

## AW2013 I<sup>2</sup>C 接口 3 路 LED 呼吸灯控制芯片

### 特性

- 3 路智能呼吸灯、恒流型 LED 驱动
  - 每路最大输出电流 15mA，4 级可配
  - 支持自主和非自主呼吸控制方式
  - 每路独立 256 级 PWM 细腻亮度调节
- 快速 I<sup>2</sup>C 接口，最高工作频率 400kHz
  - 支持 1.8V/2.8V/3V 接口电压
  - 缺省 I<sup>2</sup>C 地址 45h，软件可重新配置
- 支持 INTN 中断功能，低电平有效
- 内置 LDO 和振荡器
- 工作电源 VCC，2.5V~3.3V
- ESD HBM 7kV
- 工作温度范围为-40℃至 85℃
- 纤小封装 2mm×2mm DFN10-L

### 应用

- 移动电话
- 便携式设备
- 家用电器

### 典型应用图

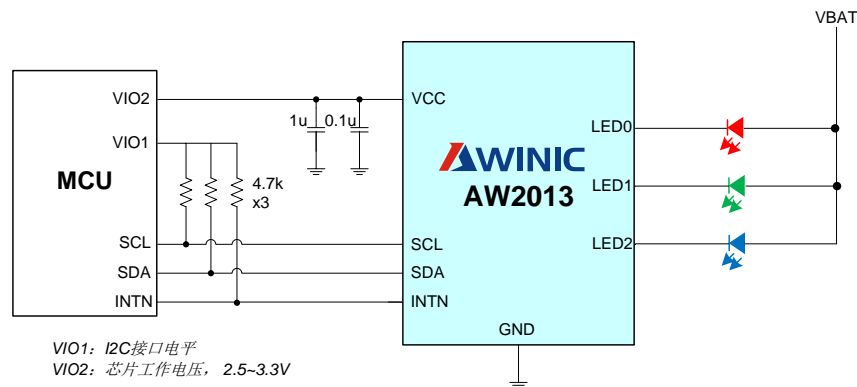


图 1 AW2013 的典型应用图

### 概要

AW2013 是艾为呼吸灯控制器系列产品之一，可实现 3 路单色 LED 或 1 组 RGB 驱动。AW2013 提供标准的快速 I<sup>2</sup>C 接口，内置 LDO、振荡器。

AW2013 的 LED 驱动采用共阳极、恒流源模式，支持 256 级 PWM 亮度调节。每路 LED 最大驱动电流通过寄存器独立配置，4 级可调：15mA、10mA、5mA、0mA (缺省)。

LED 亮度输出支持淡进淡出模式，控制方式可选择 PWM 直接控制或一次编程模式，可轻松实现 LED 呼吸灯效。在一次编程模式下，可灵活设置闪烁的速度、时间、亮度和闪烁次数，实现丰富的视觉效果。当输出接 RGB LED 时，通过独立配置 RGB 的 PWM 级数和呼吸过程，可以实现丰富多彩的单色自动呼吸或混色呼吸。

## 目 录

|       |                             |    |
|-------|-----------------------------|----|
| 1     | 功能框图 .....                  | 4  |
| 2     | 引脚信息 .....                  | 4  |
| 2.1   | 引脚分布及标识图 .....              | 4  |
| 2.2   | 引脚定义及功能 .....               | 4  |
| 3     | 订购信息 .....                  | 5  |
| 4     | 绝对最大额定范围 (注 1) .....        | 5  |
| 5     | 电气特性 .....                  | 5  |
| 6     | 通信接口 .....                  | 8  |
| 6.1   | 通讯协议 .....                  | 8  |
| 6.2   | I <sup>2</sup> C 接口地址 ..... | 8  |
| 6.3   | 读写操作 .....                  | 8  |
| 6.3.1 | 写操作 .....                   | 8  |
| 6.3.2 | 读操作 .....                   | 9  |
| 6.4   | SDA, SCL .....              | 9  |
| 6.5   | 中断 .....                    | 10 |
| 7     | 工作模式 .....                  | 10 |
| 7.1   | 上电复位 .....                  | 10 |
| 7.2   | 休眠模式和工作模式 .....             | 10 |
| 7.3   | 软复位 .....                   | 10 |
| 8     | LED 功能和配置 .....             | 10 |
| 8.1   | 概述 .....                    | 10 |
| 8.2   | LED 功能控制 .....              | 11 |
| 8.3   | PWM 亮度控制模式 .....            | 11 |
| 8.4   | 一次编程模式 .....                | 11 |
| 9     | 寄存器 .....                   | 12 |
| 9.1   | 寄存器功能列表 .....               | 12 |
| 9.2   | 寄存器位列表 .....                | 13 |
| 9.3   | 寄存器详细说明 .....               | 13 |
| 9.3.1 | 软件复位寄存器 RSTR .....          | 13 |
| 9.3.2 | 全局控制寄存器 GCR .....           | 13 |
| 9.3.3 | 中断状态寄存器 ISR .....           | 13 |
| 9.3.4 | LED 控制寄存器 LCTR .....        | 14 |
| 9.3.5 | LED 模式配置寄存器, LCFG0~2 .....  | 14 |
| 9.3.6 | PWM 配置寄存器, PWMO~2 .....     | 15 |
| 9.3.7 | T1&T2 时间配置寄存器, LEDIT0 ..... | 15 |
| 9.3.8 | T3&T4 时间配置寄存器 LEDIT1 .....  | 15 |
| 9.3.9 | T0 和重复次数配置寄存器, LEDIT2 ..... | 15 |

|        |                                      |    |
|--------|--------------------------------------|----|
| 9.3.10 | I <sup>2</sup> C 地址配置寄存器, IADR ..... | 16 |
| 10     | 封装信息 .....                           | 17 |
| 10.1   | 卷带描述 .....                           | 17 |
| 10.2   | 封装 .....                             | 18 |
| 10.3   | 回流焊曲线 .....                          | 19 |
| 11     | 相关产品信息 .....                         | 20 |
| 12     | 版本修订记录 .....                         | 20 |

## 1 功能框图

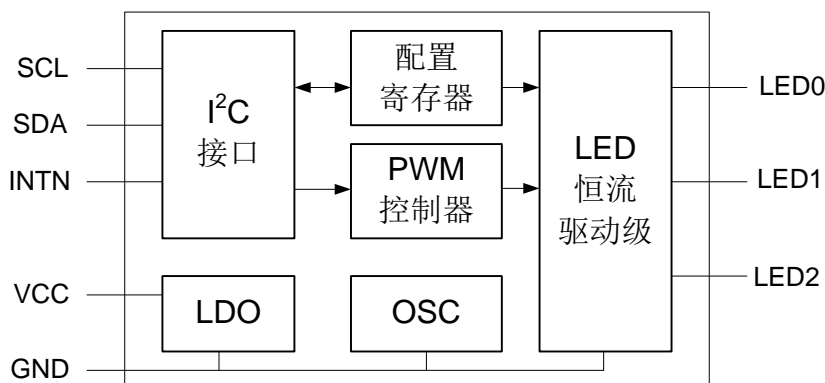


图 2 AW2013 框图

## 2 引脚信息

AW2013 采用 2mm×2mm, DFN-10L 封装

### 2.1 引脚分布及标识图

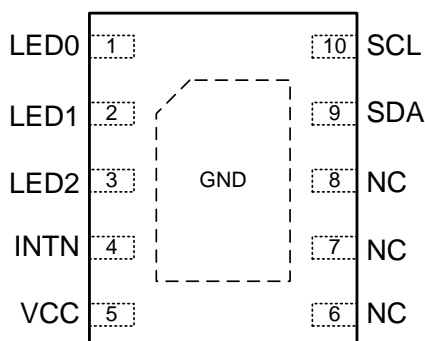


图 3 AW2013 引脚分布及标记图（俯视图）

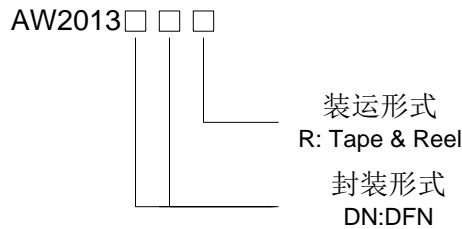
### 2.2 引脚定义及功能

| 序号  | 符号   | 描述                                    |
|-----|------|---------------------------------------|
| 1   | LED0 | LED 驱动口，外部通过 LED 连电池电压 VBAT           |
| 2   | LED1 | LED 驱动口，外部通过 LED 连电池电压 VBAT           |
| 3   | LED2 | LED 驱动口，外部通过 LED 连电池电压 VBAT           |
| 4   | INTN | 中断，开漏输出，低有效。外部通过电阻上拉到高，不用时可悬空。        |
| 5   | VCC  | 电源电压，2.5-3.3V                         |
| 6-8 | NC   | 未使用，悬空                                |
| 9   | SDA  | I <sup>2</sup> C 接口双向数据线，1.8V/3.3V 兼容 |
| 10  | SCL  | I <sup>2</sup> C 接口时钟输入，1.8V/3.3V 兼容  |

|     |     |                   |
|-----|-----|-------------------|
| 散热片 | GND | 散热片，在 PCB 上需要接地地线 |
|-----|-----|-------------------|

### 3 订购信息

| 产品型号      | 工作温度范围   | 封装形式       | RoHS? | 器件标识   | 发货形式      |
|-----------|----------|------------|-------|--------|-----------|
| AW2013DNR | -40℃~85℃ | DFN2x2-10L | 是     | AW2013 | Tape&Reel |



### 4 绝对最大额定范围(注 1)

| 参数   | 范围                        |
|--|---------------------------|
| 电源电压, $V_{CC}$   | -0.3V ~ 3.6V              |
| 输入引脚电压   | -0.3V ~ $V_{CC}+0.3V$     |
| 地端电流   | 300mA                     |
| 工作环境温度范围   | -40℃ to 85℃               |
| 存储温度范围 $T_{STG}$                                       | -65℃ to 150℃              |
| 封装热阻 $\theta_{JA}$ (DFN-10)                            | 45℃/W                     |
| 最大结温 $T_{JMAX}$  | 160℃                      |
| 引脚温度 (焊接 10 秒)   | 260℃                      |
| ESD HBM (注 2)  | ±7KV                      |
| Latch-up<br>测试标准: JEDEC STANDARD NO. 78B DECEMBER 2008 | +IT: 450mA<br>-IT: -450mA |

**注 1:** 如果器件工作条件超过上述各项极限值，可能对器件造成永久性损坏。上述参数仅仅是工作条件的极限值，不建议器件工作在推荐条件以外的情况。器件长时间工作在极限工作条件下，其可靠性及寿命可能受到影响。

**注 2:** HBM 测试方法是存储在一个 100pF 电容上的电荷通过 1.5 KΩ 电阻对引脚放电。测试标准: MIL-STD-883G Method 3015.7

### 5 电气特性

测试条件:  $T_A=-40℃\sim+85℃$  (除非有特别说明外)。典型值的测试条件:  $V_{CC}=2.8V$ ,  $T_A=25℃$ 。

| 符号          | 参数描述 | 测试条件        | 最小  | 典型  | 最大  | 单位 |
|-------------|------|-------------|-----|-----|-----|----|
| $V_{CC}$    | 电源电压 |             | 2.5 | 2.8 | 3.3 | V  |
| $I_{sleep}$ | 休眠功耗 | 初始上电或软件复位   |     | 90  |     | uA |
| $I_{CC}$    | 静态电流 | 寄存器 GCR=01h |     | 450 |     | uA |

| 符号  | 参数描述          | 测试条件                        | 最小   | 典型  | 最大   | 单位 |
|---|---------------|-----------------------------|------|-----|------|----|
| <b>输出电流</b> 寄存器 GCR=01h, LEDE=07h, PWM0~2=FFh |               |                             |      |     |      |    |
| $I_{out}$                                     | LED 输出电流      | 寄存器 LCFG0~2=03h (注 1)       | 12.5 | 15  | 19   | mA |
|   |               | 寄存器 LCFG0~2=02h (注 1)       | 8.5  | 10  | 12.5 |    |
|   |               | 寄存器 LCFG0~2=01h (注 1)       | 4    | 5   | 6.5  |    |
| $V_{drop}$                                    | 输出 Dropout 压降 | LCFG0~2=03h, $I_{out}=15mA$ |      | 225 |      | mV |
| <b>数字逻辑接口</b>                                 |               |                             |      |     |      |    |
| $V_{IH}$                                      | 输入高电平         | SCL, SDA 引脚                 | 1.2  |     |      | V  |
| $V_{IL}$                                      | 输入低电平         | SCL, SDA 引脚                 |      |     | 0.6  | V  |
| $I_{IL}$                                      | 低电平输入电流       | SCL, SDA 引脚                 |      | 5   |      | nA |
| $I_{IH}$                                      | 高电平输入电流       | SCL, SDA 引脚                 |      | 5   |      | nA |

注释 1: 在 PWM 控制模式下测试, 寄存器 PWM0~2=FFh。

#### 数字接口信号开关特性 (注 1)

| 符号           | 参数描述                 | 测试条件 | 最小  | 典型  | 最大  | 单位      |
|--------------|----------------------|------|-----|-----|-----|---------|
| $F_{SCL}$    | SCL 时钟频率             |      |     |     | 400 | kHz     |
| $t_{BUF}$    | 相邻两次传输的间隔时间          |      | 1.3 |     |     | $\mu S$ |
| $t_{HD,STA}$ | 进入“启动”状态的保持时间        |      | 0.6 |     |     | $\mu S$ |
| $t_{LOW}$    | 时钟为低电平的时间            |      | 1.3 |     |     | $\mu S$ |
| $t_{HIGH}$   | 时钟为高电平的时间            |      | 0.6 |     |     | $\mu S$ |
| $t_{SU,STA}$ | 总线重新启动所需建立时间         |      | 1.3 |     |     | $\mu S$ |
| $t_{HD,DAT}$ | SDA 相对于 SCL 下降沿的保持时间 |      | 0   |     |     | $\mu S$ |
| $t_{SU,DAT}$ | SDA 相对于 SCL 上升沿的建立时间 |      | 0.1 |     |     | $\mu S$ |
| $t_R$        | SCL 上升时间 (注 2)       |      |     |     | 0.3 | $\mu S$ |
| $t_F$        | SCL 下降时间 (注 2)       |      |     |     | 0.3 | $\mu S$ |
| $t_{SU,STO}$ | 终止状态下所需建立时间          |      | 0.6 |     |     | $\mu S$ |
| $T_{DEG}$    | 输入端去毛刺最大宽度           | SCL  |     | 200 |     | nS      |
|              |                      | SDA  |     | 250 |     | nS      |
| $C_b$        | 总线的负载电容              |      |     |     | 400 | pF      |

注释 1: 设计保证

注释 2:  $T_R$ ,  $T_F$  为电压变化从  $0.3 \times V_{CC}$  到  $0.7 \times V_{CC}$  的时间。

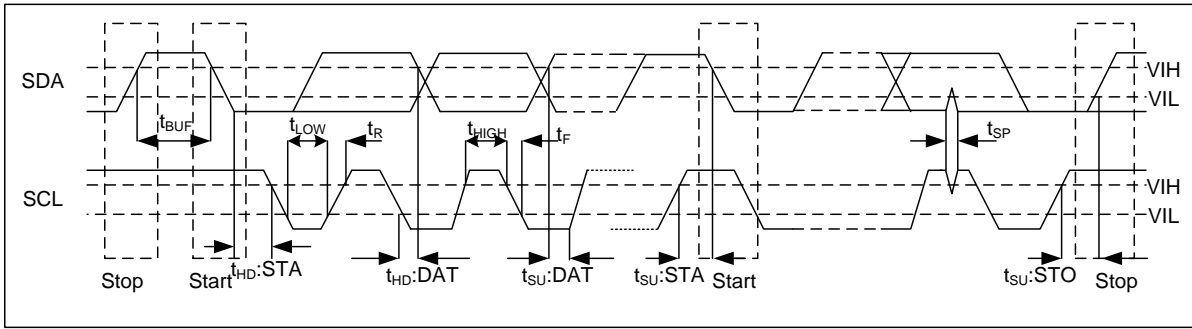


图 4 I<sup>2</sup>C 接口时序

## 6 通信接口

### 6.1 通讯协议

AW2013 通过 I<sup>2</sup>C 兼容接口进行通讯，使用符合 I<sup>2</sup>C 通信协议的串行传输线 SDA 和 SCL 控制芯片，最高接口速率为 400kHz。

### 6.2 I<sup>2</sup>C 接口地址

AW2013 接口的设备地址（Device Address）默认为 45h，该地址左移 1 位，加上 1bit 读写控制位（Read=1/Write=0），构成了 I<sup>2</sup>C 通讯时的设备地址字节。格式如下：

|                     |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bit7                | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| Device Address: 45h |      |      |      |      |      |      | R/W  |

AW2013 允许用户修改 I<sup>2</sup>C 设备地址。通过配置寄存器 IADR（地址 77h），可将 I<sup>2</sup>C 地址更换为其它值。

|                           |         |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|
| 寄存器 IADR，Addr=77h，缺省值 45h |         |      |      |      |      |      |      |
| Bit7                      | Bit6    | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| ASEL                      | DA[6:0] |      |      |      |      |      |      |

ASEL=0 时，I<sup>2</sup>C 器件地址=45h（缺省值）

ASEL=1 时，I<sup>2</sup>C 器件地址=DA[6:0]。

I<sup>2</sup>C 设备地址一旦修改，下一次访问必须使用新地址 AW2013 才会应答。

芯片下电后或软件复位之后，IADR 寄存器复位，设备地址恢复为默认值（45h）。

### 6.3 读写操作

#### 6.3.1 写操作

在 SCL 为稳定的高电平时，SDA 为闭锁状态，在不使用的时 SDA 应保持高电平。

起始标志（START）是由 SCL 为高电平时将 SDA 拉低产生的。首先传送 7 位的器件地址和 1 位写标志位（0）。当 SCL 为高电平时，SDA 上的每个地址位必须保持稳定。最后 1 bit 数据传送完毕后，主设备会检测 AW2013 的应答信号。主设备释放 SDA 线（外部上拉电阻将其拉高），然后 SCL 发送一个脉冲。如果 AW2013 正确接收到 8 位数据，在 SCL 的脉冲期间，它将 SDA 拉低；如果 SDA 线不为低，则表示数据没有正确接收，主设备将会发送一个结束标志（STOP），并中断数据传递。

在 AW2013 的应答信号发送以后，将传送要写入的寄存器的地址。寄存器地址发出后，AW2013 也必须产生一个应答位来表示寄存器地址是否被正确接收。

接着传送的是 8 位寄存器数据。在 SCL 保持稳定的高电平时，每位数据位都是有效的。8 位数据传送完以后，AW2013 同样需要产生一个应答位来表示数据被正确接收。

结束标志（STOP）结束数据的传送。当 SCL 信号为高电平时，将 SDA 拉高，就产生了“STOP”标志。

AW2013 支持地址自动增加模式。如果需要连续写入多个寄存器，只需发送第一个数据寄存器地址。在接收数据期间，每写入一个字节数据器，寄存器地址会自动加 1。如此，可连续写入多个地址相邻的寄存器，直到 I<sup>2</sup>C 写入结束标志为止。



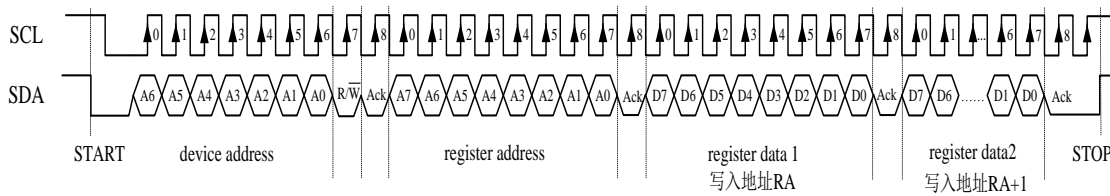


图 5 I<sup>2</sup>C 写操作，连续写多个寄存器

### 6.3.2 读操作

若要从 AW2013 读取数据，通常需要先执行写操作，设定被写寄存器的地址，然后再进行读操作，接收读取数据。

寄存器的操作的时序如下图所示。每轮写和读操作都是以起始标志和设备 I<sup>2</sup>C 地址+读写控制位开始，写操作的读写控制位为 0，读操作的读写控制位为 1。读操作发送设备地址之后，AW2013 接下来发送要读取的数据，每发送一个字节，寄存器地址自动加 1，因此，一次读操作可读多个连续地址的寄存器。主设备接收数据完毕后，发送结束标志，读操作结束。

AW2013 支持以新的起始标志（Repeat Start）结束当前写或读操作，并开始下一次读或写操作。

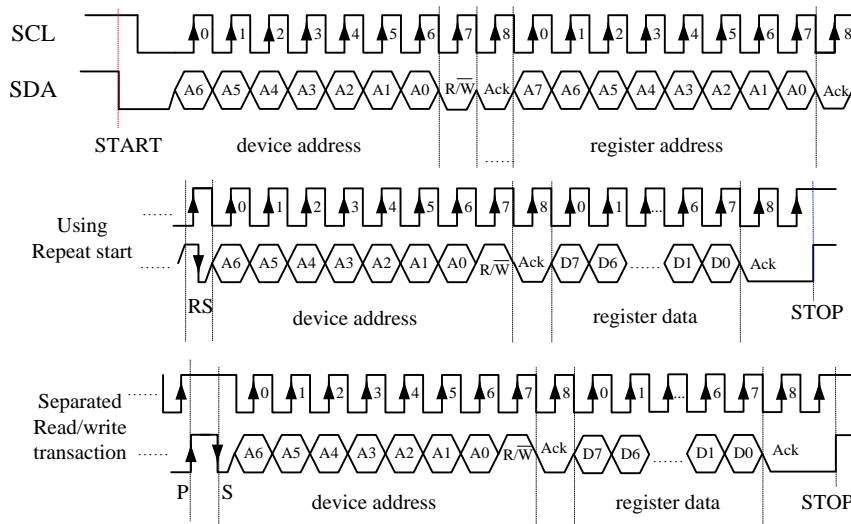


图 6 读操作示意图

## 6.4 SDA,SCL

I<sup>2</sup>C 兼容总线包括数据信号 SDA 和时钟信号 SCL，都是开漏连接，主设备和从设备只能驱动这些信号为低或不驱动。因此需外接上拉电阻（R<sub>p</sub>）拉至 VDD。

上拉电阻的选择应使 SDA 和 SCL 上升时间满足 I<sup>2</sup>C 兼容的规范，取值范围一般为 1k~10k 欧姆，典型值为 4.7k 欧姆。

AW2013 的 SDA 和 SCL 输入高电平兼容 1.8V、2.8V、3V 和 3.3V，并带有 Deglitch 电路，可有效消除信号上的毛刺。

## 6.5 中断

INTN 是低电平有效的中断输出引脚，开漏输出。AW2013 采用内部时钟控制灯效，中断功能用于提醒主设备，某路 LED 的一次编程模式的灯效执行完毕。

寄存器 GCR（地址 01h）的高 3bit 为中断使能位，定义每路 LED 的一次编程模式灯效结束时是否产生中断；寄存器 ISR（地址 02h）的高 3bit 指示一次编程模式执行完成的状态，一旦灯效显示完毕，则对应位置 1。

如果没有中断，INTN 引脚输出高阻；如果中断产生，则 INTN 引脚输出低。中断发生时，主设备读取 ISR 寄存器，可确定中断源，ISR 寄存器可读清零。如果没有新的中断产生，INTN 输出为恢复为高阻。

## 7 工作模式

### 7.1 上电复位

芯片 VCC 上电后，内部 LDO 工作并产生 1.8V 内部电压源。LDO 建立过程中，产生上电复位信号，对复位所有内部电路和配置寄存器。

上电复位将寄存器 ISR 的 bit4（PUIS）置 1，如果对 ISR 寄存器读清零之后，再次检测到 PUIS 位 =1，则表明 VCC 发生过意外的短暂掉电。

### 7.2 休眠模式和工作模式

VCC 上电结束后，不配置寄存器，则芯片处于休眠模式（SLEEP）。

在休眠模式下，内部振荡器 OSC 关闭，LED 输出引脚 LED0~2 输出为高阻，但 I<sup>2</sup>C 接口可以通讯，VCC 耗电电流约为 90uA。

若寄存器 GCR（地址 01h）最低位 LEDE 置 1，则打开 LED 功能。这时，OSC 工作，芯片进入到工作模式，VCC 耗电约为 450uA。

AW2013 内置的 OSC 的工作频率为 16MHz，起振时间约为 5us。

### 7.3 软复位

AW2013 支持软复位功能。通过写 I<sup>2</sup>C 接口向 RSTR 寄存器（地址 00h）写 55h，可实现软复位，复位所有配置寄存器和数字逻辑。

## 8 LED 功能和配置

### 8.1 概述

AW2013 共有 3 路独立可控的 LED 输出，可驱动 3 路单色 LED 或 1 组 RGB。

LED 输出级采用恒流源驱动，电流 4 级独立可调，可输出 0mA，5mA，10mA，15mA 电流。

LED 输出亮度调节支持 PWM（脉冲宽度调制）模式，产生更细腻的亮度等级。

## 8.2 LED 功能控制

AW2013 中，每路 LED 可单独控制。

LED 控制寄存器 LCTR（地址=30h）的低 3 位 LE<sub>x</sub>（x=0~2）分别控制三路 LED 输出打开或关闭。

- 当 LE<sub>x</sub>=0 时，LED<sub>x</sub> 驱动关闭，输出高阻；
- 当 LE<sub>x</sub>=1 时，LED<sub>x</sub> 打开，驱动 LED 灯。

## 8.3 PWM 亮度控制模式

当 LED 模式配置寄存器 LCFG<sub>x</sub>（x=0~2，地址 31h~33h）的 MD 位（bit4）置 0，则对应的 LED<sub>x</sub> 工作于 PWM 亮度控制模式。

在 PWM 亮度控制模式下，每路 LED 亮度由对应 PWM 寄存器调节。连续写入数据使 PWM 亮度逐渐升高或降低，即可实现 LED 呼吸效果。

每个 PWM 寄存器的值对应一个亮度等级，例如，PWM 寄存器值为 00h，代表完全熄灭，FFh 代表最亮，05h 表示第 5 级亮度。在 AW2013 内部，PWM 寄存器设置值经过对数变换（LOG）后，转换为实际占空比控制。

AW2013 支持自动“淡进”和“淡出”控制，允许 PWM 亮度跳变时，自动进行平滑处理。

如果打开“淡进”功能（寄存器 LCFG<sub>x</sub> 的 FI 位置 1），当 PWM 值由低跳到高时，LED 自动缓慢变亮。若打开“淡出”功能（当寄存器 LCFG<sub>x</sub> 的 FO 位置 1），当 PWM 值由高跳到低时，LED 自动缓慢变暗。

“淡进”和“淡出”的亮度变化速率分别由一次编程模式设置的时间参数 T1 和 T3 决定。

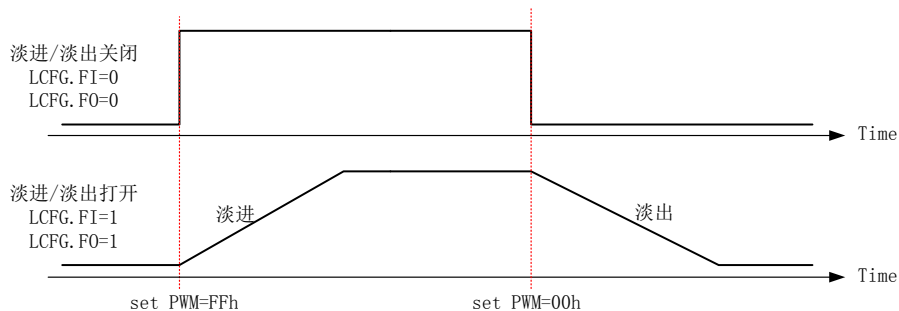


图 7 PWM 控制模式下的“淡进”和“淡出”功能

## 8.4 一次编程模式

如果 LED 模式控制寄存器 LCFG<sub>x</sub> 的 MD 位置 1，对应的 LED<sub>x</sub> 将工作于一次编程模式，可实现带 RGB 颜色变化的自动呼吸灯功能。

在一次编程模式下，LED 按预先设定的时序闪烁。呼吸的时间由 T0~T4 决定，T0 为启动延迟，完整的呼吸周期为 T1~T4（见下图）。通过设置每路独立的时间控制寄存器 LED<sub>x</sub>\_T0~LED<sub>x</sub>\_T2（地址 38h~3Fh），将 RGB 的 T0~T4 参数设为不同的值，可实现颜色变化的自动呼吸效果。在呼吸过程中，每路 LED 的最大亮度由寄存器 PWM<sub>x</sub> 设置。

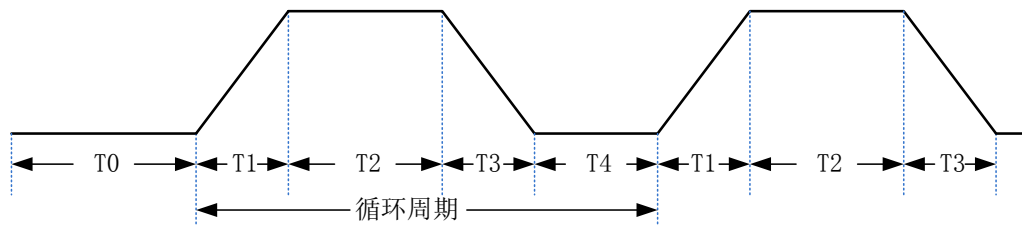


图 8 一次编程模式下的 LED 亮度变化波形图

自动呼吸次数由寄存器 LEDx\_T2 的 bit[3:0]，即参数 REPEAT 来设定，REPEAT 取值范围为 0~15。若 REPEAT=0，则呼吸永不停止，直找到修改 REPEAT 值或关闭 LED（LCTR.LEx 置 0）。若 REPEAT 设置不为 0，则 LED 完成指定的呼吸次数后自动停止。

一次编程模式的呼吸效果结束后，中断状态寄存器 ISR 中对应位（LISx，bit7~bit5）自动置 1，读取 ISR 寄存器可判断呼吸灯效是否结束。例如：LED0 完成了一次编程自主呼吸后，ISR 中的 bit5，LIS0=1，主控制器读 ISR 后，ISR 自动清零。

如果希望实现固定颜色的自动呼吸效果，三路 LED 的 T0~T4 必须设置相同，否则，呼吸过程中颜色会发生变化。

在一次编程模式下，每路 LED 的编程模式灯效启动可独立控制，通过写 LEDx\_T2 寄存器启动 LED 输出呼吸灯效。如果希望 3 路 LED 同时启动编程模式，需先关闭所有 LED 输出（寄存器 LCTR=00h），并将 3 路 LED 全部设为 PWM 模式（PWMx.MD=0），使芯片内部自主呼吸定时全部复位；再将 LED 配置为一次编程模式（PWMx.MD=1），最后，设置寄存器 LCTR=07h，3 路 LED 灯效同时启动。

## 9 寄存器

### 9.1 寄存器功能列表

| 地址        | 寄存器名称                         | 功能                          | 默认值 |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|-----|
| 00h       | 软件复位寄存器 RSTR                  | 软复位控制                       | 33h |
| 01h       | 全局控制寄存器 GCR                   | 设置芯片使能和中断使能                 | 00h |
| 02h       | 中断状态寄存器 ISR                   | 读取中断状态                      | 00h |
| 30h       | LED 控制寄存器 LCTR                | 分通道控制 LED 输出使能              | 00h |
| 31h~33h   | LED 模式配置寄存器 LCFG              | 设置 LED0~LED2 工作模式           | 00h |
| 34~36h    | PWM 配置寄存器 PWMx                | 设置 LED0~2 的 PWM 亮度等级        | 00h |
| 37/3A/3Dh | T1&T2 时间配置寄存器                 | 设置一次编程模式的 T1/T2 时间          | 00h |
| 38/3B/3Eh | T3&T4 时间配置寄存器                 | 设置一次编程模式的 T3/T4 时间          | 00h |
| 39/3C/3Fh | T0 和重复次数配置寄存器                 | 设置 T0 时间和呼吸次数               | 00h |
| 77h       | I <sup>2</sup> C 地址配置寄存器 IADR | 修改 I <sup>2</sup> C 接口的设备地址 | 45h |

## 9.2 寄存器位列表

| Addr | Name   | W/R | Bit7     | Bit 6   | Bit 5 | Bit 4    | Bit 3    | Bit 2 | Bit 1  | Bit 0 |  |
|------|--------|-----|----------|---------|-------|----------|----------|-------|--------|-------|--|
| 00h  | RSTR   | WR  | 0        | 0       | 1     | 0        | 0        | 0     | 1      | 1     |  |
| 01h  | GCR    | WR  | LIE2     | LIE1    | LIE0  | Reserved |          |       | ENABLE |       |  |
| 02h  | ISR    | R   | LIS2     | LIS1    | LIS0  | PUIS     | Reserved |       |        |       |  |
| 30h  | LCTR   | WR  | Reserved |         |       |          |          | LE2   | LE1    | LE0   |  |
| 31h  | LCFG0  | WR  | 0        | FO      | FI    | MD       | 0        | 0     | IMAX   |       |  |
| 32h  | LCFG1  | WR  | 0        | FO      | FI    | MD       | 0        | 0     | IMAX   |       |  |
| 33h  | LCFG2  | WR  | 0        | FO      | FI    | MD       | 0        | 0     | IMAX   |       |  |
| 34h  | PWM0   | WR  | PWM      |         |       |          |          |       |        |       |  |
| 35h  | PWM1   | WR  | PWM      |         |       |          |          |       |        |       |  |
| 36h  | PWM2   | WR  | PWM      |         |       |          |          |       |        |       |  |
| 37h  | LED0T0 | WR  | 0        | T1      |       |          | 0        | T2    |        |       |  |
| 38h  | LED0T1 | WR  | 0        | T3      |       |          | 0        | T4    |        |       |  |
| 39h  | LED0T2 | WR  | T0       |         |       |          | REPEAT   |       |        |       |  |
| 3Ah  | LED1T0 | WR  | 0        | T1      |       |          | 0        | T2    |        |       |  |
| 3Bh  | LED1T1 | WR  | 0        | T3      |       |          | 0        | T4    |        |       |  |
| 3Ch  | LED1T2 | WR  | T0       |         |       |          | REPEAT   |       |        |       |  |
| 3Dh  | LED2T0 | WR  | 0        | T1      |       |          | 0        | T2    |        |       |  |
| 3Eh  | LED2T1 | WR  | 0        | T3      |       |          | 0        | T4    |        |       |  |
| 3Fh  | LED2T2 | WR  | T0       |         |       |          | REPEAT   |       |        |       |  |
| 77h  | IADR   | WR  | ASEL     | DA[6:0] |       |          |          |       |        |       |  |

## 9.3 寄存器详细说明

### 9.3.1 软件复位寄存器RSTR

地址: 00h (缺省值 33h), 可读写

| Bit7 | Bit 6  | Bit 5   | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
|------|--------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| D7   | D6     | D5  | D4    | D3    | D2    | D1    | D0    |
| 位    | 符号     | 说明  |       |       |       |       |       |
| 7:0  | D[7:0] | 软件复位控制。对此寄存器写 55h 时, 所有电路复位, 内部配置寄存器恢复为缺省值。<br>读出数据固定为 33h, 可用于芯片的 ID 识别。 |       |       |       |       |       |

### 9.3.2 全局控制寄存器 GCR

地址: 01h (缺省值 00h), 可读写

| Bit7 | Bit 6    | Bit 5                       | Bit 4    | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1  | Bit 0 |
|------|----------|-----------------------------|----------|-------|-------|--------|-------|
| LIE2 | LIE1     | LIE0                        | Reserved |       |       | ENABLE |       |
| 位    | 符号       | 说明                          |          |       |       |        |       |
| 7    | LIE2     | LED2 编程中断使能, 1 有效           |          |       |       |        |       |
| 6    | LIE1     | LED1 编程中断使能, 1 有效           |          |       |       |        |       |
| 5    | LIE0     | LED0 编程中断使能, 1 有效           |          |       |       |        |       |
| 4-1  | Reserved | 保留位, 设为“0”                  |          |       |       |        |       |
| 0    | ENABLE   | LED 模块使能, 设为“1”时, 打开 LED 功能 |          |       |       |        |       |

### 9.3.3 中断状态寄存器ISR

地址: 02h (缺省值 00h), 可读写

| Bit7 | Bit 6 | Bit 5        | Bit 4 | Bit 3    | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
|------|-------|--------------|-------|----------|-------|-------|-------|
| LIS2 | LIS1  | LIS0         | PUIS  | Reserved |       |       |       |
| 位    | 符号    | 说明           |       |          |       |       |       |
| 7    | LIS2  | LED2 的呼吸中断状态 |       |          |       |       |       |

|     |          |   |
|-----|----------|---|
|     |          | 0: 无呼吸中断<br>1: 一次编程结束产生中断                 |
| 6   | LIS1     | LED1 的呼吸中断状态<br>0: 无呼吸中断<br>1: 一次编程结束产生中断 |
| 5   | LIS0     | LED0 的呼吸中断状态<br>0: 无呼吸中断<br>1: 一次编程结束产生中断 |
| 4   | PUIS     | 上电复位中断指示                                  |
| 3-0 | Reserved | 保留位                                       |

### 9.3.4 LED控制寄存器LCTR

地址: 30h (缺省值 00h), 可读写

| Bit7     | Bit 6    | Bit 5  | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
|----------|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Reserved |          |  |       |       | LE2   | LE1   | LE0   |
| 位        | 符号       | 说明   |       |       |       |       |       |
| 7-3      | Reserved | 保留位, 只能写 0   |       |       |       |       |       |
| 2        | LE2      | LED2 使能寄存器<br>0: LED2 控制模块停止工作, 对应通道的相关配置寄存器 I2C 接口操作禁止, LED2 输出关断<br>1: LED2 正常工作 |       |       |       |       |       |
| 1        | LE1      | LED1 使能寄存器<br>0: LED1 控制模块停止工作, 对应通道的相关配置寄存器 I2C 接口操作禁止, LED1 输出关断<br>1: LED1 正常工作 |       |       |       |       |       |
| 0        | LE0      | LED0 使能寄存器<br>0: LED0 控制模块停止工作, 对应通道的相关配置寄存器 I2C 接口操作禁止, LED0 输出关断<br>1: LED0 正常工作 |       |       |       |       |       |

### 9.3.5 LED模式配置寄存器, LCFG0~2

地址: 31~33h (缺省值 00h), 可读写

| B0it7 | Bit 6 | Bit 5   | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0     | FO    | FI  | MD    | 0     | 0     | IMAX  |       |
| 位     | 符号    | 说明  |       |       |       |       |       |
| 6     | FO    | 淡出效果使能。当所设亮度比当前亮度低时:<br>1: LED 的亮度将逐渐变暗, 斜率由 T1 决定<br>0: LED 的亮度会直接突变到所设亮度<br>该 bit 只有当 LCFGx 的 bit4(mod)=0 时起作用。 |       |       |       |       |       |
| 5     | FI    | 淡入效果使能。当所设亮度比当前亮度高时:<br>1: LED 的亮度将逐渐变亮, 斜率由 T3 决定<br>0: LED 的亮度会直接突变到所设亮度<br>该 bit 只有当 LCFGx 的 bit4(mod)=0 时起作用。 |       |       |       |       |       |
| 4     | MD    | LED 工作模式控制寄存器<br>0: PWM 亮度直接控制模式<br>1: 一次编程模式   |       |       |       |       |       |
| 1-0   | IMAX  | LED 最大电流配置。<br>00: 0mA (default)<br>01: 5mA<br>10: 10mA<br>11: 15mA   |       |       |       |       |       |

### 9.3.6 PWM 配置寄存器, PWM0~2

| 地址: 34~36h (缺省值 00h), 可读写 |       |                                      |       |       |       |       |       |
|---------------------------|-------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bit7                      | Bit 6 | Bit 5                                | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
| PWM                       |       |                                      |       |       |       |       |       |
| 位                         | 符号    | 说明                                   |       |       |       |       |       |
| 7:0                       | PWM   | 在闪烁模式下的最大亮度设置<br>0: 不亮;<br>255: 最大亮度 |       |       |       |       |       |

### 9.3.7 T1&T2时间配置寄存器, LEDi0

| 地址: 37h, 3Ah, 3Dh (缺省值 00h), 可读写 |       |   |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bit7                             | Bit 6 | Bit 5   | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
| 0                                | T1    |   |       | 0     | T2    |       |       |
| 位                                | 符号    | 说明  |       |       |       |       |       |
| 6-4                              | T1    | 设置 LED 自主呼吸淡进时间, 8 级可选<br>000: 0.13s      001: 0.26s<br>010: 0.52s      011: 1.04s<br>100: 2.08s      101: 4.16s<br>110: 8.32s      111: 16.64s |       |       |       |       |       |
| 2-0                              | T2    | 设置 LED 自主呼吸最大亮度保持时间, 6 级可选<br>000: 0.13s      001: 0.26s<br>010: 0.52s      011: 1.04s<br>100: 2.08s      101: 4.16s                            |       |       |       |       |       |

### 9.3.8 T3&T4时间配置寄存器, LEDi1

| 地址: 38h, 3Bh, 3Eh (缺省值 00h), 可读写 |       |   |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bit7                             | Bit 6 | Bit 5   | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
| 0                                | T3    |   |       | 0     | T4    |       |       |
| 位                                | 符号    | 说明  |       |       |       |       |       |
| 6-4                              | T3    | 设置 LED 自主呼吸淡出时间, 8 级可选<br>000: 0.13s      001: 0.26s<br>010: 0.52s      011: 1.04s<br>100: 2.08s      101: 4.16s<br>110: 8.32s      111: 16.64s   |       |       |       |       |       |
| 2-0                              | T4    | 设置 LED 自主呼吸熄灭保持时间, 8 级可选<br>000: 0.13s      011: 0.26s<br>010: 0.52s      011: 1.04s<br>100: 2.08s      101: 4.16s<br>110: 8.32s      111: 16.64s |       |       |       |       |       |

### 9.3.9 T0和重复次数配置寄存器, LEDi2

| 地址: 39h, 3Ch, 3Fh (缺省值 00h), 可读写 |       |  |       |        |       |       |       |
|----------------------------------|-------|--|-------|--------|-------|-------|-------|
| Bit7                             | Bit 6 | Bit 5  | Bit 4 | Bit 3  | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
| T0                               |       |  |       | REPEAT |       |       |       |
| 位                                | 符号    | 说明   |       |        |       |       |       |
| 7-4                              | T0    | 设置 LED 自主呼吸延迟启动时间<br>000: 0s            001: 0.13s<br>010: 0.26s      011: 0.52s<br>100: 1.04s      101: 2.08s<br>110: 4.16s      111: 8.32s<br>1000: 16.64s |       |        |       |       |       |

|     |        |   |
|-----|--------|---|
| 3-0 | REPEAT | 设置呼吸重复次数<br>0000: 连续呼吸, 不停止<br>0001: 呼吸 1 次<br>0010: 呼吸 2 次<br>.....<br>1111: 呼吸 15 次 |
|-----|--------|---|

### 9.3.10 I<sup>2</sup>C地址配置寄存器, IADR

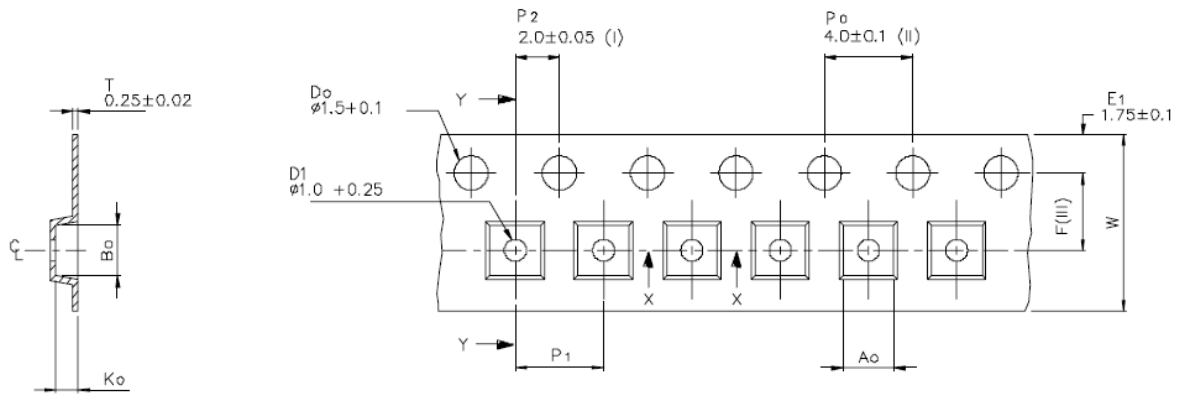
|                        |         |   |       |       |       |       |       |
|------------------------|---------|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 地址: 77h (缺省值 45h), 可读写 |         |   |       |       |       |       |       |
| Bit7                   | Bit 6   | Bit 5   | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
| ASEL                   |         | DA[6:0]   |       |       |       |       |       |
| 位                      | 符号      | 说明  |       |       |       |       |       |
| 7                      | ASEL    | I <sup>2</sup> C 接口器件地址选择<br>0: I <sup>2</sup> C 接口地址为缺省值 45h<br>1: I <sup>2</sup> C 接口地址=DA[6:0] |       |       |       |       |       |
| 6:0                    | DA[6:0] | 重新指定的 I <sup>2</sup> C 接口地址, 仅 ASEL=1 时有效。  |       |       |       |       |       |



## 10 封装信息

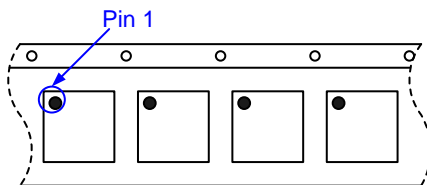
### 10.1 卷带描述

#### Carrier Tape



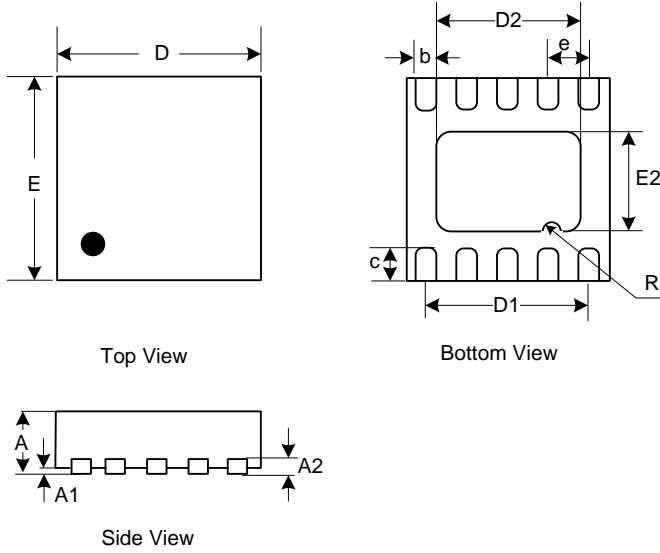
|                |                |
|----------------|----------------|
| A <sub>0</sub> | 2.30 +/−0.05   |
| B <sub>0</sub> | 2.30 +/−0.05   |
| K <sub>0</sub> | 1.00 +/−0.05   |
| F              | 3.50 +/−0.05   |
| P <sub>1</sub> | 4.00 +/−0.1    |
| W              | 8.00 +0.3/−0.1 |

#### Pin 1 direction



## 10.2 封装

DFN2x2-10



| Unit:mm |               | DFN-10L |       |  |
|---------|---------------|---------|-------|--|
| Symbol  | Min           | Typ     | Max   |  |
| A       | 0.700         | 0.750   | 0.800 |  |
| A1      | 0.000         |         | 0.050 |  |
| A2      | 0.152( Ref.)  |         |       |  |
| b       | 0.150         | 0.200   | 0.250 |  |
| c       | 0.250         | 0.300   | 0.350 |  |
| D       | 1.950         | 2.000   | 2.050 |  |
| D2      | 1.350         | 1.400   | 1.450 |  |
| D1      | 1.600 ( Ref.) |         |       |  |
| e       | 0.400 (BSC)   |         |       |  |
| E       | 1.950         | 2.000   | 2.050 |  |
| E2      | 0.850         | 0.900   | 0.950 |  |
| R       |               | 0.10    |       |  |

### 10.3 回流焊曲线

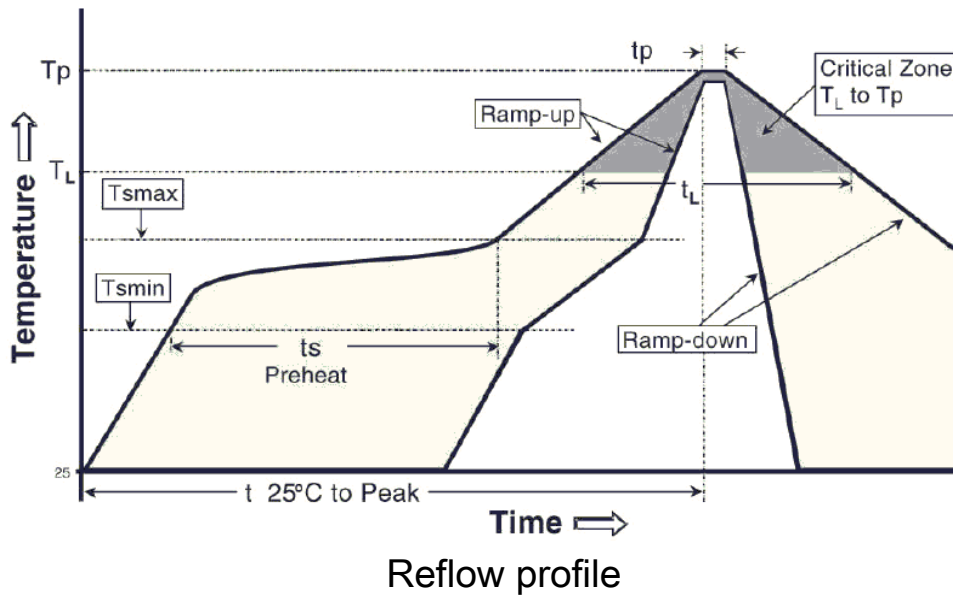


图 9 封装回流焊标准曲线

| Reflow condition  | Sn-Pb eutectic assembly                                      |   | Pb-Free assembly   |   |
|---|--|---|--|---|
|   | Pkg. thickness ≥ 2.5 mm or Pkg. volume ≥ 350 mm <sup>3</sup> | Pkg. thickness < 2.5 mm and Pkg. volume < 350 mm <sup>3</sup> | Pkg. thickness ≥ 2.5 mm or Pkg. volume ≥ 350 mm <sup>3</sup> | Pkg. thickness < 2.5 mm and Pkg. volume < 350 mm <sup>3</sup> |
| Average ramp-up rate (Liquidus Temperature (T <sub>L</sub> ) to Peak) | 3 °C/second max.   |   | 3 °C/second max.   |   |
| Preheat   |  |   |  |   |
| - Temperature Min (T <sub>s(min)</sub> )                              | 100 °C   |   | 150 °C   |   |
| - Temperature Max (T <sub>s(max)</sub> )                              | 150 °C   |   | 200 °C   |   |
| - Time (min to max) (t <sub>s</sub> )                                 | 60-120 seconds   |   | 60-180 seconds   |   |
| T <sub>s(max)</sub> to T <sub>L</sub>                                 |  |   |  |   |
| - Ramp-up Rate  |  |   | 3 °C/second max.   |   |
| Time maintained above:  |  |   |  |   |
| - Temperature (T <sub>L</sub> )                                       | 183 °C   |   | 217 °C   |   |
| - Time (t <sub>L</sub> )  | 60-150 seconds   |   | 60-150 seconds   |   |
| Peak Temperature (T <sub>p</sub> )                                    | 225 +0/-5 °C   | 240 +0/-5 °C  | 245 +0/-5 °C   | 250 +0/-5 °C  |
| Time within 5 °C of actual Peak Temperature (t <sub>p</sub> )         | 10-30 seconds  | 10-30 seconds   | 10-30 seconds  | 20-40 seconds   |
| Ramp-down Rate  | 6 °C/second max.   |   | 6 °C/second max.   |   |
| Time 25 °C to Peak Temperature  | 6 minutes max.   |   | 8 minutes max.   |   |

封装回流焊标准相关数据表

- 注意: 1、所有温度数据均相对于封装顶端, 在封装体表面测得;  
2、AW2013 采用无铅封装 (Pb-Free assembly)。

## 11 相关产品信息

| 产品名称    | 描述   | 主要特性                   |
|---------|--|------------------------|
| AW9120  | I <sup>2</sup> C 接口 20 路呼吸灯控制器             | PWM 调光, 自主呼吸           |
| AW9109  | I <sup>2</sup> C 接口 9 路呼吸灯控制器              | PWM 调光, 自主呼吸           |
| AW9106B | I <sup>2</sup> C 接口支持 GPIO 扩展功能的 6 路呼吸灯控制器 | 恒流源调光, 自主呼吸, GPIO 扩展功能 |

## 12 版本修订记录

| 版本   | 日期        | 修改说明   |
|------|-----------|--|
| V1.0 | 2012/8/10 | 第一次发布  |
| V1.1 | 2013/5/28 | 更换文档模板并增加部分功能的详细描述                               |
| V1.2 | 2014/1/15 | 1. 修改 LCFGx 描述笔误<br>2. 增加 LCTR.LEx=0 时寄存器操作禁止的说明 |

### 重要声明

上海艾为电子技术有限公司不对本公司产品以外的任何电路使用负责, 也不提供其专利许可。上海艾为电子技术有限公司保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。客户应该在发送订单之前取得最新的相关信息并核对信息的正确性和完整性

