



AiP3331

音频调制双矩阵8*9点阵恒流 LED驱动控制电路

产品说明书

说明书发行履历:

| 版本 | 发行时间 | 新制/修订内容 |
|------------|---------|-----------------------|
| 2020-05-A1 | 2020-05 | 新制 |
| 2021-05-A2 | 2021-05 | 添加QFN28订购信息 |
| 2021-11-A3 | 2021-11 | 修改订购信息 |
| 2021-12-A4 | 2021-12 | 修改订购信息 |
| 2022-08-A5 | 2022-08 | 修改SSOP28塑封体尺寸及封装尺寸外形图 |
| 2022-11-A6 | 2022-11 | 修改直流参数中高电平输入电压最小值 |



1、概述

AiP3331是一款点阵型LED驱动控制器。电路可以通过I²C通信接口进行通信配置，最大可以驱动144个单色LED组成的点阵。

AiP3331可以对每一个LED进行256阶的线性调光。电路最多可以存储8帧显示图形的信息，同时输出图形可以通过外接音频信号来选择。

其主要特点如下：

- 工作电压2.7V~5.5V
- 匹配1MHz 标准I²C接口
- 最大驱动144个LED的点阵
- 每点独立的闪烁控制
- 每点独立的256阶PWM占空比控制
- 每点独立的开关控制
- 内置存储器可存储8帧画面
- 可选择静态图片显示或自动播放模式
- 可选择图像切换时自动控制的呼吸模式
- 图像帧号可使用音频信号输入控制
- 图像亮度可使用音频信号输入控制
- 封装形式：QFN28/SSOP28

订购信息：

管装：

| 产品料号 | 封装形式 | 打印标识 | 管装数 | 盒装管 | 盒装数 | 备注说明 |
|----------------|------------|---------|-------------|------------|----------------|---------------------------------------|
| AiP3331VB28.TB | SSOP28 (1) | AiP3331 | 50 PCS/管 | 100 管/盒 | 5000 PCS/盒 | 塑封体尺寸： 9.8mm×3.8mm 引脚间距：0.635mm |
| AiP3331VB28.TB | SSOP28 (2) | AiP3331 | 50 PCS/管 | 200 管/盒 | 10000 PCS/盒 | 塑封体尺寸： 9.8mm×3.8mm 引脚间距：0.635mm |

编带：

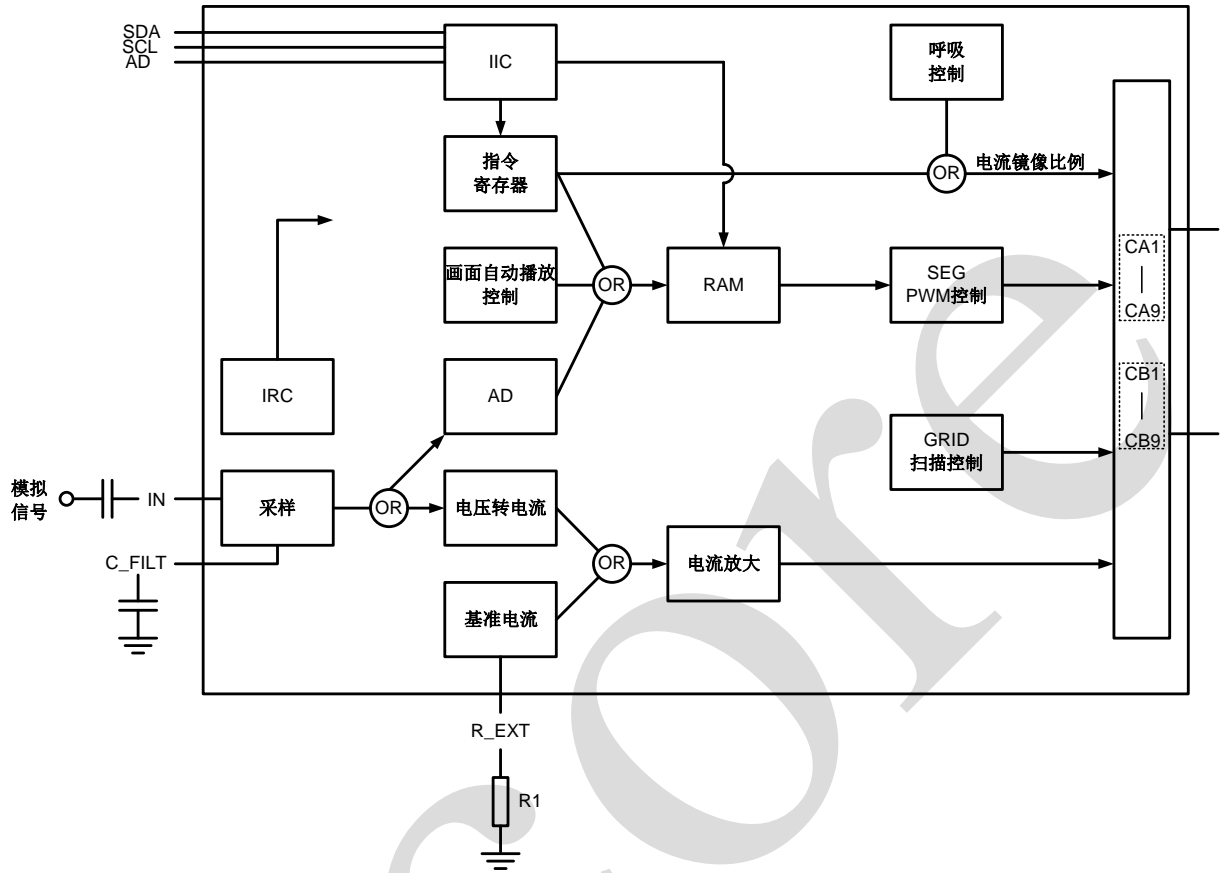
| 产品料号 | 封装形式 | 打印标识 | 编带盘装数 | 编带盒装数 | 备注说明 |
|----------------|--------|---------|---------------|---------------|---------------------------------------|
| AiP3331VB28.TR | SSOP28 | AiP3331 | 4000 PCS/盘 | 8000 PCS/盒 | 塑封体尺寸： 9.8mm×3.8mm 引脚间距：0.635mm |
| AiP3331QB28.TR | QFN28 | AiP3331 | 3000 PCS/盘 | 3000 PCS/盒 | 塑封体尺寸： 4.0mm×4.0mm 引脚间距：0.40mm |

注：如实物与订购信息不一致，请以实物为准。

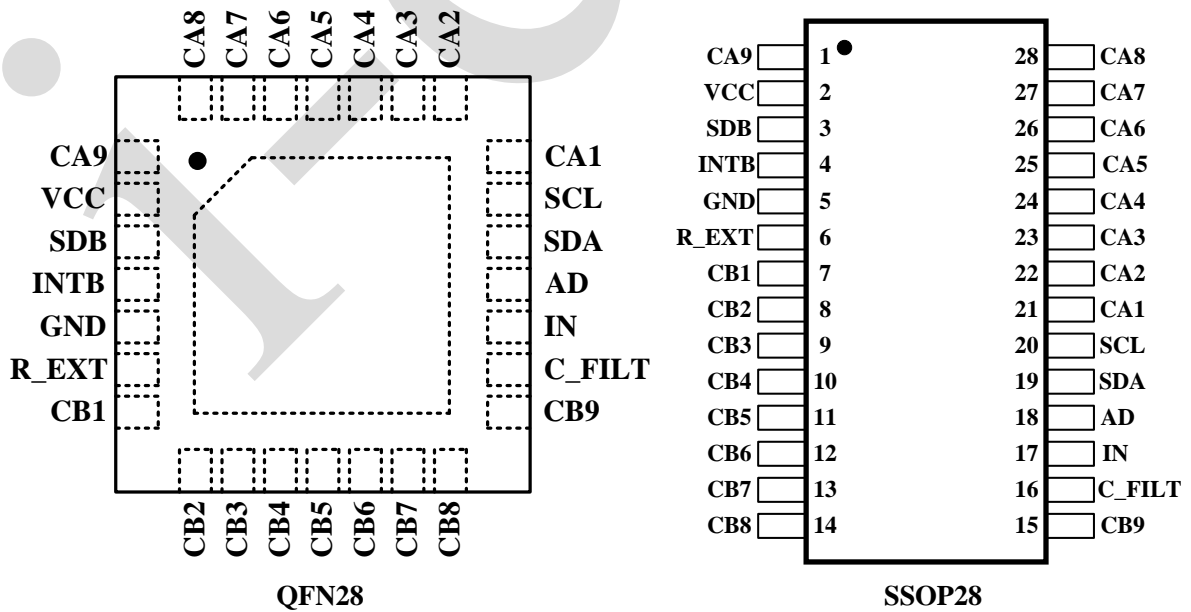


2、功能框图及引脚说明

2.1、功能框图



2.2、引脚排列图





2.3、引脚说明及结构原理图

| 引脚 | 符号 | 功能 | 引脚 | 符号 | 功能 |
|----|-------|-------------------|----|--------|-------------------|
| 1 | CA9 | LED 驱动输出 GRID/SEG | 15 | CB9 | LED 驱动输出 GRID/SEG |
| 2 | VCC | 电源 | 16 | C_FILT | 音频信号滤波 |
| 3 | SDB | 复位信号输入 | 17 | IN | 音频信号输入端 |
| 4 | INTB | 中断信号输出 | 18 | AD | 通信接口地址选择端 |
| 5 | GND | 地 | 19 | SDA | 通信接口数据端 |
| 6 | R_EXT | 驱动电流控制端 | 20 | SCL | 通信接口时钟端 |
| 7 | CB1 | LED 驱动输出 GRID/SEG | 21 | CA1 | LED 驱动输出 GRID/SEG |
| 8 | CB2 | LED 驱动输出 GRID/SEG | 22 | CA2 | LED 驱动输出 GRID/SEG |
| 9 | CB3 | LED 驱动输出 GRID/SEG | 23 | CA3 | LED 驱动输出 GRID/SEG |
| 10 | CB4 | LED 驱动输出 GRID/SEG | 24 | CA4 | LED 驱动输出 GRID/SEG |
| 11 | CB5 | LED 驱动输出 GRID/SEG | 25 | CA5 | LED 驱动输出 GRID/SEG |
| 12 | CB6 | LED 驱动输出 GRID/SEG | 26 | CA6 | LED 驱动输出 GRID/SEG |
| 13 | CB7 | LED 驱动输出 GRID/SEG | 27 | CA7 | LED 驱动输出 GRID/SEG |
| 14 | CB8 | LED 驱动输出 GRID/SEG | 28 | CA8 | LED 驱动输出 GRID/SEG |

3、电特性

3.1、极限参数

除非另有规定, $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$

| 参数名称 | 符号 | 条件 | 额定值 | 单位 |
|--------|-----------|----|-----------|--------------------|
| 电源电压 | VCC | — | -0.3~+5.5 | V |
| 工作环境温度 | T_{amb} | — | -40~+85 | $^{\circ}\text{C}$ |
| 贮存温度 | T_{stg} | — | -65~+150 | $^{\circ}\text{C}$ |

3.2、电气特性

3.2.1、直流参数 (除非另有规定, $T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$, VCC=3.6V)

| 参数名称 | 符号 | 测试条件 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|------------------------------|-----------|---|-----|-------------------|-----|----|
| 工作电压 | VCC | — | 2.7 | — | 5.5 | V |
| 工作电流 | I_{CC} | $V_{IN}=0\text{V}$, 无音频输入 所有 LED 关 | — | 2.17 | — | mA |
| 关断电流 | I_{SD} | $V_{SDB}=0\text{V}$ | — | 0.5 | 5 | uA |
| | | $V_{SDB}=VCC$ 软件关断模式 1 | — | 230 | — | |
| 输出恒定电流 CA1~CA9 CB1~CB9 | I_{OUT} | 自动控制电流 无音频信号输入 $R_{EXT}=20\text{K}\Omega$ | — | 34 ^[1] | — | mA |
| 输出电压 CA1~CA9 CB1~CB9 | V_{HR} | 输出高电平 恒流=34mA | — | VCC-0.4 | — | V |
| | | 输出低电平 电流=270mA ^[2] | — | 0.4 | — | V |
| 扫描时间 | T_S | — | — | 106 | — | us |
| 非交叠时间 | T_{SOL} | — | — | 15 | — | us |



| | | | | | | |
|---------|-----------|---|-------------|-----------|--------------|----|
| 输出平均电流 | I_{LED} | $R_{EXT}=20K\Omega$ PWM 占空比最大 ^[3] | — | 3.2 | — | mA |
| 高电平输入电压 | V_{IH} | $V_{IO}=3.6V$ | $0.6V_{IO}$ | — | V_{IO} | V |
| 低电平输入电压 | V_{IL} | $V_{IO}=3.6V$ | GND | — | $0.25V_{IO}$ | V |
| 高电平输入漏电 | I_{IH} | $V_{IN}=V_{IO}$ | — | $5^{[4]}$ | — | nA |
| 低电平输入漏电 | I_{IL} | $V_{IN}=GND$ | — | $5^{[4]}$ | — | nA |

注:

[1] 平均电流等于 $I_{OUT}/10.5$

[2] 所有 LED 打开

[3] $I_{LED}=64.7/R_{EXT}$, $R_{EXT}=20K\Omega$ 是一个推荐值, 推荐的最小的 R_{EXT} 是 $18K\Omega$

[4] 这是设计值

3.3.2、交流参数

| 参数名称 | 符号 | 测试条件 | 最小 | 典型 | 最大 | 单位 |
|--------------|---------------|------------------|----|-------------|-----|-----|
| 串行通信频率 | f_{SCL} | — | — | — | 1 | MHz |
| 总线空闲时间 | t_{BUF} | — | — | 0.5 | — | us |
| Start 标志保持时间 | $t_{HD, STA}$ | — | — | 0.26 | — | us |
| 重启状态的建立时间 | $t_{SU, STA}$ | — | — | 0.26 | — | us |
| Stop 标志建立时间 | $t_{SU, STO}$ | — | — | 0.26 | — | us |
| 数据保持时间 | $t_{HD, DAT}$ | — | — | 0 | — | us |
| 数据建立时间 | $t_{SU, DAT}$ | — | — | 50 | — | ns |
| SCL 低电平时间 | t_{LOW} | — | — | 0.5 | — | us |
| SCL 高电平时间 | t_{HIGH} | — | — | 0.26 | — | us |
| SDA、SCL 上升时间 | t_R | — ^[1] | — | $20+0.1C_b$ | 120 | ns |
| SDA、SCL 下降时间 | t_F | — ^[1] | — | $20+0.1C_b$ | 120 | ns |

注:

[1] C_b =总线上的总寄生电容, pF 级。 $I_{SINK} \leq 6mA$, t_R 和 t_F 测量信号变化 $0.3 \times VCC$ 到 $0.7 \times VCC$

4、功能介绍

4.1、I²C 接口

AiP3331 电路采用串行 I²C 总线来进行通信, 以控制电路工作。通信接口包括串行时钟端口 SCL、串行数据端口 SDA 和从机地址选择端口 AD。

AiP3331 的 I²C 通信需要使用控制字节。控制字节是有 7bit 的 I²C 从机地址和 1bit 的读写控制位 (A0) 组成的。A0 为 0 时进行写操作, A0 为 1 时进行读操作。从机地址的低 4bit 由端口 AD 的状态决定, 具体如下:



| 位 | A7: A3 | A2: A1 | A0 |
|-----|--------|--------|-----|
| 设定值 | 11101 | AD | 0/1 |

AD 连接 GND 时, AD=00;

AD 连接 VCC 时, AD=11;

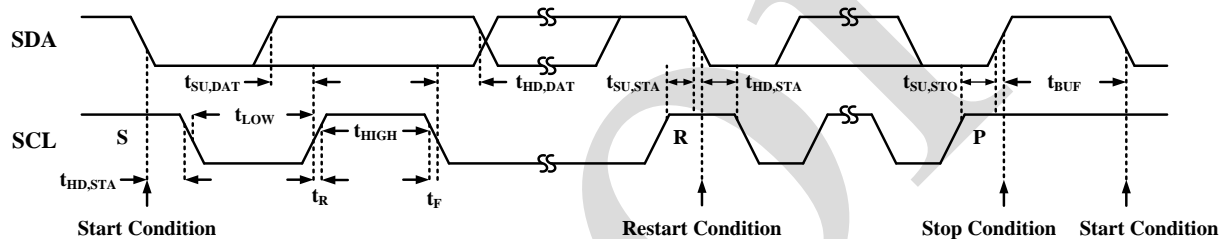
AD 连接 SCL 时, AD=01;

AD 连接 SDA 时, AD=10.

SCL 端口是单向的, 只作为输入端口使用。SDA 端口是双向的, 可以作为输入端口, 也可以作为输出端口使用。SDA 在输出时是 NMOS 开漏输出, 因此需要连接上拉电阻, 推荐的上拉电阻值为 4.7KΩ。

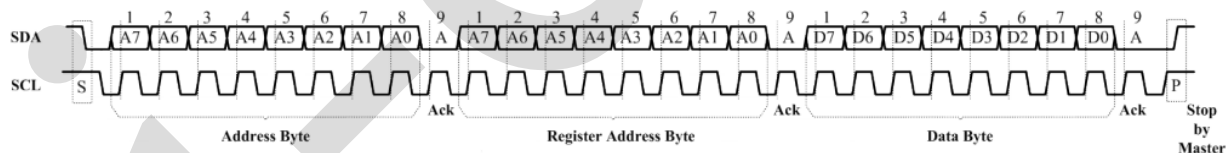
SCL 端口输入的通信时钟信号的最大频率不能超过 1MHz。在应用时, AiP3331 只能作为 I²C 通信的从机使用。

通信时序如下图所示:



SDA 端口状态在 SCL 为高电平期间被锁存。当停止 I²C 通信时, SDA 端口应该被置高。

开始标志 (Start Condition) 被定义为 SCL 高电平时 SDA 产生下降沿状态。开始标志会被总线上的所有 I²C 从机所识别, 并开始检查之后主机发送的从机地址是否与自身从机地址匹配。



开始标志结束后, 主机开始发送从机地址, 高位在前。所有从机地址数据信号必须在 SCL 端口为高电平时保持稳定。

从机地址和读写控制位发送结束后, 主机检查 AiP3331 是否发出正确的握手信号 (ACK)。此时主机应释放 SDA 信号线的高电平状态, 并发送额外的时钟信号。如果 AiP3331 接收到正确的从机地址, 它将在这个时钟周期内将 SDA 端口的状态保持为低电平, 作为一个 ACK 信号返回给主机。如果在这个时钟周期中 SDA 没有保持为低电平, 主机应发送一个停止标志 (Stop Condition) 来终止本次通信过程。

在 AiP3331 发出正确的 ACK 信号后, 主机需要发送寄存器地址, 高位在前。之后 AiP3331 会产生一个 ACK 信号, 以表示接受到寄存器地址信息。

之后开始发送每字节为 8bit 的数据信息, 高位在前。所有数据信号必须在 SCL 为高电平时保持

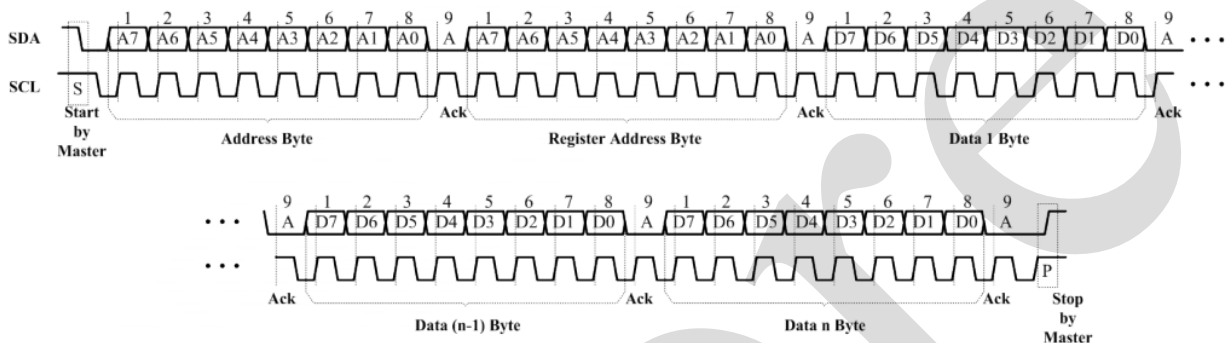


稳定。每次接收到 8bit 数据, AiP3331 都会发送一个 ACK 信号来表示接受到了主机发送的数据。

停止标志 (Stop Condition) 被定义为 SCL 高电平时 SDA 产生上升沿状态。它用于终止一次通信过程。

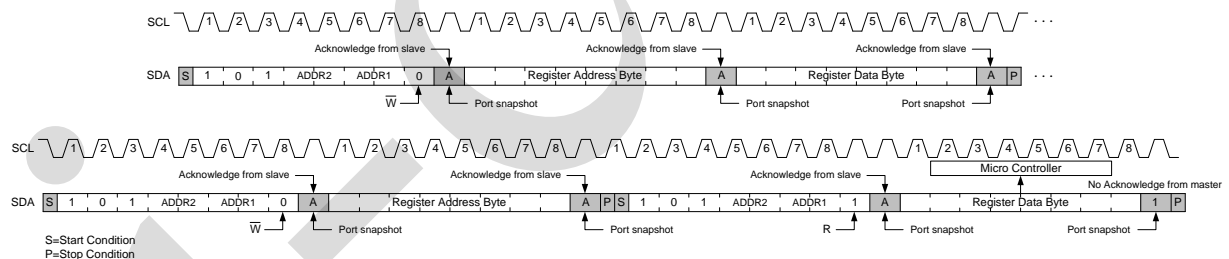
寄存器地址自加功能

在向 AiP3331 一次性写入多个字节数据时, 需要设置第一个字节数据的地址。在 AiP3331 返回 ACK 信号后, 内部地址指针会自动加 1。这使得下一个连续写入 AiP3331 的数据会写入一个新的地址。



读寄存器

AiP3331 的所有寄存器数据均可读 (其中“帧数据寄存器”只能在软件关断状态且 SDB=H 时读取)。为了读取 AiP3331 中的数据, 在输入从机地址后, 读写控制位 A0 必须先设置为 0, 然后输入需要读取的寄存器地址, 然后再从新开始通信, 再次输入从机地址后, 将读写控制位 A0 设置为 1, 随后 AiP3331 开始输出指定的数据。



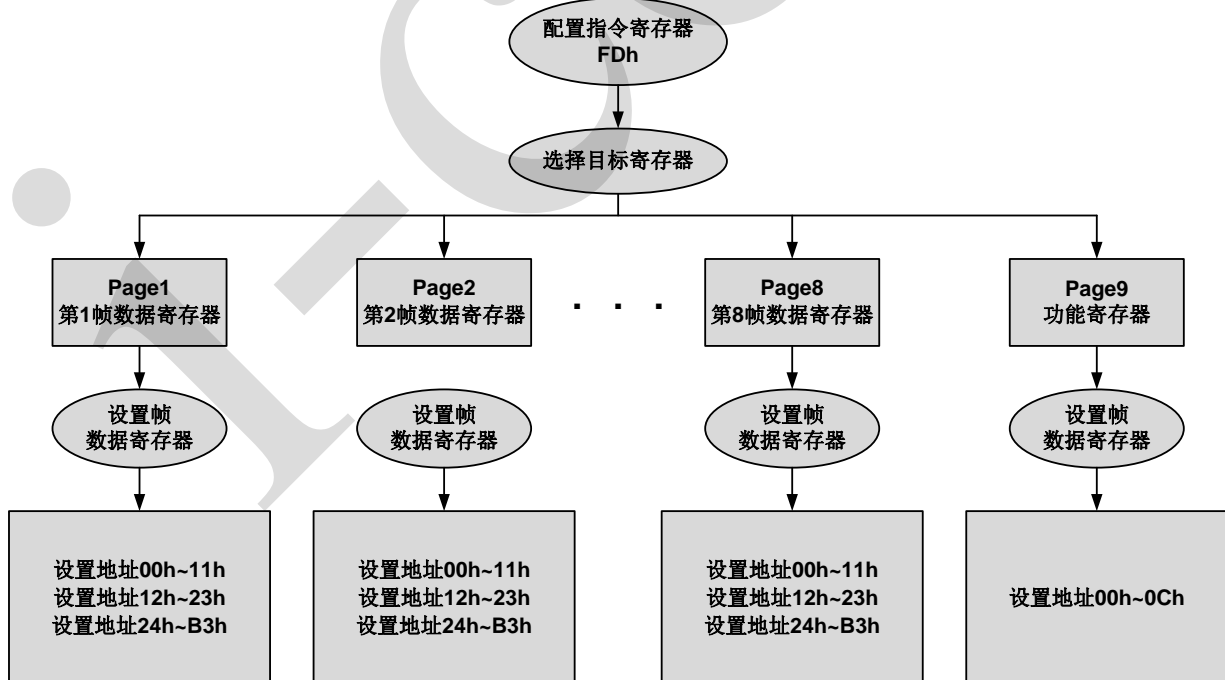
4.2、寄存器

| 地址 FDh | | | |
|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| 数据 | 功能 | 数据 | 功能 |
| 0000 0000 | 指向 Page1 (第 1 帧数据寄存器) | 0000 0001 | 指向 Page2 (第 2 帧数据寄存器) |
| 0000 0010 | 指向 Page3 (第 3 帧数据寄存器) | 0000 0011 | 指向 Page4 (第 4 帧数据寄存器) |
| 0000 0100 | 指向 Page5 (第 5 帧数据寄存器) | 0000 0101 | 指向 Page6 (第 6 帧数据寄存器) |
| 0000 0110 | 指向 Page7 (第 7 帧数据寄存器) | 0000 0111 | 指向 Page8 (第 8 帧数据寄存器) |
| 0000 1011 | 指向 Page9 (功能寄存器) | | |



| 地址 | 名称 | 功能 | R/W | 复位值 |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------|-----|-----------|
| 帧数据寄存器 (Page1~Page8) | | | | |
| 00~11h | LED Control Register | 存储每个 LED 的开关状态 | R/W | xxxx xxxx |
| 12~23h | Blink Control Register | 存储每个 LED 的闪烁功能状态 | | |
| 24~B3h | PWM Register | 存储每个 LED 的点亮占空比数据 | | |
| 功能寄存器 (Page9) | | | | |
| 00h | Configuration Register | 配置操作模式 | R/W | 0000 0000 |
| 01h | Picture Display Register | 图片模式下设置显示帧号 | R/W | |
| 02h | Auto Play Control Register 1 | 自动播放模式下设置显示方式 | R/W | |
| 03h | Auto Play Control Register 2 | 自动播放模式下设置持续时间 | R/W | |
| 04h | NC | 保留位 | R/W | |
| 05h | Display Option Register | 设置显示选项 | R/W | |
| 06h | Audio Synchronization Register | 设置音乐同步功能 | R/W | |
| 07h | Frame State Register | 存储显示帧号信息 | R | |
| 08h | Breath Control Register 1 | 呼吸灯模式下设置淡入淡出时间 | R/W | |
| 09h | Breath Control Register 2 | 设置呼吸灯功能 | R/W | |
| 0Ah | Shutdown Register | 设置软件关断模式 | R/W | |
| 0Bh | AGC Control Register | 设置 AGC 功能和音乐信号增益 | R/W | |
| 0Ch | Audio ADC Rate Register | 设置 ADC 输入信号采样频率 | R/W | |

4.3、寄存器配置流程





4.4、帧数据寄存器

4.4.1、地址 00h~11h LED Control Register

| | |
|-----|--|
| 位 | D7:D0 |
| 名称 | $C_{X-8}:C_{X-1}$ 或 $C_{X-16}:C_{X-9}$ |
| 复位值 | XXXX XXXX |

LED 控制寄存器用于存储点阵中每个 LED 的开关状态。

| | |
|-----------|---------|
| C_{X-Y} | LED 状态位 |
| 0 | LED 关 |
| 1 | LED 开 |

4.4.2、地址 12h~23h Blink Control Register

| | |
|-----|--|
| 位 | D7:D0 |
| 名称 | $C_{X-8}:C_{X-1}$ 或 $C_{X-16}:C_{X-9}$ |
| 复位值 | XXXX XXXX |

闪烁控制寄存器用于存储点阵中每个 LED 的闪烁功能开关

| | |
|-----------|---------|
| C_{X-Y} | LED 状态位 |
| 0 | LED 关 |
| 1 | LED 开 |

4.4.3、地址 24h~B3h PWM Register

| | |
|-----|-----------|
| 位 | D7:D0 |
| 名称 | PWM |
| 复位值 | XXXX XXXX |

PWM 占空比寄存器用于存储点阵中每个 LED 点亮时间的占空比。每个 LED 点有 256 阶的占空比控制。每个 LED 的输出电流可以用以下公式计算

$$I_{PWM} = \frac{I_{GLB}}{256} \cdot \sum_{n=0}^7 D[n] \cdot 2^n$$

n 代表寄存器的数据位，取值范围 0~7。D[n]代表第 n 位的数据，取值 0 或 1。

例如，D7:D0=10110101，则输出电流为

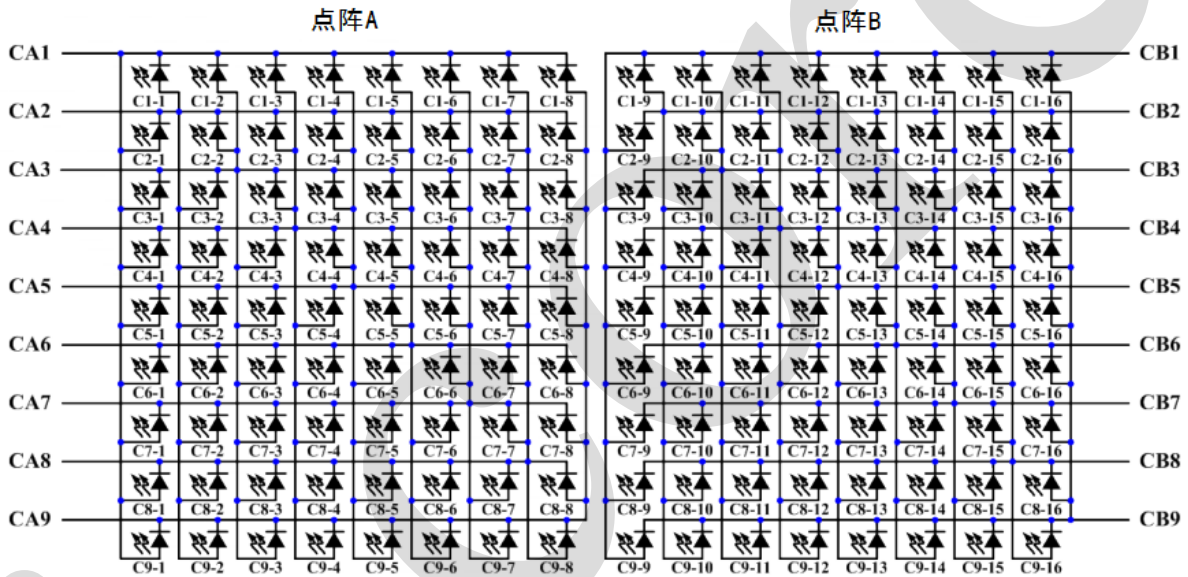
$$I_{PWM} = I_{GLB} (2^0 + 2^2 + 2^4 + 2^5 + 2^7) / 256$$

公式中 I_{GLB} 由 Global Current Register（全局电流控制寄存器）控制。



4.4.4、帧数据寄存器寻址

| LED 位置 | | LED 控制寄存器 | | 闪烁控制寄存器 | | PWM 寄存器 | |
|----------------|-----------------|-----------|------|---------|------|---------|---------|
| 点阵 A | 点阵 B | 点阵 A | 点阵 B | 点阵 A | 点阵 B | 点阵 A | 点阵 B |
| CA1(C1-1~C1-8) | CB1(C1-9~C1-16) | 00h | 01h | 12h | 13h | 24h~2Bh | 2Ch~33h |
| CA2(C2-1~C2-8) | CB2(C2-9~C2-16) | 02h | 03h | 14h | 15h | 34h~3Bh | 3Ch~43h |
| CA3(C3-1~C3-8) | CB3(C3-9~C3-16) | 04h | 05h | 16h | 17h | 44h~4Bh | 4Ch~53h |
| CA4(C4-1~C4-8) | CB4(C4-9~C4-16) | 06h | 07h | 18h | 19h | 54h~5Bh | 5Ch~63h |
| CA5(C5-1~C5-8) | CB5(C5-9~C5-16) | 08h | 09h | 1Ah | 1Bh | 64h~6Bh | 6Ch~73h |
| CA6(C6-1~C6-8) | CB6(C6-9~C6-16) | 0Ah | 0Bh | 1Ch | 1Dh | 74h~7Bh | 7Ch~83h |
| CA7(C7-1~C7-8) | CB7(C7-9~C7-16) | 0Ch | 0Dh | 1Eh | 1Fh | 84h~8Bh | 8Ch~93h |
| CA8(C8-1~C8-8) | CB8(C8-9~C8-16) | 0Eh | 0Fh | 20h | 21h | 94h~9Bh | 9Ch~A3h |
| CA9(C9-1~C9-8) | CB9(C9-9~C9-16) | 10h | 11h | 22h | 23h | A4h~ABh | ACh~B3h |



4.5、功能寄存器

4.5.1、地址 00h PWM Register Configuration Register

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|------|----|----|----|----|
| 名称 | 0 | 1 | — | MODE | | FS | | |
| 复位值 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

MODE

- 00 图片模式
- 01 自动播放模式
- 10/11 音频同步模式

FS

- 000 自动播放模式中，起始帧为第 1 帧
- 001 自动播放模式中，起始帧为第 2 帧
- 010 自动播放模式中，起始帧为第 3 帧
- 011 自动播放模式中，起始帧为第 4 帧
- 100 自动播放模式中，起始帧为第 5 帧



| | |
|-----|--------------------|
| 101 | 自动播放模式中, 起始帧为第 6 帧 |
| 110 | 自动播放模式中, 起始帧为第 7 帧 |
| 111 | 自动播放模式中, 起始帧为第 8 帧 |

4.5.2、地址 01h Picture Display Register

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|
| 名称 | — | | | | | PFS | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

PFS

| | |
|-----|----------------|
| 000 | 图片模式中, 显示第 1 帧 |
| 001 | 图片模式中, 显示第 2 帧 |
| 010 | 图片模式中, 显示第 3 帧 |
| 011 | 图片模式中, 显示第 4 帧 |
| 100 | 图片模式中, 显示第 5 帧 |
| 101 | 图片模式中, 显示第 6 帧 |
| 110 | 图片模式中, 显示第 7 帧 |
| 111 | 图片模式中, 显示第 8 帧 |

4.5.3、地址 02h Auto Play Control Register 1

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|
| 名称 | — | CNS | | | — | FNS | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

CNS

| | |
|-----|---------------------------|
| 000 | 自动播放模式中, 整体持续重复播放 |
| 001 | 自动播放模式中, 整体重复播放 1 次, 然后停止 |
| 010 | 自动播放模式中, 整体重复播放 2 次, 然后停止 |
| 011 | 自动播放模式中, 整体重复播放 3 次, 然后停止 |
| 100 | 自动播放模式中, 整体重复播放 4 次, 然后停止 |
| 101 | 自动播放模式中, 整体重复播放 5 次, 然后停止 |
| 110 | 自动播放模式中, 整体重复播放 6 次, 然后停止 |
| 111 | 自动播放模式中, 整体重复播放 7 次, 然后停止 |

FNS

| | |
|-----|----------------------|
| 000 | 自动播放模式中, 连续播放所有帧的图形 |
| 001 | 自动播放模式中, 连续播放 1 帧的图形 |
| 010 | 自动播放模式中, 连续播放 2 帧的图形 |
| 011 | 自动播放模式中, 连续播放 3 帧的图形 |
| 100 | 自动播放模式中, 连续播放 4 帧的图形 |
| 101 | 自动播放模式中, 连续播放 5 帧的图形 |
| 110 | 自动播放模式中, 连续播放 6 帧的图形 |
| 111 | 自动播放模式中, 连续播放 7 帧的图形 |

播放会停止在设置值对应的下一帧的图形上。例如 FS=011, CNS=011, FNS=011, 则画面会在第 4 帧到第 6 帧之间重复播放 3 次, 然后停止在第 7 帧上。

**4.5.4、地址 03h Auto Play Control Register 2**

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 名称 | — | | A | | | | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

A

设置帧持续时间 (FDT=Frame Delay Time)。

当 A=0 时, $FDT=\tau\times 64$ 当 A=1~63 时, $FDT=\tau\times A$ A 的取值范围 0~63, 典型值 $\tau=11\text{ms}$ **4.5.5、地址 04h NC**

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 名称 | NC | | | | | | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

保留位 可读写, 但设置任意值无作用

4.5.6、地址 05h Display Option Register

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 名称 | — | | IC | — | BE | A | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

IC

0 每一帧画面使用对应的帧数据寄存器中的配置

1 所有帧统一使用第 1 帧数据寄存器中的配置

BE

0 不可使用闪烁功能

1 可以使用闪烁功能

A

设置闪烁周期 (BPT=Blink Period Time)

 $BPT=\tau\times A$ A 的取值范围为 0~7, 典型值 $\tau=0.27\text{s}$ **4.5.7、地址 06h Audio Synchronization Register**

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 名称 | — | | | | | | | AE |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

AE

0 音乐同步模式关闭

1 音频信号可以控制整个点阵的亮度

当 AE 设置为 1 时, 输入的音频信号可以影响输出给 LED 的电流, 此时点阵的亮度同时受到输入的音频信号和每个 LED 的 PWM 寄存器的数据控制。

**4.5.8、地址 07h Frame State Register (这是一个只读的寄存器)**

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|-----|----|-----|----|----|
| 名称 | — | | | INT | — | CFD | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | |
|-----|---------------------|--|
| INT | (硬件置 1, 读取时清 0) | |
| 0 | 表示自动播放模式下, 图片播放没有结束 | |
| 1 | 表示自动播放模式下, 图片播放结束 | |
| DFD | | |
| 000 | 表示目前显示的是第 1 帧图形 | |
| 001 | 表示目前显示的是第 2 帧图形 | |
| 010 | 表示目前显示的是第 3 帧图形 | |
| 011 | 表示目前显示的是第 4 帧图形 | |
| 100 | 表示目前显示的是第 5 帧图形 | |
| 101 | 表示目前显示的是第 6 帧图形 | |
| 110 | 表示目前显示的是第 7 帧图形 | |
| 111 | 表示目前显示的是第 8 帧图形 | |

4.5.9、地址 08h Breath Control Register 1

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 名称 | — | A | | | — | B | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

A
设置淡出时间 (FOT=Fade Out Time)
 $FOT = \tau \times 2^A$
A 的取值范围为 0~7, 典型值 $\tau = 26\text{ms}$

B
设置淡入时间 (FIT=Fade In Time)
 $FIT = \tau \times 2^B$
B 的取值范围为 0~7, 典型值 $\tau = 26\text{ms}$

4.5.10、地址 09h Breath Control Register 2

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|------|----|----|----|----|
| 名称 | — | | | B_EN | — | A | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

B_EN
0 图片模式和自动播放模式下, 呼吸灯功能关闭
1 图片模式和自动播放模式下, 呼吸灯功能打开

A
设置熄灭状态保持时间 (ET=Extinguish Time)
 $ET = \tau \times 2^A$
A 的取值范围为 0~7, 典型值 $\tau = 3.5\text{ms}$

**4.5.11、地址 0Ah Shutdown Register**

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| 名称 | — | | | | | | SSD | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

SSD

- 00 关断模式 1, 可以对帧数据寄存器和功能寄存器进行写操作
01 正常工作模式

4.5.12、地址 0Bh AGC Control Register

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|------|-----|-----|----|----|
| 名称 | — | | | AGCM | AGC | AGS | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

AGCM

- 0 低速模式
1 高速模式

AGC

- 0 音乐信号输入功能关闭
1 音乐信号输入功能开启

AGS

- 000 音乐信号输入增益 0dB
001 音乐信号输入增益 3dB
010 音乐信号输入增益 6dB
011 音乐信号输入增益 9dB
100 音乐信号输入增益 12dB
101 音乐信号输入增益 15dB
110 音乐信号输入增益 18dB
111 音乐信号输入增益 21dB

4.5.13、地址 0Ch AGC Control Register

| 位 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 名称 | A | | | | | | | |
| 复位值 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

A (在音乐同步模式下有效)

设置音乐信号输入采样率 (AAR=Audio ADC Rate)

当 A=0 时, AAR= $\tau \times 256$ 当 A=1~255 时, AAR= $\tau \times A$ A 的取值范围为 0~255, 典型值 $\tau=46\mu\text{s}$



4.6、功能说明

4.6.1、PWM 占空比设置

LED 点阵中，每颗 LED 的亮度可以通过 PWM 寄存器进行 256 阶的点亮时间占空比设置，从而调节亮度。

连续改变写入 PWM 寄存器的值，可以连续改变 LED 亮度，从而手动获得呼吸灯的效果。

4.6.2、 R_{EXT}

AiP3331 对每一个 LED 的平均输出电流受到外部电阻（ R_{EXT} 端口到地电阻 R_{EXT} ）的控制，输出电流可以通过以下方法计算（计算为国际单位制）：

$$I_{LED} = 64.7 / R_{EXT}$$

举例： $R_{EXT} = 20K\Omega$ ，则 $I_{LED} = 3.2mA$

推荐的 R_{EXT} 电阻值在 $18K\Omega$ 左右，可以得到比较理想的显示效果。

4.6.3、LED 电流

LED 的电流受到两个寄存器控制，帧数据寄存器中的 PWM 寄存器（PWM Register）和功能寄存器中的全局电流寄存器（Global Current Register）。

PWM 寄存器通过设置每个 LED 的点亮时间占空比，影响每个 LED 的电流 I_{PWM} ，从而控制每个 LED 的亮度。

全局电流寄存通过设置器整个点阵的驱动电流，影响所有 LED 的电流 I_{LED} ，从而控制整个点阵的亮度。

I_{LED} 电流的基准值由外围电阻 R_{EXT} 设置。

4.6.4、GAMMA 矫正

为了获得良好的呼吸灯效果，建议使用有 gamma 矫正效果的方式来控制 PWM 占空比变化。这样虽然会减少 PWM 对亮度的调整级数（小于 256 级），但会使得人眼感觉到的 LED 的亮度以更加线性的方式变化。

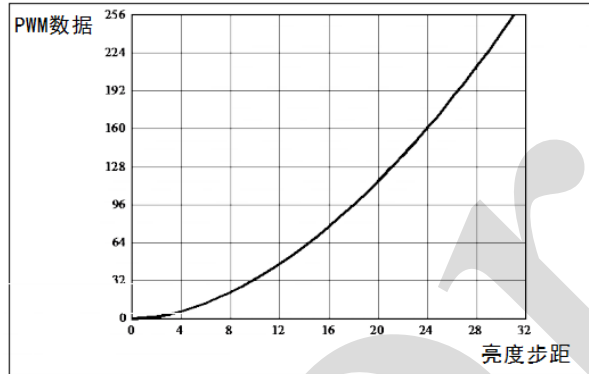
GAMMA 矫正技术，或称 GAMMA 压缩技术、GAMMA 编码级数，用于对线性变化的光源编码以适应人眼感受到的光源非线性变化其亮度的特征。由于 AiP3331 有 256 级的 PWM 调整能力，因此可以在设置每个 LED 的亮度时使用 GAMMA 矫正的方式，使得亮度符合人眼的光感曲线。

选取高阶数的 GAMMA 矫正编码方式可以改善呼吸灯效果下的亮度变化连续性。这对一个拥有较长的呼吸周期的呼吸灯显示效果时十分有用的。推荐的配置方法会受到呼吸周期（T）的影响，当 $T = 1s$ 时，建议使用 32 阶的 GAMMA 矫正表。当 $T = 2s$ 时，建议使用 64 阶的 GAMMA 矫正表。使用者在决定最终的 GAMMA 矫正方式时，不仅要考虑 LED 本身的性能，还要考虑最终产品的显示效果。



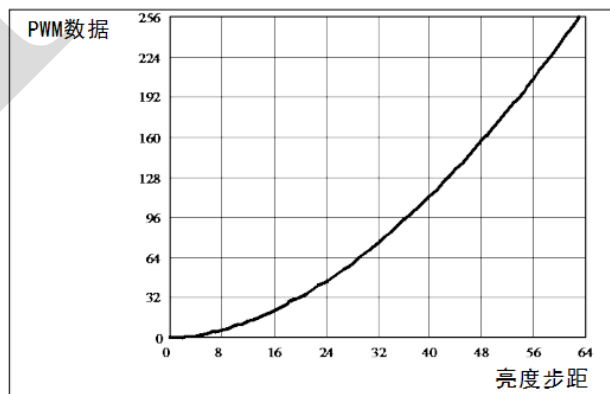
32阶GAMMA矫正表

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C(0) | C(1) | C(2) | C(3) | C(4) | C(5) | C(6) | C(7) |
| 0 | 1 | 2 | 4 | 6 | 10 | 13 | 18 |
| C(8) | C(9) | C(10) | C(11) | C(12) | C(13) | C(14) | C(15) |
| 22 | 28 | 33 | 39 | 46 | 53 | 61 | 69 |
| C(16) | C(17) | C(18) | C(19) | C(20) | C(21) | C(22) | C(23) |
| 78 | 86 | 96 | 106 | 116 | 126 | 138 | 149 |
| C(24) | C(25) | C(26) | C(27) | C(28) | C(29) | C(30) | C(31) |
| 161 | 173 | 186 | 199 | 212 | 226 | 240 | 255 |



64阶GAMMA矫正表

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C(0) | C(1) | C(2) | C(3) | C(4) | C(5) | C(6) | C(7) |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| C(8) | C(9) | C(10) | C(11) | C(12) | C(13) | C(14) | C(15) |
| 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 |
| C(16) | C(17) | C(18) | C(19) | C(20) | C(21) | C(22) | C(23) |
| 24 | 26 | 29 | 32 | 35 | 38 | 41 | 44 |
| C(24) | C(25) | C(26) | C(27) | C(28) | C(29) | C(30) | C(31) |
| 47 | 50 | 53 | 57 | 61 | 65 | 69 | 73 |
| C(32) | C(33) | C(34) | C(35) | C(36) | C(37) | C(38) | C(39) |
| 77 | 81 | 85 | 89 | 94 | 99 | 104 | 109 |
| C(40) | C(41) | C(42) | C(43) | C(44) | C(45) | C(46) | C(47) |
| 114 | 119 | 124 | 129 | 134 | 140 | 146 | 152 |
| C(48) | C(49) | C(50) | C(51) | C(52) | C(53) | C(54) | C(55) |
| 158 | 164 | 170 | 176 | 182 | 188 | 195 | 202 |
| C(56) | C(57) | C(58) | C(59) | C(60) | C(61) | C(62) | C(63) |
| 209 | 216 | 223 | 230 | 237 | 244 | 251 | 255 |





4.6.5、功能模式

AiP3331 有三种功能模式，图片模式、自动播放模式和音频同步模式。

图片模式

通过设置 Configuration Register 的 MODE 位到 00 来选择电路进入图片模式。图片模式下，设置 Picture Display Register 的 PFS 位来选择显示图形的帧号。图片模式下可以选择呼吸灯模式。

自动播放模式

通过设置 Configuration Register 的 MODE 位到 01 来选择电路进入自动播放模式。AiP3331 可以存储 8 帧图像的信息并在自动播放模式下顺序显示这些图像。使用者可以设置切换显示图像的周期和第一帧显示图像的帧号。

Auto Play Control Register 1 可以用于设置自动播放的帧数和自动循环的次数。

Auto Play Control Register 2、Breath Control Register 1 和 Breath Control Register 2 可以设置图像切换时的呼吸效果。

音频同步模式

通过设置 Configuration Register 的 MODE 位到 10 或 11 来选择电路进入音频同步模式。在该模式下，AiP3331 通过输入的音频信号的幅度来选择显示图形的帧号。

Audio ADC Rate Register 用于设置检测输入音频信号的 ADC 模块的采样率。当输入音频信号幅度最小时，电路显示帧号 1 的图像；当输入音频信号幅度最大时，电路显示帧号 8 的图像。

音乐亮度调节的调节和增益控制

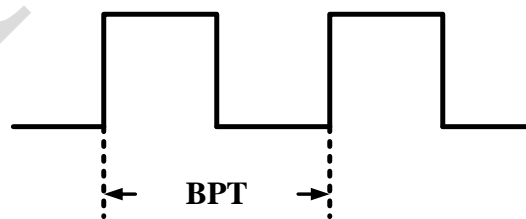
通过设置 Audio Synchronization Register 的 AE 位到 1，可以使 AiP3331 工作到音乐亮度调节模式。该模式下 LED 点阵的整体亮度会随着输入的音频信号改变。

通过设置 AGC Control Register 可以给输入的音频信号增加一级增益。

闪烁模式

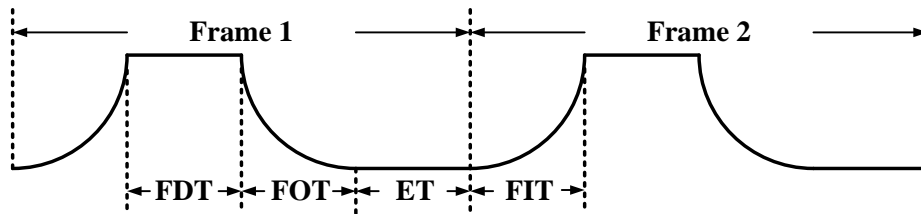
通过设置 Display Option Register 的 BE 位到 1，可以开启 AiP3331 的 LED 闪烁模式。进入闪烁模式后，每个 LED 的闪烁功能可以通过帧数据寄存器的 12h~23h 地址的数据单独控制开关。

通过设置 Display Option Register 的 BPT 位，可以控制闪烁的周期。在一个周期内，LED 闪烁的占空比为 50%。



呼吸模式

在 AiP3331 切换显示帧号的时候，可以选择呼吸模式。设置 Breath Control Register 2 的 B_EN 位到 1 来使能呼吸模式。

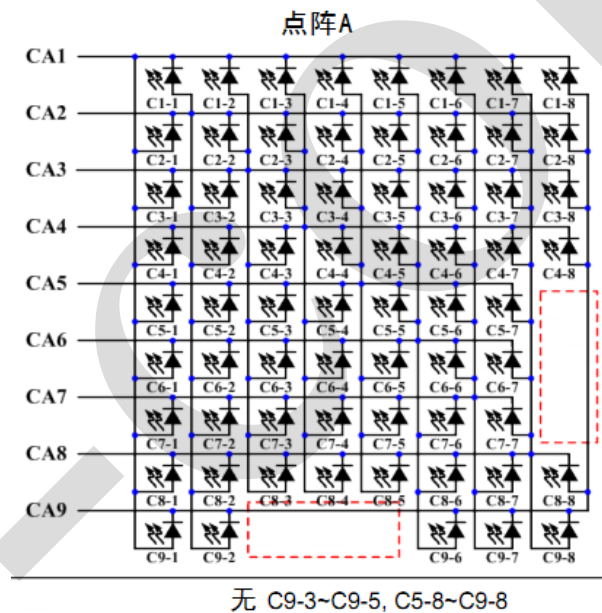


中断控制

在 AiP3331 工作在自动播放模式时, INTB 端口会保持在高电平, Frame State Register 的 INT 位会保持为 1。当自动播放因到达循环次数而结束时, INTB 端口会输出低电平, 且 Frame State Register 的 INT 位会被硬件置 0。

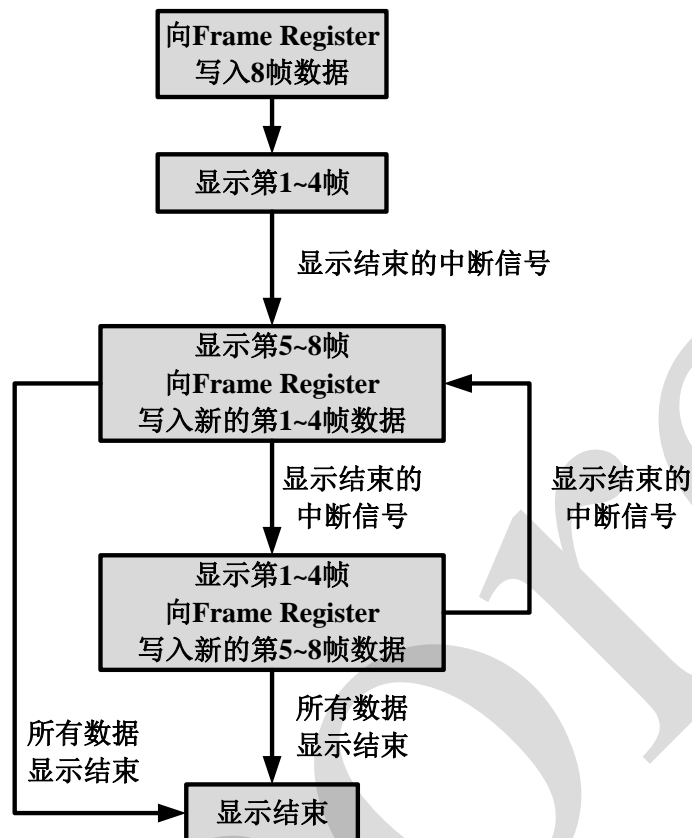
LED 阵列

AiP3331 可以驱动最多 144 颗 LED, 也可以只控制部分 LED, 但不连接的 LED 在 LED Control Register 的对应地址必须设置为关闭状态, 否则会影响到其他 LED 的正常显示效果。



显示更多帧的图形

AiP3331 在存储 8 帧图形时最方便控制。在显示多余 8 帧图像时, 建议每次写入 4 帧数据。推荐流程如下



关断模式

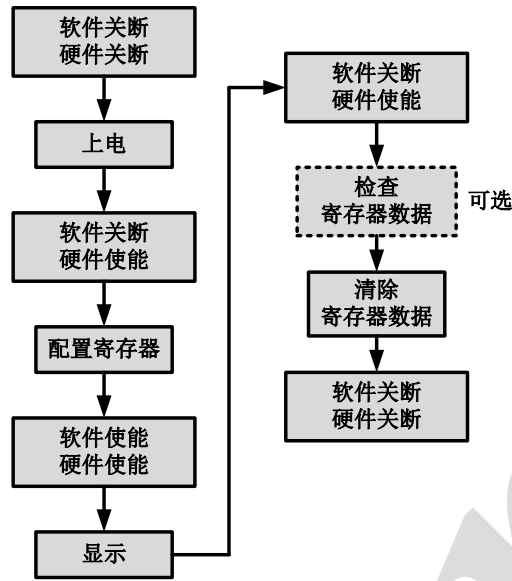
关断模式用于节能。关断模式下所有数据寄存器的值会保留。

软件关断模式

通过设置 Shutdown Register 的 SSD 位来进入软件关断模式。软件关断模式中所有电流源和数字模块会暂停工作，所以点阵将保持全暗状态。当 SDB 端口为高电平时，所有寄存器都可以正常读写。

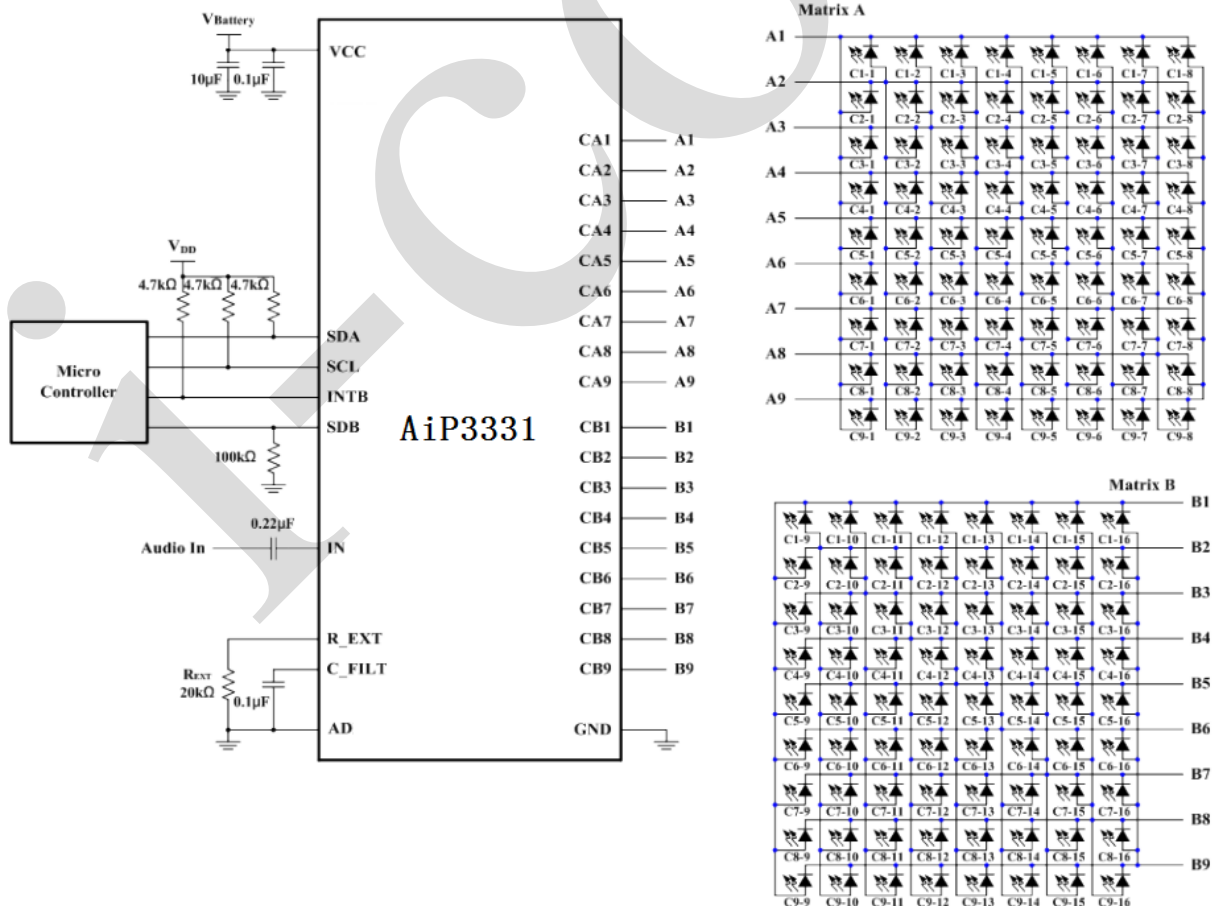
硬件关断模式

通过将 SDB 端口拉低，可以使电路进入硬件关断模式。所有寄存器在硬件关断模式下都不能读写。



推荐的开关流程

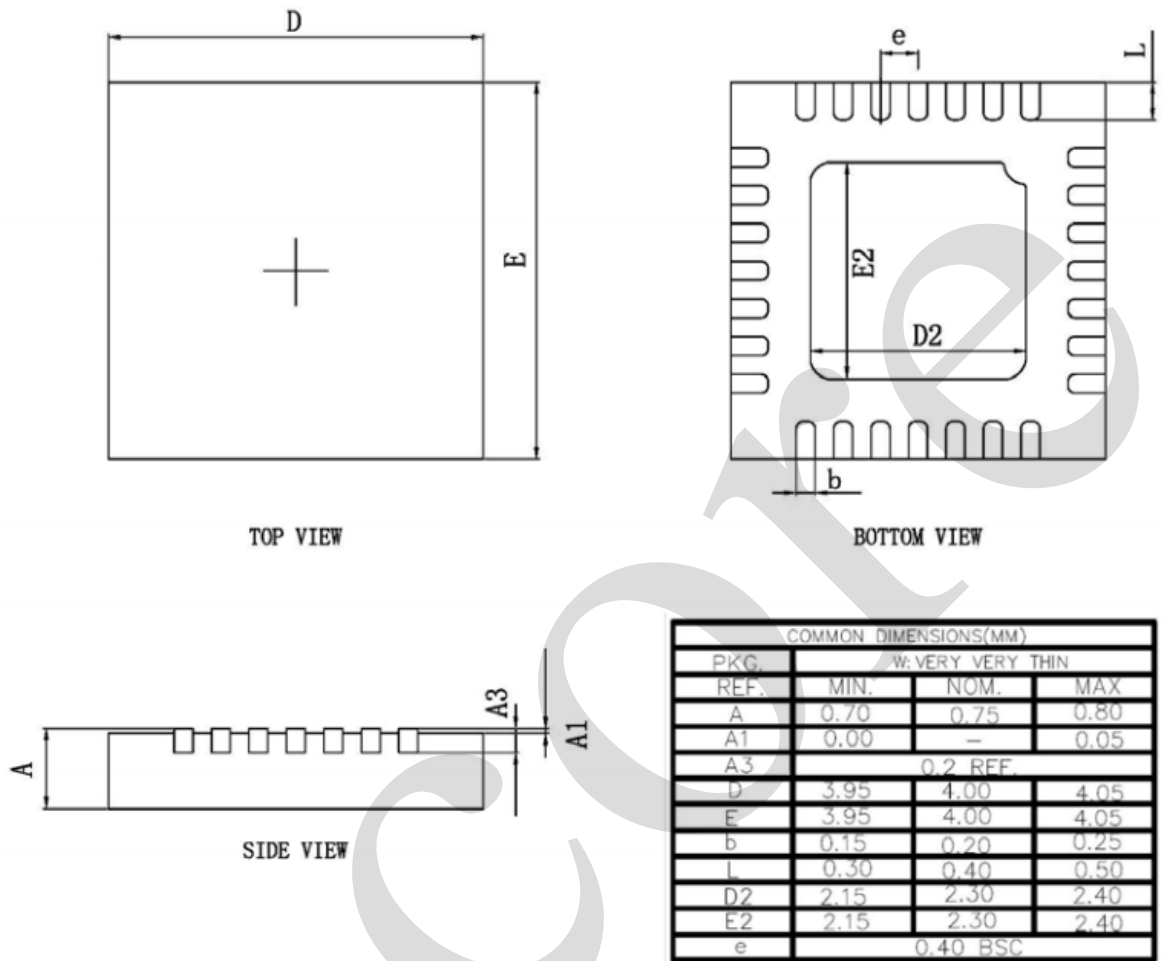
5、典型应用线路





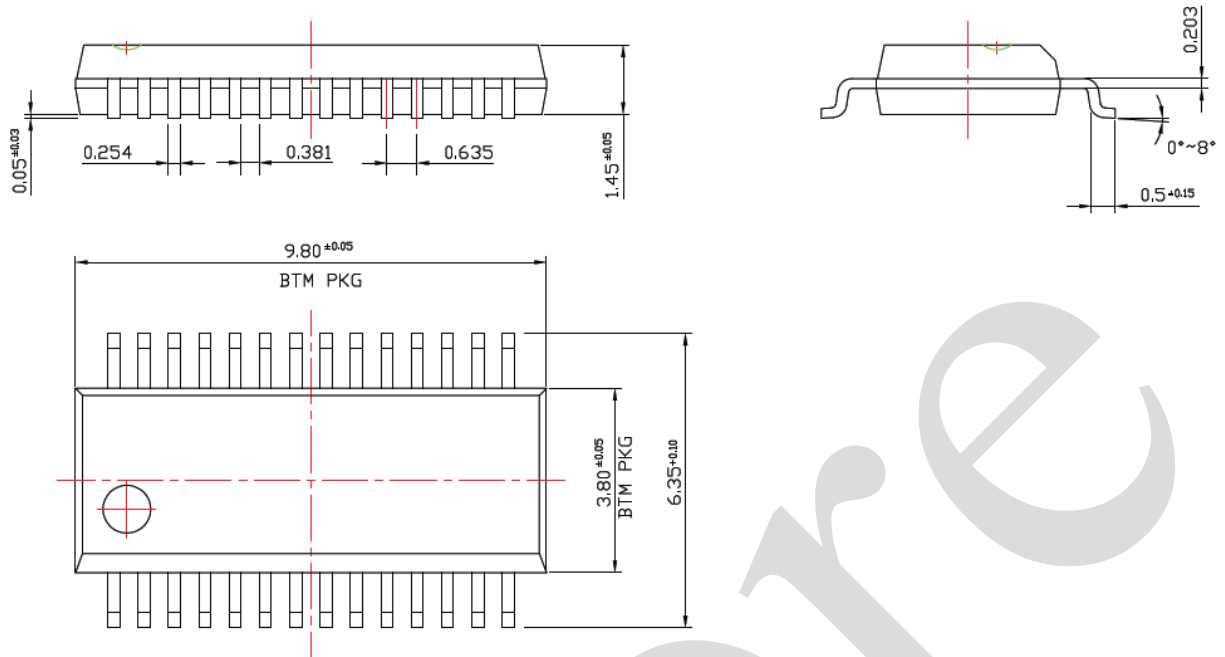
6、封装尺寸与外形图

6.1、QFN28 外形图与封装尺寸





6.2、SSOP28 外形图与封装尺寸





7、声明及注意事项

7.1、产品中有毒有害物质或元素的名称及含量

| 部件名称 | 有毒有害物质或元素 | | | | | | | | | |
|------|--|--------|--------|---------------|-------------|---------------|----------------|----------------|------------------------|------------------|
| | 铅 (Pb) | 汞 (Hg) | 镉 (Cd) | 六价铬 (Cr (VI)) | 多溴联苯 (PBBs) | 多溴联苯醚 (PBDEs) | 邻苯二甲酸二丁酯 (DBP) | 邻苯二甲酸丁苯酯 (BBP) | 邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) | 邻苯二甲酸二异丁酯 (DIBP) |
| 引线框 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 塑封树脂 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 芯片 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 内引线 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 装片胶 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 说明 | ○: 表示该有毒有害物质或元素的含量在 SJ/T11363-2006 标准的检出限以下。 ×: 表示该有毒有害物质或元素的含量超出 SJ/T11363-2006 标准的限量要求。 | | | | | | | | | |

7.2、注意

在使用本产品之前建议仔细阅读本资料；

本资料中的信息如有变化，恕不另行通知；

本资料仅供参考，本公司不承担任何由此而引起的任何损失；

本公司也不承担任何在使用过程中引起的侵犯第三方专利或其它权利的责任。