时适用。
			1	输出逻辑状态反转。不使用外部驱动器时使用的值。当OE=0时适用。
3	OCH	R/W	0*	在STOP命令 <sup>[2]</sup> 下输出改变。
			1	ACK <sup>[3]</sup> 时输出变化。
2	OUTDRV <sup>[1]</sup>	R/W	0	16个LEDn输出被配置为开漏结构。
			1*	16个LEDn输出被配置为图腾柱结构。
1至0	OUTNE[1:0] <sup>[4]</sup>	R/W	00*	当OE=1（输出驱动器未启用），LEDn=0。
			01	当OE=1（输出驱动器未启用）。
				当OUTDRV=1时，LEDn=1
			当OUTDRV=0时，LEDn=高阻抗（与OUTNE[1:0]=10相同）	1X当
			OE=1（输出驱动器未启用），LEDn=高阻抗。	

- [1] 更多细节见第7.7节 "使用PCA9685与否的外部驱动器"。普通的LED可以在任一模式下直接驱动。一些较新的LED包括集成齐纳二极管，以限制电压瞬变，减少EMI，保护LED，这些必须只在开漏模式下驱动，以防止IC过热。
- [2] 在STOP命令下改变输出，可以使一个以上的PCA9685的输出同步。仅适用于06h（LED0\_ON\_L）至45h（LED15\_OFF\_H）的寄存器。在STOP之前，可以按照任何顺序写入1个或多个寄存器。
- [3] ACK上的更新要求所有4个PWM通道寄存器都被加载，然后输出才会在最后一个ACK上发生变化。
- [4] 详见7.4节 "有效低电平输出使能输入"。

7.3.3 LED输出和PWM控制

每个LED驱动器输出的开启时间和PWM的占空比可以通过LEDn\_ON和LEDn\_OFF寄存器独立控制。

每个LED输出将有两个12位寄存器。这些寄存器将由用户进行编程。这两个寄存器将保持一个从0到4095的值。一个12位寄存器将保存一个开启时间的值，另一个12位寄存器将保存关闭时间的值。ON和OFF时间与一个12位的计数器的值进行比较，该计数器将从0000h到0FFFh（0到4095的十进制）连续运行。

ACK上的更新要求所有4个PWM通道寄存器都被加载，然后输出才会在最后一个ACK上发生变化。

开启时间是可编程的，它将是LED输出被断言的时间，关闭时间也是可编程的，它将是

LED输出被否定的时间。这样一来，相移就完全可以编程了。相移的分辨率是目标频率的14096。[表6](#)列出了这些寄存器。

下面两个例子说明了如何计算要加载到这些寄存器中的数值。

例1：（假设使用LED0输出，（延迟时间）+（PWM占空比）100 %）。

延迟时间=10 %；PWM占空比=20 %（LED开启时间=20 %；LED关闭时间=80 %）。

延迟时间 = 10 % = 409.6 ~ 410次 = 19Ah。

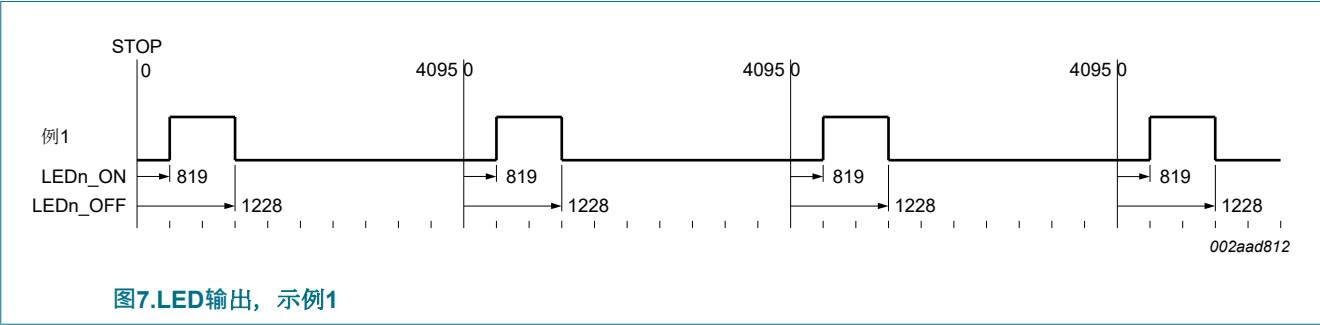
由于计数器从0开始，在4095结束，我们将减去1，所以延迟时间=199h计数。

LED0\_ON\_H = 1h; LED0\_ON\_L = 99h

LED开启时间=20%=819.2~819次。

关闭时间=4CCh（十进制410+819 1=1228）

LED0\_OFF\_H=4h；LED0\_OFF\_L=CCh



例2：（假设使用LED4输出，并且（延迟时间）+（PWM占空比>100 %）。

延迟时间=90 %；PWM占空比=90 %（LED开启时间=90 %；LED关闭时间=10 %）。

延迟时间=90 % = 3686.4 ~ 3686计数1 = 3685 = E65h。

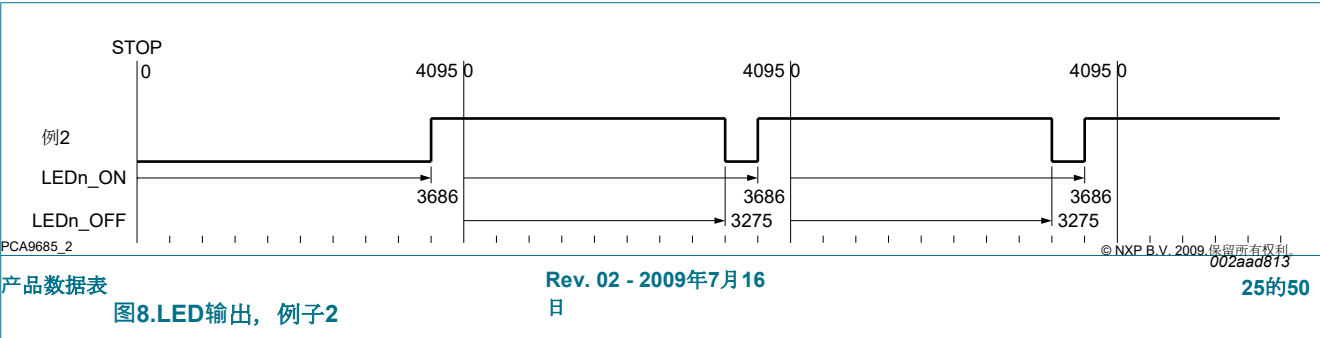
LED4\_ON\_H = Eh; LED4\_ON\_L = 65h

LED开启时间=90%=3686次。

由于占空比的延迟时间和LED开启周期大于4096次，LEDn\_OFF计数将在下一帧发生。因此，从LEDn\_OFF计数中减去4096以得到正确的LEDn\_OFF计数。[见图9、图10和图11。](#)

关闭时间=4CBh（十进制3685+3686=7372 4096=3275）

LED4\_OFF\_H=4h；LED4\_OFF\_L=CBh



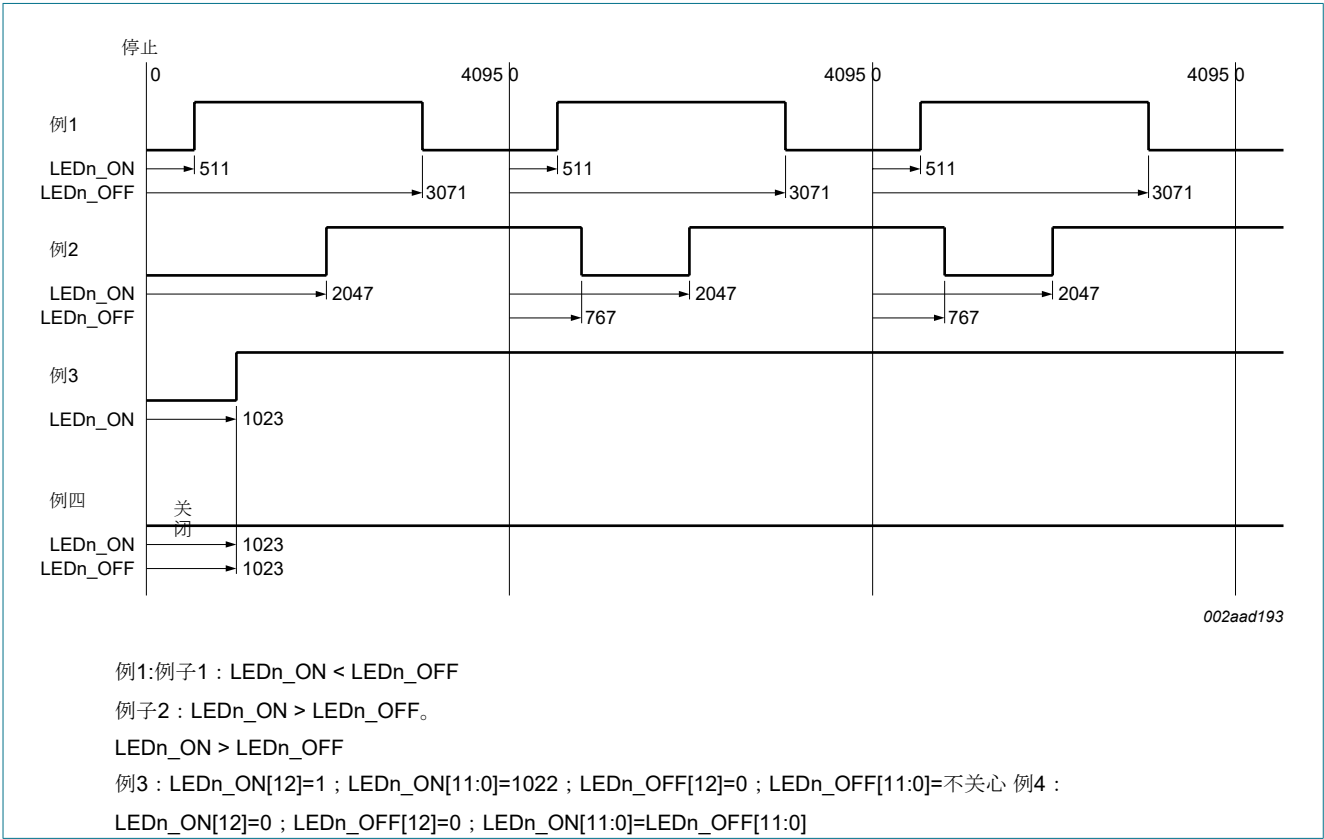
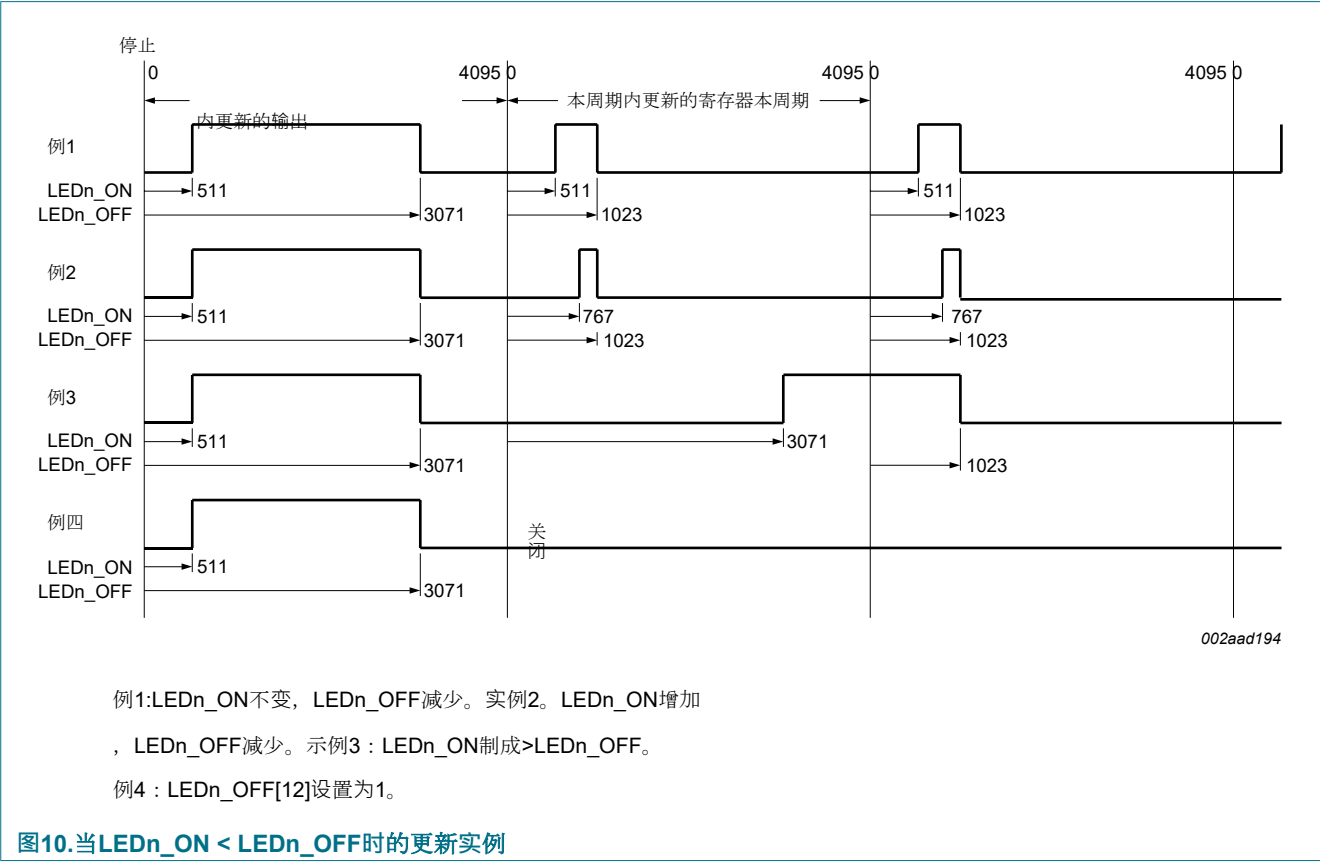
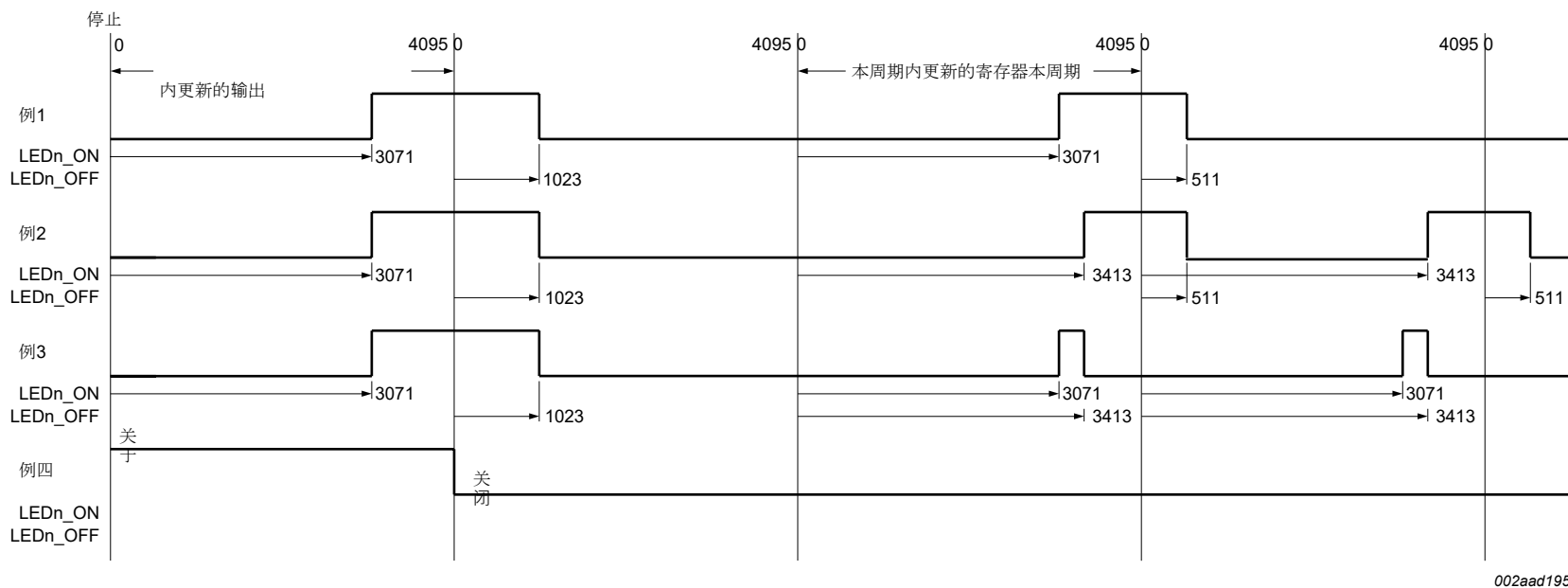


图9.输出示例





例1:LEDn\_ON不变, LEDn\_OFF减少, 但延迟仍>LEDn\_OFF 例2:LEDn\_ON改变,  
LEDn\_OFF改变, 但延迟仍然>LEDn\_OFF 例3 : LEDn\_ON不变, LEDn\_OFF增加, 其中  
LEDn\_ON<LEDn\_OFF 例4 : LEDn\_ON[12]=1, LEDn\_OFF[12]从0变为1

图11.当LEDn\_ON>LEDn\_OFF时的更新实例

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

表 6.LED\_ON、LED\_OFF控制寄存器（地址06h至45h）的位描述  
图例。\* 默认值。

地址	注册	位	符号	访问	价值	描述
06h	LED0_ON_L	7:0	LED0_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED0的LEDn_ON计数，8个LSBs
07h	LED0_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED0_ON_H[4]	R/W	0*	LED0全开
		3:0	LED0_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED0的LEDn_ON计数，4个MSBs
08h	LED0_OFF_L	7:0	led0_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED0的LEDn_OFF计数，8个LSBs
09h	LED0_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED0_OFF_H[4]	R/W	1*	LED0全关
		3:0	led0_off_h[3:0]	R/W	0000*	
0Ah	LED1_ON_L	7:0	LED1_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED1的LEDn_ON计数，8个LSBs
0Bh	LED1_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED1_ON_H[4]	R/W	0*	LED1全开
		3:0	LED1_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED1的LEDn_ON计数，4个MSBs
0Ch	LED1_OFF_L	7:0	led1_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED1的LEDn_OFF计数，8个LSBs
0Dh	LED1_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED1_OFF_H[4]	R/W	1*	LED1全关
		3:0	led1_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED1的LEDn_OFF计数，4个MSBs
0Eh	LED2_ON_L	7:0	LED2_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED2的LEDn_ON计数，8个LSBs
0Fh	LED2_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED2_ON_H[4]	R/W	0*	LED2全开
		3:0	LED2_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED2的LEDn_ON计数，4个MSBs
10h	LED2_OFF_L	7:0	led2_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	用于LED2的LEDn_OFF计数，8个LSBs
11h	LED2_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED2_OFF_H[4]	R/W	1*	LED2全关
		3:0	led2_off_h[3:0]	R/W	0000*	用于LED2的LEDn_OFF计数，4个MSBs
12h	LED3_ON_L	7:0	LED3_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED3的LEDn_ON计数，8个LSBs
13h	LED3_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED3_ON_H[4]	R/W	0*	LED3全开
		3:0	LED3_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED3的LEDn_ON计数，4个MSBs
14h	LED3_OFF_L	7:0	led3_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED3的LEDn_OFF计数，8个LSBs
15h	LED3_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED3_OFF_H[4]	R/W	1*	LED3全关
		3:0	led3_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED3的LEDn_OFF计数，4个MSBs
16h	LED4_ON_L	7:0	LED4_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED4的LEDn_ON计数，8个LSBs
17h	LED4_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED4_ON_H[4]	R/W	0*	LED4全开



3:0	LED4_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED4的LEDn_ON计数, 4个MSBs
-----	----------------	-----	-------	------------------------

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

表 6.LED\_ON、LED\_OFF控制寄存器（地址06h至45h）的位描述 ...续

图例。\* 默认值。

地址	注册	位	符号	访问	价值	描述
18h	LED4_OFF_L	7:0	led4_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	用于LED4的LEDn_OFF计数，8个LSBs
19h	LED4_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED4_OFF_H[4]	R/W	1*	LED4全关
		3:0	led4_off_h[3:0]	R/W	0000*	用于LED4的LEDn_OFF计数，4个MSBs
1Ah	LED5_ON_L	7:0	LED5_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED5的LEDn_ON计数，8个LSBs
1Bh	LED5_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED5_ON_H[4]	R/W	0*	LED5全开
		3:0	LED5_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED5的LEDn_ON计数，4个MSBs
1Ch	LED5_OFF_L	7:0	led5_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED5的LEDn_OFF计数，8个LSBs
1Dh	LED5_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED5_OFF_H[4]	R/W	1*	LED5全关
		3:0	led5_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED5的LEDn_OFF计数，4个MSBs
1Eh	LED6_ON_L	7:0	LED6_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED6的LEDn_ON计数，8个LSBs
1Fh	LED6_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED6_ON_H[4]	R/W	0*	LED6全开
		3:0	LED6_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED6的LEDn_ON计数，4个MSBs
20h	LED6_OFF_L	7:0	led6_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED6的LEDn_OFF计数，8个LSBs
21h	LED6_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED6_OFF_H[4]	R/W	1*	LED6全关
		3:0	led6_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED6的LEDn_OFF计数，4个MSBs
22h	LED7_ON_L	7:0	LED7_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED7的LEDn_ON计数，8个LSBs
23h	LED7_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED7_ON_H[4]	R/W	0*	LED7全开
		3:0	LED7_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED7的LEDn_ON计数，4个MSBs
24h	LED7_OFF_L	7:0	led7_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED7的LEDn_OFF计数，8个LSBs
25h	LED7_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED7_OFF_H[4]	R/W	1*	LED7全关
		3:0	led7_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED7的LEDn_OFF计数，4个MSBs
26h	LED8_ON_L	7:0	LED8_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED8的LEDn_ON计数，8个LSBs
27h	LED8_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED8_ON_H[4]	R/W	0*	LED8全开
		3:0	LED8_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED8的LEDn_ON计数，4个MSBs
28h	LED8_OFF_L	7:0	led8_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	用于LED8的LEDn_OFF计数，8个LSBs
29h	LED8_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写

4	LED8_OFF_H[4]	R/W	1*	LED8全关
3:0	led8_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED8的LEDn_OFF计数，4个MSBs

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

表 6.LED\_ON、LED\_OFF控制寄存器（地址06h至45h）的位描述 ...续

图例。\* 默认值。

地址	注册	位	符号	访问	价值	描述
2Ah	LED9_ON_L	7:0	LED9_ON_L[7:0]	R/W	0000 0000*	LED9的LEDn_ON计数，8个LSBs
2Bh	LED9_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED9_ON_H[4]	R/W	0*	LED9全开
		3:0	LED9_ON_H[3:0]	R/W	0000*	LED9的LEDn_ON计数，4个MSBs
2Ch	LED9_OFF_L	7:0	led9_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED9的LEDn_OFF计数，8个LSBs
2Dh	LED9_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED9_OFF_H[4]	R/W	1*	LED9全关
		3:0	led9_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED9的LEDn_OFF计数，4个MSBs
2Eh	LED10_ON_L	7:0	led10_on_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED10的LEDn_ON计数，8个LSBs
2Fh	LED10_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED10_ON_H[4]	R/W	0*	LED10全开
		3:0	led10_on_h[3:0]	R/W	0000*	LED10的LEDn_ON计数，4个MSBs
30h	LED10_OFF_L	7:0	led10_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	用于LED10的LEDn_OFF计数，8个LSBs
31h	LED10_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED10_OFF_H[4]	R/W	1*	LED10全关
		3:0	led10_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED10的LEDn_OFF计数，4个MSBs
32h	LED11_ON_L	7:0	led11_on_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED11的LEDn_ON计数，8个LSBs
33h	LED11_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED11_ON_H[4]	R/W	0*	LED11全开
		3:0	led11_on_h[3:0]	R/W	0000*	LED11的LEDn_ON计数，4个MSBs
34h	LED11_OFF_L	7:0	led11_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED11的LEDn_OFF计数，8个LSBs
35h	LED11_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED11_OFF_H[4]	R/W	1*	LED11全关
		3:0	led11_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED11的LEDn_OFF计数，4个MSBs
36h	LED12_ON_L	7:0	led12_on_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED12的LEDn_ON计数，8个LSBs
37h	LED12_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED12_ON_H[4]	R/W	0*	LED12全开
		3:0	led12_on_h[3:0]	R/W	0000*	LED12的LEDn_ON计数，4个MSBs
38h	LED12_OFF_L	7:0	led12_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED12的LEDn_OFF计数，8个LSBs
39h	LED12_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED12_OFF_H[4]	R/W	1*	LED12全关
		3:0	led12_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED12的LEDn_OFF计数，4个MSBs
3Ah	LED13_ON_L	7:0	led13_on_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED13的LEDn_ON计数，8个LSBs
3Bh	LED13_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED13_ON_H[4]	R/W	0*	LED13全开
		3:0	led13_on_h[3:0]	R/W	0000*	LED13的LEDn_ON计数，4个MSBs

表 6.LED\_ON、LED\_OFF控制寄存器（地址06h至45h）的位描述 ...续

图例。\* 默认值。

地址	注册	位	符号	访问	价值	描述
3Ch	LED13_OFF_L	7:0	led13_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED13的LEDn_OFF计数，8个LSBs
3Dh	LED13_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED13_OFF_H[4]	R/W	1*	LED13全关
		3:0	led13_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED13的LEDn_OFF计数，4个MSBs
3Eh	LED14_ON_L	7:0	led14_on_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED14的LEDn_ON计数，8个LSBs
3Fh	LED14_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED14_ON_H[4]	R/W	0*	LED14全开
		3:0	led14_on_h[3:0]	R/W	0000*	LED14的LEDn_ON计数，4个MSBs
40h	LED14_OFF_L	7:0	led14_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED14的LEDn_OFF计数，8个LSBs
41h	LED14_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED14_OFF_H[4]	R/W	1*	LED14全关
		3:0	led14_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED14的LEDn_OFF计数，4个MSBs
42h	LED15_ON_L	7:0	led15_on_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED15的LEDn_ON计数，8个LSBs
43h	LED15_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED15_ON_H[4]	R/W	0*	LED15全开
		3:0	led15_on_h[3:0]	R/W	0000*	LED15的LEDn_ON计数，4个MSBs
44h	LED15_OFF_L	7:0	led15_off_l[7:0]	R/W	0000 0000*	LED15的LEDn_OFF计数，8个LSBs
45h	LED15_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	LED15_OFF_H[4]	R/W	1*	LED15全关
		3:0	led15_off_h[3:0]	R/W	0000*	LED15的LEDn_OFF计数，4个MSBs

LEDn\_ON\_H输出控制位4，当设置为逻辑1时，会使输出始终处于ON状态。LED的开启被LEDn\_ON寄存器中的量所延迟。

LEDn\_OFF[11:0]被忽略。当该位=0时，则LEDn\_ON和LEDn\_OFF寄存器按照其正常定义使用。

LEDn\_OFF\_H输出控制位4，当设置为逻辑1时，导致输出总是关闭。在这种情况下，LEDn\_ON 寄存器中的值被忽略。

备注。当所有的 LED 输出被配置为 "始终关闭 "时，预设的计数器和所有相关的 PWM 周期计时逻辑被禁用。如果LEDn\_ON\_H[4]和LEDn\_OFF\_H[4]同时被设置，则以LEDn\_OFF\_H[4]的功能为优先。

7.3.4 ALL\_LED\_ON和ALL\_LED\_OFF控制

ALL\_LED\_ON和ALL\_LED\_OFF寄存器只允许四个I2C总线写入序列，以相同的模式填充所有ON和OFF寄存器。

表 7.ALL\_LED\_ON和ALL\_LED\_OFF控制寄存器（地址FAh至FEh）位描述  
图例。\* 默认值。

地址	注册	位	符号	访问	价值	描述
FAh	ALL_LED_ON_L	7:0	all_led_on_l[7:0]	只有W	0000 0000*	ALL_LED的LEDn_ON计数，8个MSBs
FBh	所有_LED_ON_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	所有_led_on_h[4]	只有W	1*	ALL_LED全开
		3:0	all_led_on_h[3:0]	只有W	0000*	ALL_LED的LEDn_ON计数，4个MSBs
FCh	所有_LED_OFF_L	7:0	all_led_off_l[7:0]	只有W	0000 0000*	ALL_LED的LEDn_OFF计数，8个MSBs
FDh	所有_LED_OFF_H	7:5	保留	R	000*	不可写
		4	all_led_off_h[4]。	只有W	1*	ALL_LED全关
		3:0	all_led_off_h[3:0]	只有W	0000*	ALL_LED的LEDn_OFF计数，4个MSBs
FEh	预设规模	7:0	PRE_SCALE[7:0]	R/W	0001 1110*	预分频器对输出频率进行编程

LEDn\_ON和LEDn\_OFF的计数可以在0到4095之间变化。LEDn\_ON和LEDn\_OFF计数寄存器决不能用相同的值进行编程。

由于LEDn\_ON和LEDn\_OFF寄存器的加载是通过I2C总线进行的，并且是与内部振荡器异步的，因此我们要确保在改变ON和OFF值时不会出现任何视觉伪影。这可以通过在低电平周期结束时更新变化来实现。

7.3.5 PWM频率 PRE\_SCALE

硬件强制要求在'3'处有一个可以加载到PRE\_SCALE寄存器的最小值。PRE\_SCALE寄存器定义了输出调制的频率。预设值是由公式1所示的公式决定的。

预分度值=圆形.....osc--χλοχκ - 1

4096 update\_rate

(1)

其中更新率是所需的输出调制频率。例如，对于输出频率为200赫兹，振荡器时钟频率为25兆赫。

预调值=圆形.....25MHz-1=30

4096 200

(2)

只有当MODE1寄存器的SLEEP位被设置为逻辑1时，PRE\_SCALE寄存器才能被设置。

7.3.6 SUBADR1至SUBADR3, I2C总线子地址1至3

表 8.SUBADR1至SUBADR3 - I2C总线子地址寄存器0至3（地址02h至04h）位描述  
图例。\* 默认值。

地址	注册	位	符号	访问	价值	描述
02h	苏巴达R1	7:1	A1[7:1]	R/W	1110 001*	I2C总线子地址1
		0	A1[0]	只有R	0*	保留
03h	苏巴达R2	7:1	A2[7:1]	R/W	1110 010*	I2C总线子地址2
		0	A2[0]	只有R	0*	保留
04h	苏巴达R3	7:1	A3[7:1]	R/W	1110 100*	I2C总线子地址3
		0	A3[0]	只有R	0*	保留

子地址是可以通过I2C总线编程的。默认的上电值是E2h、E4h、E8h，设备在上电后不会立即确认这些地址（MODE1寄存器中相应的SUBx位等于0）。

一旦子地址被编程为正确的值，SUBx位需要被设置为逻辑1，以便让设备确认这些地址（MODE1寄存器）。

只有代表I2C总线子地址的7个MSB是有效的。SUBADR<sub>x</sub>寄存器中的LSB是一个只读位（0）。

当SUB<sub>x</sub>被设置为逻辑1时，相应的I2C总线子地址可以在I2C总线读或写序列中使用。

7.3.7 ALLCALLADR, LED全部调用I2C总线地址

表 9.ALLCALLADR- LED全部调用I2C总线地址寄存器（地址05h）位描述  
图例。\* 默认值。

地址	注册	位	符号	访问	价值	描述
05h	辽宁省	7:1	AC[7:1]	R/W	1110 000*	ALLCALL I2C总线地址寄存器
		0	AC[0]	只有R	0*	保留

LED全部调用I2C总线地址允许同时对总线中的所有PCA9685进行编程（寄存器MODE1中的ALLCALL位必须等于1（开机默认状态））。该地址可通过I2C总线进行编程，可在I2C总线读或写序列中使用。寄存器地址也可以被编程为一个子调用。

只有代表All Call I2C总线地址的7个MSB是有效的。ALLCALLADR寄存器中的LSB是一个只读位（0）。

如果ALLCALL位=0，设备不承认在寄存器ALLCALLADR中编程的地址。

7.4 低电平有效的输出使能输入

低电平输出使能（OE）引脚， $\overline{\text{OE}}$ ，允许同时启用或禁用所有LED输出。

- 当一个低电平被施加到OE引脚时， $\overline{\text{OE}}$ ，所有的LED输出被启用，并遵循LEDn\_ON和LEDn\_OFF寄存器中定义的输出状态，极性由INVRT位（MODE2寄存器）定义。
- 当高电平被施加到OE引脚时， $\overline{\text{OE}}$ ，所有的LED输出被编程为MODE2寄存器中OUTNE[1:0]所定义的值。

表 10.OE=1时的LED输出

OUTNE1	OUTNE0	LED输出
0	0	0
0	1	如果OUTDRV=1，则为1，如果OUTDRV=0，则为高阻抗
1	0	高阻抗
1	1	高阻抗

$\overline{\text{OE}}$ 引脚可用作同步信号，以同时开启/关闭几个PCA9685器件。这需要一个外部时钟参考，提供闪烁周期和占空比。

$\overline{\text{OE}}$ 引脚也可以作为外部调光控制信号。外部时钟的频率必须足够高，不能被人眼看到，占空比值决定了LED的亮度。

7.5 通电复位

当电源施加到V<sub>DD</sub> 时，内部上电复位使PCA9685处于复位状态，直到V<sub>DD</sub> 达到V<sub>POR</sub> 。此时，复位状态被释放，PCA9685寄存器和I2C总线状态机被初始化为其默认状态。此后，V<sub>DD</sub> 必须降低到0.2 V以下，以重置器件。

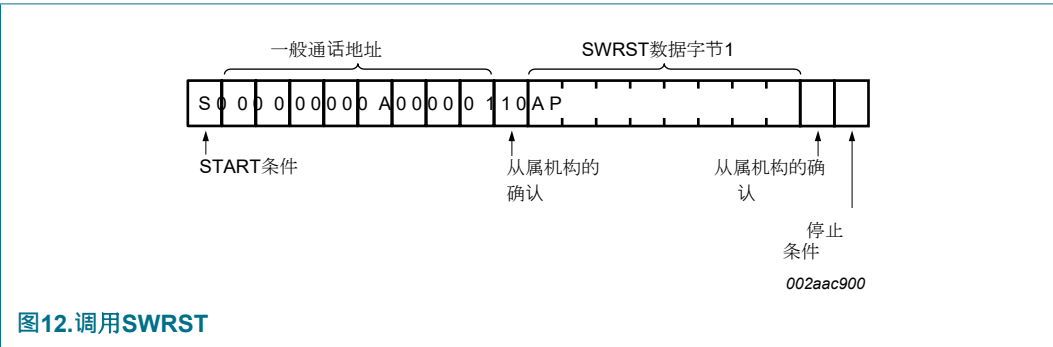


7.6 软件复位

软件复位调用（SWRST调用）允许I2C总线上的所有设备通过一个特定格式的I2C总线命令复位到上电状态值。为了正确执行，这意味着I2C总线是有效的，没有设备挂在总线上。

SWRST调用功能定义如下。

- 1. I2C总线主站发送一个START命令。
- 2. 保留的SWRST I2C总线地址'0000 000'，R/W位设置为'0'（写入），由I2C总线主站发送。
- 3. PCA9685设备在看到总调用地址后确认。  
只有'0000 0000'（00h）。如果R/W位被设置为'1'（读），则不会向I2C总线主站返回确认信息。
- 4. 一旦总调用地址被发送并确认，主站就会发送1个带有1个特定值的字节（SWRST数据字节1）。  
a. 字节1=06h：PCA9685只承认这个值。如果字节1不等于06h，PCA9685不承认它。  
如果发送的数据超过1个字节，PCA9685就不会再确认了。
- 5. 一旦正确的字节（SWRST数据字节1）被发送并被正确确认，主站发送STOP命令以结束SWRST调用：然后PCA9685复位到默认值（上电值），并准备在指定的总线自由时间（tBUF）内再次被寻址。



I2C总线主站必须将来自PCA9685的不确认（在任何时候）解释为 "SWRST调用中止"。PCA9685不会启动对其寄存器的复位。只有当SWRST呼叫序列的格式不正确时才会发生这种情况。

7.7 使用带有和不带有外部驱动器的PCA9685

PCA9685 LED输出驱动器只有5.5V的耐受性，在5V时可灌入高达25mA。

如果该器件需要将LED驱动到更高的电压和/或更大的电流，则需要使用外部驱动器。

- INVRT位（MODE2寄存器）可用于保持LED PWM控制固件的相同，而与外部驱动器的类型无关。该位仅在OE=0时允许LED输出极性反转/不反转。
- OUTDRV位（MODE2寄存器）允许最小化控制外部驱动器（N型或P型器件）所需的外部元件数量。

表 11.当OE=0时，基于连接到LEDn输出的INVRT和OUTDRV 的用途

INVRT	呼叫中心	直接连接到LEDn		外部N型驱动器		外部P型驱动器	
		固件	外部上拉电阻	固件	外部上拉电阻	固件	外部上拉电阻
0	0	公式和LED输出状态值的倒置	LED电流限制R <sup>[2]</sup>	计算公式和LED所需的输出状态倒置的值		计算公式和LED所需的输出状态值应用	
0	1	公式和LED输出状态值的倒置	LED电流限制R <sup>[2]</sup>	公式和LED输出状态不需要 <sup>[3]</sup> 状态值适用 <sup>[3]</sup> 。		公式和LED不需要的输出状态值倒置的	
1	0	公式和LED输出状态值适用 <sup>[2]</sup> 。	LED电流限制R	计算公式和LED所需的输出状态价值适用		计算公式和LED所需的输出状态值倒置的	
1	1	公式和LED输出状态值适用 <sup>[2]</sup> 。	LED电流限制R	公式和LED不要求输出状态倒置的值		公式和LED不输出状态值要求 <sup>[4]</sup> 应用 <sup>[4]</sup>	

[1] 当 OE = 1 时，LED 输出状态仅由 OUTNE[1:0]位（MODE2 寄存器）控制。

[2] 当LED直接连接到LEDn输出时，配置正确（通过限流电阻连接到V<sub>DD</sub>）。

[3] 使用外部N型（NPN、NMOS）驱动器时的最佳配置。

[4] 使用外部P型（PNP，PMOS）驱动器时的最佳配置。

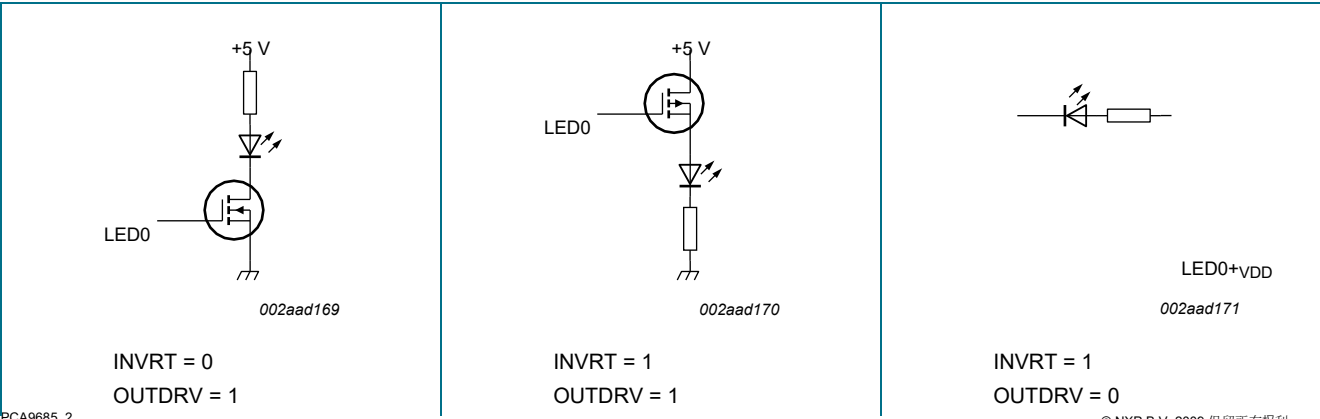


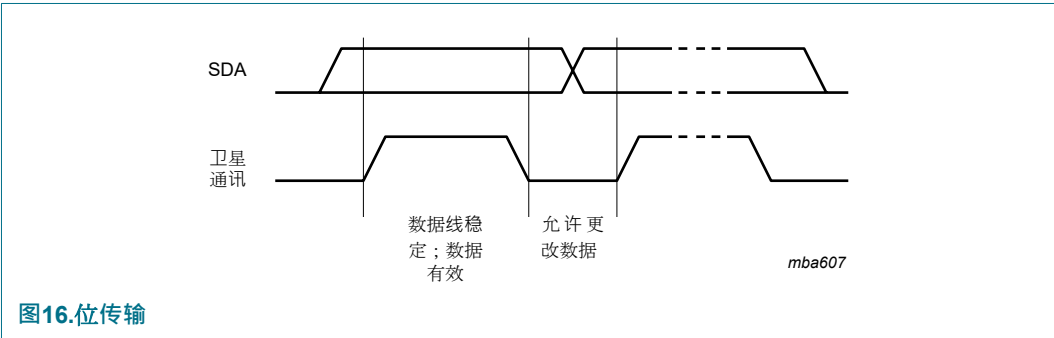
图13.外部N型驱动器	图14.外部P型驱动器16通道、12位PWM Fm+ I2C总线	图15.直接连接LED
-------------	----------------------------------	-------------

8. I2C总线的特点

I2C总线用于不同IC或模块之间的双向2线通信。这两条线是一条串行数据线（SDA）和一条串行时钟线（SCL）。当连接到一个设备的输出级时，这两条线必须通过一个上拉电阻连接到一个正电源。只有在总线不忙的情况下才能启动数据传输。

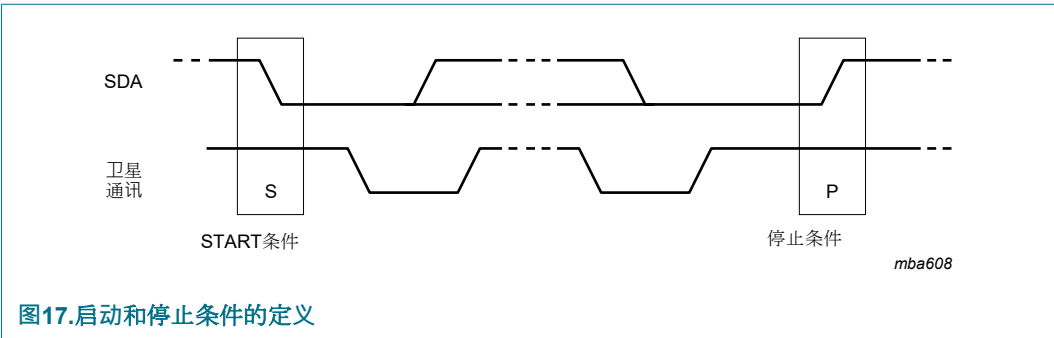
8.1 位传输

每个时钟脉冲期间传输一个数据位。在时钟脉冲的高电平期间，SDA线上的数据必须保持稳定，因为此时数据线的变化将被理解为控制信号（见图16）。



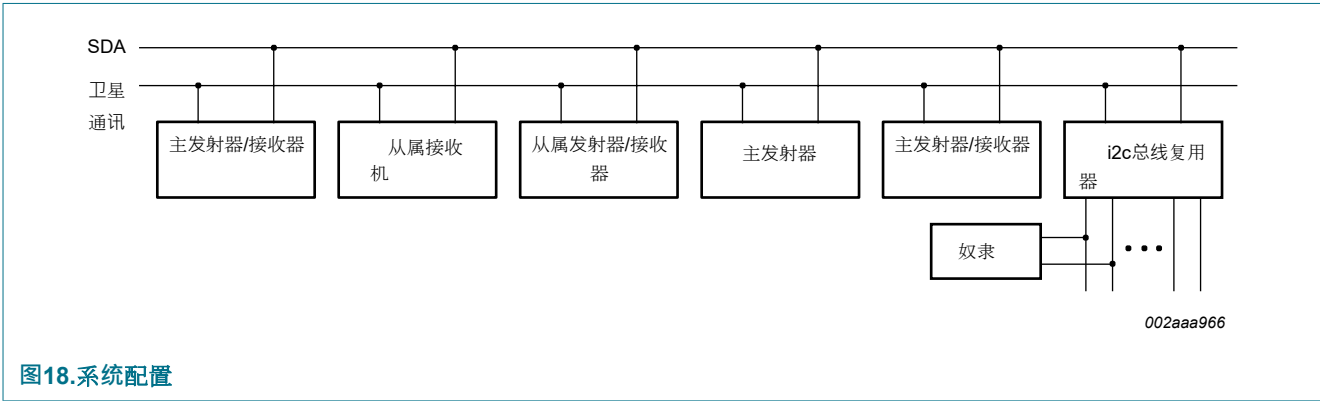
8.1.1启动和停止条件

当总线不忙时，数据和时钟线都保持高电平。当时钟为高电平时，数据线从高到低的转换被定义为启动条件（S）。当时钟为高电平时，数据线从低电平到高电平的转换被定义为停止条件（P）（见图17）。



8.2 系统配置

产生信息的设备是'发射器'；接收的设备是'接收器'。控制信息的设备是'主站'，被主站控制的设备是'从站'（见图18）。

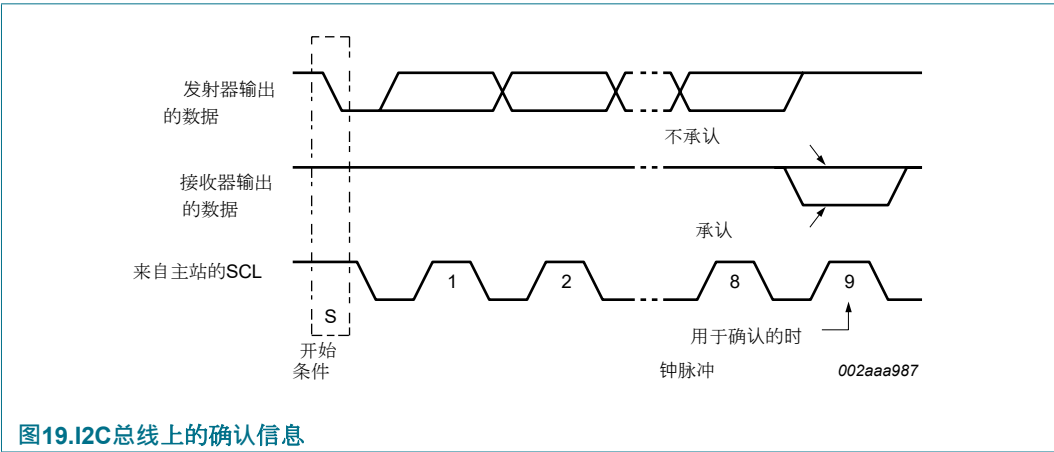


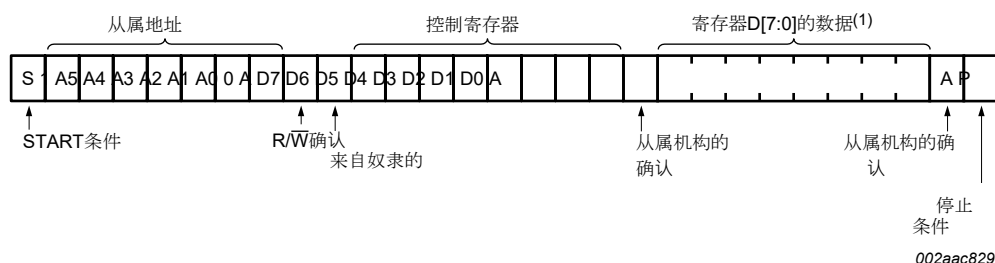
8.3 确认

从发射器到接收器的START和STOP条件之间传输的数据字节数不受限制。每个八位的字节后面都有一个确认位。确认位是发射器放在总线上的一个高电平，而主站则产生一个额外的确认相关的时钟脉冲。

被寻址的从属接收器必须在接收到每个字节后产生一个确认。同样，主站也必须在接收到从站发送器的每一字节的时钟后产生一个确认。进行确认的设备必须在确认时钟脉冲期间拉低SDA线，以便SDA线在确认相关时钟脉冲的高电平期间稳定为低电平；必须考虑到设置时间和保持时间。

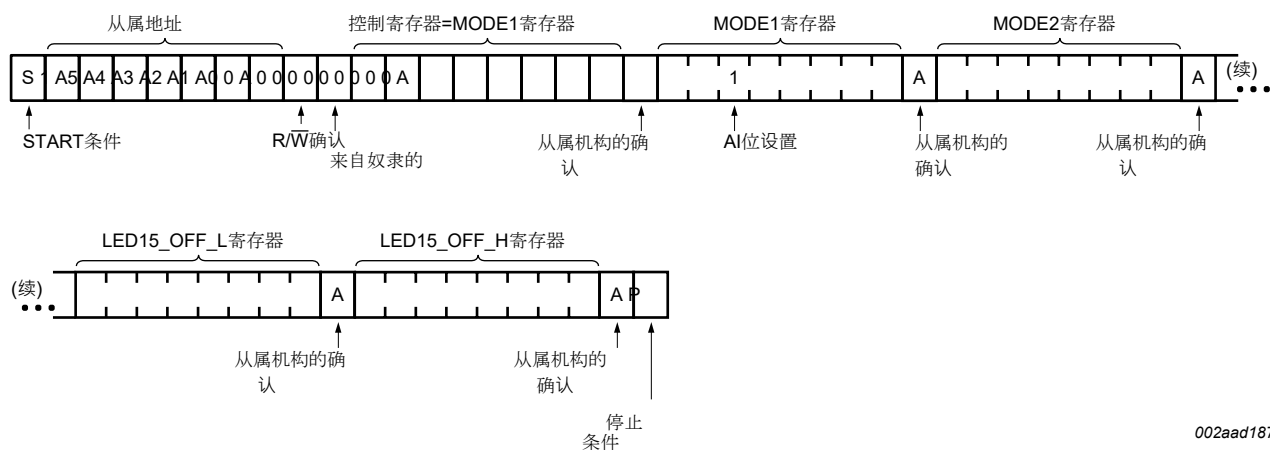
主接收机必须向发射机发出数据结束的信号，在从机时钟输出的最后一个字节上不产生确认。在这种情况下，发射器必须让数据线保持高电平，以使主站产生一个停止条件。





(1) 寄存器定义见表3。

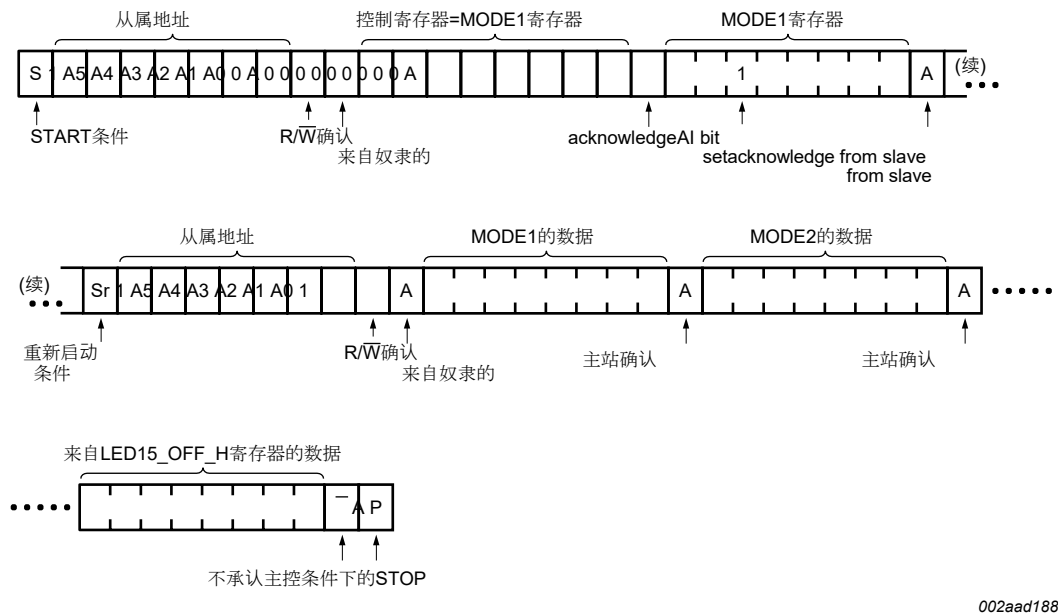
图20.写入一个特定的寄存器



**图21.使用自动增量功能写到所有的寄存器；AI最初清零**

## 9. 公交车交易

## 16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器



**图22.使用自动增量功能读取所有的寄存器；AI最初清除**

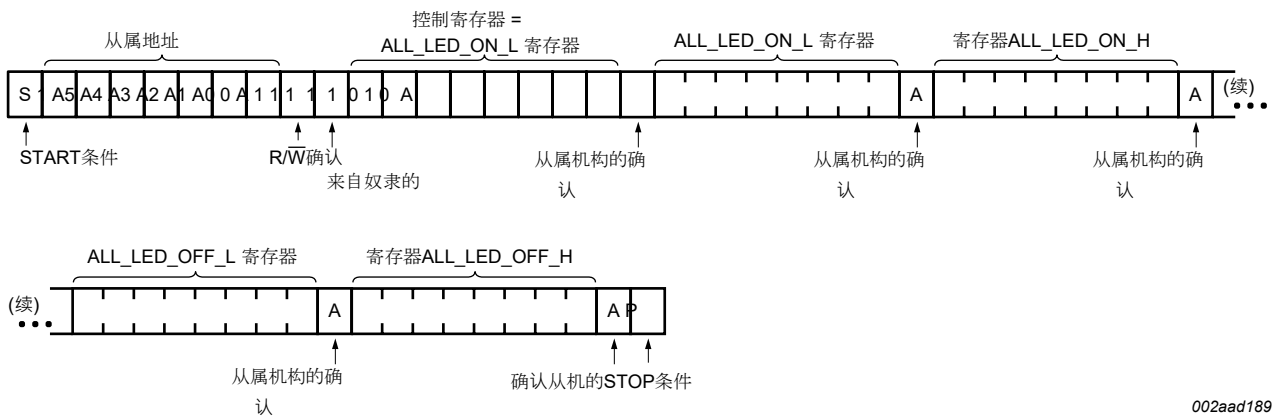


图23.使用自动增量功能写入ALL\_LED\_ON和ALL\_LED\_OFF寄存器；AI初始设置

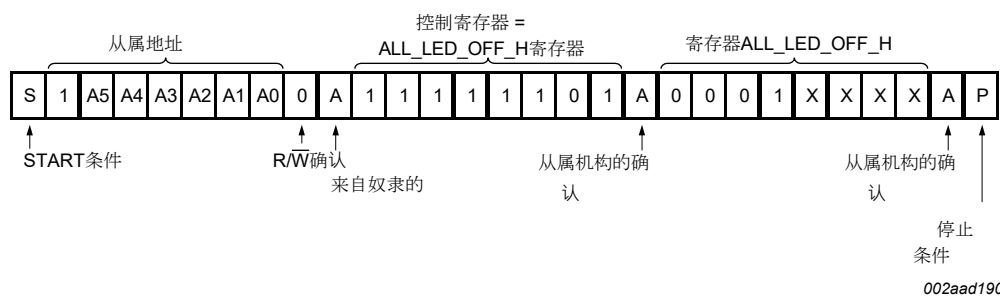
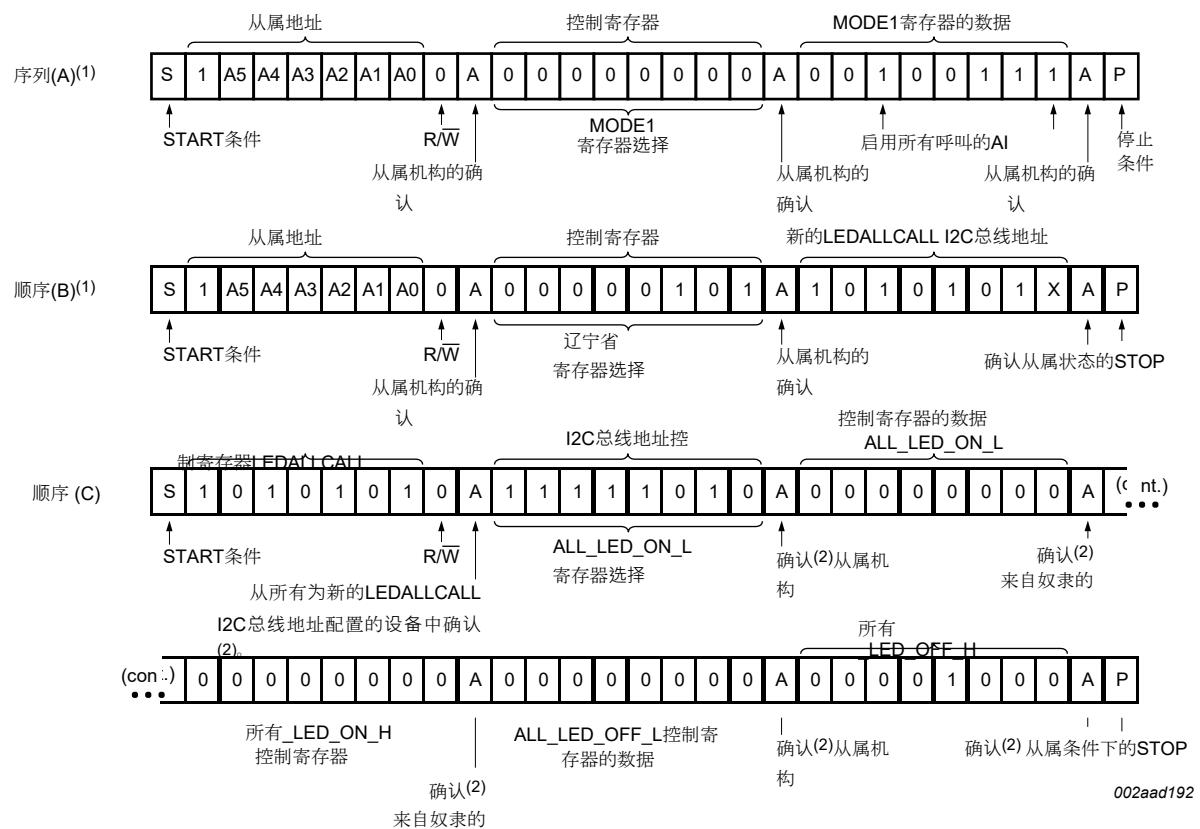


图24.写入ALL\_LED\_OFF\_H以关闭所有的PWMs

## 16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

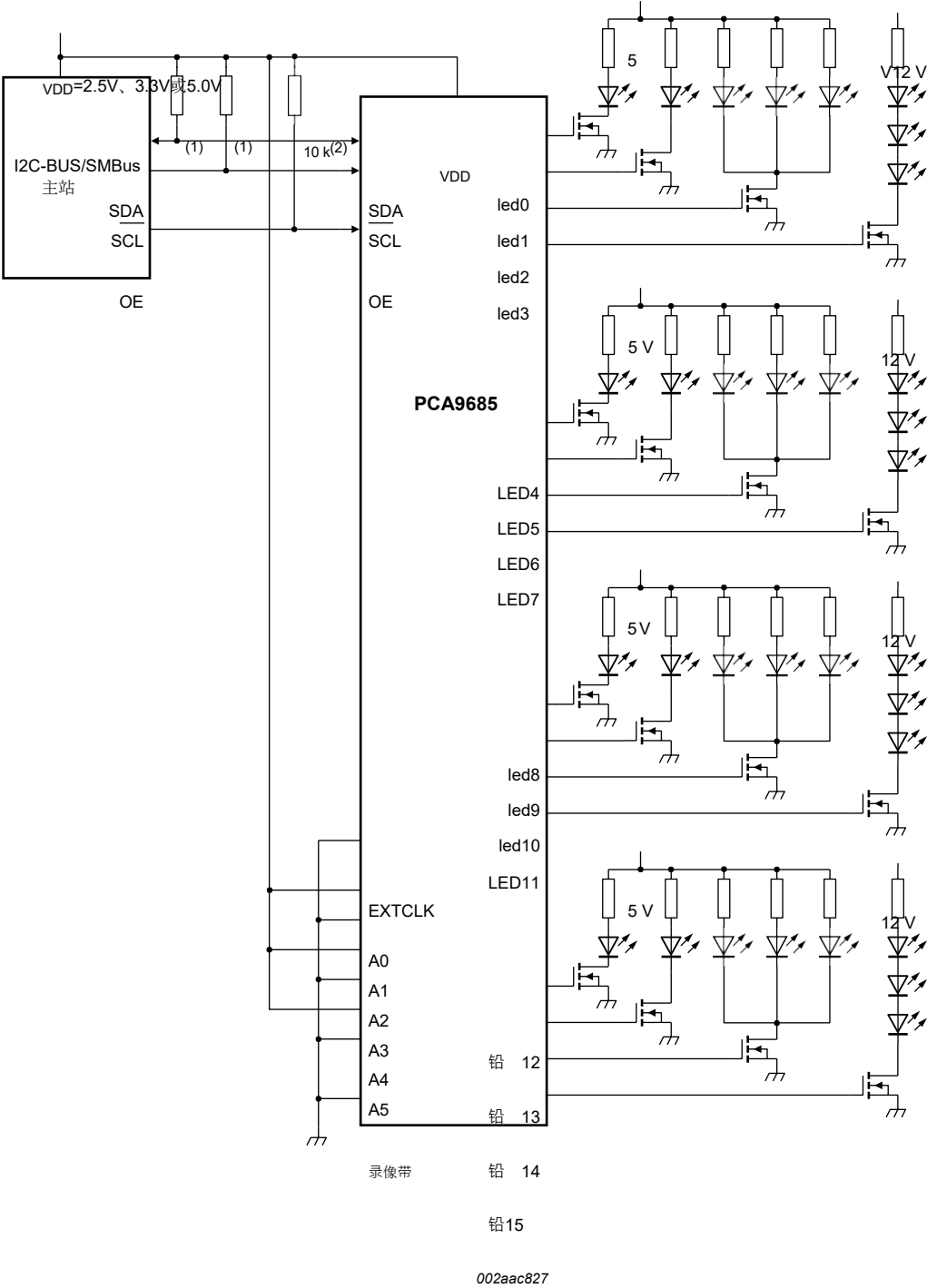


- (1) 在这个例子中，使用了几个PCA9685，上面的相同序列（A）和（B）被发送到每个人的手中。
- (2) 所有为新的LED配置的从属设备的确认 按顺序调用I2C总线地址（B）。

图25.LED全调用I2C总线地址编程和LED全调用序列示例



10. 应用设计信息



I2C总线地址 = 1010 101x。

所有16个LEDn输出可配置为开漏或图腾柱。混合配置是不可能的。

备注。设置INVRT=0, OUTDRV=1, OUTNE=01 (MODE2寄存器位)。

PCA9685 (1) 应参照UM10204第7节 "I2C总线规范和用户手册"选择电阻值。

© NXP B.V. 2009.保留所有权利。

图26.典型应用

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

**问题1：**输出上有什么样的边缘速率控制？

- 典型的边缘速率取决于输出配置、电源电压和应用的负载。输出可以配置为开漏式NMOS或图腾柱式输出。如果客户使用该部件直接驱动LED，他们应该以开漏NMOS的方式使用，如果他们担心最大 $I_{SS}$ 和接地弹跳。边沿速率控制的设计主要是为了减缓输出器件的开启速度；它的关闭速度相当快（~1.5 ns）。在模拟中，开漏NMOS的典型开启时间是~14 ns（ $V_{DD} = 3.6\text{ V}$ ； $C_L = 50\text{ pF}$ ； $R_{PU} = 500$ ）。

**问题2：**地面弹跳是否可能？

- 接地反弹是一种可能性，特别是当所有16个输出都以全电流（每个25 mA）改变时。芯片上有相当数量的去耦电容（约50 pF），旨在抑制一些接地反弹。客户需要确定是否需要在外部分置额外的去耦电容，尽量靠近器件的物理位置。

**问题3：**我是否真的可以通过封装上的单一接地引脚灌入400毫安，这是否会因LED的PWM而导致任何接地反弹问题？

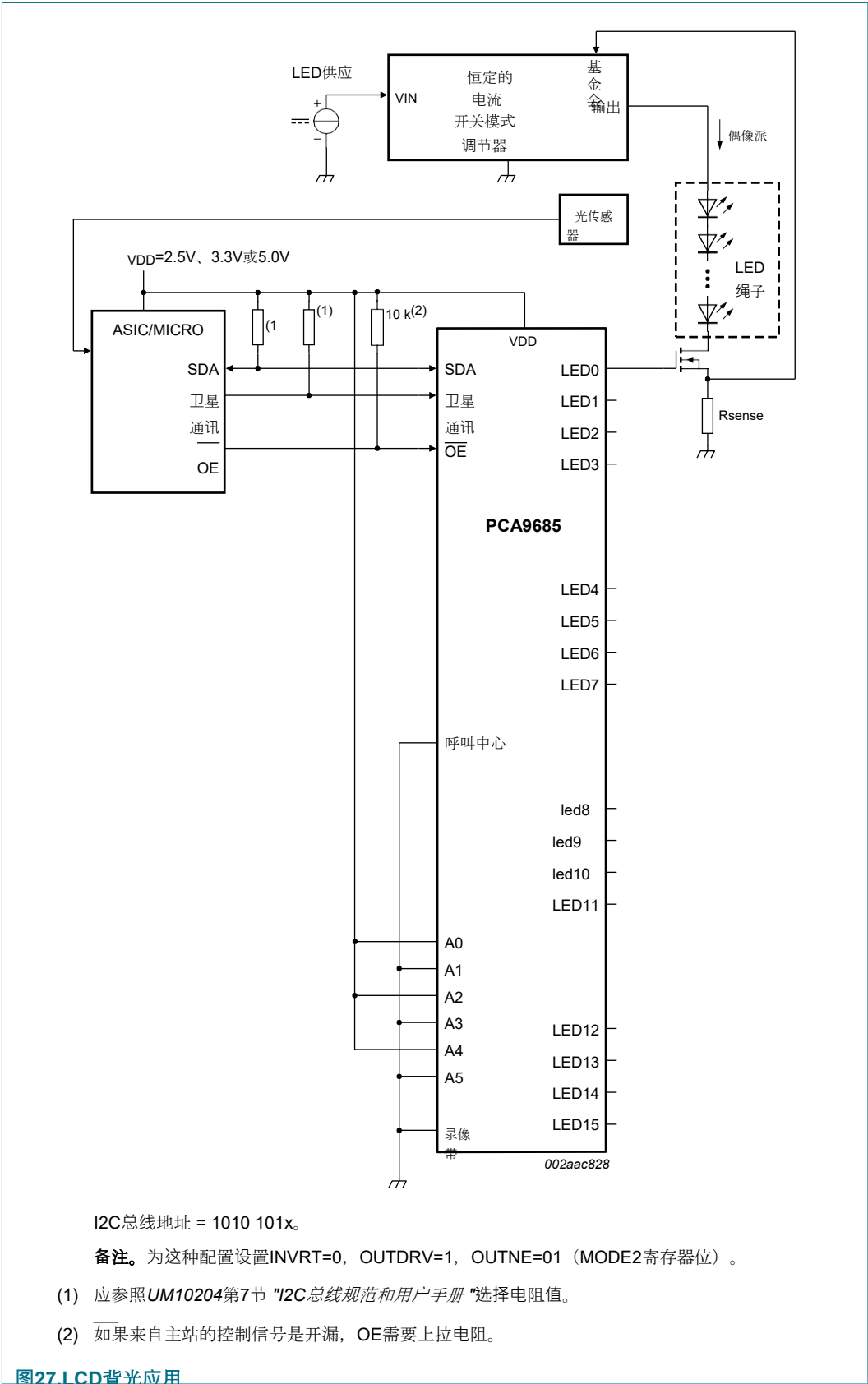
- 是的，你可以通过封装上的一个接地引脚灌入400毫安。虽然该封装只有一个接地引脚，但芯片本身有两个接地焊盘与这一个引脚相连。虽然可能会有一些接地反弹，但它不会破坏部件的运行，而且会因外部去耦电容而减少。

**问题4：**我无法打开或关闭LED，但它们的寄存器却设置得很好。为什么？

- 检查MODE1寄存器SLEEP（位4）的设置。该位需要为0，以便启用时钟。如果两个时钟源（内部振荡器和EXTCLK）都被关闭（位4=1），LED不能被调暗或闪烁。

**问题5：**我正在使用集成齐纳二极管的LED，IC变得非常热。为什么？

- IC的输出可以被设置为开漏或推挽，默认为推挽输出。在这个带有齐纳二极管的应用中，它们需要被设置为开漏，因为在推挽结构中，通过齐纳二极管有一条通往GND的低电阻路径，这将导致IC过热。



11. 极限值

表 12.限制值  
根据绝对最大等级系统 (IEC 60134) 。

符号	参数	条件	闵行区	最大	单位
VDD	电源电压		0.5	+6.0	V
VI/O	输入/输出引脚上的电压		V <sub>SS</sub> 0.5	5.5	V
IO(LEDn)	引脚LEDn上的输出电流		-	25	毫安
国际空间站	地面供电电流		-	400	毫安
淘宝网	总功率耗散		-	400	mW
Tstg	储存温度		65	+150	C
Tamb	环境温度	经营	40	+85	C

12. 静态特征

表 13. 静态 特征  
VDD = 2.3 V至5.5 V ; VSS = 0 V ; Tamb = 40 C至+85 C ; 除非另有规定。

符号	参数	条件	闵行区	类型	最大	单位
供应						
VDD	电源电压		2.3	-	5.5	V
身份证	供应电流	工作模式；无负载。 f <sub>SCL</sub> = 1 MHz; V <sub>DD</sub> = 2.3 V 至 5.5 V	-	6	10	毫安
Istb	待机电流	无负载；f <sub>SCL</sub> = 0 Hz；V <sub>I</sub> = V <sub>DD</sub> 或 V <sub>SS</sub> ； V <sub>DD</sub> = 2.3 V 至 5.5 V	-	2.2	15.5	A
V <sub>POR</sub>	上电复位的	电压为负载；V <sub>I</sub> = V <sub>DD</sub> 或 V <sub>SS</sub>	<a href="#">[1]</a> -	1.70	2.0	V
输入SCL；输入/输出SDA						
V <sub>IL</sub>	低电平输入电压		0.5	-	+0.3V <sub>DD</sub>	V
V <sub>IH</sub>	高电平输入电压		0.7V <sub>DD</sub>	-	5.5	V
国际在线	低电平输出电流	V <sub>OL</sub> = 0.4 V; V <sub>DD</sub> = 2.3 V	20	28	-	毫安
		V <sub>OL</sub> = 0.4 V; V <sub>DD</sub> = 5.0 V	30	40	-	毫安
I <sub>L</sub>	泄漏电流	V <sub>I</sub> = V <sub>DD</sub> 或 V <sub>SS</sub>	1	-	+1	A
C <sub>i</sub>	输入电容	V <sub>I</sub> = V <sub>SS</sub>	-	6	10	pF
LED驱动器输出						
I <sub>OL</sub>	低电平输出	电流V <sub>OL</sub> = 0.5 V; V <sub>DD</sub> = 2.3 V至4.5 V	<a href="#">[2]</a> 12	25	-	毫安
I <sub>OL(tot)</sub>	总低电平输出	电流V <sub>OL</sub> = 0.5 V; V <sub>DD</sub> = 4.5 V	<a href="#">[2]</a> -	-	400	毫安
I <sub>OH</sub> PCA9685_2	高电平输出电流	开漏；V <sub>OH</sub> = V <sub>DD</sub>	10	-	+10	A

VOH	高电平输出电压	$I_{OH} = 10\text{ mA}; V_{DD} = 2.3\text{ V}$	1.6			V
		$I_{OH} = 10\text{ mA}; V_{DD} = 3.0\text{ V}$	2.3	-	-	V
		$I_{OH} = 10\text{ mA}; V_{DD} = 4.5\text{ V}$	4.0	-	-	V
IOZ	关闭状态的输出电流	三态 ; $V_{OH} = V_{DD}$ 或 $V_{SS}$	10	-	+10	A
Co	输出电容		-	5	8	pF

表 13. 静态 特征... 继续

VDD = 2.3 V至5.5 V ; VSS = 0 V ; Tamb = 40 C至+85 C ; 除非另有规定。

符号	参数	条件	闵行区	类型	最大	单位
地址输入 ; OE输入 ; EXTCLK						
VIL	低电平输入电压		0.5	-	+0.3VDD	V
VIH	高电平输入电压		0.7VDD	-	5.5	V
劳工局	输入泄漏电流		1	-	+1	A
Ci	输入电容		-	3	5	pF

- [1] VDD , 必须降低到0.2V, 以便重置部件。
- [2] 由于内部总线的限制, 每个位必须限制在最大25毫安, 总的封装限制在400毫安。

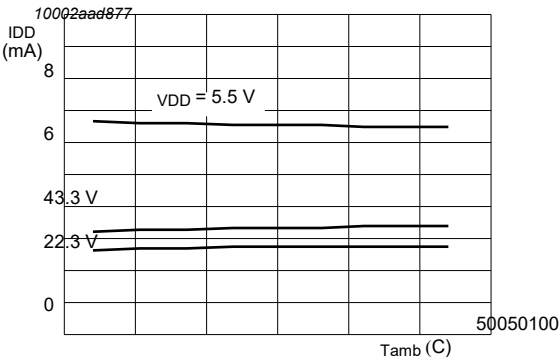


图28.IDD 典型值, OSC开启, fSCL = 1 MHz与温度的关系

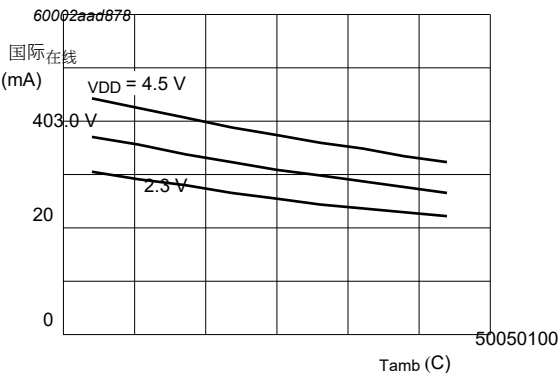


图29. IOL 典型驱动 (LEDn输出) 与温度的关系

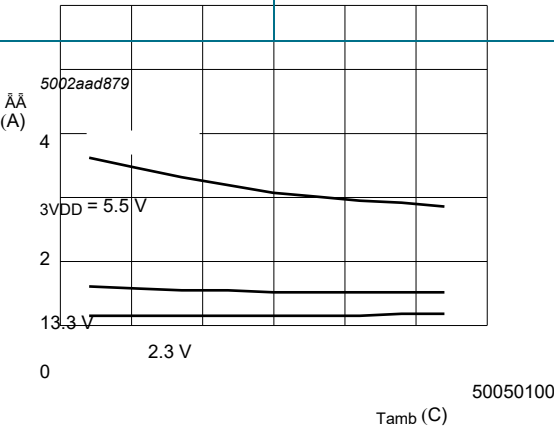


图30.待机电源电流与温度的关系

表 14.动态特性

SymbolParameterConditions		标准模式的I2C 总线		快速模式的I2C总线		快速模式加I2C 总线		单位
		符号参数	条件	符号参数	条件	符号参数	条件	
tEXTCLK	引脚EXTCLK上的频率	直流电	50	直流电	50	直流电	50	兆赫
tBUF	STOP和START条件之间的总线自由时间	4.7	-	1.3	-	0.5	-	s
tHD;STA	保持时间（重复） START条件	4.0	-	0.6	-	0.26	-	s
tSU;STA	重复START条件的设置时间	4.7	-	0.6	-	0.26	-	s
tSU;STO	停机状态下的设置时间	4.0	-	0.6	-	0.26	-	s
tHD;DAT	数据保持时间	0	-	0	-	0	-	ns
tVD;	ACKdata有效确认时间	[2]。	0.3	3.45	0.1	0.9	0.05	0.45 s
tVD;DAT	数据有效时间	[3]。	0.3	3.45	0.1	0.9	0.05	0.45 s
tSU;DAT	数据设置时间	250	-	100	-	50	-	Å
tLOW	SCL时钟的低电平周期	4.7	-	1.3	-	0.5	-	s
高	SCL时钟的高电平周期	4.0	-	0.6	-	0.26	-	s
t <sub>r</sub> SDA和SCL两个信号的下降时间		[4][5]			-30020+ 0.1C [6]			300-120ns
t <sub>r</sub> SDA和SCL两个信号的上升时间					-100020+ 0.1C [6]			300-120ns
t <sub>SP</sub>	必须由输入滤波器抑制的尖峰的脉冲宽度	[7]	-	50	-	50	-	50 ns
t <sub>PLZ</sub>	低电平到关断状态的传播延迟	OE LEDn;- OUTNE[1:0] = 10或11 在MODE2寄存器中	到	40	-	40	-	40 ns
t <sub>pZL</sub>	关闭状态到低电平的传播延迟	OE LEDn;- OUTNE[1:0] = 10或11 在MODE2寄存器中	到	60	-	60	-	60 ns



PCA9685.2

tPHZ	高电平到关断状态的传播延迟	$\overline{OE}$	到LEDn ; -	60	-	60	-	60	ns
		OUTNE[1:0] = 10或11在MODE2寄存器中							

Rev. 02 - 2009年7月16日

© NXP B.V. 2009. 保留所有权利。

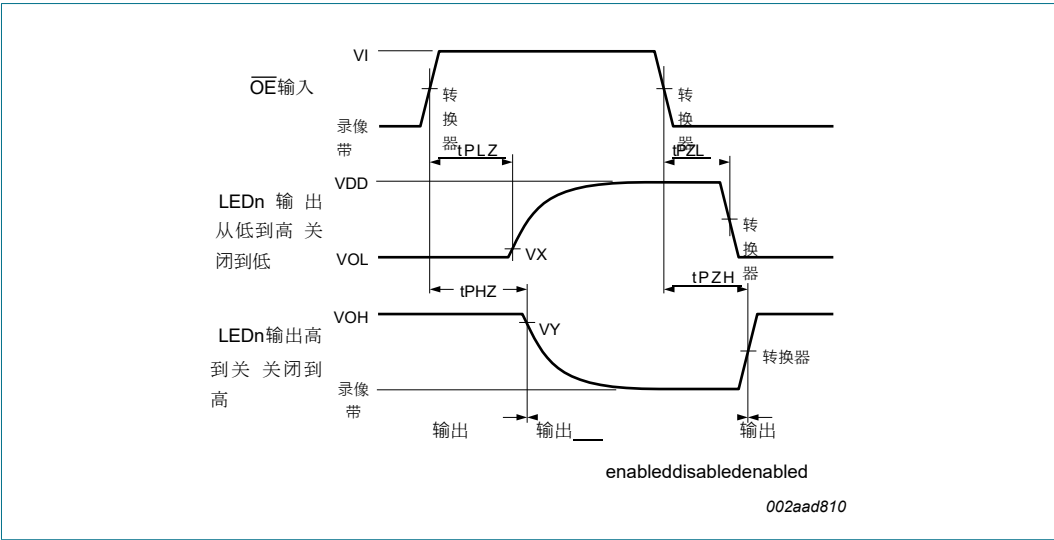
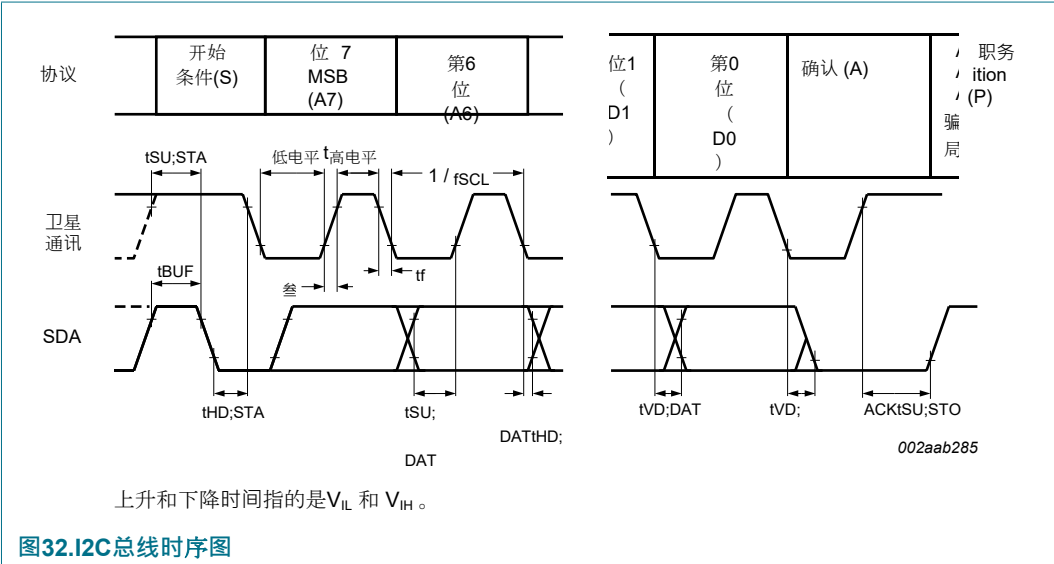
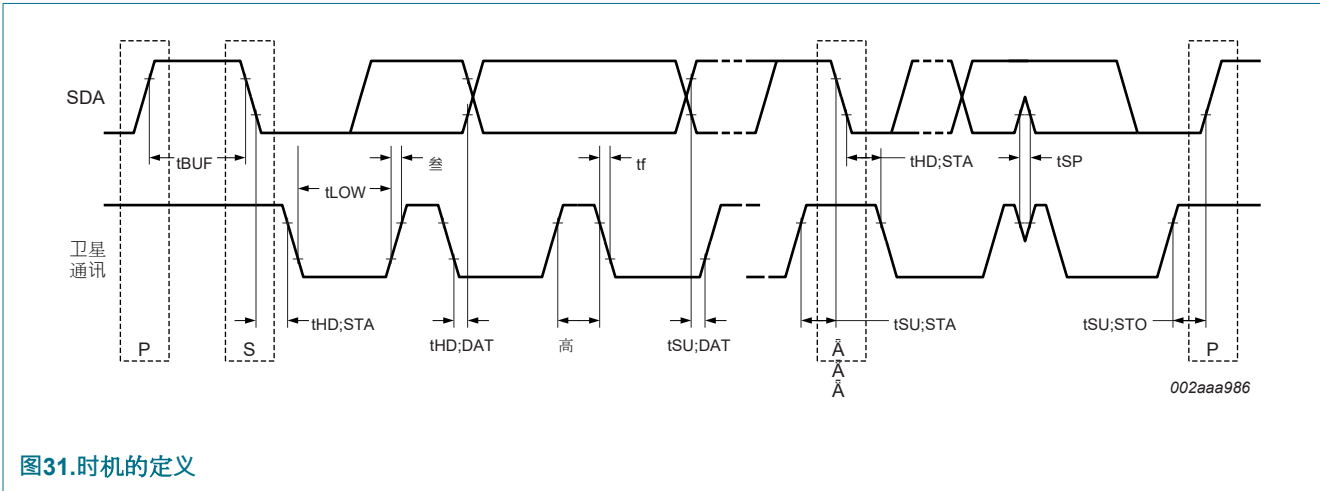
恩智浦半导体

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

表 14. 动态特性... 继续

Symbol	Parameter	Conditions	符号参数		标准模式的I2C总线		快速模式的I2C总线		快速模式加I2C总线		单位
			闵行区	最大	闵行区	最大	闵行区	最大	闵行区	最大	
tPLH	从低到高的传播延迟	在MODE2寄存器中 OE到LEDn。 outne[1:0] = 01	-	40	-	40	-	40	-	40	ns
tPHL	高电平到低电平的传播延迟	在MODE2寄存器中 OE到LEDn。 outne[1:0] = 00	-	60	-	60	-	60	-	60	ns

- [1] 最小SCL时钟频率受到总线超时功能的限制，如果SDA或SCL被保持在低电平至少25毫秒，则会重置串行总线接口。对于直流操作，禁用总线超时功能。
- [2] t<sub>VD,ACK</sub>=确认信号从SCL低电平到SDA（输出）低电平的时间。
- [3] t<sub>VD,DAT</sub>=SCL低电平后SDA数据输出有效的最小时间。
- [4] 主设备必须在内部为SDA信号提供至少300 ns的保持时间（参考SCL信号的V<sub>IL</sub>），以弥补SCL下降沿的未定义区域。
- [5] SDA和SCL总线线的最大t<sub>r</sub>被规定为300 ns。SDA输出级的最大下降时间（t<sub>f</sub>）被规定为250 ns。这允许在SDA和SCL引脚以及SDA/SCL总线线之间连接串联保护电阻，而不会超过最大规定的t<sub>r</sub>。
- [6] C<sub>b</sub> = 一条母线的总电容，单位为pF。
- [7] SDA和SCL输入上的输入滤波器抑制了小于50 ns的噪声尖峰。



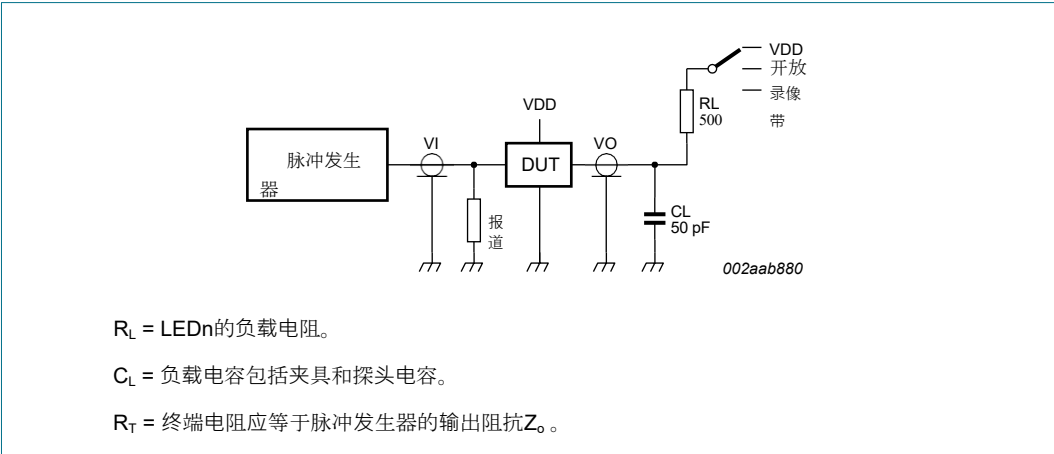


图34.开关时间的测试电路

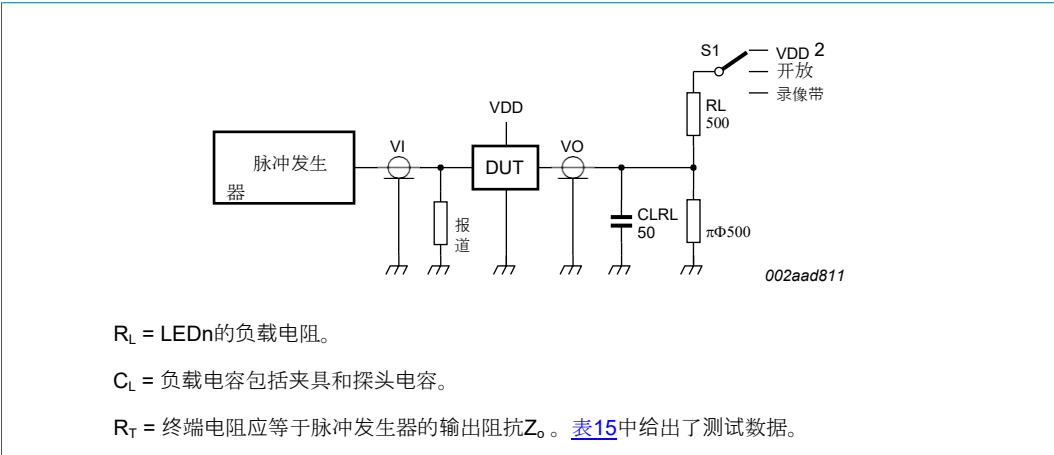


图35.启用/禁用的开关时间的测试电路

14. 测试信息

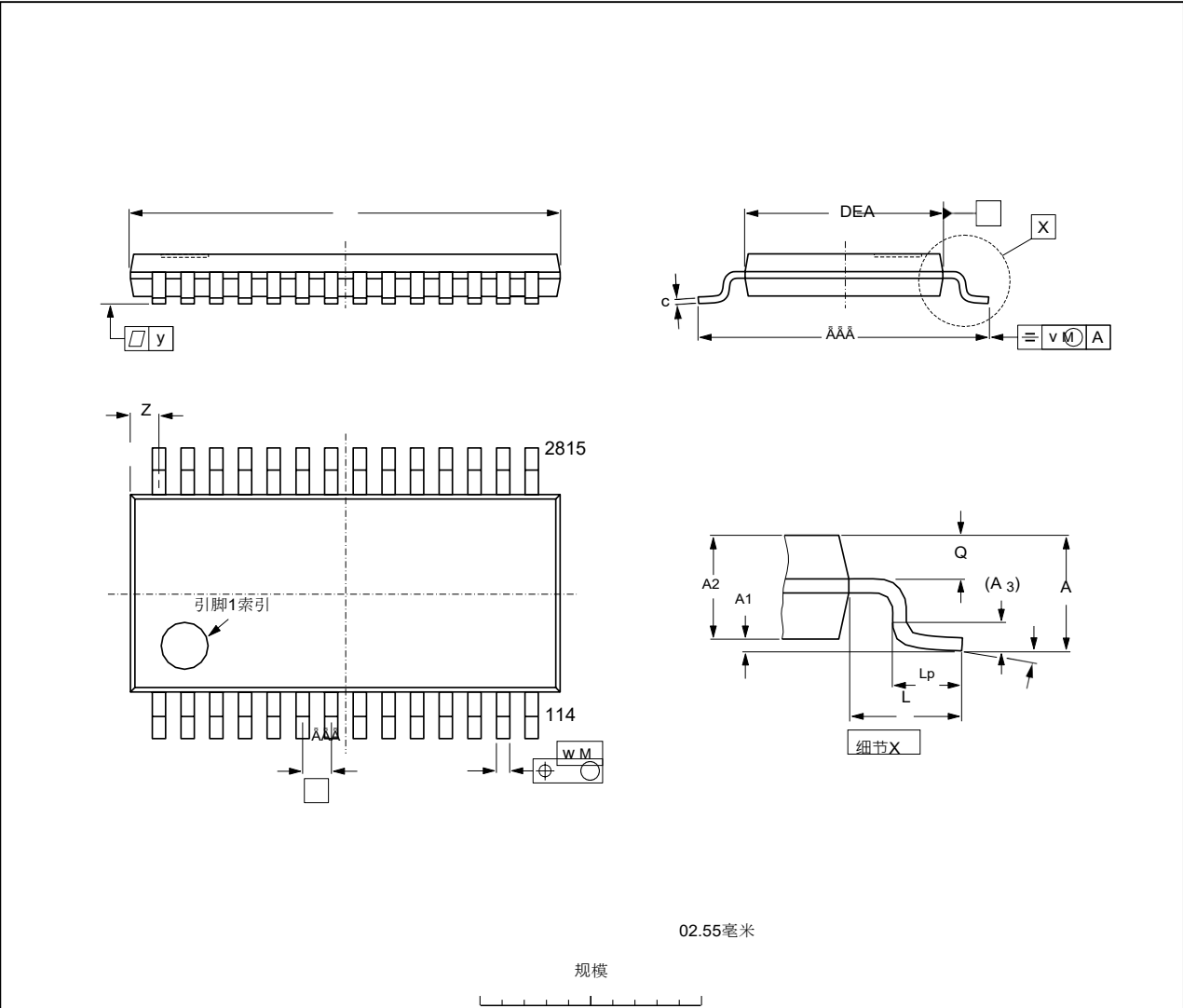
表 15.启用/禁用切换时间的测试数据

测试	负载		开关
	$C_L$	$R_L$	
tPD	50 pF	500	开放
tPLZ, tPZL	50 pF	500	VDD 2
tPHZ, tPZH	50 pF	500	录像带

15. 包装概要

TSSOP28：塑料薄型收缩小轮廓封装；28个引线；体宽4.4毫米

SOT361-1



尺寸（毫米为原始尺寸）。

单位	A 最大	A1	A2	A3	bp	c	D (1)	E (2)	e	ÅÅÅ	L	Lp	Q	v	w	y	Z (1)	
毫米	1.1	0.15 0.05	0.95 0.80	0.25	0.30 0.19	0.2 0.1	9.8 9.6	4.5 4.3	0.65	6.6 6.2	1	0.75 0.50	0.4 0.3	0.2	0.13	0.1	0.8 0.5	$80_{00}$

笔记

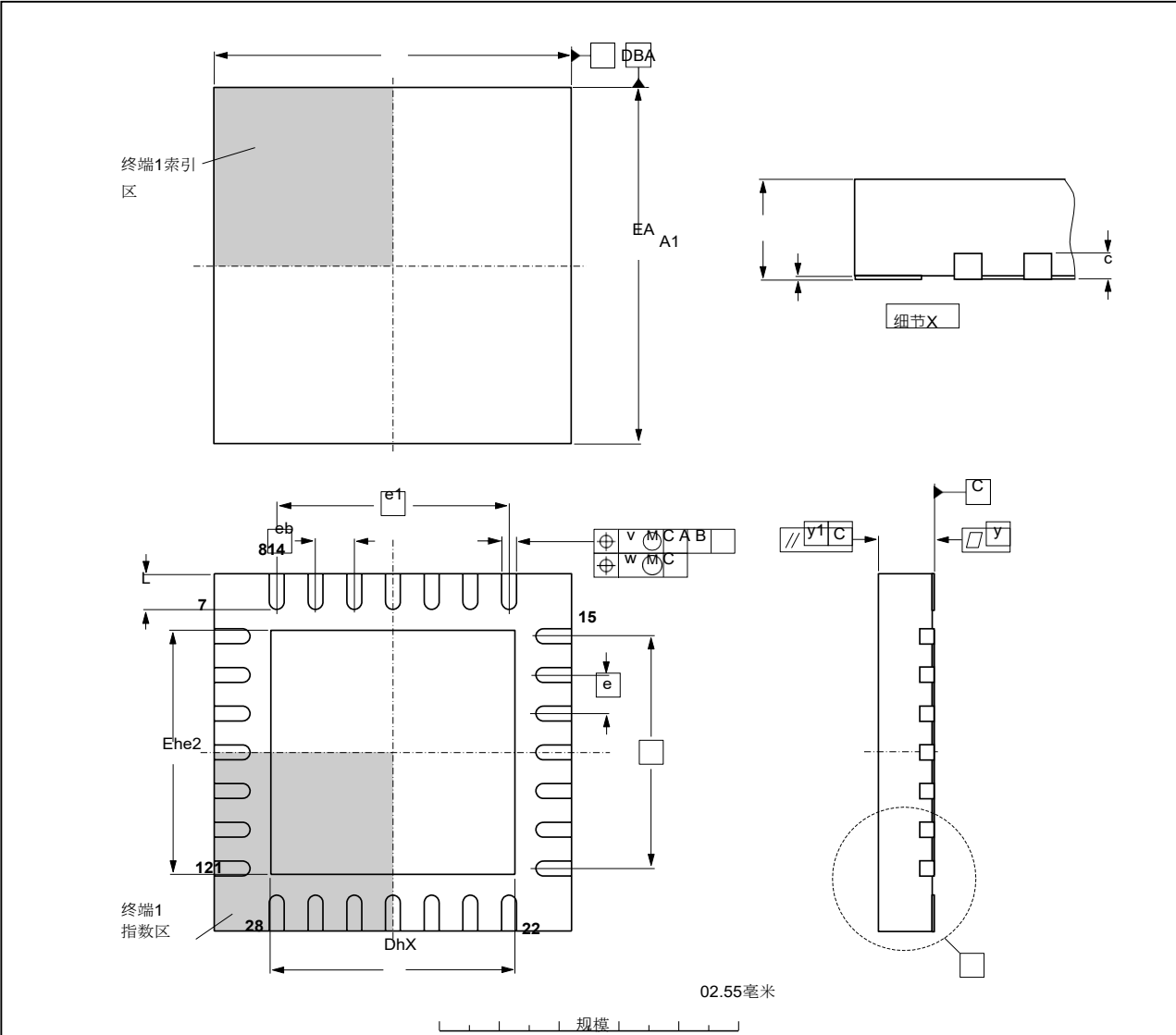
1. 不包括每边最大0.15毫米的塑料或金属突起。
2. 不包括每边最大0.25毫米的塑料铅字突起。

纲要版	参考文献				欧洲预测	发行日期
	IEC	JEDEC	JEITA			
SOT361-1		MO-153				99-12-27- 03-02-19

图36.封装外形 SOT361-1 (TSSOP28)

HVQFN28: 塑料热增强型超薄四扁平封装；无引线；28个端子；主体6 x 6 x 0.85 mm

SOT788-1



尺寸（毫米为原始尺寸）。

单位	A <sup>(1)</sup> 最大。	A1	b	c	D <sup>(1)</sup>	ÃÃ Ã	E <sup>(1)</sup>	Eh	e	e1	e2	L	v	w	y	y1
毫米	1	0.05 0.00	0.35 0.25	0.2	6.1 5.9	4.25 3.95	6.1 5.9	4.25 3.95	0.65	3.9	3.9	0.75 0.50	0.1	0.05	0.05	0.1

注意事项

1. 不包括每边最大0.075毫米的塑料或金属突起。

纲要 版本说明	参考文献				欧洲 投影	发行日期
	IEC	JEDEC	JEITA			
SOT788-1	---	MO-220	---			02-10-22



## 16. 处理信息

所有的输入和输出引脚在正常操作下都有防静电（ESD）保护。在处理时，确保采取 *JESD625-A* 或同等标准中所述的适当预防措施。

## 17. SMD封装的焊接

本文对一项复杂的技术作了非常简要的介绍。关于焊接集成电路的更深入的叙述可以在应用说明 *AN10365 "表面贴装回流焊描述"* 中找到。

### 17.1 焊接简介

焊接是最常见的方法之一，通过这种方法，封装被连接到印刷电路板（PCB）上，以形成电路。焊接点提供了机械和电气连接。没有一种焊接方法是适合所有IC封装的。当通孔和表面贴装器件（SMD）混合在一块印刷线路板上时，波峰焊接通常是首选；然而，它不适合细间距SMD。回流焊接是小间距和高密度的理想选择，这与日益小型化有关。

### 17.2 波峰焊和回流焊

波峰焊是一种连接技术，其接头是由来自液态焊料的立波的焊料制成的。波峰焊接工艺适用于以下情况。

- 通孔元件
- 有引线或无引线的SMD，它们被粘在印刷电路板的表面。

并非所有的SMD都可以进行波峰焊接。带有焊球的封装，以及一些在本体下面有焊点的无铅封装，不能进行波峰焊。此外，引线间距小于0.6毫米的有引线SMD不能进行波峰焊，因为桥接的概率增加。

回流焊接过程包括在电路板上涂抹焊膏，然后放置元件并暴露在温度曲线下。有引线的封装、带焊球的封装和无引线的封装都是可回流焊接的。

波峰焊和回流焊的主要特点是。

- 电路板规格，包括电路板表面处理、焊接掩模和通孔
- 封装足迹，包括盗焊者和方向
- 包装物的湿度敏感性水平
- 包装放置



- 检查和维修
  - 无铅焊接与锡铅焊接的比较
- 16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器**

### 17.3 波峰焊接

波峰焊的主要特点是。

16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器

- 工艺问题，如粘合剂和助焊剂的应用、引线的夹持、电路板运输、焊波参数以及元件暴露在焊波中的时间。
- 锡槽规格，包括温度和杂质

17.4 回流焊接

回流焊接的主要特点是。

- 无铅与锡铅焊接；注意无铅回流工艺通常比锡铅工艺导致更高的最低峰值温度（[见图38](#)），从而减少了工艺窗口。
- 锡膏印刷问题，包括涂抹、释放，以及在一块板子上混合使用大型和小型元件时调整工艺窗口
- 回流温度曲线；这个曲线包括预热、回流（在这个过程中，电路板被加热到峰值温度）和冷却。峰值温度必须足够高，才能使焊料形成可靠的焊点（焊膏的特性）。此外，峰值温度必须足够低，使封装和/或电路板不被损坏。封装的峰值温度取决于封装的厚度和体积，并按照[表16](#)和[17](#)进行分类

表 16.SnPb共晶工艺（来自J-STD-020C）。

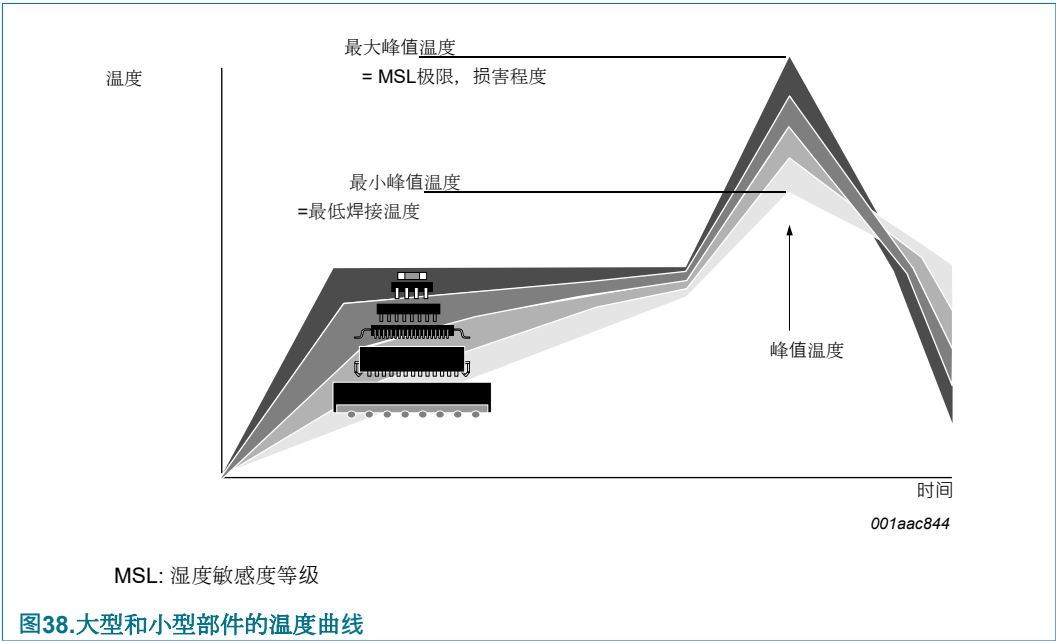
包装厚度（毫米）	封装回流温度(C)	
	体积（mm3）	
	< 350	350
< 2.5	235	220
2.5	220	220

表17. 无铅工艺（来自J-STD-020C）

包装厚度（毫米）	封装回流温度(C)		
	体积（mm3）		
	< 350	350至2000年	> 2000
< 1.6	260	260	260
1.6至2.5	260	250	245
> 2.5	250	245	245

在任何时候都必须遵守包装上标明的湿度敏感预防措施。

研究表明，小型封装在回流焊接过程中达到的温度更高，[见图38](#)。



关于温度曲线的进一步信息，请参阅应用说明AN10365 "表面贴装回流焊描述"。

18. 缩略语

缩略语描述	
表	18. 缩略语
	CDM充电-设备模型
	DUT被测 设备
	EMI电磁干扰
	ESDElectroStatic Discharge
	HBM人体模型
	I2C总线内部集成电路总线
	LCD液晶显示器
	LED二极管
	LSBL最小有效位
	MMMachine模型
	最重要的位子MSBM
	NMOS负通道金属氧化物半导体 PCB打印
	电路板

PMOS正	沟道金属氧化物半导体	POR通电复位	16通道、12位PWM Fm+ I2C总线的LED控制器
	PWMP	脉冲宽度调制；脉冲宽度调制器	
	RGB	红/绿/蓝	
	RGBARed/Green/Blue/Amber		
	SMBus	系统管理总线	

19. 修订的历史

表 19.修订历史

文件编号	发布日期	数据表状态	更改通知	取代了
PCA9685_2	20090716	产品数据表	-	PCA9685_1
修改	： - <a href="#">表1 "订购信息"</a> 。 - 添加的型号为PCA9685PW/Q900 - 添加 <a href="#">表注[1]</a> • <a href="#">图2 "TSSOP28的引脚配置"</a> ：添加型号PCA9685PW/Q900			
PCA9685_120080724产品数据表--				

20. 法律信息

20.1 数据表状态

文件状态 <sup>[1][2]</sup>	产品状况 <sup>[3]</sup>	定义
目标[简短]数据表	发展	本文件包含产品开发的目标规范中的数据。
初步[简短]数据表	资格认证	本文件包含初步规范中的数据。
产品[简短]数据表	生产	本文件包含产品规格。

[1] 在开始或完成设计之前，请参考最新发布文件。  
[2] 术语 "简短的数据表"在 "定义"部分有解释。  
[3] 自本文件发布以来，本文件中描述的设备的状态可能已经改变，如果是多种设备，可能会有所不同。最新的产品状态信息可在互联网上获得，网址是：<http://www.nxp.com>。

20.2 定义

**草案** - 该文件只是一个草案版本。内容仍在内部审查中，有待正式批准，这可能会导致修改或补充。恩智浦半导体不对本文所含信息的准确性或完整性作出任何陈述或保证，对使用这些信息的后果不承担任何责任。

**简短数据表** - 简短数据表是从具有相同产品类型编号和标题的完整数据表中摘录的。简短数据表仅用于快速参考，不应依赖其包含详细和完整的信息。有关详细和完整的信息，请参见相关的完整数据表，可通过恩智浦半导体当地销售办事处索取。如果与简短的数据表有任何不一致或冲突，应以完整的数据表为准。

20.3 免责声明

**概述** - 本文件中的信息被认为是准确和可靠的。但是，恩智浦半导体不对这些信息的准确性或完整性作出任何明示或暗示的陈述或保证，也不对使用这些信息的后果负责。

**修改权**--恩智浦半导体保留在任何时候对本文件中公布的信息进行修改的权利，包括但不限于规格和产品描述，恕不另行通知。本文件代替并取代在本文件出版前提供的所有信息。

**适用性**--恩智浦半导体的产品在设计、授权或保证上不适合用于医疗、军事、飞机、空间或生命支持设备，也不适合用于恩智浦半导体产品的故障或失灵可合理预期导致人身伤害、死亡或严重的财产或环境的应用。

损害。恩智浦半导体对在此类设备或应用中包含和/或使用恩智浦半导体的产品不承担任何责任，因此此类包含和/使用的风险由客户自行承担。

**应用** - 此处描述的任何产品的应用仅用于说明目的。恩智浦半导体不代表或保证这些应用在未经进一步测试或修改的情况下适用于指定用途。

**极限值** - 超过一个或多个极限值的应力（如IEC 60134的绝对最大额定值系统中所定义的）可能会导致设备的永久性损坏。极限值仅是压力额定值，并不意味着设备在这些或任何其他高于本文件特性部分所给出的条件下的操作。长期暴露在极限值下可能会影响器件的可靠性。

**销售条款和条件**--恩智浦半导体的产品是根据商业销售的一般条款和条件出售的，这些条款和条件公布在<http://www.nxp.com/profile/terms>，包括与担保、知识产权侵权和责任限制有关的条款和条件，除非恩智浦半导体以书面形式明确同意。如果本文件中的信息与这些条款和条件之间有任何不一致或冲突，则以后者为准。

**没有销售要约或许可证** - 本文件中的任何内容都不得解释或理解为公开接受的产品销售要约，或授予、转让或暗示任何版权、专利或其他工业或知识产权的许可证。

**出口管制** - 本文件以及本文所述的项目可能受到出口管制条例的约束。出口可能需要国家当局的事先授权。

20.4 商标

注意。所有引用的品牌、产品名称、服务名称和商标都是其各自所有者的财产。

**I2C-bus** - 徽标是NXP B.V.的商标。

21. 联系信息

欲了解更多信息，请访问：<http://www.nxp.com>

有关销售办公室的地址，请发送电子邮件至：[salesaddresses@nxp.com](mailto:salesaddresses@nxp.com)

22. 内容

1	一般描述1	15	包装 ..... 大纲43
2	特点2	16	处理 ..... 信息45
3	应用3	17	SMD封装的焊接 ..... 45
4	订购 ..... 信息3	17.1	
5	框图4		
6	销路 ..... 信息5		
6.1	销魂5		
6.2	引脚描述5		
7	功能描述6		
7.1	设备 ..... 地址6		
7.1.1	常规I2C总线从属 ..... 地址6		
7.1.2	LED全部调用 ..... I2C总线地址7		
7.1.3	LED次调用 ..... I2C总线地址7		
7.1.4	软件复位 ..... I2C总线地址8		
7.2	控制寄存器8		
7.3	登记簿9		
7.3.1	模式寄存器1, MODE113		
7.3.1.1	重新启动模式14		
7.3.2	模式寄存器2, MODE215		
7.3.3	LED输出和PWM控制15		
7.3.4	ALL_LED_ON和ALL_LED_OFF控制24		
7.3.5	PWM频率 PRE_SCALE24		
7.3.6	SUBADR1至SUBADR3, I2C总线 ..... 子地址1至325		
7.3.7	ALLCALLADR, LED全部调用I2C总线 ..... 地址25		
7.4	低电平有效的输出使能 ..... 输入26		
7.5	通电 ..... 复位26		
7.6	软件 ..... 重置27		
7.7	使用PCA9685的情况下和不使用时 外部 ..... 驱动器28		
8	I2C总线的特点 ..... 29		
8.1	比特 ..... 转移29		
8.1.1	启动和停止 ..... 条件29		
8.2	系统配置29		
8.3	确认30		
9	巴士交易31		
10	应用 ..... 设计信息34		
11	极限值37		
12	静态 ..... 特征37		
13	动态 ..... 特性39		
14	测试 ..... 信息42		

17.2	焊接简介45
17.3	波峰焊和回流焊.....45
17.4	波峰.....45
17.4	回流焊 .....46
18	缩略语47
19	修订 .....历史48
20	法律 .....信息49

20.1	数据表状态49
20.2	定义49
20.3	声明49
20.4	商标49
21	联系 .....信息49
22	内容50



请注意，在 "法律信息" 一节中包含了有关本文件和本文件所述产品的重要通知。

© NXP B.V. 2009.保留所有权利。

欲了解更多信息，请访问：<http://www.nxp.com>

有关销售办公室的地址，请发送电子邮件至：[salesaddresses@nxp.com](mailto:salesaddresses@nxp.com)

发布日期。2009年7月16日 文

件标识符。PCA9685\_2