12 通道自主呼吸恒流 LED 驱动

概述

ET6312B 具有四组恒流 RGB LED 驱动器，支持 I²C 接口。该器件典型工作电源为 3.3V 或 5V，独立可编程的恒流输出无需外部组件即可自主运行。

通过九个内部寄存器的编程，每三个 LED 通道可以工作在多种模式下，每个通道提供 192 阶电流等级，范围从 0.125mA 到 24mA（步进 0.125mA）或 0.25mA 到 48mA（步进 0.25mA）。

该器件设计了三种相互组合的线程，每个通道都能通过芯片内的定时控制单元实现任何线程模式，LED 的呼吸频率、渐亮（256 阶）和渐暗（256 阶）均可由用户调整，从而形成独特的色彩照明图案。ET6312B 具有 ADDR 和 SYN 引脚，它可以通过一组 I²C 总线和一个同步时钟实现四个芯片的级联。在关机模式下，静态电流低至 1uA 以下。

该驱动器采用 QFN20 的封装形式，该封装为无铅设计，并符合 RoHS 标准。

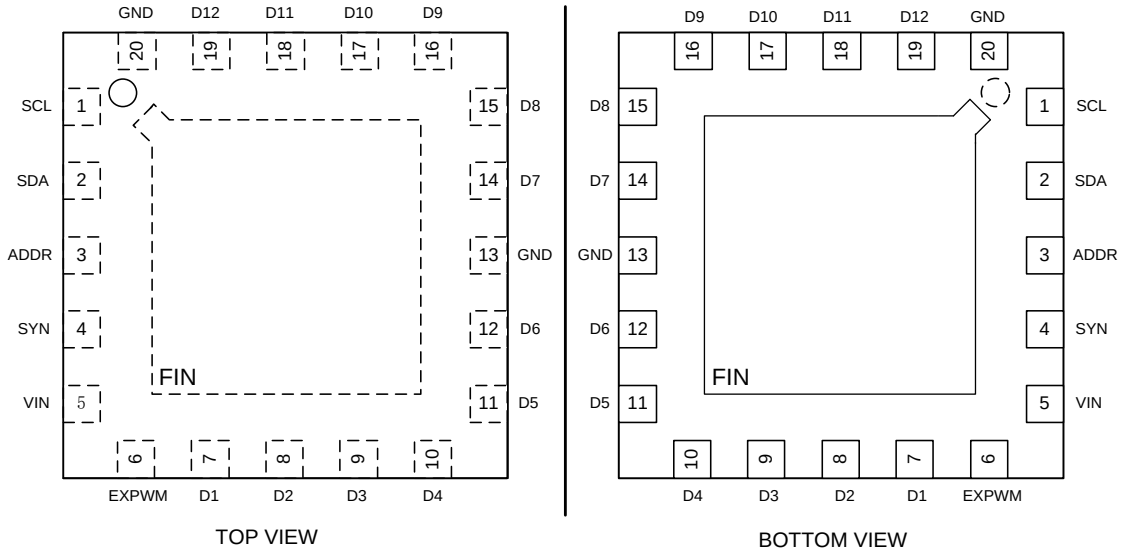
特性

- 超低压差稳压电流输出器，每通道在 10 mA 输出时典型值为 75 mV
- 每三个 LED 共享九个可编程 LED 设置寄存器
- I²C 控制，通过 ADDR 引脚实现四个芯片地址选择
- SYN 引脚可以为芯片级联提供同步时钟
- EXPWM 引脚用于外部 PWM 输入，当 LED 处于“ON”状态时，每个 LED 都可以运行于外部 PWM
- 单独通道控制
  - 开/关间隔时间控制
  - 256 阶内部 PWM 产生的呼吸上升/下降时间
  - 电流等级设置
  - RGB LED 颜色控制
  - RGB 延迟时间和 FLASH 周期控制
- 192 阶电流等级：最大 24mA（步进 0.125mA）或最大 48mA（步进 0.25mA）
- 最大电流匹配精度±5%，典型工作电流 450μA
- 无噪声、无脉动 LED 电流，快速平稳启动
- 输入电压范围：2.7V 至 5.5V
- 关断电流低至 0.1μA
- 无铅封装：QFN20（3mm × 3mm × 0.75mm）
- 内置温度保护

应用

- RGB 指示灯
- 手持设备
- 数码相机

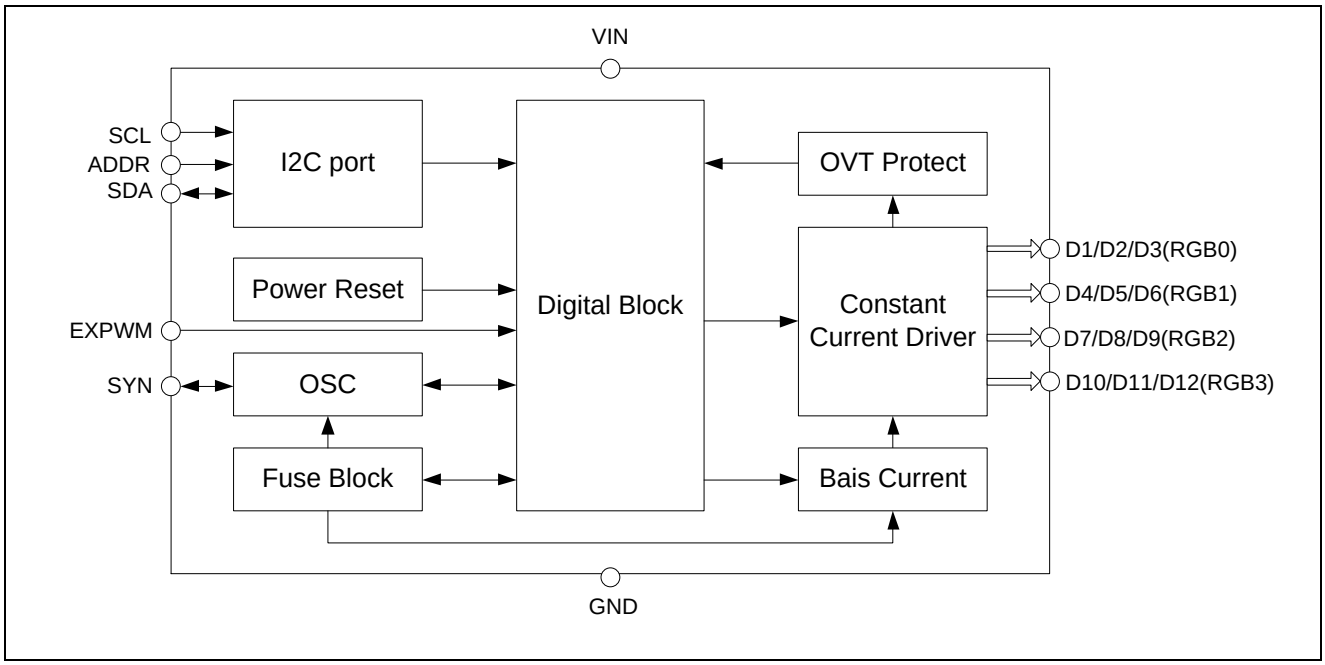
管脚排列图



管脚说明

管脚名称	管脚序号	类型	功能描述
SCL	1	I	I²C 接口时钟线
SDA	2	I/O	I²C 接口数据线
ADDR	3	I	芯片地址选择，可连接 VDD/GND/SCL/SDA 引脚以选择四种器件地址
SYN	4	I/O	同步时钟输入或输出引脚
VIN	5	-	IC 电源输入
EXPWM	6	I	外部 PWM 输入引脚，带下拉电阻
D1~D6	7~12	O	恒流输出端口 D1~D6，电流等级和开关状态由 I²C 接口控制
GND	13, 20	-	地引脚
FIN	-	-	地引脚
D7~D12	14~19	O	恒流输出端口 D7~D12，电流等级和开关状态由 I²C 接口控制

功能框图



功能描述

ET6312B 是一款 12 通道输出电流吸收器件，提供高效恒定电流调节和超低内部压降。高集成度和小尺寸使其成为单节锂离子/聚合物电池驱动 RGB LED 的理想选择。ET6312B 的电源电压范围为 2.7V 至 5.5V，同样适用于 3 或 4 节镍镉/镍氢/碱性电池设备的 3.3V 或 5V 电源系统。

ET6312B 可通过与 I^2C 兼容的接口进行编程。每个电流输出端均可独立配置为 192 个电流级别中的一个，或者关闭。每个 RGB 灯是由三个 LED 组成的，其与 PWM 波形相关的寄存器也由这三个 LED 共享。

LED 电流编程

每个通道的亮度由 LED1_Iout 寄存器 LED1_CURT（1AH）至 LED12_CURT（25H）控制。每个通道都有一个专用的 8 位寄存器，用于设置电流值。LED 通道的电流是恒定的、非脉动的，只有在进行上升和下降调节时才会发生变化。

上升和下降过程是通过一种脉宽调制（PWM）方案自动生成的，在该方案中，占空比持续变化（要么增加要么减少），以实现 LED 在通电和断电状态之间的平滑电流过渡。每个 RGB 的上升和下降的上升时间/下降时间均可通过内部的“上升时间/下降时间寄存器”RAMP_RATE_RGBn（n=0~3）进行单独编程，其中上升时间有 4 位，下降时间也有 4 位。通过设置寄存器 FLASH_PERIOD_RGBn（n=0~3）的第 7 位，可以将上升/下降过程配置为线性或准对数 S 形曲线。

呼吸的 LED 可以通过设置寄存器 CHIPCTR 位 7（auto_breco）以及在呼吸周期寄存器 Flash_period_RGBn（n=0~3）和延迟时间寄存器 delay_TIEM_RGBn（n=1~3）中编程两次连续呼吸之间的时间段（Tepriod）和延迟时间（Tdelay）来执行。两个呼吸灯开启定时器 1/2 寄存器 Flash_TON1_RGBn（n=0~3）和 Flash_TON 2_RGBn（n=0~3）允许将 LED 开启时间设置为呼吸灯时段的百分比。如图 1 所示，开启时间（Ton）包括上升 Trise 和完全点亮。每个 RGB LED 都有两个定时器寄存器，可支持两个或三个 LED 独立呼吸。每个通道都可以通过通道控制寄存器 LEDXMD_RGBn（n=0~3）配置为 thread1、thread2 或 thread3 模式。

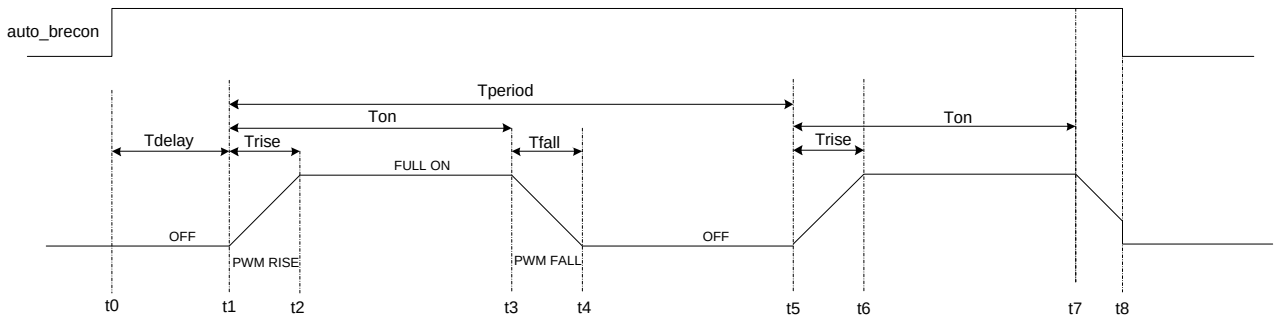


图 1. 通道时序图

定时器模式控制

四种定时模式的时序图如下所示：

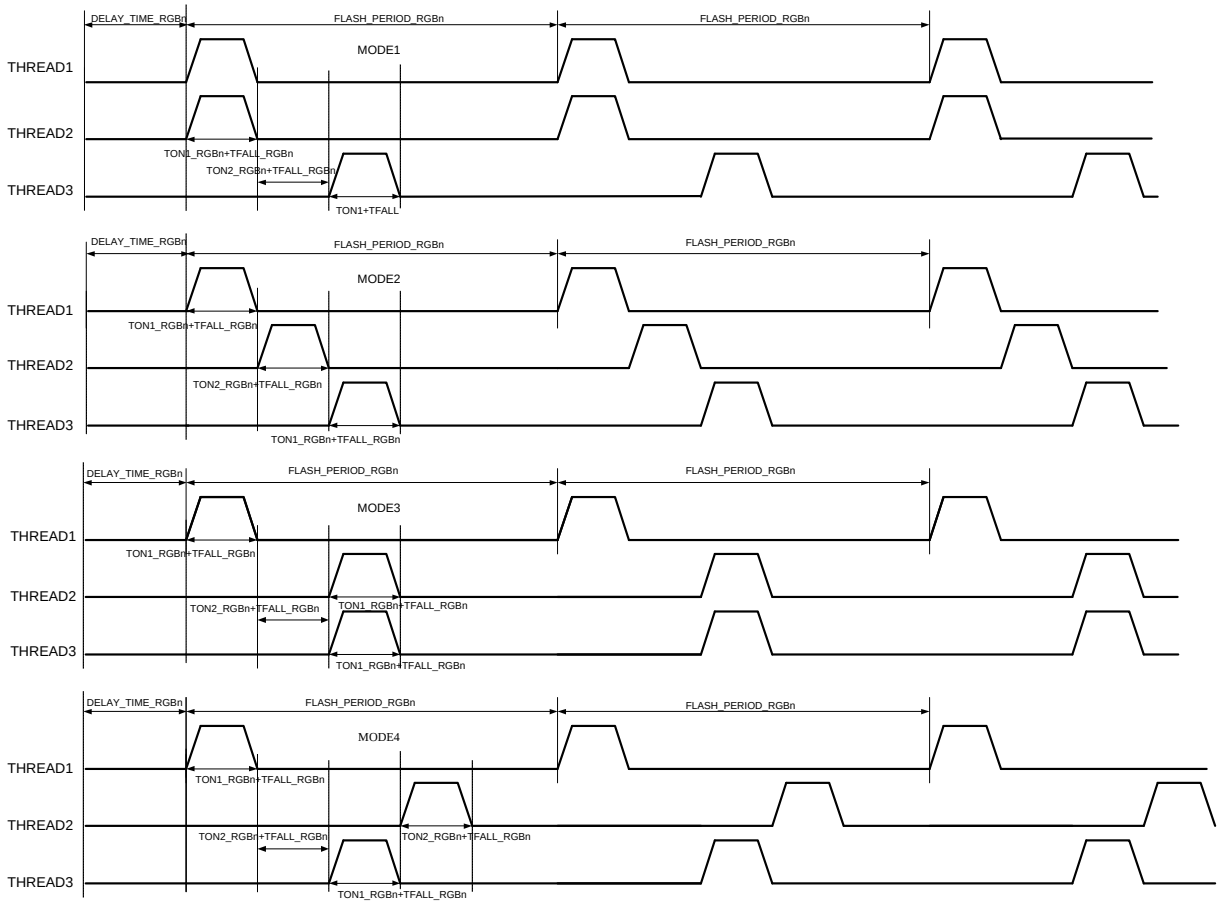


图 2. 四种模式时序图

每个通道均可分配至 3 个时间线程中的一个，或者始终处于关闭状态或始终处于开启状态。定时器模式控制定义如图 2 所示。

每个呼吸波形的占空比由计时器设置，可以在 0 到 100%之间以 8 位分辨率（256 级）设置。呼吸重复频率的周期也可以设置为 7 位分辨率，最高可达 16 秒。每三个（RGBn，n=0~3）输出的 Flash 重复周期相同。如果定时器的编程总时间超过 Flash 重复率，则 ThreadN（N=1~3）模式将终止，定时器重置到开始（t1，如图 1 所示)位置。这可能会导致 ThreadN 信号立即减小到零。如果 TON<TRISE，波形淡入将不会达到最大值(FFH)。

上升/下降时间

呼吸上升和下降可为线性或 S 形曲线，默认为 S 形。呼吸上升从 0%过渡到 100%的设定电流值（开启状态），呼吸下降则从 100%降至 0%（关闭状态）。

LED 电流控制

每个通道的亮度设置由 48 个 0.5mA 的电流单元控制。输出电流的分辨率通过基于时间分频复用的插值（类似于脉宽调制）由数字插值器提高到有效的 0.125mA 的步长，并在电流设置的 2 个 LSB 单位上工作。

寄存器定义

Name	Addr	Description							Default
CHIPCTR	00H	auto_brecon	clkoen	clkdir	softdn_en	pden	imax_sel	tmd _sel[1:0]	x00
FLASH_PERIOD_RGB0	01H	rpline_rgb0	flash period_rgb0[6:0]						x00
FLASH_TON1_RGB0	02H	flash_ton1_rgb0[7:0]							x01
FLASH_TON2_RGB0	03H	flash_ton2_rgb0[7:0]							x01
RAMP_RATE_RGB0	04H	tfall_rgb0[3:0]				trise_rgb0[3:0]			x00
DELAY_TIME_RGB0	05H	delay_time_rgb0[7:0]							x00
FLASH_PERIOD_RGB1	06H	rpline_rgb1	flash period_rgb1[6:0]						x00
FLASH_TON1_RGB1	07H	flash_ton1_rgb1[7:0]							x01
FLASH_TON2_RGB1	08H	flash_ton2_rgb1[7:0]							x01
RAMP_RATE_RGB1	09H	tfall_rgb1[3:0]				trise_rgb1[3:0]			x00
DELAY_TIME_RGB1	0AH	delay_time_rgb1[7:0]							x00
FLASH_PERIOD_RGB2	0BH	rpline_rgb2	flash period_rgb2[6:0]						x00
FLASH_TON1_RGB2	0CH	flash_ton1_rgb2[7:0]							x01
FLASH_TON2_RGB2	0DH	flash_ton2_rgb2[7:0]							x01
RAMP_RATE_RGB2	0EH	tfall_rgb2[3:0]				trise_rgb2[3:0]			x00
DELAY_TIME_RGB2	0FH	delay_time_rgb2[7:0]							x00
FLASH_PERIOD_RGB3	10H	rpline_rgb3	flash period_rgb3[6:0]						x00
FLASH_TON1_RGB3	11H	flash_ton1_rgb3[7:0]							x01
FLASH_TON2_RGB3	12H	flash_ton2_rgb3[7:0]							x01
RAMP_RATE_RGB3	13H	tfall_rgb3[3:0]				trise_rgb3[3:0]			x00
DELAY_TIME_RGB3	14H	delay_time_rgb3[7:0]							x00

寄存器定义（续）

Name	Addr	Description								Default
RF_SCALE	15H	rfscale_rgb3[1:0]		rfscale_rgb2[1:0]		rfscale_rgb1[1:0]		rf_scale_rgb0[1:0]		x00
LEDXMD_RGB0	16H	led3_wkmd[2:0]		led2_wkmd[2:0]				led1_wkmd[1:0]		x00
LEDXMD_RGB1	17H	led6_wkmd[2:0]		led5_wkmd[2:0]				led4_wkmd[1:0]		x00
LEDXMD_RGB2	18H	led9_wkmd[2:0]		led8_wkmd[2:0]				led7_wkmd[1:0]		x00
LEDXMD_RGB3	19H	led12_wkmd[2:0]		led11_wkmd[2:0]				led10_wkmd[1:0]		x00
LED1_CURT	1AH	led1_curt[7:0]								x4F
LED2_CURT	1BH	led2_curt[7:0]								x4F
LED3_CURT	1CH	led3_curt[7:0]								x4F
LED4_CURT	1DH	led4_curt[7:0]								x4F
LED5_CURT	1EH	led5_curt[7:0]								x4F
LED6_CURT	1FH	led6_curt[7:0]								x4F
LED7_CURT	20H	led7_curt[7:0]								x4F
LED8_CURT	21H	led8_curt[7:0]								x4F
LED9_CURT	22H	led9_curt[7:0]								x4F
LED10_CURT	23H	led10_curt[7:0]								x4F
LED11_CURT	24H	led11_curt[7:0]								x4F
LED12_CURT	25H	led12_curt[7:0]								x4F
EXPWM_EN	26H	x	x	x	x	epen_rgb3		epen_rgb2	epen_rgb1	epen_rgb0	x00

注： LEDx 对应设备 Dx 的端口。

寄存器 CHIPCTR [7] 自主呼吸功能使能位

auto_brecon	Function
0	停止所有LED呼吸功能
1	启动所有LED呼吸功能

寄存器 CHIPCTR[6:5] 时钟输入或输出选择位

clkoen	clkdir	Function
x	1	内部时钟由SYN引脚提供（SYN 是一个输入引脚）
0	0	内部时钟由内部振荡器提供（SYN 是一个输出引脚，其输出状态为“0”）
1	0	内部时钟由内部振荡器提供（SYN 是一个输出引脚，用于输出“内部振荡器时钟”）

寄存器 CHIPCTR [4] 软件关机使能位

softdn_en	Function
0	启用软件关机功能，使芯片处于待机模式
1	禁用软件关机功能，芯片开始工作

寄存器 CHIPCTR [3] SCL端口关机使能位

pden	Function
0	禁用 SCL=0时关机功能
1	启用 SCL=0时关机功能

注：如果 pden = 1 且 scl = 0（低电平持续时间大于350us），芯片将进入关机模式。

寄存器 CHIPCTR [2] 最大输出恒流选择位

imax_sel	Function
0	24mA
1	48mA

寄存器 CHIPCTR[1:0] 呼吸模式控制位

tmd _sel [1:0]	Function
00	mode1
01	mode2
10	mode3
11	mode4

寄存器 FLASH_PERIOD_RGBn 为呼吸周期，FLASH_TON1/2_RGBn 为呼吸开启时间

每三个寄存器 FLASH_PERIOD_RGBn、FLASH_TON1_RGBn 和 FLASH_TON 2_RGBn 允许配置两个定时器 TON1 和 TON2 的呼吸时间。FLASH_TON1_RGBn 和 FLASH_TON 2_RGBn 将 LED 点亮时间定义为 FLASH_period_RGBn 中定义的时段的百分比。ON 时间（Ton）包括呼吸上升时间和 ON 保持时间，如图 1 所示。例如，对于 FLASH_PERIOD_RGBn=4 和 FLASH_TON1_RGBn=5，ON 定时器 1 等于 0.64 秒的 2%=12.8ms。

FLASH_Period_RGBn[6:0] Flash Period		
Dec	**Binary**	**Period[s]**
0	0000000	0.128
1	0000001	0.256
2	0000010	0.384
3	0000011	0.512
4	0000100	0.640
5	0000101	0.768
6	0000110	0.896
7	0000111	1.024
8	0001000	1.152
9	0001001	1.28
10	0001010	1.408
11	0001011	1.536
12	0001100	1.664

（续）

FLASH_Period_RGBn[6:0] Flash Period		
Dec	Binary	Period[s]
13	0001101	1.792
……	……	……
112	1110000	14.46
113	1110001	14.59
114	1110010	14.72
115	1110011	14.85
116	1110100	14.98
117	1110101	15.10
118	1110110	15.23
119	1110111	15.36
120	1111000	15.49
121	1111001	15.62
122	1111010	15.74
123	1111011	15.87
124	1111100	16.0
125	1111101	16.13
126	1111110	16.26
127	1111111	16.38

寄存器 FLASH_PERIOD_RGBn[7] 线性斜坡

默认设置中，bit FLASH_PERIOD_RGBn[7]（参考 rpline_rgbn）的值为 0，这会生成类似对数的 S 形上升和下降曲线。若将此位设置为 1，则该曲线将变为简单的线性上升和下降波形。

FLASH_TON1/2_RGBn[7:0] Flash ON Timer 1/2		
Dec	Binary	Percentage of Period[%]
0	00000000	0.0%
1	00000001	0.4%
2	00000010	0.8%
3	00000011	1.2%
4	00000100	1.6%
5	00000101	2.0%
6	00000110	2.3%
7	00000111	2.7%
8	00001000	3.1%
9	00001001	3.5%
10	00001010	3.9%
11	00001011	4.3%
12	00001100	4.7%

（续）

FLASH_TON1/2_RGBn[7:0] Flash ON Timer 1/2		
Dec	Binary	Percentage of Period[%]
13	00001101	5.1%
……	……	……
239	11101111	93.4%
240	11110000	93.8%
241	11110001	94.1%
242	11110010	94.5%
243	11110011	94.9%
244	11110100	95.3%
245	11110101	95.7%
246	11110110	96.1%
247	11110111	96.5%
248	11111000	96.9%
249	11111001	97.3%
250	11111010	97.7%
251	11111011	98.0%
252	11111100	98.4%
253	11111101	98.8%
254	11111110	99.2%
255	11111111	99.6%

寄存器 RF_SCALE_RGBn 为上升/下降时间缩放

这两个位允许对 RF_SCALE_RGBn 斜坡速率寄存器中定义的上升和下降时间进行缩放。

例如，如果 RF_SCALE_RGBn [7:6] = 01b（缩放速度减慢 2 倍）且 RAMP_RATE_RGB3 = 01H，那么 RGB3 的上升时间 = 128ms×2 = 256ms。

rfscale_rgbn[1:0]	Function
00	1x Normal
01	2x Slower
10	4x Slower
11	8x Faster

寄存器 RAMP_RATE_RGBn 为斜坡时间

寄存器 RAMP_RATE_RGBn 用于设置 LED 电流斜坡从 0 mA 过渡到标称电流时的上升和下降时间长度。上升和下降斜坡的时间分别由 4 位 RAMP_RATE_RGBn[3:0]和 RAMP_RATE_RGBn[7:4]定义。

例如，RAMP_RATE_RGBn 设为 04H，而 RF_SACLE[7:0]设为 00H（1 倍的斜坡缩放），那么上升时间就等于 512ms。

trise_rgbn[3:0]/ tfall_rgbn[3:0]		Ramp Time [ms]			
		Ramp Scaling rfscale_rgbn[1:0]			
Dec	Binary	00 1x	01 2x slower	10 4x slower	11 8x faster
0	0000	2	2	2	2
1	0001	128	256	512	16
2	0010	256	512	1024	32
3	0011	384	768	1536	48
4	0100	512	1024	2048	64
5	0101	640	1280	2560	80
6	0110	768	1536	3072	96
7	0111	896	1792	3584	112
8	1000	1024	2048	4096	128
9	1001	1152	2304	4608	144
10	1010	1280	2560	5120	160
11	1011	1408	2816	5632	176
12	1100	1536	3072	6144	192
13	1101	1664	3328	6656	208
14	1110	1792	3584	7168	224
15	1111	1920	3840	7680	240

注：上升时间和下降时间所使用的定时器扩展寄存器均为单一的。

寄存器 DELAY_TIME_RGBn 为延迟时间

寄存器 DELAY_TIME_RGBn 为每三个 LED（一个 RGB）设置启动呼吸功能的延迟时间。通过为每个 RGB 设置不同的延迟时间，可以实现四个 RGB LED 轮流显示。

DELAY_TIME_RGBn [7:0] Delay time		
Dec	Binary	Period[s]
0	00000000	0
1	00000001	0.128
2	00000010	0.256
3	00000011	0.384
4	00000100	0.512
5	00000101	0.640
6	00000110	0.768
7	00000111	0.896

（续）

DELAY_TIME_RGBn [7:0] Delay time		
Dec	Binary	Period[s]
8	00001000	1.024
9	00001001	1.152
10	00001010	1.28
11	00001011	1.408
12	00001100	1.536
13	00001101	1.664
……	……	……
112	01110000	14.33
113	01110001	14.46
114	01110010	14.59
115	01110011	14.72
116	01110100	14.85
117	01110101	14.98
118	01110110	15.10
119	01110111	15.23
120	01111000	15.36
121	01111001	15.49
122	01111010	15.62
……	……	……
250	11111010	32
251	11111011	32.13
252	11111100	32.26
253	11111101	32.28
254	11111110	32.51
255	11111111	32.64s

寄存器 LEDXMD_RGBn 为 LED 为工作模式控制

寄存器 LEDXMD_RGBn 将每个 LED 通道的模式设置为始终 ON/OFF 或 Thread1/Thread2/Thread3。例如，LEDXMD_RGBn=00000001（二进制），将 LED1/4/7/10 设置为 ON，其他通道设置为 OFF。

注：LED1/4/7/10 不能进行 Thread3，LEDXMD_RGBn[7]和 LEDXMD_RGBn[4]变为 1，LED2/5/8/11 和 LED3/6/9/12 将进行 Thread3。

LEDXMD_RGBn LED Work Mode Control			
Bit	Binary	LEDX	Function
[7:5]	000	LED3/6/9/12	Always OFF
	001		Always ON
	010		Thread1
	011		Thread2
	1xx		Thread3
[4:2]	000	LED2/5/8/11	Always OFF
	001		Always ON
	010		Thread1
	011		Thread2
	1xx		Thread3
[1:0]	00	LED1/4/7/10	Always OFF
	01		Always ON
	10		Thread1
	11		Thread2

注：RGB0对应LED1/2/3，RGB1对应LED4/5/6，RGB2对应LED7/8/9，RGB3对应LED10/11/12。

寄存器 EXPWM_EN **为外部PWM输入使能控制**

epen_rgbn	Function
0	禁用RGBn的外部PWM输入功能
1	启用RGBn的外部PWM输入功能

注：在使用外部PWM功能时，应将相应的LED设置为“始终开启”状态，请参阅寄存器LEDXMD_RGBn（n=0~3）。

寄存器 LEDn_CURT **为LED电流设置**

寄存器 LEDn_CURT（n=1~12）分别定义通道 D1 至 D12 的 LED 电流设置。LED 电流可以在 0.125mA（CHPCTR 寄存器位 2 imax_sel=0）或 0.25mA（imax_sel=1）最小值和 24mA（imax _sel=0）或 48mA（imax_sel=1）最大值之间进行 192 步编程。

例如，24mA 或 48mA 由代码 BF 十六进制（191 十进制，1011 1111 二进制）或任何更高的代码值设置。10mA 或 20mA 电流由代码 4F 十六进制（79 十进制，0100 1111 二进制）设置。

Data Dec	Data Hex	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	Iout(mA) imax_sel=0	Iout(mA) imax_sel=1
0	00h	0	0	0	0	0	0	0	0	0.125	0.25
1	01h	0	0	0	0	0	0	0	1	0.25	0.5
2	02h	0	0	0	0	0	0	1	0	0.375	0.75

（续）

Data Dec	Data Hex	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0	Iout(mA) imax_sel=0	Iout(mA) imax_sel=1
3	03h	0	0	0	0	0	0	1	1	0.50	1.0
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
79	4Fh	0	1	0	0	1	1	1	1	10.00	20.00
80	50h	0	1	0	1	0	0	0	0	10.13	20.25
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
159	9Fh	1	0	0	1	1	1	1	1	20.00	40.00
160	A0h	1	0	1	0	0	0	0	0	20.13	40.25
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
190	BEh	1	0	1	1	1	1	1	0	23.88	47.75
191	BFh	1	0	1	1	1	1	1	1	24.00	48.00
192	C0h	1	1	0	0	0	0	0	0	24.00	48.00
……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……	……
254	FEh	1	1	1	1	1	1	1	0	24.00	48.00
255	FFh	1	1	1	1	1	1	1	1	24.00	48.00

注：最低两位二进制位通过数字插值器进行定时分频复用（类似于脉宽调制）。最小输出电流单位为 0.5mA（imax_sel=0）或 1mA（imax_sel=1）。

串行接口（I²C）

总线接口

MCU 通过 SDA 和 SCL 端口与 ET6312B 进行数据传输。SDA 和 SCL 组成总线接口。需要连接一个上拉电阻到电源端。

数据有效性

当 SCL 信号处于高电平时，SDA 端口上的数据都是有效稳定的。只有当 SCL 信号处于低电平时，才能改变 SDA 端口上的电平高低。

开始（重新开始）和停止工作条件

当 SCL 信号为高电平，SDA 信号由高电平转为低电平开始工作或者重新开始工作，而 SCL 信号为高电平，SDA 信号由低电平转为高电平时停止工作。

字节格式

数据线的每个字节由 8 位组成。每个字节包含一个应答位。传输第一个数据是 MSB。

应答

在应答时钟期间，主机使 SDA 端口处于高电平，在写模式期间，ET6312B 会发出应答信号使 SDA 端口在应答期间处于低电平。

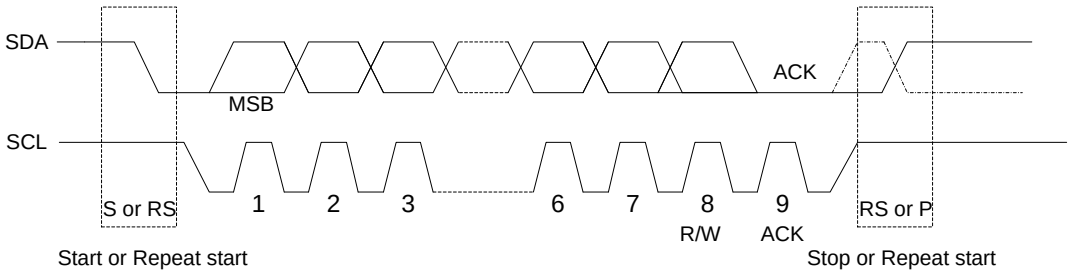


图 3. I²C 写模式

- ACK=应答信号
- MSB=字节的最高位
- S=起始信号
- RS=重新开始信号
- P=停止信号
- 最大时钟速度=400KBITS/S
- Restart: 此时 SDA 电平翻转如波形中虚线所表示

片地址

四个 I²C 器件地址		描述
ADDR 连接引脚	器件地址	W/R mode
GND	90H/91H	Writing/Reading Reg mode
SCL	92H/93H	Writing/Reading Reg mode
SDA	94H/95H	Writing/Reading Reg mode
VDD	96H/97H	Writing/Reading Reg mode

I²C 写命令寄存器接口协议（连续写）：

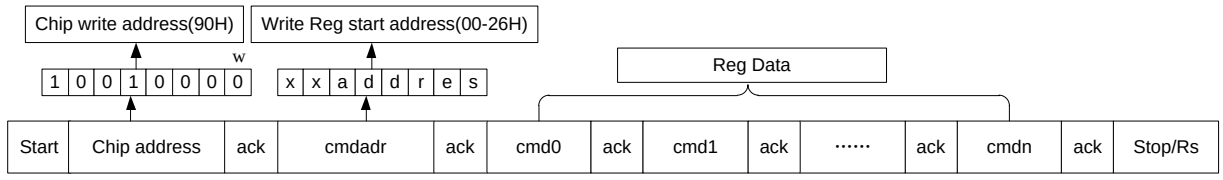


图 4. 寄存器写模式（连续写）

- 开始位
- Chip address = 芯片地址字节 = 1001000+0(w)b
- ack=应答位
- 写寄存器地址 = cmdadr(xx + REG's 6bit addres)
- ack=应答位
- 寄存器数据0 = cmd0(Command data0)

- ack=应答位
- ……
- 寄存器数据n = cmdn(Command datan)
- ack=应答位
- 停止位

I²C 写命令寄存器接口协议（单独写）：

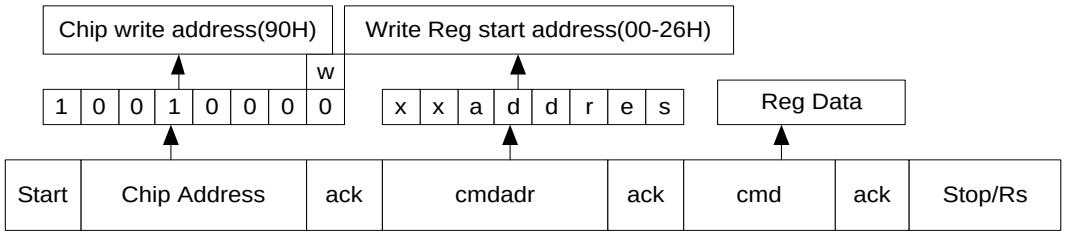


图 5. I²C 写命令寄存器（单独写模式）

- 开始位
- Chip address = 芯片地址字节 = 1001000+0(w)b
- ack=应答位
- 写寄存器地址 = cmdadr(xx + REG's 6bit addres)
- ack=应答位
- 寄存器数据n = cmdn(Command datan)
- ack=应答位
- 停止位

I²C 读取命令寄存器接口协议

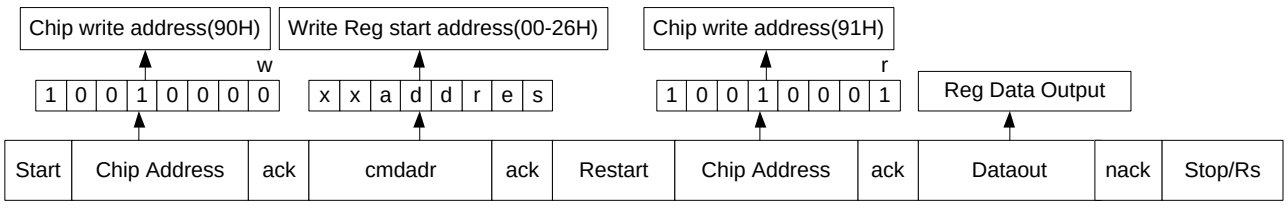


图 6. I²C 读命令寄存器

- 开始位
- Chip address = 芯片地址字节 = 1001000+0(w)b
- ack=应答位
- 写寄存器地址 = cmdadr(xx + REG's 6bit addres)

- ack=应答位
- Restart=重置开始位
- 芯片读片地址 = 1001000+1(r)b
- ack=应答位
- Dataout = 输出寄存器数据
- nack=无应答
- 停止位

净空电压

最低净空电压对于电源电压接近 3V 的系统至关重要，例如电池供电或稳压器的 3.3V 系统。LED 技术的进步使得更低的 LED 电流和更低的正向压降（VF）成为可能。例如，大多数供应商的 LED 在 5mA 时的 VF 为 3.15V 或更低。大多数 1 节锂电池供电系统的截止电压设置在 3.3V 和 3.5V 之间，只要驱动电路的内部压降是专门为尽可能低的电压而设计的，就可以在不升压的情况下驱动 RGB LED。

ET6312B 的每个电流源的设计在为保持电流调节的同时允许最低的工作输入电压而不增加电压，从而延长电池的使用时间。当输入电压较低时，当 CHIPCTR 寄存器的 bit2 imax_sel 设置为 0 时，内部低阻抗电流源仅在每个通道 10mA 的 LED 正向电压基础上增加 75mV（典型值）的裕量。

公式为：$V_{IN(MIN)} = V_{F(MAX)} + V_{SINK(MIN)}$

当 VIN 是施加到每个 LED 阳极的驱动电压，VF 是 LED 的正向电压降，而 VSINK 是每个 Dx 的电压时。当 VIN 电压较高（电池充满电时）时，VSINK 会在内部进行调节，以获取 VIN 和 VF 之间的电压差。例如，如果 VIN 为 4V，而 LED1 的 VF 为 3.1V，那么 D1 引脚上的 VSINK 电压为 0.9V。

当电压值（VIN）降低（随着电池放电），VIN（MIN）会控制 LED 的最低供电电压，而不会失去调节功能。设计时的通用原则是确保在所有情况下，截止电压都高于 VIN（MIN）。需要强调的是“失去调节”的定义在本数据表中，它被定义为当 LED 电流下降到标称编程电流水平的 90%时。

在 10mA 时，每个 Dx 引脚的典型 VSINK 可低至 75mV。由于每个 LED 在给定电流下的 VF（即导通电压）略有不同，因此最小 VIN 是由最高 VF 加上 75mV 典型值决定的。在 10mA 的编程电流以及最高 VF 为 3.2V 的情况，VIN 的最小值可以低至 3.275V，而不会导致 LED 电流调节失效。当 VIN 进一步下降而 VSINK（最小值）保持不变时，VF 将被迫降低。因此，LED 的电流将根据每个 LED 的 V-I 曲线进行相应减少。

极限电气参数

参数	范围	单位
VIN, D12~D1	-0.3 to 6.0	V
SCL, SDA	-0.3V to V_{IN}+0.3	V
储存温度	-65 to 150	°C
工作温度	-40 to 85	°C

注：高于绝对最大额定值的应力可能会对器件造成永久性损坏。不推荐在指定的操作条件以外的条件下进行功能操作。在任何时候绝对最大额定值都适用。

电参数

直流特性

（除非另有标注，T_A=25°C，V_{IN}=3.6V，GND=0V）

符号	参数名称	条件	最小	典型	最大	单位
V_{IN}	电源电压		2.7		5.5	V
V_{DPO}	Dx 引脚压差电压(标称电流的90%)	All Channels set to 10mA LEDn_CURT=4FH,n=1~12 CHIPCTR bit2 imax_sel=0		75	120	mV
I_{SINK}	输出电流精度	All Channels set to 20mA LEDn_CURT =9FH,n=1~12	-5		5	%
		All Channels set to 0.125mA LEDn_CURT=00H,n=1~12	-5		5	%
	输出电流匹配	All Channels set to 20mA LEDn_CURT=9FH,n=1~12	-5		5	%
I_{IN}	供电电流	All 12 Channels set to 20mA LEDn_CURT=9FH,n=1~12		800		μA
		1 Channel set to 20mA Other channels OFF		450		μA
I_Q	静态电流	Device on,All LEDs OFF, LEDXMD_RGBn=00H,n=0~3		415		μA
I_{SHDN}	关机电流	Shutdown Mode		0.1	1.0	uA
V_{IH}	高电平输入电压	SDA, SCL	1.2			V
V_{IL}	低电平输入电压	SDA, SCL			0.4	V
T_{ST}	热关断阈值			140		°C
T_{SH}	热关断迟滞			15		°C

I²C 时序特性

符号	参数名称	最小	典型	最大	单位
F_{SCL}	SCL Clock Frequency	0	-	400	KHz
t_{BUF}	Bus Free Time Between a STOP and START Condition	1.3	-	-	μs
$t_{HD:STA}$	Hold Time(Repeated) START Condition	0.6	-	-	μs
t_{LOW}	Low Period of SCL Clock	1.3	-	-	μs
t_{HIGH}	HIGH Period of SCL Clock	0.6	-	-	μs
$t_{SU:STA}$	Setup Time for a Repeated START Condition	0.6	-	-	μs
$t_{HD:DAT}$	Data Hold Time	0.1	-	0.9	μs
$t_{SU:DAT}$	Data Setup Time	100	-	-	ns
t_R	Data Hold Time2	-	20+0.1Cb(1)	300	ns
t_F	Data Hold Time2	-	20+0.1Cb(1)	300	ns
$t_{SU:STO}$	Setup Time for STOP Condition	0.6	-	-	μs

注：Cb 为一条总线的总电容值（Unit：pF）。

I²C 模式时序波形图

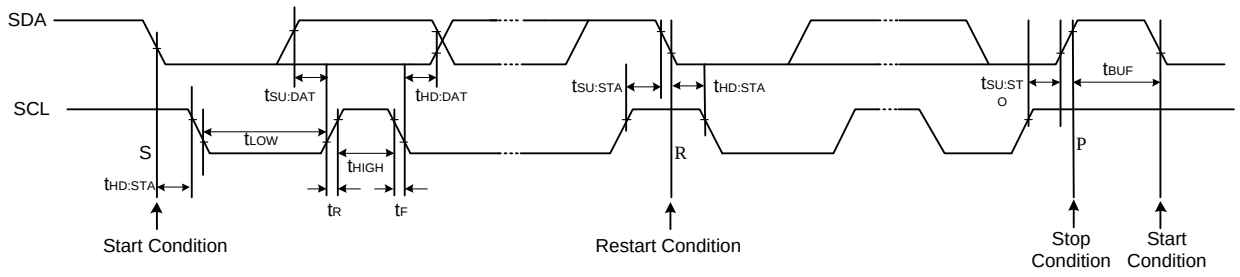
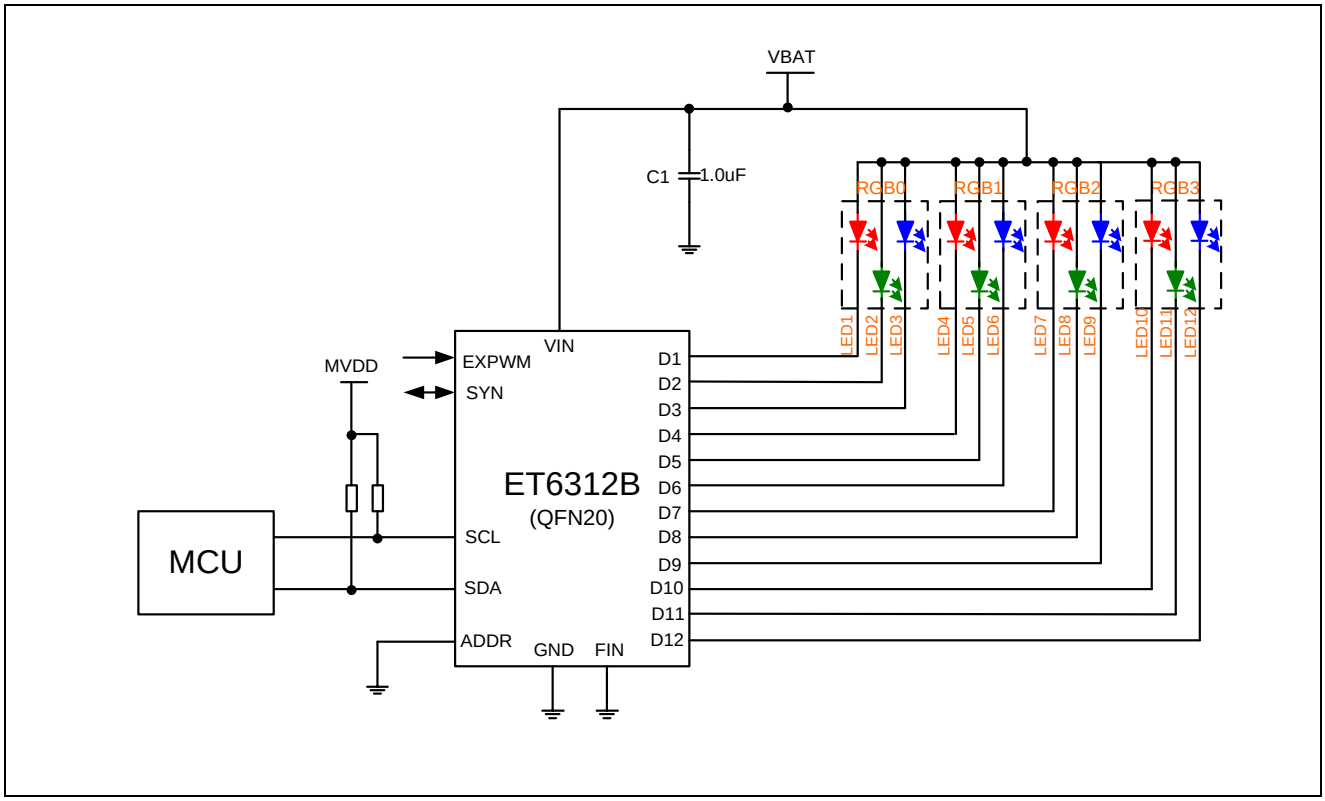


图 7. I²C 时序波形图

参考线路图



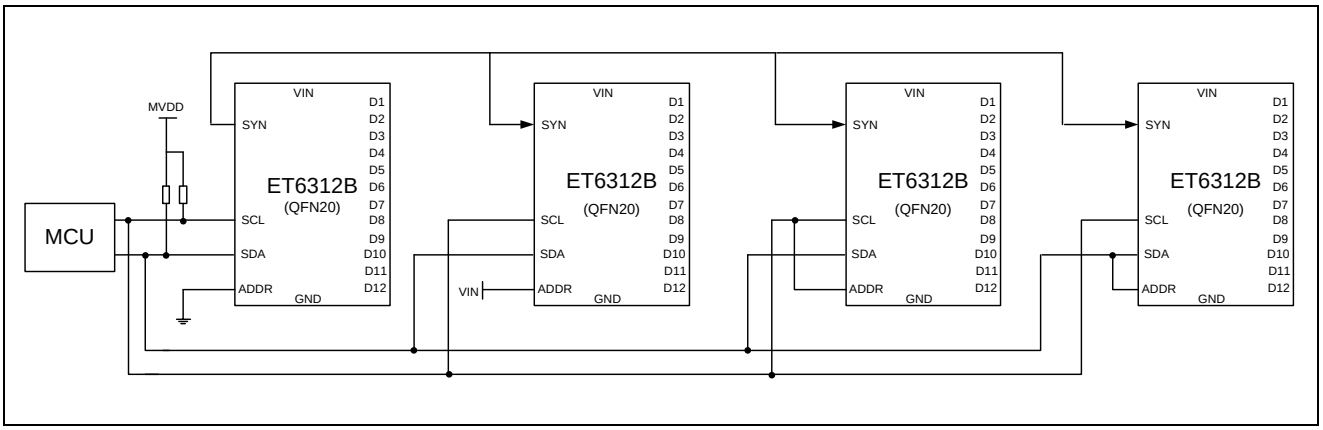
注：

(1) 芯片地址由 ADDR 引脚连接信号决定；

(2) SYN 引脚的功能由 CHIPCTR 寄存器的第 6 位和第 5 位决定；

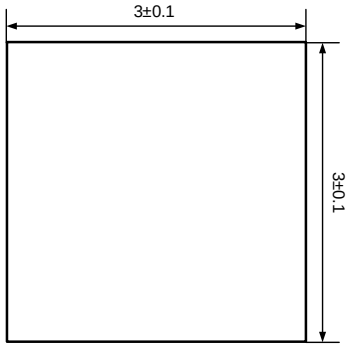
(3) 当 LED 处于“开启”状态时，通过 EXPWM_EN 寄存器来选择 EXPWM 功能。

四个芯片通过同步时钟和一组 I²C 总线进行级联连接。

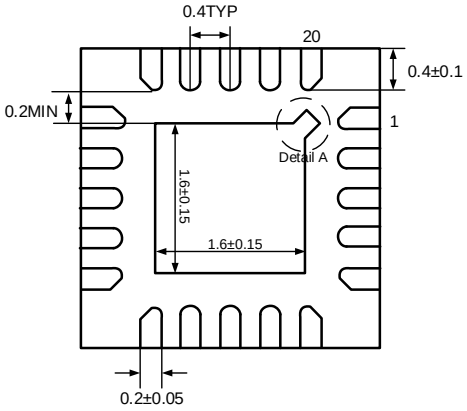


封装尺寸图

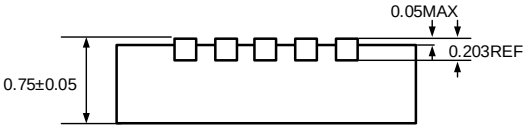
QFN20 (3mm×3mm)



TOP VIEW



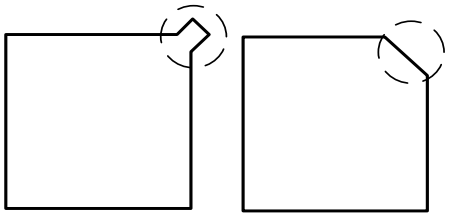
BOTTOM VIEW



SIDE VIEW

Unit: mm

Detail A(Thermal Pad shape):



修订历史和检查表

文件版本	制作日期	更改项目	排版	功能及电参数确认	封装确认
1.0	2025-06-04	中文版本	张一	孙思兵	刘佳莹