MAX30102 用于可穿戴健康的高灵敏度脉搏血氧仪和心率传感器

## 一般说明

MAX30102是集成脉搏血氧仪和心率监测模块。它包括内部 LED、光电探测器、光学元件和具有环境光抑制功能的低噪声电子设备。MAX30102提供完整的系统解决方案，简化移动和可穿戴设备的登录过程。

MAX30102采用1.8V单电源供电，内部LED采用独立的5.0V电源供电。通过标准 I2C 兼容接口进行通信。 该模块 可以通过零待机电流的software关闭，从而允许电源轨始终保持通电状态。

## 应用

* 可穿戴 设备
* 健身辅助 设备

## 优点和特点

* LED 反射解决方案中的心率监测仪和脉搏血氧仪传感器
* 微型 5.6 毫米 x 3.3 毫米 x 1.55 毫米 14 针光 模块
  + 集成盖板玻璃，实现最佳、稳健的性能
* 适用于移动设备的超低功耗操作
  + 可编程采样率和 LED 控制器，用于 节省功耗
  + 低功耗心率监测仪（< 1mW）
  + 超低关断电流 （0.7μA， 典型值）
* 快速数据输出 能力
  + 高采样 率
* 强大的运动伪像 弹性
  + 高 信噪比
* -40°C至+85°C工作 温度 范围

***订购信息 显示在数据手册的末尾。***

## 系统示意图

主机 （美联社）

电光

**最大30102**

数据 先进先出

光电二极管

环境光

亚克力（盖玻）

包装

红色/红外指示灯

人类主体

环境光消除

数字降噪

发光二极管驱动器

断续器

18 位电流

|  |
| --- |
| 应用 |
| 硬件框架 |
| 司机 |

*19-7740;修订版 0;9/15*

# MAX30102 用于可穿戴健康的高灵敏度脉搏血氧仪和心率传感器

## 绝对最大额定值

VDD 至 GNDV 至 +2.2V

GND 至 PGNDV 至 +0.3V

X\_DRV，VLED+ 至 PGNDV 至 +6.0V

所有其他引脚至 GNDV至+6.0V

输出短路 电流 持续时间 连续

进入任何端子的连续输入电流 ±20mA

静电放电， 人体 模型 （HBM） kV

抗闩锁 能力 ±250mA

连续功耗 （TA = +70°C）

OESIP （+70°C以上降额5.5mW/°C） 440mW

工作温度范围 -40°C 至 +85°C 结温 +90°C

焊接 温度 （回流焊） +260°C

存储 温度 范围 .. -40°C 至 +105°C

## 封装热特性 （注 1）

俄斯国际知识产权局

结邻环境热阻 （θJA） ........180°C/W 结壳热阻 （θJC） 150°C/W

**注1：** 封装热阻是使用JEDEC规范JESD51-7中描述的方法，使用四层板获得的。有关封装散热注意事项的详细信息，请参阅 **[www.maximintegrated.com/thermal-tutorial](http://www.maximintegrated.com/thermal-tutorial)**。

## 电气特性

（VDD = 1.8V，V IR\_LED+ = V R\_LED+ = 5.0V，TA = -40°C至+85°C，除非另有说明。典型值为 TA = +25°C）（注 2）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **参数** | **象征** | **条件** | **最小值** | **典型值** | **麦克斯** | **单位** |
| **电源** | | | | | | |
| 电源电压 | 断续器 | 由红色和红外计数公差保证 | 1.7 | 1.8 | 2.0 | V |
| 发光二极管电源电压  R\_LED+ 或 IR\_LED+ 到 PGND | 断续器+ | 由 LED 驱动器的 PSRR 保证（仅限 R\_LED+ 和 IR\_LED+） | 3.1 | 3.3 | 5.25 | V |
| 电源电流 | 内页码 | SpO2 和 HR 模式，PW = 215μs，50sps |  | 600 | 1200 | 微安 |
| 仅红外模式，PW = 215μS，50sps |  | 600 | 1200 |
| 停机模式中的电源电流 | 伊什丁 | TA = +25°C，模式 = 0x80 |  | 0.7 | 10 | 微安 |
| **脉搏血氧饱和度/心率传感器特性** | | | | | | |
| 模数转换器分辨率 |  |  | 18 | | | 位 |
| 红色ADC计数（注3） | 红十字会 | RED\_PA = 0x0C，LED\_PW = 0x01，SPO2\_SR = 0x05，  ADC\_RGE = 0x00，TA = +25°C | 55536 | 65536 | 75536 | 计数 |
| 红外ADC计数（注3） | 伊朗铁路公司 | IR\_PA = 0x0C，LED\_PW = 0x01，SPO2\_SR = 0x05  ADC\_RGE = 0x00，TA = +25°C | 55536 | 65536 | 75536 | 计数 |

## 电气特性（续）

（VDD = 1.8V，V IR\_LED+ = V R\_LED+ = 5.0V，TA = -40°C至+85°C，除非另有说明。典型值为 TA = +25°C）（注 2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **参数** | **象征** | **条件** | | **最小值** | **典型值** | **麦克斯** | **单位** |
| 暗电流计数 | LED\_DCC | RED\_PA = IR\_PA = 0x00，  LED\_PW = 0x03，SPO2\_SR = 0x01 ADC\_RGE = 0x02 | |  | 30 | 128 | 计数 |
|  | 0.01 | 0.05 | 金融服务的百分比 |
| 直流环境光抑制 | 断续器 | 在阳光直射（100K勒克斯）下，用手指固定传感器即可计数ADC，ADC\_RGE  = 0x3，LED\_PW = 0x03，SPO2\_SR = 0x01 | 红色指示灯 | 2 | | | 计数 |
| 红外发光二极管 | 2 | | | 计数 |
| ADC 计数 — PSRR （VDD） | PSRRVDD | 1.7V < VDD < 2.0V，  LED\_PW = 0x00，SPO2\_SR = 0x05  TA = +25°C | | 0.251 | | | 金融服务的百分比 |
| 频率 = 直流至 100kHz，100mVP-P | | 10 | | | 断续器 |
| ADC 计数 — PSRR （LED 驱动器输出） | PSRRLED | 3.6V < R\_LED+，IR\_LED+< 5.0V，TA = +25°C | | 0.051 | | | 金融服务的百分比 |
| 频率 = 直流至 100kHz，100mVP-P | | 10 | | | 断续器 |
| 模数转换器时钟频率 | 时钟 |  | | 10.32 | 10.48 | 10.64 | 兆赫 |
| 模数转换器积分时间 | 国际 | LED\_PW = 0x00 | | 69 | | | μs |
| LED\_PW = 0x01 | | 118 | | |
| LED\_PW = 0x02 | | 215 | | |
| LED\_PW = 0x03 | | 411 | | |
| 插槽时序（顺序通道样本之间的时序;例如，红色脉冲上升沿 到 IR 脉冲上升沿） | 国际 | LED\_PW = 0x00 | | 427.1 | | | μs |
| LED\_PW = 0x01 | | 524.7 | | |
| LED\_PW = 0x02 | | 720.0 | | |
| LED\_PW = 0x03 | | 1106.6 | | |
| **盖板玻璃特性（注4）** | | | | | | | |
| 耐水解性等级 |  | 符合 DIN ISO 719 标准 | | 锰铝 1 | | |  |
| **红外 LED 特性（注 4）** | | | | | | | |
| 光驱峰值波长 | λP | 红外线 = 20 毫安，TA = +25°C | | 870 | 880 | 900 | 纳米 |
| 半最大全宽 | Δλ | 红外线 = 20 毫安，TA = +25°C | | 30 | | | 纳米 |
| 正向电压 | 断续器 | 红外线 = 20 毫安，TA = +25°C | | 1.4 | | | V |
| 辐射电源 | 采购 | 红外线 = 20 毫安，TA = +25°C | | 6.5 | | | 毫瓦 |
| **红色 LED 特性（注 4）** | | | | | | | |
| 光驱峰值波长 | λP | 红外线 = 20 毫安，TA = +25°C | | 650 | 660 | 670 | 纳米 |
| 半最大全宽 | Δλ | 红外线 = 20 毫安，TA = +25°C | | 20 | | | 纳米 |
| 正向电压 | 断续器 | 红外线 = 20 毫安，TA = +25°C | | 2.1 | | | V |
| 辐射电源 | 采购 | 红外线 = 20 毫安，TA = +25°C | | 9.8 | | | 毫瓦 |

## 电气特性（续）

（VDD = 1.8V，V IR\_LED+ = V R\_LED+ = 5.0V，TA = -40°C至+85°C，除非另有说明。典型值为 TA = +25°C）（注 2）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **参数** | **象征** | **条件** | **最小值** | **典型值** | **麦克斯** | **单位** |
| **光电探测器特性（注4）** | | | | | | |
| 灵敏度光谱范围 | λ  （量化宽松>50%） | QE：量子效率 | 600 |  | 900 | 纳米 |
| 辐射敏感区域 | 一个 |  | 1.36 | | | 毫米2 |
| 辐射敏感区域的尺寸 | 长 x 宽 |  | 约1.38 x 0.98 | | | 毫米 x 毫米 |
| **内部芯片温度传感器** | | | | | | |
| 温度 ADC 采集时间 | 断续器 | TA = +25°C | 29 | | | 女士 |
| 温度传感器精度 | 断续器 | TA = +25°C | ±1 | | | °摄氏度 |
| 温度传感器最小范围 | 断续器 |  | -40 | | | °摄氏度 |
| 温度传感器最大范围 | 断续器 |  | 85 | | | °摄氏度 |
| **数字输入特性：SCL、SDA** | | | | | | |
| 输入高电压 | 断续器 | VDD = 2V | 0.7 倍  断续器 | | | V |
| 输入低电压 | 断续器 | VDD = 2V | 约0.3 倍  断续器 | | | V |
| 迟滞电压 | 断续器 |  | 0.2 | | | V |
| 输入漏电流 | 印 | VIN = GND 或 VDD（静态） |  | ±0.05 | ±1 | 微安 |
| **数字输出特性：SDA、INT** | | | | | | |
| 输出 低电压 | 伏尔 | 离子型 = 6 毫安 | 0.2 | | | V |
| **I2C** **时序特性（SDA、SDA、INT）（注 4）** | | | | | | |
| I2C 写入地址 |  |  | 自动曝光 | | | 十六进制 |
| I2C 读取地址 |  |  | 自动对焦 | | | 十六进制 |
| 串行时钟频率 | 断续器 |  | 0 |  | 400 | 千 赫 |
| 停止和开始条件之间的巴士空闲时间 | 断续器 |  | 1.3 | | | μs |
| 保持时间（重复）开始条件 | tHD;斯塔 |  | 0.6 | | | μs |
| SCL 脉冲宽度低 | tLOW |  | 1.3 | | | μs |
| SCL 脉冲宽度高 | 大腿 |  | 0.6 | | | μs |
| 重复启动条件的设置时间 | tSU;斯塔 |  | 0.6 | | | μs |
| 数据保持时间 | tHD;DAT |  | 0 |  | 900 | ns |

## 电气特性（续）

（VDD = 1.8V，V IR\_LED+ = V R\_LED+ = 5.0V，TA = -40°C至+85°C，除非另有说明。典型值为 TA = +25°C）（注 2）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **参数** | **象征** | **条件** | **最小值** | **典型值** | **麦克斯** | **单位** |
| 数据设置时间 | tSU;DAT |  | 100 | | | ns |
| 停止条件的设置时间 | tSU;STO |  | 0.6 | | | μs |
| 抑制尖峰的脉冲宽度 | 断续器 |  | 0 | 50 | | ns |
| 总线电容 | 断续器 |  | 400 | | | 断续器 |
| SDA 和 SCL 接收上升时间 | 断续器 |  | 20 + 0.1CB | 300 | | ns |
| SDA 和 SCL 接收秋季时间 | 断续器 |  | 20 + 0.1CB | 300 | | ns |
| SDA 传输下降时间 | 断续器 |  | 300 | | | ns |

**注 2：所有器件均在** TA = +25°C 下进行 100% 生产测试。 Maxim Integrated的台式或专有的自动测试设备（ATE）特性分析保证了超过温度限制的规格。

**注3：** 规格由Maxim Integrated的 台式表征和使用专有ATE设置和条件的100%生产测试保证。

**注4：** 通过设计和表征保证。未在最终生产中进行测试。



断续器

tSU，DAT

津州，斯塔

断续器

tLOW

THD，STA

砰砰

断续器t

苏，斯托

断续器

THD，STA

高铁

断续器

断续器

启动条件

重复启动条件

停止 启动条件条件

*图 1.I2C* *兼容接口时序图*

## 典型工作特性

（除非另有说明，否则 VDD = 1.8V，VLED+ = 5.0V，TA = +25°C，RST。

**红色 LED 电源净空**

60

红外线= 50毫安

红外线= 20毫安

50

红色指示灯电流 （mA）

40

30

20

10

0

目录01

**红外 LED 电源净空**

60

红外线= 50毫安

红外线= 20毫安

50

红外指示灯电流 （mA）

40

30

20

10

0

目录02

1.0

0.9

0.8

电源电流 （mA）

0.7

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

0.0

**VDD 电源电流与**

**电源 电压** toc03

正常运行

关机模式

012345

电压 （ V）

012345

电压 （ V）

00.511.522.5

电源电压 （V）

50000

45000

40000

35000

计数（总和）

30000

25000

20000

15000

10000

5000

0

**白色高抗冲苯乙烯卡**的直流计数与距离的关系

7.0

6.0

断续器关断电流 （uA）

5.0

4.0

3.0

2.0

1.0

0.0

**V断续器关断电流与温度的关系**

断续器

2.2V

2.0V

1.8V

1.7V

目录04

目录05

0.14

0.13

VLED 关断电流 （μA）

0.12

0.11

0.10

0.09

0.08

0.07

0.06

**VLED 关断电流与温度的关系**

目录06

0 5 10 15 20

模式 = SPO2 和 HR ADC RES = 18 个双边投资条约

模数转换器满量程=16384nA

红外

红

VLED = 5.25V

VLED = 4.75V

距离（毫米）

-50050100150

温度（°C）

-50050100150

温度（°C）

120

100

归一化功率 （%）

80

60

40

20

0

**TA = +30°C 时的**红色 **LED 光谱**

目录08

120

100

归一化功率 （%）

80

60

40

20

**TA = +30°C 时的**红外 **LED 光谱**

目录09

-20

500600700800

波长（纳米）

0

7008009001000

波长（纳米）

## 典型工作特性（续）

（除非另有说明，否则 VDD = 1.8V，VLED+ = 5.0V，TA = +25°C，RST。

675

670

峰值波长（纳米）

665

660

655

650

645

**红色 LED 峰值波长 与温度的关系**

目录10

指示灯电流：10 毫安

20 毫安

30 毫安

50 毫安

模式=屈发光二极管模转换器再服务=18位模数转换器锶=400单刀单证件

模数转换器满量程=2048nA

910

900

峰值波长（纳米）

890

880

870

860

**红外 LED 峰值波长 与温度的关系**

目录11

指示灯电流10 毫安

20 毫安

30毫安

50毫安

**红色 LED 正向电压与 T = +25°C 时的正向电流的关系**

60 目录12

模式 = FLEX LED ADC RES = 18 位 ADC SR = 100 SPS

ADC 满量程 = 2048nA

**一个**

50

正向电流 （mA）

40

30

20

10

0

-50050100150

温度（°C）

-50050100150

温度（摄氏度）

1.801.902.002.102.202.30

正向电压 （V）

**红外 LED 正向电压与**

**T = +25°C 时的正向电流**

**一个**

目录13

70

模式 = FLEX LED ADC RES = 18 位 ADC SR = 100 SPS

ADC 满量程 = 2048nA

60

50

正向电流 （mA）

40

30

20

10

0

1.251.301.351.401.45

正向电压 （V）

0

-10

-20

幅度（分贝）

-30

-40

-50

-60

-70

**环境光消除# 通带特性**  toc14

PW = 69μsPW = 118μsPW = 215μsPW = 411μs

10100100010000100000

频率（赫兹）

1.0

0.9

0.8

0.7

量子效率

0.6

0.5

0.4

0.3

0.2

0.1

0.0

**光电二极管量子效率与波长的关系**

400 500 600 700 800 900 1000 1100

目录15

波长（纳米）

## 引脚配置

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | |
|  |
| 不.C。 | 1 | 传感器 | 14 | 不.C。 |
| 断续器 | 2 |  | 13 | 国际 |
| 断续器 | 3 |  | 12 | 加拿大国民民主盾 |
| 断续器 | 4 |  | 11 | 断续器 |
| R\_DRV | 5 | **最大30102** | 10 | 断续器+ |
| IR\_DRV | 6 |  | 9 | 断续器+ |
| 不.C。 | 7 | 发光二极管 | 8 | 不.C。 |
|  |  |  |  |  |

**引脚说明**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **针** | **名字** | **功能** |
| 1, 7, 8, 14 | 不.C。 | 无连接。连接到 PCB 焊盘以提高机械稳定性。 |
| 2 | 断续器 | I2C 时钟输入 |
| 3 | 断续器 | I2C 数据，双向（漏极开路） |
| 4 | 断续器 | LED 驱动器块的电源接地 |
| 5 | R\_DRV | 红色指示灯驱动器。 |
| 6 | IR\_DRV | 红外光驱。 |
| 9 | 断续器+ | 指示灯电源（阳极连接）。使用旁路电容连接到 PGND 以获得最佳性能。 |
| 10 | 断续器+ |
| 11 | 断续器 | 模拟电源输入。使用旁路电容连接到GND以获得最佳性能。 |
| 12 | 加拿大国民民主盾 | 模拟地 |
| 13 | 国际 | 低电平有效中断（漏极开路）。通过上拉电阻连接到外部电压。 |

## 功能图



断续器+

断续器

红

红外

模拟

数字

可见光+红外

模数转换器

数字滤波器

数据寄存器

断续器

I2CSDA

通信 国际

660纳米 880纳米

模具温度

模数转换器

振荡器

发光二极管驱动器

**最大30102**

R\_DRV IR\_DRV

加拿大国民民主盾

断续器

环境光消除

**详细说明**

MAX30102是一款完整的脉搏血氧仪和心率传感器系统解决方案模块，设计用于 满足可穿戴设备的苛刻要求。该器件在不 牺牲光学或电气性能的情况下保持非常小的溶质尺寸。集成到可穿戴系统中所需的外部硬件组件极少 。

MAX30102 可通过软件寄存器完全调节，数字输出数据可以存储在IC内的32深度FIFO中。FIFO允许MAX30102连接到共享总线上的微控制器或处理器，其中数据不从MAX30102的寄存器连续读取。

#### SpO2 子系统

MAX30102的SpO2子系统包含环境光消除（ALC）、连续时间Σ-Δ型ADC和专有的分立时间滤波器。ALC具有内部采样/保持电路，可消除环境光并增加 有效动态范围。 SpO2 ADC 具有 2μA 至 16μA 的可编程满量程范围。ALC 可以抵消高达 200μA 的环境电流。

内部ADC是一款具有18位分辨率的连续时间过采样Σ-Δ转换器。ADC采样速率为10.24MHz。ADC输出数据速率可在50sps（每秒采样）至3200sps的范围内进行编程。

#### 温度传感器

MAX30102具有一个内置片内温度传感器，用于校准SpO2子系统的温度依赖性。温度传感器的固有分辨率为 0.0625°C。

器件输出数据对红外 LED 的波长相对不敏感，其中 Red LED 的波长对于正确解释数据至关重要。与 MAX30102输出信号配合使用 的SpO2算法

可补偿与环境相关的 SpO2 误差

温度变化。

#### 驱动电源

MAX30102集成了红色和IR LED驱动器，用于调制用于SpO2和HR测量的LED脉冲。LED 电流可在 0 至 50mA 的范围内进行设置，并具有适当的电源电压。LED 脉冲宽度可在 69μs 至 411μs 的范围内进行编程，以允许该算法优化 SpO2 和 HR 精度以及功耗

基于用例。

#### 邻近感应功能

该设备包括 接近功能，以节省电力并减少 用户手指 不在传感器上时的可见光发射。 当 启动SpO2或HR功能（通过写入MODE寄存器）时，红外LED在接近模式下被激活， 驱动电流由PILOT\_扩声寄存器。 当 检测到 超过IR ADC计数阈值（在PROX\_INT\_THRESH寄存器中设置）时， 器件会自动转换到 正常的SpO2/HR模式。 要重新进入邻近感应模式， 必须重写 MODE 寄存器（即使 值相同）。

可以通过将PROX\_INT\_EN重置为0来禁用接近功能。在这种情况下， SpO2 或 HR 模式将立即开始。

## 注册地图和描述

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| **地位** | | | | | | | | | | | |
| 中断 状态 1 | A\_FULL | PPG\_ RDY | ALC\_ OVF | PROX\_ 国际 |  |  |  | PWR\_ RDY | 0x00 | 0X00 | R |
| 中断 状态 2 |  |  |  |  |  |  | DIE\_TEMP  \_RDY |  | 0x01 | 0x00 | R |
| 中断使能 1 | A\_FULL\_ 英文 | PPG\_ RDY\_EN | ALC\_ OVF\_EN | PROX\_ INT\_EN |  |  |  |  | 0x02 | 0X00 | 遥控 |
| 中断使能 2 |  |  |  |  |  |  | DIE\_TEMP  \_RDY\_EN |  | 0x03 | 0x00 | 遥控 |
| 先进先出 | | | | | | | | | | | |
| 先进先出写入 指针 |  |  |  | FIFO\_WR\_PTR[4：0] | | | | | 0x04 | 0x00 | 遥控 |
| 溢流 计数器 |  |  |  | OVF\_计数器[4：0] | | | | | 0x05 | 0x00 | 遥控 |
| 先进先出读取 指针 |  |  |  | FIFO\_RD\_PTR[4：0] | | | | | 0x06 | 0x00 | 遥控 |
| 先进先出数据 寄存器 | FIFO\_数据[7：0] | | | | | | | | 0x07 | 0x00 | 遥控 |
| **配置** | | | | | | | | | | | |
| 先进先出  配置 | SMP\_AVE[2：0] | | | FIFO\_卷 OVER\_EN | FIFO\_A\_全部[3：0] | | | | 0x08 | 0x00 | 遥控 |
| 模式 配置 | 新浪网 | 重置 |  |  |  | 模式[2：0] | | | 0x09 | 0x00 | 遥控 |
| 孢子磷  配置 | 0  （保留） | SPO2\_ADC\_RGE [1：0] | | SPO2\_SR[2：0] | | | LED\_PW[1：0] | | 0x0A | 0x00 | 遥控 |
| 保留 |  | | | | | | | | 0x0B | 0x00 | 遥控 |
| 发光二极管脉冲幅度 | LED1\_PA[7：0] | | | | | | | | 0x0C | 0x00 | 遥控 |
| LED2\_PA[7：0] | | | | | | | | 0x0D | 0x00 | 遥控 |
| 保留 |  | | | | | | | | 0x0E | 0x00 | 遥控 |
| 保留 |  | | | | | | | | 0x0F | 0x00 | 遥控 |
| 接近模式 LED 脉冲幅度 | PILOT\_PA[7：0] | | | | | | | | 0x10 | 0x00 | 遥控 |
| 多 LED 模式控制 寄存器 |  | 插槽2[2：0] | | |  | 插槽1[2：0] | | | 0x11 | 0x00 | 遥控 |
|  | 插槽4[2：0] | | |  | 插槽3[2：0] | | | 0x12 | 0x00 | 遥控 |

**注册地图和描述（续）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 保留 |  | | | | | | | | 0x13–  0x17 | 0xFF | 遥控 |
| 保留 |  | | | | | | | | 0x18-  0x1E | 0x00 | R |
| **模具温度** | | | | | | | | | | | |
| 模具温度 整数 | 色调[7：0] | | | | | | | | 0x1F | 0x00 | R |
| 模具温度 分数 |  |  |  |  | 断续器[3：0] | | | | 0x20 | 0x00 | R |
| 芯片 温度 配置 |  |  |  |  |  |  |  | 临时  \_EN | 0x21 | 0x00 | R |
| 保留 |  | | | | | | | | 0x22–  0x2F | 0x00 | 遥控 |
| **接近功能** | | | | | | | | | | | |
| 接近 中断 阈值 | PROX\_INT\_[7：0] | | | | | | | | 0x30 | 0x00 | 遥控 |
| **部件标识** | | | | | | | | | | | |
| 修订版标识 | REV\_身份证[7：0] | | | | | | | | 0xFE | 0xXX\* | R |
| 部件标识 | PART\_身份证[7] | | | | | | | | 0xFF | 0x15 | R |

\**XX 表示用于部件修订版标识的 2 位十六进制数字（00 表示 FF）。联系Maxim Integrated，获取为您的产品分配的修订版ID号。*

#### 中断状态 （0x00–0x01）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 中断 状态 1 | A\_FULL | PPG\_RDY | ALC\_OVF | PROX\_ 国际 |  |  |  | PWR\_ RDY | 0x00 | 0X00 | R |
| 中断 状态 2 |  |  |  |  |  |  | DIE\_ TEMP\_RDY |  | 0x01 | 0x00 | R |

每当触发中断时，MAX30102将低电平有效中断引脚拉至低电平状态，直到中断被清除。

##### A\_FULL：先进先出几乎满旗

在 SpO2 和 HR 模式下，当 FIFO 写指针剩余一定数量的可用空间时，将触发此中断。 触发器编号 可以通过FIFO\_A\_FULL[3：0]寄存器来设置。 通过读取 中断 状态 1 寄存器（0x00）清除中断。

##### PPG\_RDY：新的先进出数据就绪

在 SpO2 和 HR 模式下，当数据 FIFO 中有新样本时，将触发此中断。通过读取中断状态1寄存器（0x00）或读取FIFO\_DATA寄存器来清除中断。

##### ALC\_OVF：环境光消除溢出

当 SpO2/HR光电二极管 的环境光消除功能达到其最大限值时，就会触发此中断，因此环境光会影响ADC的输出。通过读取中断状态 1 寄存器 （0x00） 来清除中断。

##### PRO X\_INT：触发接近阈值

当达到接近阈值并且 SpO2/HR 模式已开始时，将触发接近中断。这让主机处理器知道开始运行 SpO2/HR 算法并收集数据。通过读取中断状态 1 寄存器 （0x00） 清除中断。

##### PWR\_RDY：电源就绪标志

在上电或 掉电条件之后，当 电源电压 VDD 从欠压锁定 （UVLO） 电压以下转换到 UVLO 电压以上时，将触发一个上电就绪中断，以发出模块已上电并准备收集数据的信号。

##### DIE\_TEMP\_RDY：内部温度就绪标志

当内部芯片温度转换完成时，此中断 将被触发 ，以便处理器可以读取温度数据寄存器。通过读取中断状态 2 寄存器（0x01）或 TFRAC 寄存器（0x20）来清除中断。

每当读取 interrupt 状态寄存器或读取触发中断的寄存器时，都会清除中断。例如，如果SpO2传感器因完成转换而触发中断，则读取FIFO数据寄存器或中断寄存器将清除电流中断引脚（返回到其正常的HIGH状态）。这也会将中断状态寄存器中的所有位清零。

#### 中断使能 （0x02-0x03）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 中断 使能 1 | A\_ FULL\_ 英文 | PPG\_ RDY\_EN | ALC\_ OVF\_EN | PROX\_ INT\_EN |  |  |  |  | 0x02 | 0X00 | 遥控 |
| 中断 使能 2 |  |  |  |  |  |  | DIE\_TEMP\_ RDY\_EN |  | 0x03 | 0x00 | 遥控 |

除电源就绪外，每个硬件中断源都可以在MAX30102 IC的软件寄存器中禁用。无法禁用电源就绪中断，因为模块的数字状态在欠电条件（low 电源电压）时复位，并且默认条件是禁用所有中断。此外，对于系统来说，重要的是要知道发生了掉电情况，并且模块中的数据因此而被重置。

对于正常操作，未使用的位应设置为零。

#### 先进先出 （0x04–0x07）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 先进先出写入指针 |  |  |  | FIFO\_WR\_PTR[4：0] | | | | | 0x04 | 0x00 | 遥控 |
| 过流计数器 |  |  |  | OVF\_计数器[4：0] | | | | | 0x05 | 0x00 | 遥控 |
| 先进先出读取指针 |  |  |  | FIFO\_RD\_PTR[4：0] | | | | | 0x06 | 0x00 | 遥控 |
| 先进先出数据寄存器 | FIFO\_数据[7：0] | | | | | | | | 0x07 | 0x00 | 遥控 |

##### 先进先出写入 指针

FIFO写指针指向MAX30102写入下一个样本的位置。对于推送 到FIFO的每个样本，此指针向前移动。 当MODE[2：0]为010、011或111时， 也可以通过I2C接口进行更改。

##### 先进先出溢流计数器

当FIFO充满时，样品不会被推到FIFO上，样品会丢失。OVF\_COUNTER计算丢失的样本数。它在0xF时饱和。 当一个完整的样本从FIFO“弹出”（即，删除旧的FIFO数据并将样本向下移动） 时（当 读取指针前进时），OVF\_COUNTER被重置为零。

##### 先进先出读取指针

FIFO读取指针指向处理器通过I2C接口从FIFO获取下一个样本的位置。每次从FIFO中取出样品时，这都会提高。处理器还可以在读取样本后写入此指针，以便在出现数据通信错误时允许从FIFO重新读取样本。

##### 先进先出数据寄存器

圆形FIFO深度为32，最多可容纳32个数据样本。样本数量取决于配置为活动状态的 LED 通道（又名通道） 的数量。 由于每个通道信号 都存储 为3字节数据信号， 因此FIFO宽度可以是3字节或6字节。

I2C寄存器中的FIFO\_DATA寄存器映射指向要从FIFO读取的下一个样本。FIFO\_RD\_PTR指向此示例。读取FIFO\_DATA寄存器，不会自动递增I2C寄存器地址。突发读取此寄存器，一遍又一遍地读取相同的地址。 每个样本是每个通道 3 个字节的数据（即，RED 为 3 个字节，IR 为 3 个字节等）。

FIFO寄存器（0x04-0x07）都可以写入和读取，但实际上只有FIFO\_RD\_PTR寄存器在运行中应写入。 其他 由MAX30102自动递增或充满数据。 在开始 新的 SpO2 或心率转换 时， 建议首先清除所有零 （0x00） FIFO\_WR\_PTR、OVF\_COUNTER和FIFO\_RD\_PTR寄存器 ，以确保 FIFO 为空且处于 已知状态。 当 在一次突发读取I2C事务中读取 MAX30102寄存器时，寄存器地址指针通常递增，因此发送的下一个字节数据来自下一个寄存器， 等。 例外情况是 FIFO数据寄存器，寄存器0x07。 读取此寄存器时， 地址指针不会递增，但FIFO\_RD\_PTR会递增。 因此，发送的下一个数据字节表示FIFO中可用的数据的下一个字节。

进入和退出 接近模式（当PROX\_INT\_EN = 1时）通过将 写指针和读指针 设置为彼此相等来清除FIFO。

##### 从先进先出论坛阅读

通常，从I2C接口读取寄存器会自动增加寄存器地址指针，因此所有寄存器都可以在突发读取中读取，而无需I2C启动事件。在MAX30102中，这适用于除 FIFO\_DATA寄存器（寄存器0x07）之外的所有寄存器。

读取 FIF O\_DATA寄存器 不会自动递增 寄存器地址。 突发读取此寄存器会一遍又一遍地读取来自同一地址的数据。 每个示例包含多个字节的数据，因此应从此寄存器（在同一事务中）读取多个字节以获得一个完整的示例。

另一个例外是0xFF。在0xFF寄存器之后读取更多字节不会将地址指针移 回0x00，并且读取的数据没有意义。

##### 先进先出数据结构

数据FIFO由一个32个样本的存储器组组成，可以存储IR和红色ADC数据。由于每个样本由两个数据通道组成，因此每个样本有6个字节的数据，因此FIFO 中可以存储192个总字节 的数据。

FIFO数据是左对齐的，如表1所示; 换句话说，无论 ADC分辨率设置如何，MSB位始终处于位17数据位置。有关 FIFO 数据结构的直观演示，请参见表 2 。

**表 1.FIFO 数据是左对齐的**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **模数转换器**  **分辨率** | **FIFO\_数据[17]** | **FIFO\_数据[16]** | **...** | **FIFO\_数据[12]** | **FIFO\_数据[11]** | **FIFO\_数据[10]** | **FIFO\_数据[9]** | **FIFO\_数据[8]** | **FIFO\_数据[7]** | **FIFO\_数据[6]** | **FIFO\_数据[5]** | **FIFO\_数据[4]** | **FIFO\_数据[3]** | **FIFO\_数据[2]** | **FIFO\_数据[1]** | **FIFO\_数据[0]** |
| 18 位 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 位 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 位 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 位 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

##### FIFO 数据每通道包含 3 个字节

FIFO数据是左对齐的，这意味着无论ADC分辨率设置如何，MSB始终位于同一位置。未使用FIFO 数据[18] – [23]。表2显示了每个三重字节的结构（包括每个通道的18位ADC数据输出）。

SpO2模式下的每个数据样本包括两个数据三元组（每个三元组3个字节），要读取一个样本，需要为每个字节提供一个I2C读取命令。因此，要在 SpO2 模式下读取一个样本，需要 6 个 I2C 字节读取。读取每个样本的第一个字节后，FIFO 读取指针会自动递增。

##### 写入/读取指针

写/读指针用于控制FIFO中的数据流。每次将新样本添加到 FIFO 时，写入指针都会递增。每次从 FIFO 读取样本时，读取指针都会递增。要从FIFO重新读取样本，请将其值递减一，然后再次读取数据寄存器。

进入 SpO2 模式或 HR 模式时，应清除 FIFO 写/读指针（返回到0x00），以便 FIFO 中没有表示旧数据。如果 VDD 处于电源循环状态或 VDD 降至其 UVLO 电压以下，则会自动清除指针。

### 表 2.先进先出数据（每通道 3 字节）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 字节 1 |  |  |  |  |  |  | FIFO\_ 数据[17] | FIFO\_ 数据[16] |
| 字节 2 | FIFO\_ 数据[15] | FIFO\_ 数据[14] | FIFO\_ 数据[13] | FIFO\_ 数据[12] | FIFO\_ 数据[11] | FIFO\_ 数据[10] | FIFO\_ 数据[9] | FIFO\_ 数据[8] |
| 字节 3 | FIFO\_ 数据[7] | FIFO\_ 数据[6] | FIFO\_ 数据[5] | FIFO\_ 数据[4] | FIFO\_ 数据[3] | FIFO\_ 数据[2] | FIFO\_ 数据[1] | FIFO\_ 数据[0] |

示例 2：红外通道（字节 1-3）

示例 2：红色通道（字节 1-3）

示例 1：红外通道（字节 1-3）

示例 1：红色通道（字节 1-3）

较新的示例

较旧的样本

*图 2.先进先出数据寄存器的图形表示。它在 SpO2 模式下*显示 IR 和红色。

##### 从 FIFO 读取数据的伪代码示例

第一笔交易：获取FIFO\_WR\_PTR：

开始;

发送设备地址+写入模式 发送FIFO\_WR\_PTR地址;REPEATED\_START;

发送设备地址+读取模式读取FIFO\_WR\_PTR;

停止;

中央处理器评估要从 FIFO 读取的样本数：

NUM\_AVAILABLE\_SAMPLES = FIFO\_WR\_PTR – FIFO\_RD\_PTR

（注意：应考虑指针环绕）NUM\_SAMPLES\_TO\_READ = 小于或等于<NUM\_AVAILABLE\_SAMPLES > 第二笔交易：阅读FIFO NUM\_SAMPLES\_TO\_READ样本：

开始;

发送设备地址+写入模式 发送FIFO\_DATA地址;REPEATED\_START;

发送设备地址 +读取 模式

for （i = 0; 我 < NUM\_SAMPLES\_TO\_READ; i++） { 读取 FIFO\_DATA;

保存LED1[23：16];

阅读FIFO\_DATA;

保存LED1[15：8];

阅读 FIFO\_DATA;

保存 LED1[7：0];

阅读 FIFO\_DATA;

保存LED2[23：16];

阅读FIFO\_DATA;

保存 LED2[15：8];

阅读 FIFO\_DATA;

保存 LED2[7：0];

阅读 FIFO\_DATA;

} 停止; 开始;

发送设备地址+写入模式 发送FIFO\_RD\_PTR地址;写FIFO\_RD\_PTR;

停止;

第三笔交易：写入 FIFO\_RD\_PTR寄存器。 如果第二 个事务 成功，FIFO\_RD\_PTR指向 FIFO 中的下一个样本，并且不需要第三个事务 。 否则，处理器会相应地更新 FIFO\_RD\_PTR，以便重新读取样本。

**先进先出配置 （0x08）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 先进先出  配置 | SMP\_AVE[2：0] | | | FIFO\_ROL LOVER\_EN | FIFO\_A\_全部[3：0] | | | | 0x08 | 0x00 | 遥控 |

##### 位 7：5：样品平均 （SMP\_AVE）

为了降低 数据通量，可以通过设置此寄存器在芯片上对相邻样本（在每个单独的通道中） 进行平均和抽取。

### 表 3.样品平均

|  |  |
| --- | --- |
| **SMP\_AVE[2：0]** | **不。每个先进先出样品的平均值样本数** |
| 000 | 1（无平均值） |
| 001 | 2 |
| 010 | 4 |
| 011 | 8 |
| 100 | 16 |
| 101 | 32 |
| 110 | 32 |
| 111 | 32 |

##### 位 4：FIFO 全速滚动 （FIFO\_ROLLOVER\_EN）

此位控制 FIFO 在完全充满数据时的行为。如果设置了FIFO\_ROLLOVER\_EN （1），则 FIFO 地址将滚动到零，并且 FIFO 将继续填充新数据。如果未设置位 （0），则在读取FIFO\_DATA或更改写/读指针位置之前，不会更新 FIFO。

##### 位 3：0：FIFO 几乎满值 （FIFO\_A\_FULL）

此寄存器设置发出中断时FIFO中剩余的数据样本数（3字节/样本）。例如，如果此字段设置为0x0，则当 FIFO 中还剩下 0 个数据样本（所有 32 个 FIFO 字都具有未读数据）时，将发出中断。此外，如果此字段设置为0xF，则在 FIFO 中剩余 15 个数据样本（17 个 FIFO 数据样本具有未读数据）时发出中断。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **FIFO\_A\_全部[3：0]** | **中断时以 FIFO 格式为空数据样本**  **已颁发** | **未读数据样本在 FIFO 中时**  **发出中断** |
| 0x0小时 | 0 | 32 |
| 0x1小时 | 1 | 31 |
| 0x2小时 | 2 | 30 |
| 0x3小时 | 3 | 29 |
| ... | ... | ... |
| 0倍方呎 | 15 | 17 |

**模式配置 [0x09]**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 模式 配置 | 新浪网 | 重置 |  |  |  | 模式[2：0] | | | 0x09 | 0x00 | 遥控 |

##### 位 7：关断控制 （SHDN）

通过将该位设置为1，可以将该器件置于省电模式。在省电模式下，所有寄存器都保留其值，并且写/读操作正常工作。在此模式下，所有中断都清除为零 。

##### 位 6：复位控制（复位）

当RESET位 设置为1时，所有配置、阈值和数据寄存器都通过上电复位至其上电状态。重置序列完成后，RESET 位将自动清除回零。

**注：** 设置 RESET 位不会触发PWR\_RDY中断事件。

#### 位 2：0：模式控制

这些位设置MAX30102的工作状态。更改模式不会更改任何其他设置，也不会擦除数据寄存器内以前存储的任何数据。

### 表 4.模式控制

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **模式[2：0]** | **模式** | **有源 LED 通道** |
| 000 | 请勿使用 | |
| 001 | 请勿使用 | |
| 010 | 心率模式 | 仅红色 |
| 011 | SpO2 模式 | 红色和红外 |
| 100–110 | 请勿使用 | |
| 111 | 多指示灯模式 | 红色和红外 |

#### SpO2 配置 （0x0A）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 孢子磷  配置 |  | SPO2\_ADC\_RGE[1：0] | | SPO2\_SR[2：0] | | | LED\_PW[1：0] | | 0x0A | 0x00 | 遥控 |

##### 位 6：5： SpO2 ADC 范围控制

该寄存器设置SpO2传感器ADC的满量程范围，如表5所示。

### 表 5. SpO2 ADC 范围控制（18 位分辨率）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **SPO2\_ADC\_RGE[1：0]** | **LSB 尺寸 （pA）** | **满量程 （nA）** |
| 00 | 7.81 | 2048 |
| 01 | 15.63 | 4096 |
| 10 | 31.25 | 8192 |
| 11 | 62.5 | 16384 |

##### 位 4：2： SpO2 采样率控制

这些位定义了一个由一个 IR 脉冲/转换和一个红色脉冲/转换组成的样本的有效采样速率。

采样率和脉冲宽度 是相关的 ，因为 采样率设置了脉冲宽度时间的上限。 如果 用户选择的采样率对于所选LED\_PW设置来说太高，则最高采样率将被编程到寄存器中。

### 表 6. SpO2 采样率控制

|  |  |
| --- | --- |
| **SPO2\_SR[2：0]** | **每秒样本数** |
| 000 | 50 |
| 001 | 100 |
| 010 | 200 |
| 011 | 400 |
| 100 | 800 |
| 101 | 1000 |
| 110 | 1600 |
| 111 | 3200 |

有关脉冲宽度与采样率的信息，请参见表 11 和表 12。

##### 位 1：0：LED 脉冲宽度控制和 ADC 分辨率

这些位设置 LED脉冲宽度（IR和红色 具有相同的脉冲宽度），因此间接设置每个样本中ADC的积分时间。ADC分辨率与积分时间直接相关。

### 表 7.脉冲宽度控制

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **LED\_PW[1：0]** | **脉冲宽度（μs）** | **模数转换器分辨率（位）** |
| 00 | 69 (68.95) | 15 |
| 01 | 118 (117.78) | 16 |
| 10 | 215 (215.44) | 17 |
| 11 | 411 (410.75) | 18 |

#### LED 脉冲幅度 （0x0C–0x10）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 发光二极管脉冲幅度 | LED1\_PA[7：0] | | | | | | | | 0x0C | 0x00 | 遥控 |
| LED2\_PA[7：0] | | | | | | | | 0x0D | 0x00 | 遥控 |
| 保留 |  | | | | | | | | 0x0E | 0x00 | 遥控 |
| 保留 |  | | | | | | | | 0x0F | 0x00 | 遥控 |
| 接近模式 LED 脉冲幅度 | PILOT\_PA[7：0] | | | | | | | | 0x10 | 0x00 | 遥控 |

这些位设置每个LED的电流电平，如表8所示。

### 表 8.发光二极管电流控制

|  |  |
| --- | --- |
| **LEDx\_PA [7：0]， RED\_PA [7：0]， 或 IR\_PA[7：0]** | **典型 LED 电流 （mA）\*** |
| 0x00小时 | 0.0 |
| 0x01小时 | 0.2 |
| 0x02小时 | 0.4 |
| ... | ... |
| 0x0Fh | 3.1 |
| ... | ... |
| 0x1Fh | 6.4 |
| ... | ... |
| 0x3Fh | 12.5 |
| ... | ... |
| 0x7Fh | 25.4 |
| ... | ... |
| 0倍方呎 | 50.0 |

\**由于调整方法的不同，每个器件的实际测量 LED 电流可能会有很大差异。*

PILOT\_PA[7：0]的目的是在接近模式以及多LED模式下设置LED功率。

#### 多 LED 模式控制寄存器 （0x11–0x12）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 多 LED 模式控制寄存器 |  | 插槽2[2：0] | | |  | 插槽1[2：0] | | | 0x11 | 0x00 | 遥控 |
|  | 插槽4[2：0] | | |  | 插槽3[2：0] | | | 0x12 | 0x00 | 遥控 |

在多 LED 模式下，每个样本被分成 最多 四个时隙，即 SLOT1 到 SLOT4。 这些控制寄存器确定每个时隙中哪个LED处于活动状态，从而实现非常灵活的配置。

### 表 9.多 LED 模式控制 寄存器

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **SLOTx[2：0] 设置** | **哪个指示灯处于活动状态** | **LED 脉冲幅度设置** |
| 000 | 无（禁用时隙） | 不适用（关） |
| 001 | 发光二极管1（红色） | LED1\_PA[7：0] |
| 010 | 发光二极管 （红外） | LED2\_PA[7：0] |
| 011 | 没有 | 不适用（关） |
| 100 | 没有 | 不适用（关） |
| 101 | 发光二极管1（红色） | PILOT\_PA[7：0] |
| 110 | 发光二极管 （红外） | PILOT\_PA[7：0] |

每个插槽生成一个 3 字节输出到 FIFO。一个样本包含所有活动槽，例如，如果 SLOT1 和 SLOT2 不为零，则一个样本为 2 x 3 = 6 字节。

插槽应按顺序启用（即，如果启用了 SLOT2，则不应禁用 SLOT1 ）。

#### 温度数据 （0x1F–0x21）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 模具温度整数 | 色调[7] | | | | | | | | 0x1F | 0x00 | R |
| 模具温度分数 |  |  |  |  | 断续器[3：0] | | | | 0x20 | 0x00 | R |
| 芯片温度 配置 |  |  |  |  |  |  |  | TEMP\_EN | 0x21 | 0x00 | R |

##### 温度整数

板载温度ADC输出分为两个寄存器，一个用于存储整数温度，另一个用于存储小数部分。在读取温度数据时，应读取两者，下面的等式显示了如何将两个寄存器相加：

TMEASURED = TINTEGER + TFRACTION

该寄存器以2的补码格式存储整数温度数据，其中每个位对应于1°C。

### 表 10.温度整数

|  |  |
| --- | --- |
| **寄存器值（十六进制）** | **温度（°C）** |
| 0x00 | 0 |
| 0x01 | +1 |
| ... | ... |
| 0x7E | +126 |
| 0x7F | +127 |
| 0x80 | -128 |
| 0x81 | -127 |
| ... | ... |
| 0xFE | -2 |
| 0xFF | -1 |

##### 温度分数

该寄存器以0.0625°C的增量存储 小数温度数据。 如果此小数温度与负整数 配对，它仍作为 正小数值相加（例如，-128°C + 0.5°C = -127.5°C）。

##### 温度使能 （TEMP\_EN）

这是一个自清除位，设置后，从温度传感器启动单个温度读数。当该位在 IR 或 SpO2 模式下设置为 1 时，该位在温度读数的构合处自动清除回零。

**接近模式中断阈值 （0x30）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **注册** | **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **注册 地址** | **POR STATE** | **遥控** |
| 接近 中断 阈值 | PROX\_INT\_[7：0] | | | | | | | | 0x30 | 0x00 | 遥控 |

此寄存器设置将触发 HR 或 SpO2 模式开始的 IR ADC 计数。阈值定义为ADC计数的8 MSB位。例如，如果PROX\_INT\_THRESH[7：0] = 0x01，则 17 位 ADC 值为 1023（十进制）或更高，将触发PROX\_INT中断。如果PROX\_INT\_THRESH[7：0] = 0xFF，则只有饱和的ADC触发中断。

## 应用信息

#### 采样率和性能

ADC的最大采样速率取决于 所选的脉冲宽度，而所选脉冲宽度又决定了ADC的分辨率。 例如，如果脉冲宽度 设置为69μs，则ADC分辨率为15位，所有 采样速率都是可选的。 但是，如果 脉冲宽度 设置为 411μs，则采样速率是有限的。 表 11 和表 12 总结了 SpO2 和 HR 模式允许的采样率。

#### 电源注意事项

本节将讨论LED波形及其对电源设计的影响。

MAX30102 中的 LED以低占空比脉冲驱动以节省功耗， 脉冲电流 可导致VLED+功率出现纹波。 为了确保这些脉冲不会 在 LED 输出 端转化为光噪声，电源 必须 设计为 能够处理这些脉冲。确保从电源（电池、DC/DC转换器或LDO）到引脚 的电阻和电感 远小于 1Ω，并且至少有 1μF 电源 旁路电容至良好的 接地层。 电容应 尽可能靠近 IC。

**表 11.断续器2模式 （允许 设置） 桌子12. 心率模式（允许） 设置）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **每秒样本数** | **脉冲宽度（μs）** | | | |
| **69** | **118** | **215** | **411** |
| 50 | O | O | O | O |
| 100 | O | O | O | O |
| 200 | O | O | O | O |
| 400 | O | O | O | O |
| 800 | O | O | O |  |
| 1000 | O | O |  |  |
| 1600 | O |  |  |  |
| 3200 |  |  |  |  |
| 分辨率（位） | 15 | 16 | 17 | 18 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **每秒样本数** | **脉冲宽度（μs）** | | | |
| **69** | **118** | **215** | **411** |
| 50 | O | O | O | O |
| 100 | O | O | O | O |
| 200 | O | O | O | O |
| 400 | O | O | O | O |
| 800 | O | O | O | O |
| 1000 | O | O | O | O |
| 1600 | O | O | O |  |
| 3200 | O |  |  |  |
| 分辨率（位） | 15 | 16 | 17 | 18 |

在心率模式下，仅使用红色 LED 来捕获光学数据并确定用户的心率和/或 光电容积脉搏波 （PPG）。

#### SpO2 温度补偿

MAX30102具有精确的板载温度传感器，可根据I2C主机的命令对IC的内部温度进行数字化处理。温度对红色和红外 LED 的波长有影响。虽然器件输出数据对 红外 LED 的波长相对不敏感，但红色 LED 的波长对于数据的共理解至关重要。

表13显示了 红色LED波长与 LED温度 的 相关性。由于LED芯片以 非常短的热时间常数（数十微秒）升温 ，因此应根据LED的电流水平和IC的温度 来计算 LED波长 。 使用表13估算 温度。

#### 红色 LED 电流设置与 LED 温升的关系

将温升添加到模块温度读数中，以估计LED 温度和输出波长。由于 LED 的快速热时间常数，即使脉冲宽度非常短，LED 温度估计值也是有效的。

#### 中断引脚功能

当触发中断时，低电平有效中断引脚将拉至低电平。 该引脚为漏极开路引脚，这意味着通常需要一个上拉电阻或电流源来连接外部电压源（从GND至+5V）。中断引脚不是为吸收大电流而设计的，因此上拉电阻值应较大，例如 4.7kΩ。

**表 13.红色 LED 电流设置与 LED 温 升的关系**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **红色指示灯电流设置** | **红色 LED 占空比 （占 LED 的百分比）**  **脉冲宽度到采样 时间）** | **估计温升（添加到温度传感器测量值）（°C）** |
| 0001 （0.2毫安） | 8 | 0.1 |
| 1111 （50毫安） | 8 | 2 |
| 0001 （0.2毫安） | 16 | 0.3 |
| 1111 （50毫安） | 16 | 4 |
| 0001 （0.2毫安） | 32 | 0.6 |
| 1111 （50毫安） | 32 | 8 |

## 测量和数据计时

**收集**

#### 多 LED 模式下的插槽时序

MAX30102可以支持两个LED通道的顺序处理（红色和IR）。 下面的表 14 显示了 与每个脉冲宽度设置 相关的四个可能的通道槽时间。图 3 显示了 SpO2 模式 的通道槽时序示例。具有 1kHz 采样率的应用程序。

**表 14.插槽计时**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **脉冲宽度设置（μs）** | **通道槽时序（脉冲之间的时序周期）（μs）** | **通道-通道时序（上升沿到上升沿）（μs）** |
| 69 | 358 | 427 |
| 118 | 407 | 525 |
| 215 | 505 | 720 |
| 411 | 696 | 1107 |

红色 亮起 69μs

红灯关闭 931μs

红色指示灯

660纳米

红外开启

69微秒

红外关闭 931μs

358微秒

红外线

880纳米

*图 3.SpO2* 模式的通道槽时序*，采样率为 1kHz*

#### SpO2 模式下的定时

内部FIFO最多可存储32个样本，因此系统处理器无需在每次采样后读取数据。需要温度数据来正确解释断续器2数据（图4），但温度不需要经常采样 - once 一秒钟或每隔几秒钟就足够了。

15毫秒至300毫秒

样本 #1 样本 #2 样本 #3

样本 #16 样本 #17

发光二极管 输出

~

国际

~

29毫秒

温度 传感器

I2C 总线

~

1

22

46

6

温度样品

红外

红

红外

红

红外

红

红外

红

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 红 | 红外 |  | 红 | 红外 |  | 红 | 红外 |
|  |

*图 4.在 SpO2 模式下*进行数据采集和通信时序

### 表 15.SpO2 模式下图 4 的事件序列

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **事件** | **描述** | **评论** |
| 1 | 进入 SpO2 模式。启动温度测量。 | I2C 写入命令设置 MODE[2：0] = 0x03。同时，设置TEMP\_EN位以启动单个温度测量。屏蔽PPG\_RDY中断。 |
| 2 | 温度测量完成，中断产生 | TEMP\_RDY中断触发器，提醒中央处理器读取数据。 |
| 3 | 读取临时数据，清除中断 |  |
| 4 | FIFO 几乎已满，已生成中断 | 当达到 FIFO 几乎满阈值时，将生成中断。 |
| 5 | 读取 FIFO 数据，清除中断 |  |
| 6 | 存储下一个示例 | 新示例存储在新的读取指针位置。实际上，它现在是FIFO中的第一个样品。 |

#### 心率模式下的计时

内部FIFO最多可存储 32个样本，因此 系统处理器 无需 在每次采样 后读取 数据。在心率模式（图5）下，与 SpO2模式不同，温度信息 不需要 解释数据。 用户可以 选择红色 LED 或红外 LED 通道进行心率测量。

15毫秒至300毫秒

样品#1 样品#2 样品#3

样本 #30 样本 #31

输出

红外发光二 极管

红外

红外

~

红外

红外

红外

红外

国际

~

I2C 总线

~

1

22

4

*图 5.在 HR 模式下进行数据采集和通信的时序*

**表 16.心率模式下图 5 的事件序列**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **事件** | **描述** | **评论** |
| 1 | 进入 模式 | I2C 写入命令设置 MODE[2：0] = 0x02。屏蔽PPG\_RDY中断。 |
| 2 | FIFO 几乎已满，已生成中断 | 当 FIFO 只剩下一个空白空间时，将生成中断。 |
| 3 | 读取 FIFO 数据，清除中断 |  |
| 4 | 存储下一个示例 | 新示例存储在新的读取指针位置。实际上，它现在是FIFO中的第一个样品。 |

## 电源排序和要求

#### 上电时序

图6.显示了MAX30102推荐的上电时序。

建议 先为 VDD 电源供电，然后再为 LED 电源（R\_LED+、IR\_LED+）供电。 中断和 I2C 引脚可上拉至一个外部电压，即使电源未上电也是如此。

电源建立后，发生中断，提醒系统MAX30102已准备就绪。读取I2C中断寄存器可清除中断，如图6所示。

#### 掉电排序

MAX30102在断电时设计为能够承受任何电源排序。

## I2C 接口

MAX30102具有 I2C/SMBus兼容的2线串行接口，由串行数据线（SDA）和串行时钟线（SCL）组成。 SDA和SCL有助于MAX30102与主器件之间的 通信，时钟速率高达400kHz。 图1所示为2线接口 时序图。 主服务器生成 SCL 并在总线上 启动数据传输 。主器件通过发送 正确的从地址，后接 数据，将 数据写入MAX30102。每个发射序列都由 START （S） 或重复 START （Sr） 条件和 STOP （P） 条件构成。传输到MAX30102的每个字 的长度为8位， 后跟一个确认时钟脉冲。 MAX30102的主数据读取 正确的从地址，然后发送9个SCL脉冲。

MAX30102在SDA上传输数据，与主站生成的SCL脉冲同步。主确认边缘接收每个字节的数据。每个读取序列都由 START （S） 或重复 START （Sr） 条件、不确认和 STOP （P） 条件构成。SDA既可用作输入，也可用作漏极开路输出。SDA上需要一个上拉电阻，通常大于500Ω。 SCL 仅作为输入运行。 如果总线 上有多个主站， 或者单个主站 具有 漏极开路SCL输出，则SCL上需要一个上拉电阻（通常大于500Ω）。符合 SDA 和 SCL 的串联电阻器是可选的。系列电阻可保护MAX30102的数字输入免受总线线路上高压尖峰的影响，并最大限度地减少总线信号的串扰和下冲。

断续器

断续器+

PWR\_RDY中断

INT 高（I/O上拉）

读取以清除中断

SDA，SCL 高（I/O上拉）

*图 6.电源轨的上电顺序*

#### 位传输

在每个 SCL 周期中传输一个数据位。 SDA上的数据必须在SCL脉冲的高周期内保持稳定 。 当SCL较高时，SDA的变化是 控制信号。请参阅*“开始和停止条件*”部分。

#### 启动和停止条件

总线 未 使用时，SDA 和 SCL 空闲。 主服务器通过发出 START 条件来启动通信。 START 条件 是 SDA 上的从高到低的转译，SCL 为高。 STOP 条件是 SDA 上的 从低到高的转换，而 SCL 为高电平（图 7）。 来自主站的 START 条件表示 开始 向 设备传输。 主站通过发出 STOP 条件来终止传输并释放总线。如果 生成了“重复启动”条件而不是 “停止”条件，则总线将保持活动状态。

#### 提前停止条件

MAX30102在数据传输过程中 的任意一点识别STOP条件，除非STOP条件发生在与START条件相同的高脉冲中 。为了正确操作，请勿在与 START 条件相同的 SCL 高脉冲期间发送 STOP 条件。

#### 从属地址

总线主站通过发出 START 条件后跟 7 位从机 ID 来启动与从设备之间的通信。 当空闲时，MAX30102等待启动条件，后跟 从机ID。 串行接口逐位比较每个从机ID，如果检测到不正确的从机ID ，则将接口 关断 并立即断开与SCL的连接。在识别START条件后接正确的从机ID后，MAX30102被编程为接受或发送数据。从ID字的LSB是 读/写（R/W）位。R/W指示主机是写入还是读取MAX30102的数据（R/W = 0选择 写入条件，R/W = 1选择 读取条件）。

在获得正确的从机ID后，MAX30102 通过拉低SDA一个时钟周期发出ACK 。

MAX30102从机ID由7个固定位B7–B1（设置为0b1010111）组成。首先传输最重要的从ID位（B7），然后传输剩余的位。 表 17 显示了器件可能的从属 ID。

#### 承认

确认位（ACK）是MAX30102在写入模式下握手接收每个字节数据的第9个时钟位（图8）。 如果成功接收到前一个字节，MAX30102 会拉下SDA，从而抑制主站产生的第9个时钟脉冲。监视 ACK 允许检测不成功的数据传输。如果接收设备繁忙或发生系统故障，则会发生数据传输失败。如果数据传输失败，总线主站将重试通信。主站拉下SDA

**表 17.从机 ID 说明**

在第9个时钟周期内，当MAX30102处于读取模式时确认接收数据。主节点在每个读取字节后发送一个 acknowledge，以允许数据传输继续进行。当主器件从MAX30102读取数据的最后一个字节时，发送一个非确认，然后是STOP条件。

#### 写入数据格式

对于写入操作，发送从属 ID 作为第一个字节，后跟寄存器地址字节，然后是一个或多个数据字节。寄存器地址指针在接收到每个字节的数据后自动递增，因此例如整个寄存器库可以由一个time写入。使用 STOP 条件终止数据传输。写入操作如图 9 所示。

内部寄存器地址指针会自动递增，因此写入额外的数据字节会按顺序填充数据寄存器。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **B7** | **B6** | **B5** | **B4** | **B3** | **B2** | **B1** | **B0** | **写入地址** | **读取地址** |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 遥控 | 0xAE | 0xAF |



S

锶

P

断续器

断续器1



启动条件

用于确认的时钟脉冲

SCL11289系列 系列

不承认

断续器1

承认

*图 7. 启动、停止 和 重复 启动 条件 图 8。 承认*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| S | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 遥控  = 0 | 确认 | 解答7 | 解答6 | 解答5 | 答4 | 解答3 | 答2 | 答1 | 答0 | 确认 |

从 业ID注册地址

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| D7型 | D6航站楼 | D5型 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | 确认 | P |
| 数据字节 | | | | | | | |  | |

S = 启动条件 P = 停止条件

ACK = 由接收方确认

内部地址指针自动递增（用于写入多个字节）

*图 9.将一个数据字节写入MAX30102*

#### 读取数据格式

对于读取操作，必须执行两个 I2C 操作。首先，发送从机ID字节，然后发送您要读取的I2C寄存器。然后发送重复开始（Sr）条件，后跟读取从属ID。然后，MAX30102从第一次操作中选择寄存器开始发送数据。read 指针会自动递增，因此器件继续按顺序从其他寄存器发送数据，直到收到 STOP （P） 条件。例外情况是FIFO\_DATA寄存器，读取该寄存器在读取其他字节时读取指针不再递增。 自

读取下一个寄存器后FIFO\_DATA，需要一个I2C写入命令来更改读取指针的位置。

图 10 和 图 11 显示了读取一个字节和多个字节数据的过程。

需要初始写入操作才能发送读取寄存器地址。

数据从 初始I2C写入操作 中选择的寄存器开始，按顺序从寄存器发送 。如果读取 FIFO\_DATA寄存器 ， 则读取指针不会自动递增，并且后续数据字节将包含FIFO的内容。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| S | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 遥控  = 0 | 确认 | 解答7 | 解答6 | 解答5 | 答4 | 解答3 | 答2 | 答1 | 答0 | 确认 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 从属 ID | | | | | | | |  | 注册地址 | | | | | | | |  | |
| 锶 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 遥控  = 1 | 确认 | D7型 | D6航站楼 | D5型 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | 纳克 | P |

从从 IDDATA 字节

S = 起始条件

Sr = 重复启动 条件 P = 停止条件

ACK = 接收方确认 NACK = 不确认

*图 10.从MAX30102读取一字节数据*

从属 ID

数据 1

数据 n-1

数据 n

S =开始条件 =由接收方确认 Sr = 重复启动条件 上午 = 由主服务器确认

P =停止条件 NACK = 不确认

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| S | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 遥控  = 0 | 确认 | 解答7 | 解答6 | 解答5 | 答4 | 解答3 | 答2 | 答1 | 答0 | 确认 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 从属 ID | | | | | | | |  | 注册地址 | | | | | | | |  |
| 锶 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 遥控  = 1 | 确认 | D7型 | D6航站楼 | D5型 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | 是 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| D7型 | D6航站楼 | D5型 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | 是 | D7型 | D6航站楼 | D5型 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 | 纳克 | P |

*图 11.从MAX30102读取多个字节的数据*

## 典型应用电路



+5.0V 200mA 最大值

+1.8V 20毫安

10μF

4.7微频

断续器+

断续器

1kΩ

断续器

红

红外

环境光消除

模拟

数字

可见光+红外

模数转换器

数字滤波器

数据寄存器

I2C 通信

断续器

断续器

国际

主机处理器

660纳米 880纳米

模具温度

模数转换器

振荡器

发光二极管驱动器

**最大30102**

R\_DRV IR\_DRV

加拿大国民民主盾

断续器

（无连接 ）

**订购信息**

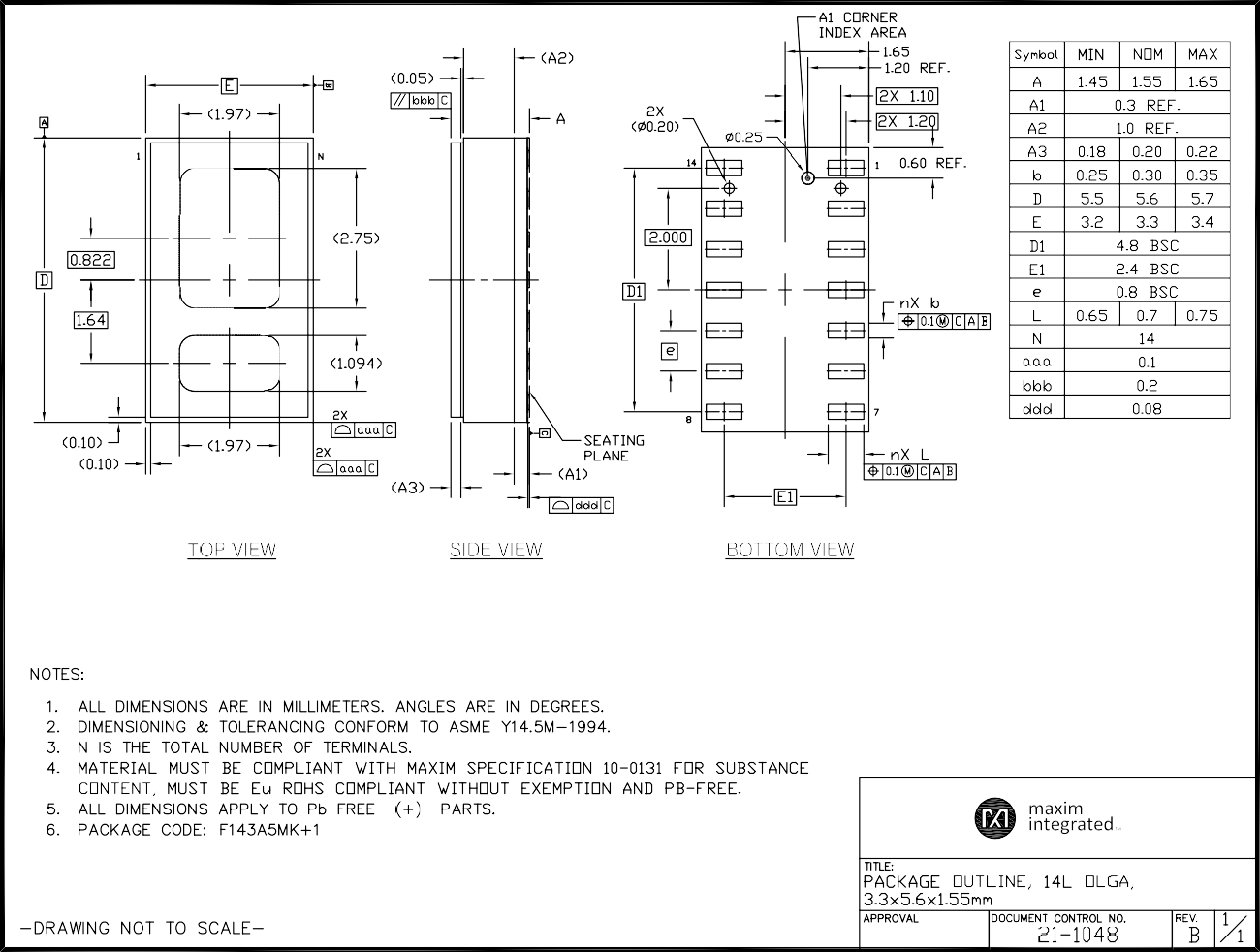
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **部分** | **温度范围** | **引脚封装** |
| MAX30102EFD+T | -40°C 至 +85°C | 14 导联水电联产  （0.8mm 引脚间距） |

*+表示无 铅/符合 RoHS 标准的封装。T = 卷带和卷轴。*

## 套餐信息

有关最新的软件包大纲信息和 土地模式（足迹），请转到  **[www.maximintegrated.com/packages](http://www.maximintegrated.com/packages)**。 请注意， 封装代码中的“+”、“#”或“-”仅表示 RoHS 状态。 封装图纸可能显示不同的后缀字符，但无论 RoHS 状态如何，该图纸都与封装相关。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **包装类型** | **包裹代码** | **大纲编号** | **土地模式编号** |
| 14 俄狄浦 | F143A5MK+1 | [**21-1048**](http://pdfserv.maximintegrated.com/package_dwgs/21-1048.PDF) | [**90-0602**](http://pdfserv.maximintegrated.com/land_patterns/90-0602.PDF) |



## 包裹信息（续）

有关最新的软件包大纲信息和 土地模式（足迹），请转到  **[www.maximintegrated.com/packages](http://www.maximintegrated.com/packages)**。 请注意， 封装代码中的“+”、“#”或“-”仅表示 RoHS 状态。 封装图纸可能显示不同的后缀字符，但无论 RoHS 状态如何，滴定都与封装有关。



## 修订历史

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **修订版号** | **修订日期** | **描述** | **页面已更改** |
| 0 | 9/15 | 初始版本 | — |

有关定价、交付和订购信息，请致电1-888-629-4642联系Maxim Direct，或访问Maxim Integrated 网站 [www.maximintegrated.com。](http://www.maximintegrated.com/)

*Maxim Integrated不对 Maxim Integrated产品中 完全体现的*电路*以外的 任何电路的使用负责*。 *不*暗示*电路专利许可。Maxim Integrated保留随时更改电路和规格的权利，恕不另行通知。 保证电气特性表中*显示*的参数值（最小值和最大限值 ）。 本数据手册 中引用的其他参数值仅供参考。*