

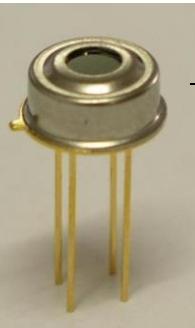
特性和优点

- 尺寸小, 成本低
- 易集成
- 在极宽温度范围内工作, 带出厂校准:
 - 传感器工作温度范围: -40...+125°C
 - 被测目标温度范围: -70...+380°C
- T_a 和 T_o 在 0 到 50°C 时, 测量精度可达 0.5°C
- 高(医疗)精度校准
- 测量值分辨率 0.02°C
- 单区视场和双区视场可选
- SMBus 兼容数字接口
- 可配置 PWM 连续输出
- 3V 或 5V 供电, 也可使用 8...16V 供电调制
- 支持睡眠模式
- 适合不同应用领域的多种封装方式和测试方式
- 车用级别标准

应用实例

- 高精度非接触式温度测量
- 用于车用空调控制系统的温度舒适度传感器
- 住宅、商业和工业建筑的空调温度感应
- 挡风玻璃的除雾
- 汽车视野死角监测
- 工业上移动部件温度监测
- 打印机、复印机的温度控制
- 家电的温度控制单元
- 医疗保健
- 牲畜监控
- 移动物体的探测
- 多区域温度控制 – 2 线通信, 读取多达 127 个传感器
- 热继电器、报警
- 体温测量

订购信息

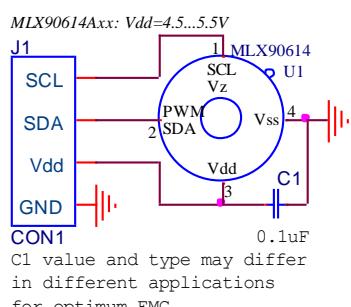
| 器件编号 | 温度代码 | 封装代码 | - 选择码 | 标准部分 | 封装格式 |
|---|---|---|--|------|------|
| MLX90614 | E (-40°C...85°C) K (-40°C...125°C) | <u>SF (TO-39)</u> | - X X X (1) (2) (3) | -000 | -TU |
|  | (1) 供电电压/精度: A - 5V B - 3V C - 预留 D - 3V 医疗精度 | (2) 热电堆数目: A - 单区视场 B - 双区视场 C - 带热梯度补偿* | (3) 封装选择: A - 标准封装 B - 预留 C - 35° FOV D/E - 预留 F - 10° FOV G - 预留 H - 12° FOV (折射型透镜) I - 5° FOV | | |

实例:

MLX90614ESF-BAA-000-TU

*: 见第 2 页

1 功能图



MLX90614 connection to SMBus

2 概述

MLX90614 是一款用于非接触式的红外温度传感器, 集成了红外探测热电堆芯片与信号处理专用集成芯片, 全部封装在 TO-39。

低噪声放大器、17 位 ADC 和强大的 DSP 处理单元的全集成, 使传感器实现了高精度, 高分辨率的测量。

传感器的测量结果均出厂校准化, 数据接口为数字式的 PWM 和 SMBus(System Management Bus)输出。

作为标准, PWM 为 10 位, 且配置为-20°C 至 120 °C 内, 分辨率为 0.14 °C 的连续输出。

传感器出厂默认, 上电复位时为 SMBus 通信。

图 1: 典型应用电路

概述(续)

MLX90614 集成了由 Melexis 研发生产的两款芯片：

- 红外热电堆探测器 MLX81101
- 专用信号处理芯片 MLX90302，专用于处理红外传感器的输出信号

传感器为标准工业封装 TO-39 封装。

低噪声放大器、17 位 ADC 和强大的 DSP 处理单元的全集成，使传感器实现了高精度，高分辨率的测量。处理好的被测目标温度和环境温度均存储在 MLX90302 的 RAM 内，分辨率为 0.01°C ，可通过两种方式读取，即两线串行 SMBus 兼容协议(分辨率为 0.02°C)或 10 位的 PWM(Pulse Width Modulated)输出。

MLX90614 的测量结果均带出厂校准，校准的工作环境温度范围为 -40°C 至 125°C ，被测目标温度范围为 -70°C 至 380°C 。

被测目标的温度测量值为传感器 FOV 视场(Field Of View)内所有物体温度的平均值。MLX90614 在室温下测量精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。医疗应用型号的 MLX90614 在人体温度范围内可测得 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 的精度。

值得应用设计方注意的是，这里所声明保证的精度是在传感器处于热平衡且等温条件(传感器封装上无温差)下测得的。传感器封装上的温差可能引起传感器测量的额外的误差，这种封装上的温差来源，如传感器旁边有发热元件，加热器件或散热器件，或者挨着传感器有较热或叫冷的物体，这些不仅会加热传感器的感温元件，也会影响传感器的封装温度。

这种局部热影响在 FOV 视场非常小的传感器上表现尤为明显，如 xxC 类和 xxF 类传感器，因为传感器本身接收到目标物体的信号就已经很少了。为此，Melexis 引入了 xCx 系列传感器。在 MLX90614xCx 系列中，传感器内部通过测量这个热梯度量来做补偿，但这种影响只是减小，并未完全消除。因此，在设计中，需尽可能的避免热梯度，或者将传感器采取热隔离。

标准上，MLX90614 是按照目标物体发射率 1 进行校准的。客户可根据其目标物体的发射率进行修改，可修改范围为 0.1 至 1.0，修改后，客户也不需要用黑体进行校准。

10-位 PWM 输出模式是连续输出所测物体温度的标准配置，测量物体的温度范围为 $-20\ldots120^{\circ}\text{C}$ ，分辨率为 0.14°C 。PWM 通过修改 EEPROM 内 2 个单元的值，实际上可以根据需求调整至任何温度范围，而这对出厂校准结果并无影响。

PWM 引脚也可配置为热继电器(输入是 To)，这样可以实现简单且性价比高的恒温控制器或温度报警(冰点/沸点)应用，其中的温度临界值是用户可编程的。在 SMBus 系统里，这个功能可以作为处理器的中断信号，以此触发读取主线上从动器的值，并确定精度条件。

传感器有两种供电电压选择：5V 或 3V(电池供电)。其中，5V 也可简便的从更高供电电压(例如 8 至 16V)上通过外接元件调制。(具体请参考“应用信息”)

传感器封装里也集成了光学滤波器(长波可透)，它主要截断可见光和近红外的辐射，以此提高传感器对环境光及太阳光的抗扰度。光学滤波器可透波段为 $5.5\mu\text{m}$ 至 $14\mu\text{m}$ (除采用无涂层的锗镜头传感器，xCH 和 xCI 类)

3 目录

| | |
|---|----|
| 1 功能图 | 1 |
| 2 概述 | 1 |
| 3 目录 | 3 |
| 4 术语缩写 | 4 |
| 5 最大额定值 | 4 |
| 6 引脚定义及描述 | 5 |
| 7 电气特性 | 6 |
| 7.1 MLX90614Axx | 6 |
| 7.2 MLX90614Bxx, MLX90614Dxx | 8 |
| 8 详细描述 | 10 |
| 8.1 功能框图 | 10 |
| 8.2 信号处理原理 | 10 |
| 8.3 模块描述 | 11 |
| 8.3.1 放大器 | 11 |
| 8.3.2 电源电压稳压及上电复位 | 11 |
| 8.3.3 EEPROM | 11 |
| 8.3.4 RAM | 14 |
| 8.4 SMBus 可兼容 的两线通信协议 | 14 |
| 8.4.1 功能描述 | 14 |
| 8.4.2 与标准 SMBus 规范的区别 (参考资料 [1]) | 15 |
| 8.4.3 详细描述 | 15 |
| 8.4.4 位传输 | 16 |
| 8.4.5 命令 | 17 |
| 8.4.6 SMBus 通信示例 | 17 |
| 8.4.7 时序的规范 | 18 |
| 8.4.8 睡眠模式 | 19 |
| 8.4.9 MLX90614 SMBus 的特别说明 | 20 |
| 8.5 PWM | 21 |
| 8.5.1 PWM 单数据模式 | 22 |
| 8.5.2 PWM 扩展模式 | 23 |
| 8.5.3 自定义 PWM 输出的温度范围 | 24 |
| 8.6 PWM 和 SMBus 通信之间的转换 | 26 |
| 8.6.1 PWM 已使能 | 26 |
| 8.6.2 请求信号 | 26 |
| 8.6.3 PWM 未使能 | 26 |
| 8.7 环境温度和目标物体温度的计算 | 27 |
| 8.7.1 环境温度 T_a | 27 |
| 8.7.2 物体温度 T_o | 27 |
| 8.7.3 计算流程 | 28 |
| 8.8 热继电器 | 30 |
| 9 传感器的特性 | 31 |
| 10 性能图表 | 32 |
| 10.1 MLX90614 的温度精度 | 32 |
| 10.1.1 标准精度 | 32 |
| 10.1.2 医疗精度 | 33 |
| 10.1.3 V_{DD} 对温度读数的影响 | 33 |
| 10.2 视场 (FOV) | 35 |
| 11 应用信息 | 39 |
| 11.1 MLX90614 在 SMBus 通信中的配置 | 39 |
| 11.2 多个 MLX90614 在 SMBus 通信网络中的配置 | 39 |
| 11.3 PWM 输出模式的应用 | 40 |
| 11.4 热警报器、恒温器 | 40 |
| 11.5 高电压源的应用 | 41 |
| 12 应用注释 | 42 |
| 13 Melexis 不同焊接过程的产品有关工艺的标准信息 | 44 |
| 14 ESD 预防 | 44 |
| 15 FAQ | 45 |
| 16 封装信息 | 47 |
| 16.1 MLX90614xxA | 47 |

| | |
|------------------------|----|
| 16.2 MLX90614xCC | 47 |
| 16.3 MLX90614xCF | 48 |
| 16.4 MLX90614xCH | 48 |
| 16.5 MLX90614xCI | 49 |
| 16.6 零件的标记 | 49 |
| 16.7 使用和储存湿度范围 | 49 |
| 17 图片目录 | 50 |
| 18 参考资料 | 51 |
| 19 免责声明 | 51 |

4 术语缩写

| | |
|----------------|---|
| PTAT | 与绝对温度(封装温度)成正比的传感器(package temperature) |
| POR | 上电复位 |
| HFO | 高频振荡器(RC 型) |
| DSP | 数字信号处理 |
| FIR | 有限脉冲响应(数字滤波器) |
| IIR | 无限脉冲响应(数字滤波器) |
| IR | 红外光 |
| PWM | 脉冲宽度调制 |
| DC | (PWM 的)占空比; 直流(对稳定状态) |
| FOV | 视场 |
| SDA,SCL | 串行数据, 串行时钟(SMBus 的通信引脚) |
| T _a | 传感器测量到的环境温度(封装温度) |
| T _o | 被测目标温度(红外传感器“看到”的温度) |
| ESD | 静电放电 |
| EMC | 电磁兼容性 |
| ASSP | 专用标准产品 |
| TBD | 未定义 |

注: 有时也成 MLX90614xxx 为“模块”。

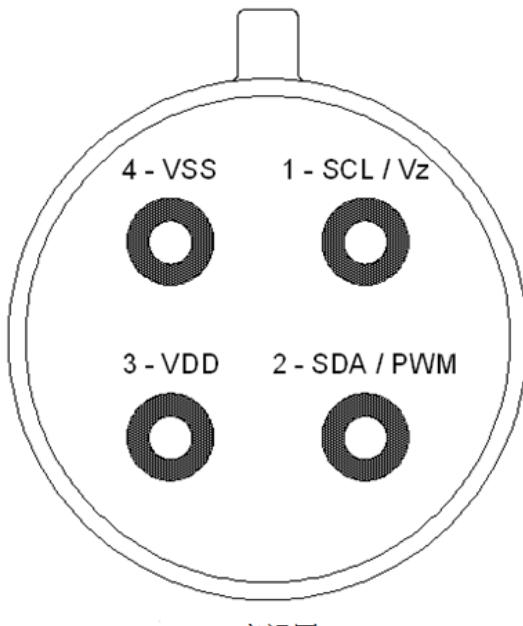
5 最大额定值

| 参数 | MLX90614ESF-Axx | MLX90614ESF-Bxx MLX90614ESF-Dxx | MLX90614KSF-Axx |
|--|-----------------|------------------------------------|-----------------|
| 供电电压, V _{DD} (过压) | 7V | 5V | 7V |
| 供电电压, V _{DD} (工作) | 5.5 V | 3.6V | 5.5V |
| 反向电压 | | 0.4 V | |
| 工作温度范围 T _A | | -40...+85°C | -40...+125°C |
| 储藏温度范围 T _s | | -40...+125°C | -40...+125°C |
| ESD 灵敏度 (AEC Q100 002) | | 2kV | |
| SCL / V _z (V _z mode) 的 DC 注入电流 | | 2 mA | |
| SDA / PWM 引脚的 DC 灌电流 | | 25 mA | |
| SDA / PWM 引脚的 DC 源电流 | | 25 mA | |
| SDA / PWM 引脚的 DC 钳位电流 | | 25 mA | |
| SCL 引脚的 DC 钳位电流 | | 25 mA | |

表 1: MLX90614 的绝对最大额定值

超过绝对最大额定值可能造成器件永久性损坏, 将器件长期置于绝对最大额定值会影响器件使用的可靠性。

6 引脚定义及描述



底视图

图 2: 引脚描述

| 引脚名称 | 功能 |
|-----------|--|
| SCL / Vz | 2 线通信协议中的串行时钟输入。内置 5.7V 齐纳二极管，便于外接双极型二极管，实现 MLX90614Axx 适用于 8 至 16V 的供电。 |
| SDA / PWM | 数字输入、输出。正常情况下，可在此引脚上读出 PWM 制式的被测目标温度。SMBus 兼容模式中，此引脚自动配置为开漏 NMOS。 |
| VDD | 外接供电电压 |
| VSS | 接地。传感器的金属壳也连接到此引脚。 |

表 2: MLX90614 的引脚描述

注: +12V (+8...+16V) 供电应用, 请参考应用信息章节。考虑到 EMC 及等温条件等原因, 强烈建议不要连接任何除了 VSS 引脚以外的电气连接到传感器金属壳上。

当 SCL/Vz 引脚和 PWM/SDA 引脚配置成两线通信模式时, 输入端的施密特触发器功能自动使能。

7 电学特性

7.1 MLX90614Axx

所有参数都是在 $TA = 25^{\circ}\text{C}$, $VDD = 5\text{V}$ 的测试条件下所得(有特别说明的除外)

| 参数 | 符号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------------------|-------------------|--|--------------|-------|--------------|-----|
| | | | | | | |
| 电源 | | | | | | |
| 供电电压 | V_{DD} | | 4.5 | 5 | 5.5 | V |
| 供电电流 | I_{DD} | 无负载 | | 1.3 | 2 | mA |
| 供电电流(编程时) | $I_{DD_{pr}}$ | 无负载, EEPROM 擦写操作 | | 1.5 | 2.5 | mA |
| 稳压二极管电压 | V_z | $I_z = 75\ldots 1000\mu\text{A}$ ($T_a = \text{室温}$) | 5.5 | 5.7 | 5.9 | V |
| 稳压二极管电压 | $V_z(T_a)$ | $I_z = 70\ldots 1000\mu\text{A}$, 全温度范围 | 5.15 | 5.7 | 6.24 | V |
| 上电复位 | | | | | | |
| POR 电位 | V_{POR_up} | 上电 (全温度范围) | 1.4 | 1.75 | 1.95 | V |
| POR 电位 | V_{POR_down} | 断电 (全温度范围) | 1.3 | 1.7 | 1.9 | V |
| POR 迟滞 | V_{POR_hys} | 全温度范围 | 0.08 | 0.1 | 1.15 | V |
| VDD 上升时间 (从供电电压的 10% 到 90%) | T_{POR} | 保证 POR 信号 | | | 20 | ms |
| 有效输出(RAM 中有效数据) | T_{valid} | POR 上电复位后 | | 0.25 | | s |
| 脉冲宽度调制 ¹ | | | | | | |
| PWM 分辨率 | PWM_{res} | 数据带宽 | | 10 | | bit |
| PWM 输出周期 | $PWM_{T,def}$ | 出厂默认值 (内部振荡器已出厂校准) | | 1.024 | | ms |
| PWM 周期的稳定性 | $dPWM_T$ | 内部振荡器已基于全温度全电压 范围内出厂校准 | -10 | | +10 | % |
| 输出电压高电平 | PWM_{HI} | $I_{source} = 2\text{ mA}$ | $V_{DD}-0.2$ | | | V |
| 输出电压低电平 | PWM_{LO} | $I_{sink} = 2\text{ mA}$ | | | $V_{SS}+0.2$ | V |
| 输出驱动电流 | $I_{drive_{PWM}}$ | $V_{out,H} = V_{DD} - 0.8\text{V}$ | | 7 | | mA |
| 输出灌电流 | $I_{sink_{PWM}}$ | $V_{out,L} = 0.8\text{V}$ | | 13.5 | | mA |

接下一页

| 参数 | 符号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------------------|-----------------|---|---------|-----|-----|---------------|
| SMBus 兼容 2 线数据接口 ² | | | | | | |
| 输入高电平 | $V_{IH}(Ta, V)$ | 全温度、全电压范围 | 3 | | | V |
| 输入低电平 | $V_{IL}(Ta, V)$ | 全温度、全电压范围 | | | 0.6 | V |
| 输出低电平 | V_{OL} | 全温度、全电压范围, $I_{sink} = 2\text{mA}$ | | | 0.2 | V |
| SCL 漏电流 | $I_{SCL, leak}$ | $V_{SCL}=4\text{V}, Ta=+85^\circ\text{C}$ | | | 30 | μA |
| SDA 漏电流 | $I_{SDA, leak}$ | $V_{SDA}=4\text{V}, Ta=+85^\circ\text{C}$ | | | 0.3 | μA |
| SCL 寄生电容 | C_{SCL} | | | | 10 | pF |
| SDA 寄生电容 | C_{SDA} | | | | 10 | pF |
| 从动器地址 | SA | 出厂默认 | | 5A | | hex |
| 唤醒请求 | t_{wake} | SDA 信号持低 | 33 | | | ms |
| 请求 SMBus 工作模式 | t_{REQ} | SCL 信号持低 | 1.44 | | | ms |
| 低电平超时 | $T_{timeout,L}$ | SCL 信号持低 | 27 | | 33 | ms |
| 高电平超时 | $T_{timeout,H}$ | SCL 信号持高 | 45 | | 55 | μs |
| 确认建立 | Tsuac(MD) | 主控器 SCL 信号的第 8 个下降沿 | | | 1.5 | μs |
| 确认保持 | Thdac(MD) | 主控器 SCL 信号的第 9 个下降沿 | | | 1.5 | μs |
| 确认建立 | Tsuac(SD) | 从动器 SCL 信号的第 8 个下降沿 | | | 2.5 | μs |
| 确认保持 | Thdac(SD) | 从动器 SCL 信号的第 8 个下降沿 | | | 1.5 | μs |
| EEPROM | | | | | | |
| 数据保留时长 | | $Ta = +85^\circ\text{C}$ | 10 | | | years |
| 擦写次数 | | $Ta = +25^\circ\text{C}$ | 100,000 | | | Times |
| 擦写次数 | | $Ta = +125^\circ\text{C}$ | 10,000 | | | Times |
| 擦出单元时间 | Terase | | | 5 | | ms |
| 写入单元时间 | Twrite | | | 5 | | ms |

表 3: MLX90614Axx 的电学特性

注: 所有的通信和刷新率计时都是基于最优校正后的高频振荡器的频率得到的, 所有计时都会根据振荡器频率的变化而变化。

1. 负载容性较大时, 建议使用低频率的 PWM 输出。当配置为热继电器时, 其输出具有 PWM 输出的 DC 特性, 并且可以编程为推挽或 NMOS 开漏。上电后的输出是出厂默认的 SMBus 输出模式, 客户随后可自由选择是否使用 PWM 输出模式, 具体切换方式, 请参考第 8.6 章节“PWM 模式和 SMBus 通信间的转换”。

2. 关于 12V 的 SMBus 兼容接口的应用, 请参考应用信息章节。SMBus 兼容接口在对应的章节有具体的解析。一条 SMBus 总线上, 最多能连接 127 个 MLX90614, 为了在总线上实现更快的数据传输, 带动更多的设备和负载, 建议配置较大的上拉电流源。在总线上, MLX90614 只能作为从动器存在。在 SMBus 通信模式里, MLX90614 有高功耗和低功耗两种工作模式。

此前提及的各种电压都是对 V_{ss} (接地)而言的, 有特别说明的除外。

5V 供电的 MLX90614(MLX90614Axx)不支持睡眠模式。

7.2 MLX90614Bxx, MLX90614Dxx

所有参数都是在 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{DD} = 3\text{V}$ 的测试条件下所得(有特别说明的除外)

| 参数 | 符号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------------------|-------------------|------------------------------------|---------------|-------|---------------|---------------|
| 电源 | | | | | | |
| 供电电压 | V_{DD} | | 2.6 | 3 | 3.6 | V |
| 供电电流 | I_{DD} | 无负载 | | 1.3 | 2 | mA |
| 供电电流(编程时) | $I_{DD_{pr}}$ | 无负载, EEPROM 擦写操作 | | 1.5 | 2.5 | mA |
| 电流(睡眠模式) | I_{sleep} | 无负载 | 1 | 2.5 | 5 | μA |
| 电流(睡眠模式) | I_{sleep} | 全温度范围 | 1 | 2.5 | 6 | μA |
| 上电复位 | | | | | | |
| POR 电位 | V_{POR_up} | 上电 (全温度范围) | 1.4 | 1.75 | 1.95 | V |
| POR 电位 | V_{POR_down} | 断电 (全温度范围) | 1.3 | 1.7 | 1.9 | V |
| POR 迟滞 | V_{POR_hys} | 全温度范围 | 0.08 | 0.1 | 1.15 | V |
| VDD 上升时间 (从供电电压的 10% 到 90%) | T_{POR} | 保证 POR 信号 | | | 20 | ms |
| 有效输出(RAM 有效数据) | T_{valid} | POR 上电复位后 | | 0.25 | | s |
| 脉冲宽度调制 ¹ | | | | | | |
| PWM 分辨率 | PWM_{res} | 数据带宽 | | 10 | | bit |
| PWM 输出周期 | $PWM_{T,def}$ | 出厂默认值 (内部振荡器已出厂校准) | | 1.024 | | ms |
| PWM 周期的稳定性 | $dPWM_T$ | 内部振荡器已基于全温度全电压范围内出厂校准 | -10 | | +10 | % |
| 输出电压高电平 | PWM_{HI} | $I_{source} = 2\text{ mA}$ | $V_{DD}-0.25$ | | | V |
| 输出电压低电平 | PWM_{LO} | $I_{sink} = 2\text{ mA}$ | | | $V_{SS}+0.25$ | V |
| 输出驱动电流 | $I_{drive_{PWM}}$ | $V_{out,H} = V_{DD} - 0.8\text{V}$ | | 4.5 | | mA |
| 输出灌电流 | $I_{sink_{PWM}}$ | $V_{out,L} = 0.8\text{V}$ | | 11 | | mA |

接下一页

| 参数 | 符号 | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------------------------------|----------------|--------------------------------|---------|-----|------|---------|
| SMBus 兼容 2 线数据接口 ² | | | | | | |
| 输入高电平 | $V_{IH}(Ta,V)$ | 全温度、全电压范围 | VDD-0.1 | | | V |
| 输入低电平 | $V_{IL}(Ta,V)$ | 全温度、全电压范围 | | | 0.6 | V |
| 输出低电平 | V_{OL} | 全温度、全电压范围, $I_{sink} = 2mA$ | | | 0.25 | V |
| SCL 漏电流 | $I_{SCL,leak}$ | $V_{SCL}=4V, Ta=+85^{\circ}C$ | | | 20 | μA |
| SDA 漏电流 | $I_{SDA,leak}$ | $V_{SDA}=4V, Ta=+85^{\circ}C$ | | | 0.25 | μA |
| SCL 寄生电容 | C_{SCL} | | | | 10 | pF |
| SDA 寄生电容 | C_{SDA} | | | | 10 | pF |
| 从动器地址 | SA | 出厂默认 | | 5A | | hex |
| 唤醒请求 | t_{wake} | SDA 信号持低 | 33 | | | ms |
| 请求 SMBus 工作模式 | t_{REQ} | SCL 信号持低 | 1.44 | | | ms |
| 低电平超时 | $T_{imeout,L}$ | SCL 信号持低 | 27 | | 33 | ms |
| 高电平超时 | $T_{imeout,H}$ | SCL 信号持高 | 45 | | 55 | μs |
| 确认建立 | Tsuac(MD) | 主控器 SCL 信号的第 8 个下降 | | | 1.5 | μs |
| 确认保持 | Thdac(MD) | 主控器 SCL 信号的第 9 个下降 | | | 1.5 | μs |
| 确认建立 | Tsuac(SD) | 从动器 SCL 信号的第 8 个下降 | | | 2.5 | μs |
| 确认保持 | Thdac(SD) | 从动器 SCL 信号的第 8 个下降 | | | 1.5 | μs |
| EEPROM | | | | | | |
| 数据保留时长 | | $Ta = +85^{\circ}C$ | 10 | | | years |
| 擦写次数 | | $Ta = +25^{\circ}C$ | 100,000 | | | Times |
| 擦写次数 | | $Ta = +125^{\circ}C$ | 10,000 | | | Times |
| 擦出单元时间 | Terase | | | 5 | | ms |
| 写入单元时间 | Twrite | | | 5 | | ms |

表 4: MLX90614Bxx, Dxx 的电学特性

注: 请参考 MLX90614Axx 的备注。

8 详细描述

8.1 功能框图

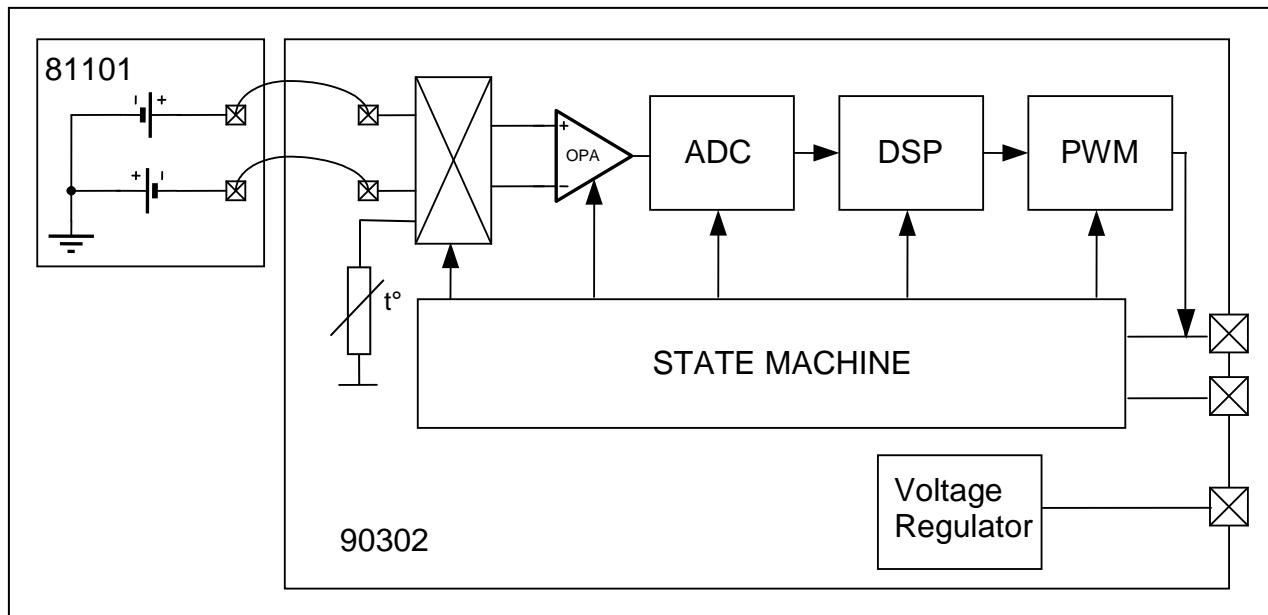


图 3: 功能框图

8.2 信号处理原理

MLX90614 的信号处理由内部的状态机控制，状态机控制了环温和物体温度 的测量和计算，并且也做了数据的后端输出处理，即将其以 PWM 模式或 SMBus 模式输出。

这款芯片支持两个 IR 感应模块(MLX90614xAx 只支持一个)。IR 感应模块的输出信号由低噪声低偏置增益可调的斩波放大器放大后，经过 Sigma Delta 调制器转换成单一比特流，进而输入 DSP 做进一步处理。其中，信号由(通过 EEPROM 配置)可编程的 FIR 和 IIR 低通滤波器减小输入信号的带宽，从而达到预期的信噪比和刷新率。最后，IIR 滤波器的输出存储在内置的 RAM 中。总之，传感器内部有 3 部分数据：一个片上温度测量和两个 IR 感应模块。

通过以上的测量，可以计算得到对应的环温 T_a 和物体温度 T_o ，且分辨率为 0.01°C 。相应的，数据可通过两种方式读取：通过两线数据接口读取(分辨率 0.02°C ，读取范围固定)或通过 PWM 数字输出模式读取(10 位分辨率，读取范围可配置)。

传感器测量的最后一步中，若通过 PWM 输出，测得的 T_a 和 T_o 会根据所需的温度范围重新调整，然后存在 PWM 状态机里，从而生成对应固定频率和占空比的方波。

8.3 模块描述

8.3.1 放大器

用来放大 IR 传感器输出电压的是一个增益可变低噪音低偏移量的斩波放大器。通过对输入调制器和均衡的输入阻抗的精益设计，此放大器的最大偏置为 $0.5\mu\text{V}$ 。

8.3.2 电源电压稳压及上电复位

传感器可以用 3 种不同方式供电：

$\text{VDD} = 5\text{V} \rightarrow \text{MLX90614Axx}$

$\text{VDD} = 3.3\text{V} \rightarrow \text{MLX90614Bxx}$ (电池供电或稳压电源)

$\text{VDD} = 8\ldots 16\text{V} \rightarrow \text{MLX90614Axx}$ 从高电压电源上，外接几个元件整压供电，请参考“应用信息”章节上电复位连接到 VDD 供电电压上。

上电复位(POR)连接在 Vdd 供电电压上。当电压上升超过 0.5V 时，片上上电复位电路会给出一个 POR 激活(高)电平信号，并保持高电平直到 Vdd 升至高于指定的 POR 临界值 V_{POR} 。在整个 POR 处于激活状态期间，POR 信号在 PWM/SDA 引脚上以开漏输出的形式存在。在 MLX90614 退出 POR 状态后，EEPROM 里的设置会使用这个引脚。

8.3.3 EEPROM

EEPROM 里有限的几个寄存器是客户可编程的，但所有的寄存器都是客户通过 SMBus 可读的。

| EEPROM (32X16) | | |
|--------------------------|------|-----|
| 名称 | 地址 | 可写 |
| To_{max} | 0x00 | 是 |
| To_{min} | 0x01 | 是 |
| PWMCTRL | 0x02 | 是 |
| Ta 范围 | 0x03 | 是 |
| 发射率修正系数 | 0x04 | 是 |
| Config Register1 | 0x05 | 是 |
| Melexis 保留 | 0x06 | 否 |
| ... | ... | ... |
| Melexis 保留 | 0x0D | 否 |
| SMBus 地址 (LSByte only) | 0x0E | 是 |
| Melexis 保留 | 0x0F | 是 |
| Melexis 保留 | 0x10 | 否 |
| ... | ... | ... |
| Melexis 保留 | 0x18 | 否 |
| Melexis 保留 | 0x19 | 是 |
| Melexis 保留 | 0x1A | 否 |
| Melexis 保留 | 0x1B | 否 |
| ID 编号 | 0x1C | 否 |
| ID 编号 | 0x1D | 否 |
| ID number | 0x1E | 否 |
| ID number | 0x1F | 否 |

表 5: EEPROM 表格

寄存器 To_{max} , To_{min} 和 Ta 可随客户所需的物体温度范围和环境温度范围而修改。具体信息，请参考本文档的 8.5.3 见下方。寄存器“发射率修正系数”表示被测物体的发射率(出厂默认 $1.0 = 0xFFFF$), 为 16 位的。

$\text{Emissivity} = \text{dec2hex}[\text{round}(65535 \times \mathbf{\epsilon})]$

其中 $\text{dec2hex}[\text{round}(X)]$ 带四舍五入的十进制到十六进制的转换。一般地，发射率范围为 $0.1 \leq \mathbf{\epsilon} \leq 1.0$ 在写入数据之前，必须先进行擦除(写入 0)操作。

PWM 周期的配置：扩展 PWM 输出模式的周期是单一 PWM 输出模式周期的两倍

单一 PWM 输出模式的周期 $T = 1.024 * P$ [ms], 其中 P 是写在 PWMCTRL<15..9>中的值。单一模式周期的最大值是 131.072ms, 扩展模式是 262.144 ms。这些值主要跟片上 RC 振荡器的绝对值相关。占空比需由计算得到而不是仅仅依赖于高电平时长, 以此可以避免由周期绝对值的波动带来的误差。

地址 PWMCTRL 涵盖了配置 PWM/SDA 引脚的所有控制字节, 如下所示:

| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | PWM control bit meaning |
|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 - PWM extended mode 1 - PWM single mode |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 - PWM mode disabled (EN_PWM) 1 - PWM mode enabled (EN_PWM) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 - SDA pin configured as Open Drain (PPODB) 1 - SDA pin configured as Push-Pull (PPODB) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 - PWM mode selected (TRPWMB) 1 - Thermal relay mode selected (TRPWMB) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | - PWM repetition number 0...62 step 2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | - PWM period 1.024*ms (Single PWM mode) or 2.048*ms (Extendet PWM mode) multiplied by the number written in this place (128 in case the number is 0) |

* 这里所有值是根据标称的 HFO 频率所得

表 6: PWM 的控制字节

地址 ConfigRegister1 涵盖了配置模拟和数字部分的控制字节:

| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | Config register bit meaning |
|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | 1 0 0 - IIR (100%) a1=1, b1=0 1 0 1 - IIR (80%) a1=0.8, b1=0.2 1 1 0 - IIR (67%) a1=0.666, b1=0.333 1 1 1 - IIR (57%) a1=0.571, b1=0.428 0 0 0 - IIR (50%) a1=0.5, b1=0.5 0 0 1 - IIR (25%) a1=0.25, b1=0.75 0 1 0 - IIR (17%) a1=0.166(6), b1=0.83(3) 0 1 1 - IIR (13%) a1=0.125, b1=0.875 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 - Repeat sensor test "OFF" 1 - Repeat sensor test "ON" |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 0 - Ta, Tobj1 0 1 - Ta, Tobj2 1 0 - Tobj2 1 1 - Tobj1, Tobj2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 - Single IR sensor 1 - Dual IR sensor |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 - Positive sign of Ks 1 - Negative sign of Ks |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 0 0 - FIR = 8 not recommended 0 0 1 - FIR = 16 not recommended 0 1 0 - FIR = 32 not recommended 0 1 1 - FIR = 64 not recommended 1 0 0 - FIR = 128 1 0 1 - FIR = 256 1 1 0 - FIR = 512 1 1 1 - FIR = 1024 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 0 0 - GAIN = 1 - Amplifier is bypassed 0 0 1 - GAIN = 3 0 1 0 - GAIN = 6 0 1 1 - GAIN = 12,5 1 0 0 - GAIN = 25 1 0 1 - GAIN = 50 1 1 0 - GAIN = 100 1 1 1 - GAIN = 100 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 - Positive sign of Kt2 1 - Negative sign of Kt2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 0 - Enable sensor test 1 - Disable sensor test |

注: 为保持相关的工厂校准值, 请不要改动以下字节和寄存器(除用特殊的工具——若需要这工具, 请联系 Melexis): Ke [15...0]; Config Register1 [14...11;7;3]; addresses 0x0F and 0x19.

表 7: Configuration register 1

登录 www.melexis.com 获取最新 EEPROM 设置的详细应用指南。

片上滤波及建立时间

MLX90614 具有可配置的片上数字滤波器。可允许客户进行噪声和速度定制化。MLX90614 系列的出厂默认配置、典型建立时间和噪声如下表所示：

| Device | Settling time, sec | Typical noise, °C rms | Spike limit |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|-------------|
| MLX90614AAA, BAA, DAA | 0.10 | 0.05 | 100% |
| MLX90614ABA, BBA | 0.14 | 0.07 | 100% |
| MLX90614ACC, BCC | 0.14 | 0.18 | 100% |
| MLX90614ACF, BCF | 1.33 | 0.10 | 50% |
| MLX90614DCH, DCI, BCH, BCI | 0.65 | 0.10 | 80% |

表 8: IIR 和 FIR 配置、典型建立时间和噪声的出厂默认值

滤波器的详细设置请参考应用指南“理解 MLX90614 片上数字信号滤波器”，登录网站 www.melexis.com 获取。支持 PC 软件的评估板 EVB90614 可轻松配置滤波器，这一点上，不需要客户深入理解 EEPROM。

下表给出了滤波器的设置和建立时间相关参数。建立时间取决于三个配置：单区视场或双区视场、IIR 滤波器的配置和 FIR 滤波器的设置。FIR 滤波器对噪声有直接过滤作用(建立时间减小 4 倍，对应的噪声就会增加 2 倍，反之亦然)，IIR 还有额外的功能，即对尖峰脉冲的限定。尖峰脉冲限定值，定义了有多少程度上的尖峰会被滤波器压制掉。例如，25% 表示如果测到 20°C 的温度突变量，MLX90614 最终的读数只会给出 5°C 的尖峰值。

| IIR setting | FIR setting | Settling time (s) | | Spike limit |
|-------------|-------------|-------------------|--------------------|-------------|
| | | 90614xAx | 90614xBx, 90614xCx | |
| xxx | 000...011 | Not recommended | | |
| 100 | 100 | 0.04 | 0.06 | 100.00% |
| 100 | 101 | 0.05 | 0.07 | 100.00% |
| 100 | 110 | 0.06 | 0.10 | 100.00% |
| 100 | 111 | 0.10 | 0.14 | 100.00% |
| 101 | 100 | 0.12 | 0.20 | 80.00% |
| 101 | 101 | 0.16 | 0.24 | 80.00% |
| 101 | 110 | 0.22 | 0.34 | 80.00% |
| 101 | 111 | 0.35 | 0.54 | 80.00% |
| 110 | 100 | 0.24 | 0.38 | 66.70% |
| 110 | 101 | 0.30 | 0.48 | 66.70% |
| 110 | 110 | 0.43 | 0.67 | 66.70% |
| 110 | 111 | 0.70 | 1.10 | 66.70% |
| 111 | 100 | 0.26 | 0.42 | 57.00% |
| 111 | 101 | 0.34 | 0.53 | 57.00% |
| 111 | 110 | 0.48 | 0.75 | 57.00% |
| 111 | 111 | 0.78 | 1.20 | 57.00% |
| 000 | 100 | 0.30 | 0.47 | 50.00% |
| 000 | 101 | 0.37 | 0.60 | 50.00% |
| 000 | 110 | 0.54 | 0.84 | 50.00% |
| 000 | 111 | 0.86 | 1.33 | 50.00% |
| 001 | 100 | 0.70 | 1.10 | 25.00% |
| 001 | 101 | 0.88 | 1.40 | 25.00% |
| 001 | 110 | 1.30 | 2.00 | 25.00% |
| 001 | 111 | 2.00 | 3.20 | 25.00% |
| 010 | 100 | 1.10 | 1.80 | 16.70% |
| 010 | 101 | 1.40 | 2.20 | 16.70% |
| 010 | 110 | 2.00 | 3.20 | 16.70% |
| 010 | 111 | 3.30 | 5.00 | 16.70% |
| 011 | 100 | 1.50 | 2.40 | 12.50% |
| 011 | 101 | 1.90 | 3.00 | 12.50% |
| 011 | 110 | 2.80 | 4.30 | 12.50% |
| 011 | 111 | 4.50 | 7.00 | 12.50% |

表 9: IIR 和 FIR 的配置组合

注：建立时间以秒为单位，并随内部振荡器的变化而变化。

100%的峰值限定值表示没有用到IIR滤波器，等于没有峰值限定效果。

8.3.4 RAM

用户无法写入 RAM 内存，只能进行读取，并且只有有限的一部分 RAM 寄存器对客户有意义。

| RAM (32x17) | | |
|-------------------|---------|-------------|
| Name | Address | Read access |
| Melexis 预留 | 0x00 | 是 |
| ... | ... | ... |
| Melexis 预留 | 0x03 | 是 |
| IR 通道 1 的原始数据 | 0x04 | |
| IR 通道 2 的原始数据 | 0x05 | |
| T _A | 0x06 | 是 |
| T _{OBJ1} | 0x07 | 是 |
| T _{OBJ2} | 0x08 | 是 |
| Melexis 预留 | 0x09 | 是 |
| ... | ... | ... |
| Melexis 预留 | 0x1F | 是 |

表 10: RAM 地址表

8.4 SMBus 可兼容的两线通信协议

此芯片支持两线串行协议，对应的引脚为 PWM/SDA 和 SCL。

- SCL – 数字输入，用于SMBus可兼容通信的时钟信号传输，该引脚在有辅助建立外部电压调节器的功能。当使用外部电压稳压器时，两线协议只有在电压稳压器过驱时才有效。
- PWM/SDA – 数字输入/输出，用于测量物体温度，有PWM输出和SMBus输出模式。可在EEPROM里编程来改变引脚模式为推挽式或是开漏NMOS式(出厂默认为开漏NMOS式)。在SMBus模式里，SDA为开漏式NMOS I/O口，PWM/热动继电器工作模式时该引脚为推挽式。

SMBus和MLX90614的通信请参考网站www.melexis.com发布的应用指南。

8.4.1 功能描述

SMBus 是一种 2 线通信协议，它支持一个主控器(MD)和一个或多个从动器(SD)通信。每一时刻，只允许有一个主控器。MLX90614 只能用作从动器。

一般地，MD 会通过发送一个从动器地址(SA)来初始化一次通信。

MD 可以读取访问 RAM 和 EEPROM 里的所有地址，但仅可以擦写 EEPROM 里的 9 个地址(地址分别为(0x00, 0x01, 0x02, 0x03, 0x04, 0x05*, 0x0E, 0x0F, 0x09)。当 MLX90614 接收到一个读取操作时，若 MD 发送的 SA 地址和传感器 EEPROM 里的地址吻合，MLX90614 会返回一个 16 位的数据和一个 8 位的 PEC 码。由于有集成 SA 地址机制，除章节 5.2 的参考 [1] 里描述的特殊情况外，两线总线上就可以连接多至 127 个器件 (SA=0x00 至 0x7F)。为了能够读取到每一个器件或为了给器件分配一个地址，在传感器连入总线之前，需通过发送一个零地址(SA=0x00)和一个低电平的 R/W 位。当 MD 发送这个信号，MLX90614 不管内部芯片编码信息是什么，都会给出响应。

必须注意，一定不能将两个带有同样 SA 地址的 MLX90614 连接到同一总线上，因为 MLX90614 不支持地址解析协议 ARP[1]。

MD 可驱使 MLX90614 进入低功耗模式，即“睡眠模式”(仅限于 3V 供电的版本)。

可读取标志“EEBUSY”(1 – 表示 EEPROM 正忙于完成前一次命令的擦写)，“EE_DEAD”(1 – 表示 EEPROM 有致命错误，芯片无法工作**)。

注*: 这个地址可读可写，但不能改变位 3，因为位 3 的改变会使得出厂校准的参数失效)

注**: EEPROM 错误报告信号只集成在汽车级产品中。

8.4.2 与标准 SMBus 规范的区别 (参考资料 [1])

标准 SMBus 接口支持 11 条指令，MLX90614 只支持其中两条，不支持的指令包括：

- 快速指令
- 字节指令 - 发送字节，接收字节，写入字节和读取字节
- 进程访问
- 模块指令 - 写入模块和对写入模块的读取进程的访问

支持的指令包括：

- 读取数据
- 写入数据

8.4.3 详细描述

根据 EEPROM 中的设置，PWM/SDA 引脚可作为 PWM 输出。若 PWM 已使能，在 POR 之后，PWM/SDA 引脚会直接配置为 PWM 输出。即便传感器已经被配置为 PWM 模式，通过发送特殊的指令，也可使传感器重新工作为 SMBus 通信。这就是后续将两种模式分开描述的原因。

8.4.3.1 总线协议

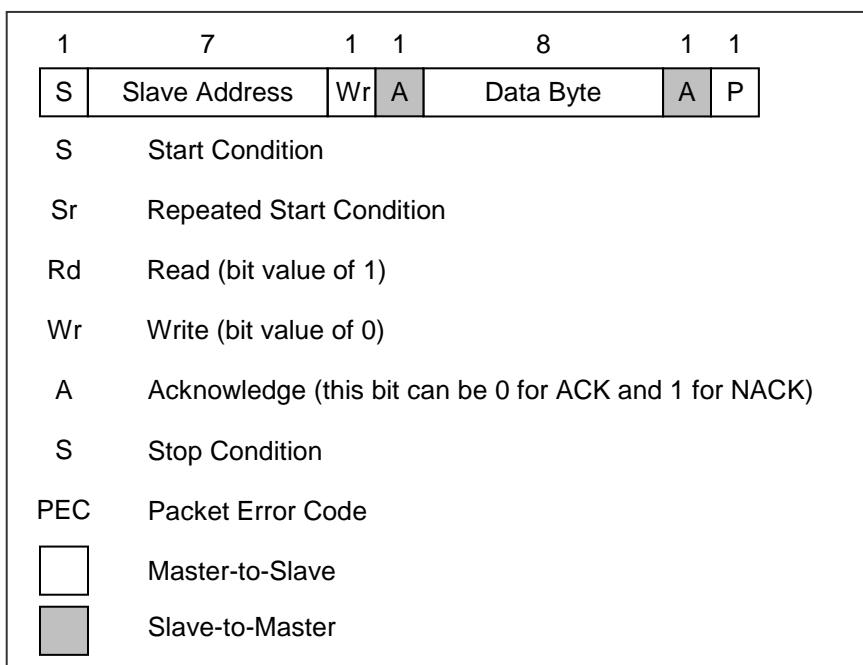


图 4: SMBus 数据包的组成

SD 在每接收到 8 位数据之后，都会反馈发送一个 ACK 或 NACK 信号。MD 在初始化一次通信时，首先会发送一个 SA，只有能识别这个地址的 SD 会反馈一个 ACK 信号，期间，其他的 SD 无任何动作。若 SD 有反馈 NACK 信号，MD 需停止此次通信并且重新发送信号。在 PEC 码之后，可能会接收到 NACK 信号，这意味着接收到的数据有误，此时，MD 需试着再发送数据。PEC 码的计算包含 START, REPEATED START, STOP, ACK 和 NACK。PEC 是 CRC-8 的校验码，多项式为 $X^8 + X^2 + X^1 + 1$ 。数据传输中，总是先传输字节的最高位。

8.4.3.1.1 读取数据 (取决于命令 – RAM 或 EEPROM)

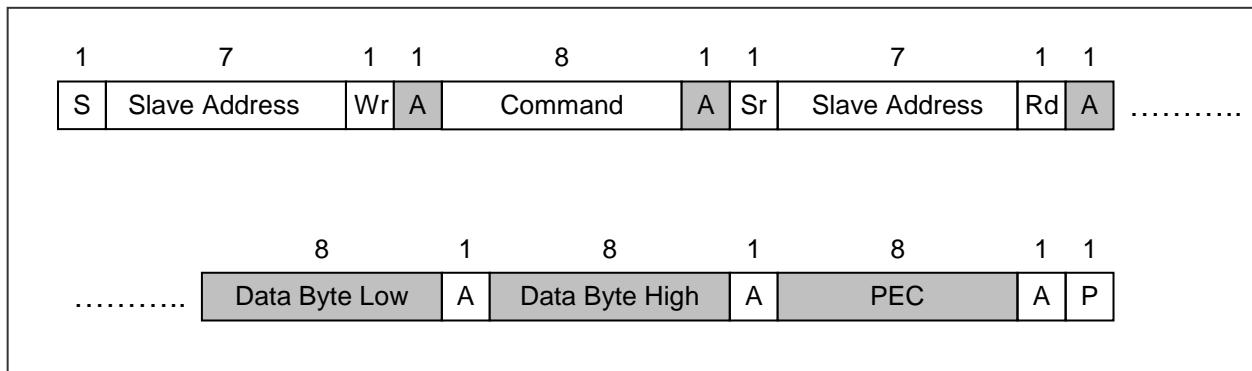


图 5: SMBus 数据读取的格式

8.4.3.1.2 写入数据 (取决于命令 – RAM 或 EEPROM)

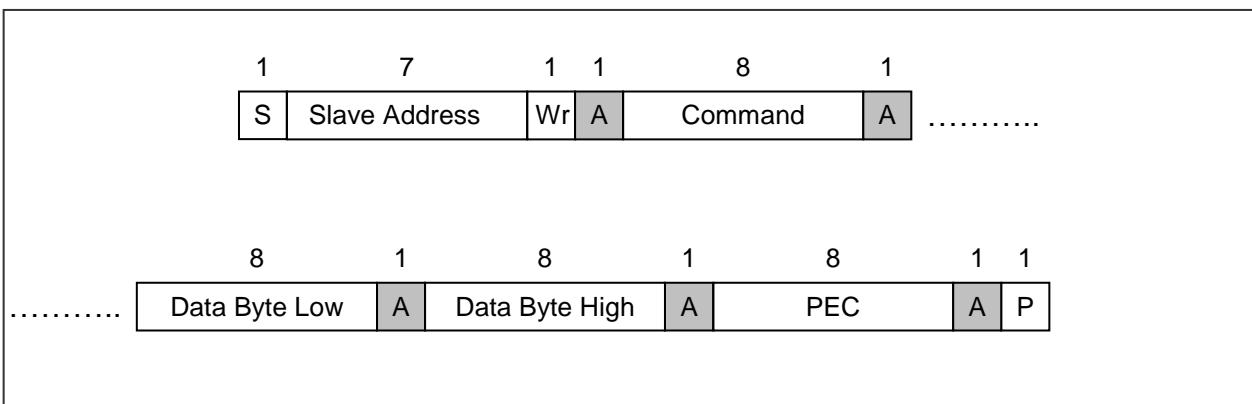


图 6: SMBus 数据写入的格式

8.4.4 位传输

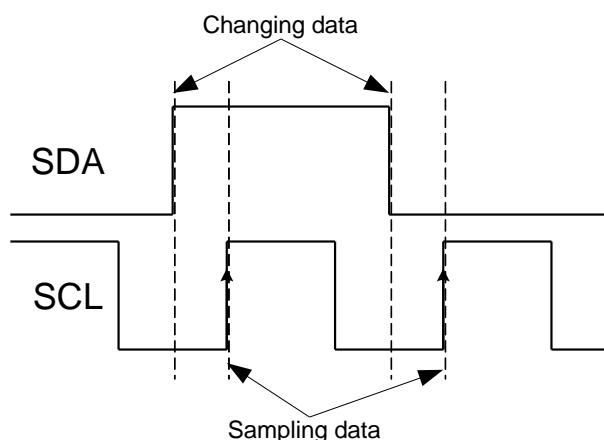


图 7: SMBus 的推荐时序图

PWM/SDA 引脚上的数据改变只能发生在 SCL 为低电平时(至少在 SCL 下降沿后 300ns 后), MD 和 SD 都是在 SCL 的上升沿时读取数据。所以, 建议在 SCL 为低电平的中间时刻改变数据。

8.4.5 命令

RAM 和 EEPROM 都是可读的, 32x16 的大小。如果是读取 RAM, 则数据需要除以 2, 因为 RAM 中有一位符号位(如, To1 – RAM 地址为 0x07 的数据可由 0x27AD 变化至 0x7FFF, 即物体温度可由-70.01°C 变化至+382.19°C)。在给 EEPROM 的寄存器写入数据之前, 要先写入 0x0000 来擦写寄存器。关乎到传感器出厂校准的一些 EEPROM 寄存器, 不能被修改。

| 操作码 | 命令 |
|-------------|-----------|
| 000x xxxx* | 访问 RAM |
| 001x xxxx* | 访问 EEPROM |
| 1111_0000** | 读取标识符 |
| 1111_1111 | 进入睡眠模式 |

表 11: **SMBus** 命令集

注*: 指令中的 **xxxxx** 表示将要读写的 5 位内存地址。

注**: 跟读取命令一样。MLX90614 会返回 16 位数据，紧接着是 PEC 码，但 16 位数据中，仅前 4 位是有用数据，所以 MD 可以在第一个数据字节传输结束后就终止此次通信。读取数据命令和读取标志符命令不一样的是，后者不需要发送重复起始位。

读取标识符:

Data[7] - EEBUSY - 仍在处理上一次的 EEPROM 擦写命令，高有效

Data[7] = EEB03

Data[5] - FF DEAD - EEPROM 出现双重错误，高有效

Data[4] - INIT - POR 初始化正在进行由 低有效

Data[4] = 11111111
Data[3] = 未定

Data[2_0] 和 Data[8_15] = 均为 0

标识符的读取是一种诊断功能, MI X90614 使用时, 无需考虑这些标识符。

想要了解更多 SMBus 通信的细节和样例, 请访问网站 www.melexis.com。

8.4.6 SMBus 通信示例

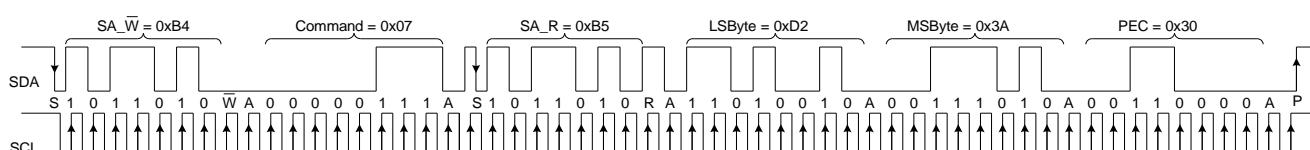


图 8: 数据读取的格式 (SA=0x5A, 读取 RAM=0x07, 结果=0x3AD2, PEC=0x30)

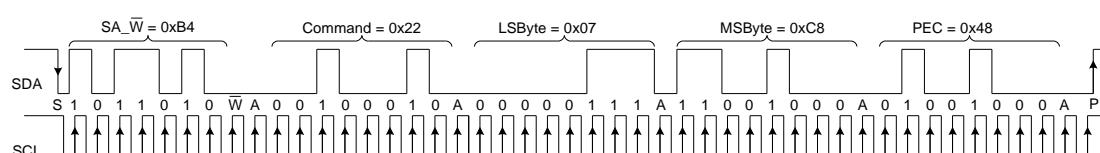


图 9: 数据写入的格式 (SA=0x5A, 写入 EEPROM=0x02, 数据=0xC807, PEC=0x48)

8.4.7 时序的规范

MLX90614 满足 SMBus[1]的所有时序规范。MLX90614 的 SMBus 通信频率，最高为 100KHz，最低为 10KHz。

MLX90614 的 SMBus 中，特定的时序如下：

SMBus Request (t_{REQ}) 为 MLX90614 想要从 PWM 模式切换到 SMBus 模式时，SCL 需要持续为低电平的时间 – 至少 1.44ms；

Timeout_L 为 SCL 在通信时，可保持为低电平的最长时间。超出这个时间，MLX90614 会重置通信模块，准备好新的一次通信 – 不超过 27ms；

Tsuac(SD) 为在 SCL 的第 8 个下降沿以后的这个时间(不超过 2,5 μ s)，期间 MLX90614 会 PWM/SDA 拉为低电平，以此来确认最后收到的字节；

Thdac(SD) 为在 SCL 的第 9 个下降沿以后的这个时间(不超过 1,5 μ s)，期间 MLX90614 将释放 PWM/SDA(以便 MD 可以继续通信)；

Tsuac(MD) 为在 SCL 的第 8 个下降沿以后的这个时间(不超过 1,5 μ s)，期间 MLX90614 将释放 PWM/SDA(以便 MD 可以确认最后收到的字节)；

Thdac(MD) 为在 SCL 的第 9 个下降沿以后的这个时间(不超过 1,5 μ s)，期间 MLX90614 将控制 PWM/SDA 的时间(以便传感器可以继续传输下一个字节)；

最新的时序图中用到 MD 和 SD 的标志，即 MD 指 MD 在确认；SD 指 SD 在确认。其余时序请参考 [1]。

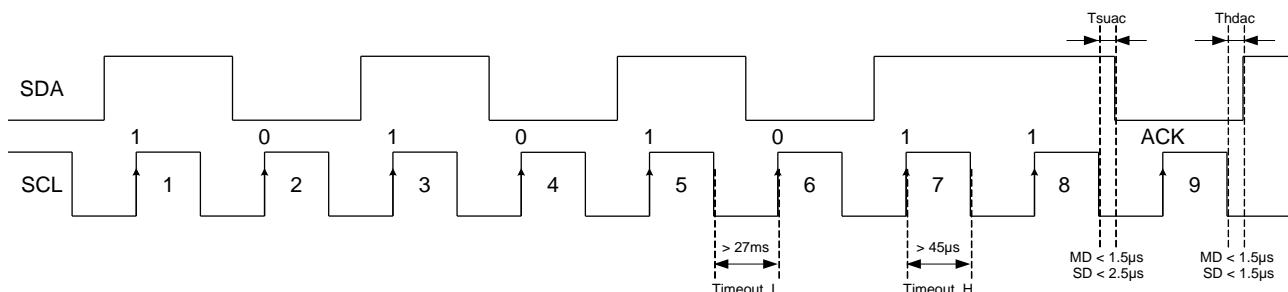


图 10: SMBus 的时序规范和定义

8.4.8 睡眠模式

MLX90614 可通过 SMBus 接口发送“进入睡眠模式”的命令，进入睡眠模式。5V 供电的型号里没有该功能。可通过两种模式使得 MLX90614 进入上电后的默认模式：

- POR
- 发送唤醒信号 → SCL 保持高电平，并将 PWM/SDA 保持低电平一段时间>33ms

若 EEPROM 中配置为 PWM 模式(即 EN_PWM 为高)，在唤醒之后，器件直接启用 PWM 输出接口。若 PWM control [2]中 PPODB 配置为 1，则 MLX90614 会以推挽的方式输出 PWM 脉冲序列。

注：为将电流功耗限制在 $2.5\mu\text{A}$ (典型值)，Melexis 建议在睡眠模式中，SCL 引脚保持为低电平，因为内部集成的齐纳二极管中可以通过 SCL 引脚产生漏电流。这可以通过配置 MD 的 SCL 驱动为推挽输出，不用在 SCL 线上不加上拉电阻来实现。

8.4.8.1 进入睡眠模式

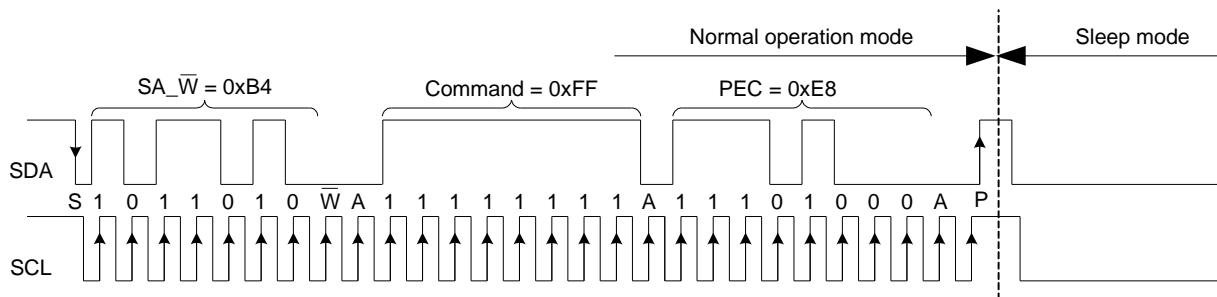


图 11: 进入睡眠模式的指令 ($SA = 0x5A$, $Command = 0xFF$, $PEC = 0xE8$)

8.4.8.2 退出睡眠模式 (唤醒请求)

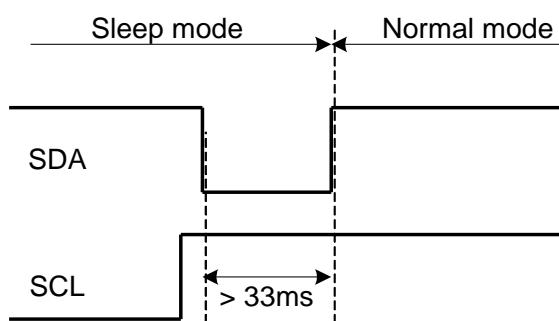


图 12: 退出睡眠模式

唤醒之后， 0.25s (典型值)后才能有有效数据，所有数据会再经过内置的(由 EEPROM 配置的)数字滤波器。关于内置的数字滤波器，可参阅应用指南“理解 MLX90614 的片上数字信号滤波器”，访问网站 www.melexis.com 即可下载。

8.4.9 MLX90614 SMBus 的特别说明

在 5V 供电的型号里, SCL 引脚的辅助功能(齐纳二极管)会给时钟脉冲带来负脉冲信号, 如下图所示(图 13)。这个负脉冲是由片上合成的齐纳二极管带来的暂态响应, 持续时间典型值为 15 μ s。SCL 上的阻抗越大, 这个效应越明显。MLX90614 对 SCL 上升沿识别不受此负脉冲的影响, 但同一总线上的其他器件可能会受到影响。

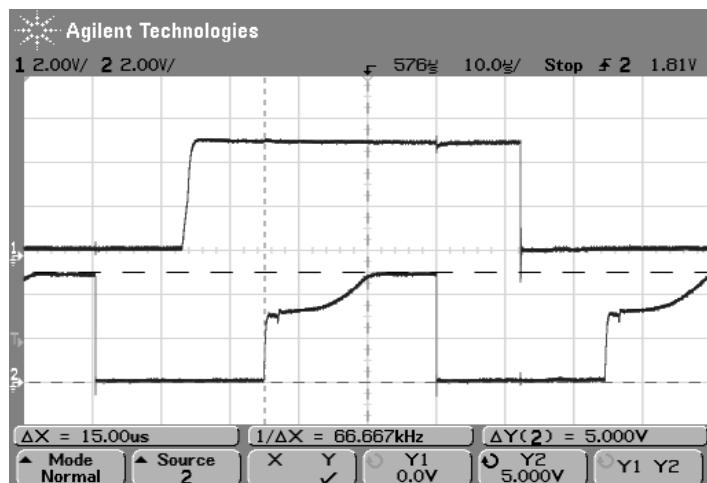


图 13: 由片上同步齐纳二极管引起的 SCL 线上的负脉冲 (仅 5V 供电的版本才有)

连续的读取 SMBus 会带来额外的误差, 因为 TO-39 封装里, SCL 线非常靠近红外感应部件的输入信号, 所以这会给感应部件的输出值带来误差信号, 直接体现就是输出温度的读数, 并且在小角度视野的器件上表现尤为明显。可行的解决办法是, 在读取温度之前, 将 SDA 和 SCL 信号线保持一段时间, 一段比由内部设置设定的刷新率和建立时间还长的时间, 或者彻底将 SDA 和 SCL 线断开, 而用 PWM 信号输出。

8.5 PWM

MLX90614 可以通过 PWM 或 SMBus 接口读取测量结果。选择用 PWM 模式输出需通过设置 EEPROM(出厂默认为 SMBus 接口)。PWM 输出模式有两种可编程的格式，单数据模式和双数据输出模式(扩展模式)，扩展模式可用一根线读出两个温度值(两个区域温度，或被测物体温度和环境温度)。PWM 的周期是取决于片上振荡器，但同时是可编程的。

| Config Register[5:4] | PWM1 data | PWM2 data | Tmin,1 | Tmax,1 | Tmin,2 | Tmax,2 |
|----------------------|-----------|-----------|----------------|----------------|-----------|-----------|
| 00 | T_A | T_{O1} | T_A range, L | T_A range, H | T_O MIN | T_O MAX |
| 01 | T_A | T_{O2} | T_A range, L | T_A range, H | T_O MIN | T_O MAX |
| 11 | T_{O1} | T_{O2} | T_O MIN | T_O MAX | T_O MIN | T_O MAX |
| 10* | T_{O2} | Undefined | T_O MIN | T_O MAX | N.A. | N.A. |

表 12: PWM 配置表

注: 输出上可二选一, 串行数据输出功能(两线SMBus 或 PWM)或热继电器输出功能(详见“热继电器”章节)。

* 不推荐使用 PWM 扩展模式

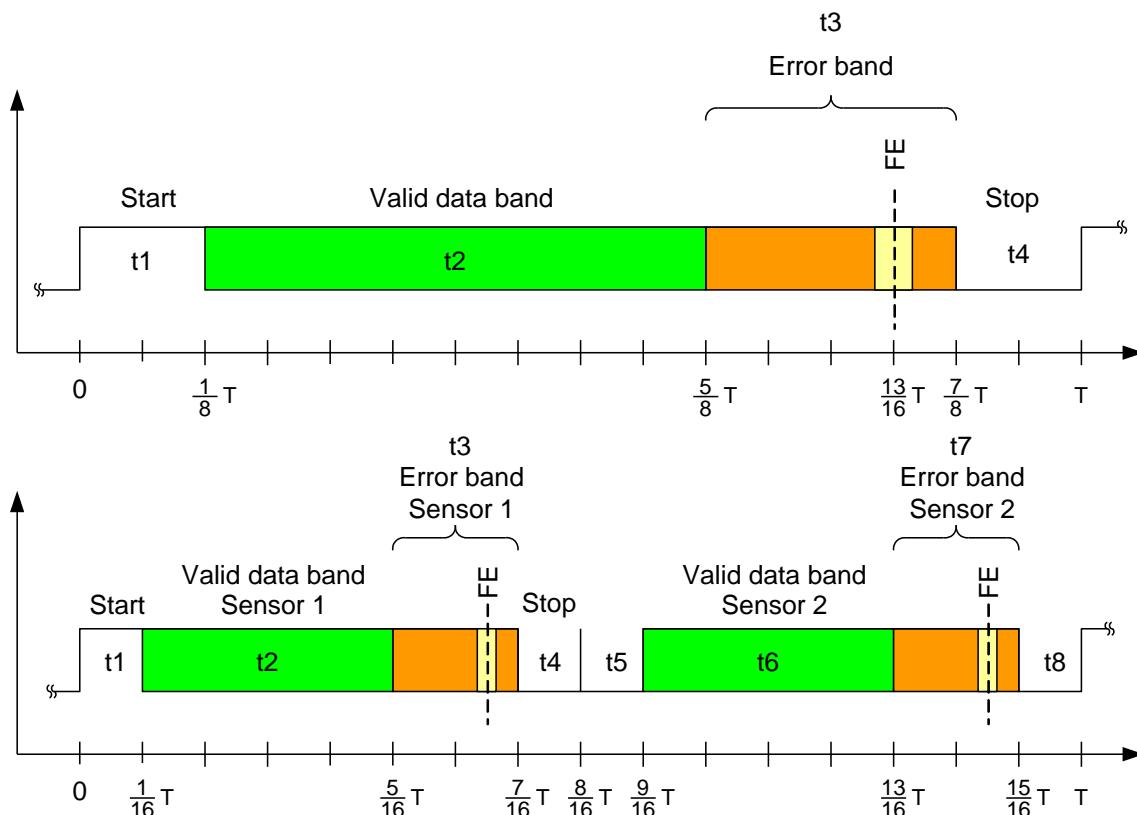


图 14: PWM 单数据模式(上图)和 PWM 扩展模式(下图)

| PWM type | t1 | t2 | t3 | t4 | t5 | t6 | t7 | t8 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| Single | 1/8 – high | 4/8 - var | 2/8 | 1/8 – low | NA | NA | NA | NA |
| Extended - S1 | 1/16 - high | 4/16 - var | 2/16 | 1/16 - low | 1/16 - low | 4/16 – low | 2/16 - low | 1/16 - low |
| Extended - S2 | 1/16 - high | 4/16 - high | 2/16 - high | 1/16 - high | 1/16 - high | 4/16 - var | 2/16 | 1/16 - low |

表 13: PWM 时序图

8.5.1 PWM 单数据模式

在 PWM 单数据模式输出中，只有 PWM1 的相关配置为有效。温度读数可由信号时序图按以下公式计算而来：

$$T_{OUT} = \left(\frac{2t_2}{T} \times (T_{O_MAX} - T_{O_MIN}) \right) + T_{O_MIN}$$

其中， T_{MIN} 和 T_{MAX} 是 EEPROM 里对应温度输出的重缩放系数(T_a , 被测物体温度范围如前一页表格里规定的)， T 是 PWM 的周期。 T_{OUT} 是 Config Register [5:4]配置的 T_{O1} , T_{O2} 或 T_a 。

t_1 到 t_4 不同的时间间隔的解释如下：

t_1 : 起始缓冲：这段时间内，信号总为高电平， $t_1 = 0.125s \times T$ (T 是 PWM 的周期，如图 14)；

t_2 : 有效数据：输出范围：[0,1/2T] PWM 的输出数据分辨率为 10 位；

t_3 : 错误校验：有关 EEPROM 致命错误的相关信息(检测到双重错误，不可纠正)， $t_3 = 0.25 * T$ 。因此，

(对 PWM 单数据模式而言)占空比为 0.875 的 PWM 脉冲序列意味着 EEPROM 里有致命错误。FE 表示 Fatal Error(致命错误)。

例如：

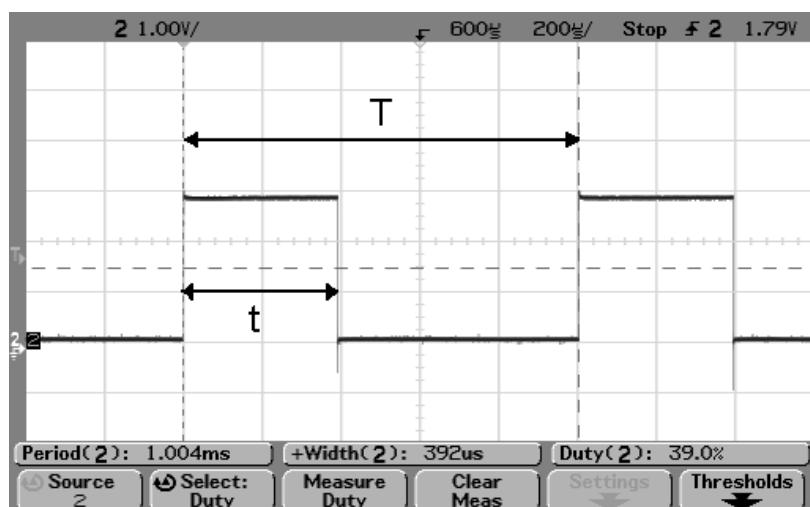


图 15: PWM 单数据输出模式的示例

$$T_{O_MIN} = 0^\circ C \rightarrow T_{O_MIN} (\text{EEPROM}, 0x01) = 100 \times (T_{O_MIN} + 273.15) = 27315d = 0x6AB3$$

$$T_{O_MAX} = 50^\circ C \rightarrow T_{O_MAX} (\text{EEPROM}, 0x00) = 100 \times (T_{O_MAX} + 273.15) = 32315d = 0x7E3B$$

捕获到的 PWM 周期为 $T = 1004\mu s$

高电平为 $t = 392 \mu s$

所以占空比为：

$$D = \frac{t}{T} = \frac{392}{1004} = 0.3904 \text{ 或 } 39.04\%$$

那么温度的计算如下：

$$T_o = 2 \times (0.3904 - 0.125) \times (50 - 0) + 0 = 2 \times 0.2654 \times 50 = 26.54^\circ C$$

8.5.2 PWM 扩展模式

图 16 所示为 PWM 扩展模式输出的样例。注意位 DUAL[5:1]>0x00，每个周期就会重复输出 $2N+1$ 次，其中 N 为写入 DUAL[5:1]的十进制数($DUAL[5:1] = PWM\ control\ & clock\ [8:4]$)，如图 16 所示。

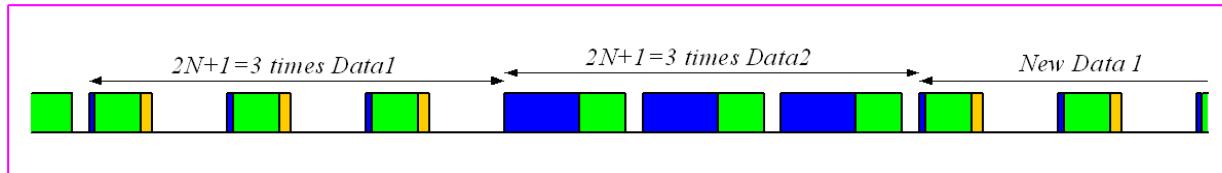


图 16: PWM 扩展输出模式, $DUAL[5:1] = 01h$ (每个数据输出 3 次)

Data1 输出的温度计算如下:

$$T_{OUT1} = \left(\frac{4t_2}{T} \times (T_{MAX1} - T_{MIN1}) \right) + T_{MIN1}$$

Data2 输出的温度计算如下:

$$T_{OUT2} = \left(\frac{4t_5}{T} \times (T_{MAX2} - T_{MIN2}) \right) + T_{MIN2}$$

时间带: $t_1=0.0625 \times T$ (Start1), $t_3=0.125 \times T$, $t_4=0.5625 \times T$ (Start2 = Start1 + Valida_data1 + error_band1 + stop1 + start2)。如图 13 所示，PWM 扩展模式的周期是单数据模式周期的两倍。这里所给的公式均为 PWM 单数据模式的周期。Data1 的 EEPROM 的报错信号带占空比为 43.75%，Data2 的为 93.75%。

注: 只有汽车级器件中采用了 EEPROM 的报错信号带。

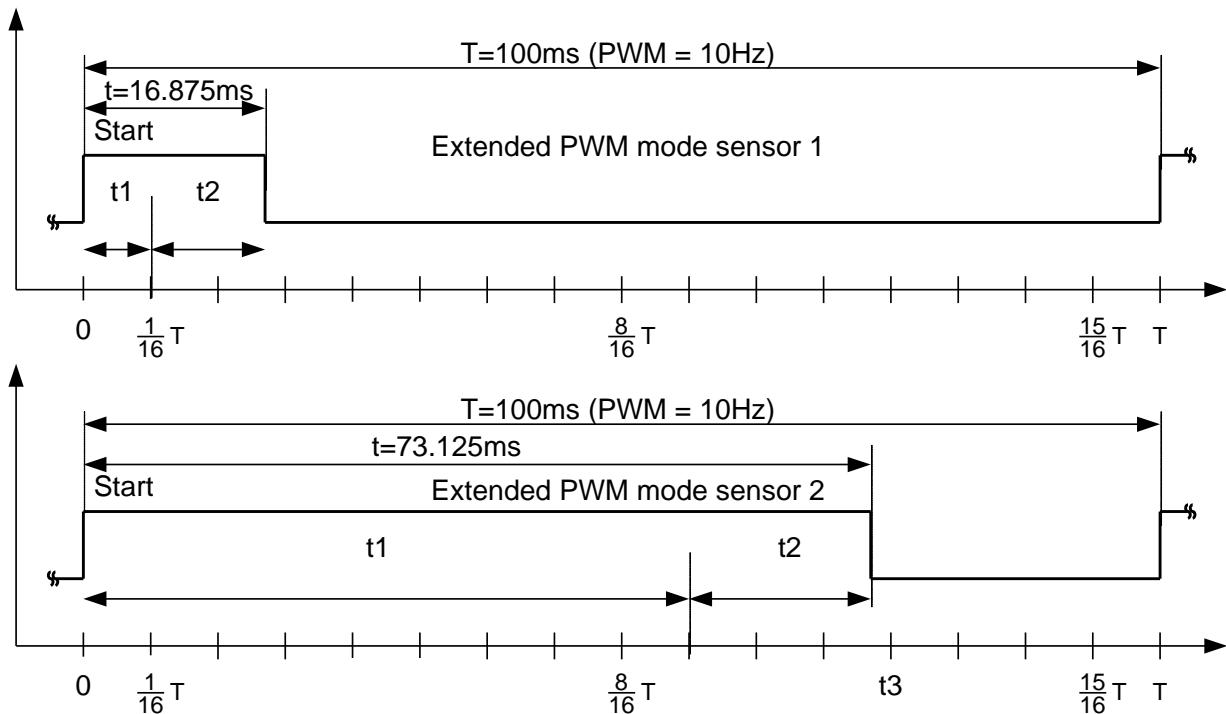


图 17: 示例: PWM 扩展模式输出 – sensor 1 (上) sensor 2(下)

例: (见上图, 图 17):

配置:

$\text{Sensor1} = \text{Ta}$, $\text{Sensor2} = \text{T}_{\text{obj1}}$ $\rightarrow \text{Config Reg}[5:4] = 00\text{b}$,

$$T_{A_MIN} = 0^\circ\text{C} \rightarrow T_{A_RANGE_L}(\text{EEPROM}) = 100 \times \frac{(T_{A_min} + 38.2)}{64} = 59.6875 \approx 60d = 0x3C$$

$$T_{A_MAX} = 60^\circ\text{C} \rightarrow T_{A_RANGE_H}(\text{EEPROM}) = 100 \times \frac{(T_{A_max} + 38.2)}{64} = 153.4375 \approx 153d = 0x99$$

$$T_{A_RANGE}(\text{EEPROM}, 0x03) = \{T_{A_RANGE_H} : T_{A_RANGE_L}\} = 0x993C$$

$$T_{O_MIN} = 0^\circ\text{C} \rightarrow T_{O_MIN}(\text{EEPROM}, 0x01) = 100 \times (T_{O_min} + 273.15) = 27315d = 0x6AB3$$

$$T_{O_MAX} = 50^\circ\text{C} \rightarrow T_{O_MAX}(\text{EEPROM}, 0x00) = 100 \times (T_{O_max} + 273.15) = 32315d = 0x7E3B$$

捕获到的高电平为:

$$\text{Sensor 1} - t = 16.875\text{ms}, \quad T = 100\text{ms}, \quad \text{所以占空比为 } Duty_{S1} = \frac{16.875}{100} = 0.16875$$

$$\text{Sensor 2} - t = 73.125\text{ms}, \quad T = 100\text{ms}, \quad \text{所以占空比为 } Duty_{S2} = \frac{73.125}{100} = 0.73125$$

温度的计算如下:

$$T_A = 4 \times (Duty_{S1} - Start1) \times (T_{A_MAX} - T_{A_MIN}) + T_{A_MIN}$$

$$T_A = 4 \times (0.16875 - 0.0625) \times (60 - 0) + 0 = 25.5^\circ\text{C}$$

$$T_{O1} = 4 \times (Duty_{S2} - Start2) \times (T_{O_MAX} - T_{O_MIN}) + T_{O_MIN}$$

$$T_{O1} = 4 \times (0.73125 - 0.5625) \times (50 - 0) + 0 = 33.75^\circ\text{C}$$

8.5.3 自定义 PWM 输出的温度范围

计算好的 环境温度和物体温度以 0.01°C 的分辨率(16 位)储存在 RAM 中。PWM 输出是 10 位的, 所以传输的温度需重缩放。

所以, EEPROM 里设置了 3 个单元来储存预设的温度范围, 2 个用来存储 To 的, 即 To_{min} 和 To_{max} , 1 个用来存储 Ta 的, 即高 8 位存储 Ta_{max} , 低 8 位存储 Ta_{min} 。

这样 To 的输出范围可以编程为 0.01°C 的精度, 而对应的 Ta 输出范围可编程为 0.64°C 的精度。以 PWM 输出的物体温度可按以下公式进行计算:

$$T_{\text{PWM}_{\text{obj}}} = \frac{T_{\text{RAM}} - T_{\text{MIN}_{\text{EEPROM}}}}{K_{\text{PWM}_{\text{obj}}}}, \quad K_{\text{PWM}_{\text{obj}}} = \frac{T_{\text{MAX}_{\text{EEPROM}}} - T_{\text{MIN}_{\text{EEPROM}}}}{1023}$$

T_{RAM} 就是线性化后的 T_{obj} (16 位, 0x0000...0xFFFF, 0x0000 = -273.15°C, 0xFFFF = +382.2°C), 输出结果为 10 位的数据, 其中 0x000 = $T_{MIN}[^{\circ}C]$, 0x3FF = $T_{MAX}[^{\circ}C]$, 并且 1LSB 代表

$$\frac{T_{MAX} - T_{MIN}}{1023} [^{\circ}C].$$

$$T_{MIN_{EEPROM}} = T_{MIN} \times 100 \text{ LSB}$$

$$T_{MAX_{EEPROM}} = T_{MAX} \times 100 \text{ LSB}$$

以 PWM 输出的环境温度可按以下公式进行计算:

$$T_{PWM_{ambient}} = \frac{T_{RAM} - T_{MIN_{EEPROM}}}{K_{PWM_{ambient}}}$$

其中:

$$K_{PWM_{ambient}} = \frac{T_{MAX_{EEPROM}} - T_{MIN_{EEPROM}}}{1023}$$

结果为 10 位的数据, 其中 0x000 = -38.2°C (通过 PWM 模式可读出的 T_a 的最低温度), 0x3FF = 125°C (通过 PWM 模式可读出的 T_a 的最高温度), 并且 1LSB 代表

$$1 \text{ LSB} = \frac{T_{MAX} - T_{MIN}}{1023}, [^{\circ}C]$$

$$T_{MIN_{EEPROM}} = (T_{MIN} - (-38.2)) \times \frac{100}{64} \text{ LSB}$$

$$T_{MAX_{EEPROM}} = (T_{MAX} - (-38.2)) \times \frac{100}{64} \text{ LSB}$$

8.6 PWM 和 SMBus 通信之间的转换

8.6.1 PWM 已使能

下图显示了在 PWM 使能情况下，切换到 SMBus 的方式。（POR 后，MLX90614 出厂默认输出方式为 SMBus，PWM 未使能）。注意，使用 PWM 时，SCL 引脚需要保持高电平。

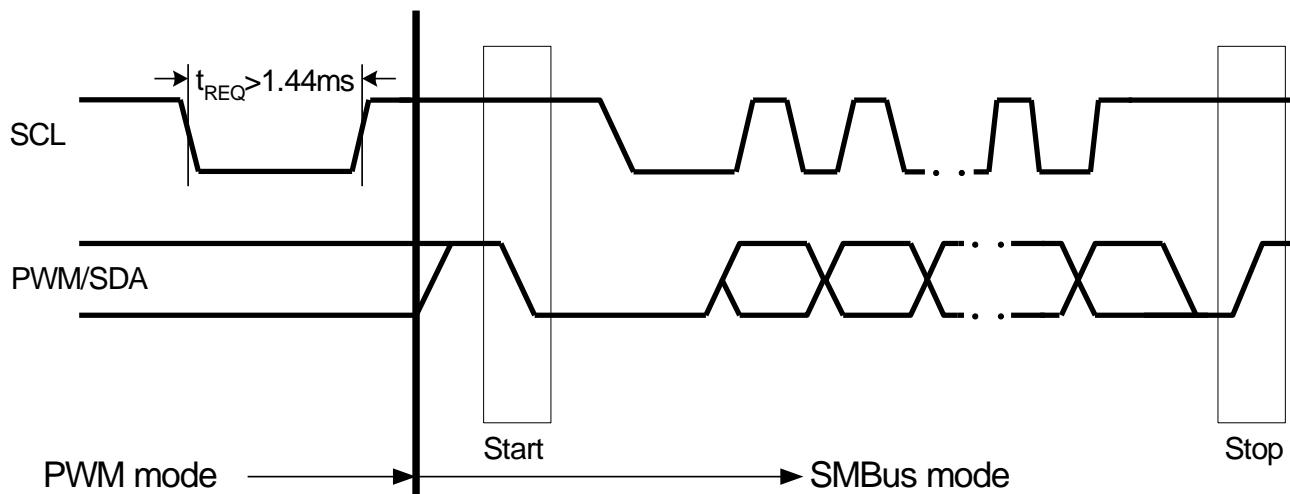


图 18: 由 PWM 模式转换到 SMBus 模式

8.6.2 请求信号

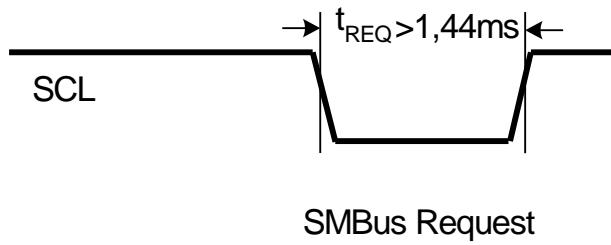


图 19: 请求切换到 SMBus 模式

若 PWM 已被启用，在开始 SMBus 模式通信之前，MLX90614 需要发送请求信息来禁用 PWM 并且重新配置 PWM/SDA 引脚。一旦 PWM 被禁用，它只能通过断开再连接电源或者从睡眠模式退出两种方法来启用 PWM。MLX90614 请求切换到 SMBus 模式需要时 SCL 引脚保持一段比参数申请时长(t_{REQ})长的时间，一般大于 1.44ms，在此期间，SDA 线上的值被忽略(不重要)。

8.6.3 PWM 未使能

若 EEPROM 里设置 PWM 未使能，PWM/SDA 引脚在 POR 上电复位之后直接被设置为 SMBus。在这种情况下，就不需发送之前提到的请求信号。

8.7 环境温度和目标物体温度的计算

IR 红外传感器内有多个串联的热电偶，热电偶的冷端连接在厚厚的芯片基质上，热端连接在薄膜上。薄膜会吸收的 IR 入射信号会使热端升温(或降温)。热电堆输出信号为：

$$V_{ir}(Ta, To) = A \times (To^4 - Ta^4)$$

其中， To 是被测物体的绝对温度(K)， Ta 是传感器基底的绝对温度(K)， A 是整体敏感系数。

同时，片上温度传感器会测量基底温度。在测得片上温度和温差信号后，对应的环境温度和被测物体温度都可以计算出来了。这些计算，都是由片上的 DSP 完成，然后输出和测量物体呈线性的数字型号。

8.7.1 环境温度 Ta

传感器基底温度由 PTAT 测得。所有的传感器控制和数据处理都是在片上处理，并且已经线性化的传感器芯片温度 Ta 也能从芯片内存里读取。

计算好的温度有 0.02°C 的分辨率。芯片是按汽车级全温度范围(-40...+125 $^{\circ}\text{C}$)出厂校准。在 RAM 的 006h 寄存器里，已线性化的基底温度读数存储在 RAM 地址 0x06 的寄存器里：

- $0x06=0x2DE4$ (11748d) 对应 -38.2°C (线性化输出的下限)
- $0x06=0x4DC4$ (19908d) 对应 $+125^{\circ}\text{C}$. (线性化输出的上限)

从 RAM 值转换成实际温度值非常简单，如下：

$$Ta[^{\circ}\text{K}] = Tareg \times 0.02, \text{ or } 0.02^{\circ}\text{K} / \text{LSB}.$$

8.7.2 物体温度 To

输出结果以 0.02°C 的分辨率存储在 RAM 里。 To 的计算如下：

$$To[^{\circ}\text{K}] = To_reg \times 0.02, \text{ or } 0.02^{\circ}\text{K} / \text{LSB}$$

请注意 1LSB 对应 0.02° ，并且 MSB 为错误指示符(“1”表示有错)

例如：

1. $0x27AD \rightarrow -70.00^{\circ}\text{C}$ (无误)
2. $0x27AE \rightarrow -69.98^{\circ}\text{C}$ (无误)
3. $0x3AF7 \rightarrow 28.75^{\circ}\text{C}$ (无误)
4. $0x3AF8 \rightarrow 28.77^{\circ}\text{C}$ (无误)
5. $0x7FFF \rightarrow 382.19^{\circ}\text{C}$ (无误) - MLX90614 能返回的最大值
6. $0x8XXX \rightarrow \text{xxx.xx}^{\circ}\text{C}$ (出现错误)

计算过程如下(适用于 To 和 Ta)：

1. 将其转换为十进制，如 $0x3AF7 = 15095d$

2. 除以 50(或乘以 0.02)，如 $\frac{15095}{50} = 301.9 \text{ K}$ (结果为开尔文)

3. 单位转换至 $^{\circ}\text{C}$ ，如 $301.9 - 273.15 = 28.75^{\circ}\text{C}$

8.7.3 计算流程

测量、计算以及线性化，都是由内核控制的，内核会执行 ROM 里的程序。

在 POR 之后，芯片会依照 EEPROM 里的校准数据初始化传感器；期间，传感器会选择 IR 感应器的数目并决定启用哪个温度感应器；随后，在一个闭环中运行测量、补偿和线性化的程序。

处理环境温度包括：

用长度固定的 FIR 滤波器进行偏移量测量

用长度固定的 IIR 滤波器进一步滤波，结果存于 RAM 的寄存器 T_{os}

用长度可编程的 FIR 滤波器*测量温度

进行偏移量补偿

用长度可编程的 IIR 滤波器**进一步滤波，结果存于 RAM 的寄存器 T_D

计算环境温度，结果存于 RAM 地址为 0x06 的寄存器 T_A

处理被测物体温度包含 3 个部分：

第一部分对两个 IR 感应部件是相同的，第三部分在只有一个 IR 感应部件的传感器中并未使用。

IR 偏移量：

用长度固定的 FIR 滤波器进行偏移量测量

用长度固定的 IIR 滤波器进一步滤波，结果存于 RAM 的寄存器 IR_{os}

用长度固定的 FIR 滤波器测量放大增益

进行偏移量补偿

用长度固定的 IIR 滤波器进一步进行增益滤波，结果存于 RAM 的寄存器 IR_G

增益补偿的计算，结果存于 RAM 的寄存器 K_G

被测物温度：

IR1 感应器件：

用长度可编程的 FIR 滤波器*测量 IR 感应器件

偏移量补偿

增益补偿

用长度可编程的 IIR 滤波器**进一步滤波，结果存于 RAM 地址为 0x04 的寄存器 $IR1_D$

计算被测物体温度，结果存于 RAM 地址为 0x07 的寄存器 T_{o1}

IR2 感应器件：

用长度可编程的 FIR 滤波器*测量 IR 感应器件

偏移量补偿

增益补偿

用长度可编程的 IIR 滤波器**进一步滤波，结果存于 RAM 地址为 0x05 的寄存器 $IR2_D$

计算被测物体温度，结果存于 RAM 地址为 0x08 的寄存器 T_{o2}

PWM 的计算：

将数据重新计算成 10 位分辨率的 PWM 值

结果导入 PWM 模块中

注*:可编程波长 FIR 滤波器的测量对于 N 使用相同的 EEPROM 单元

注**:可编程波长 IIR 滤波器的测量对于 L 使用相同的 EEPROM 单元

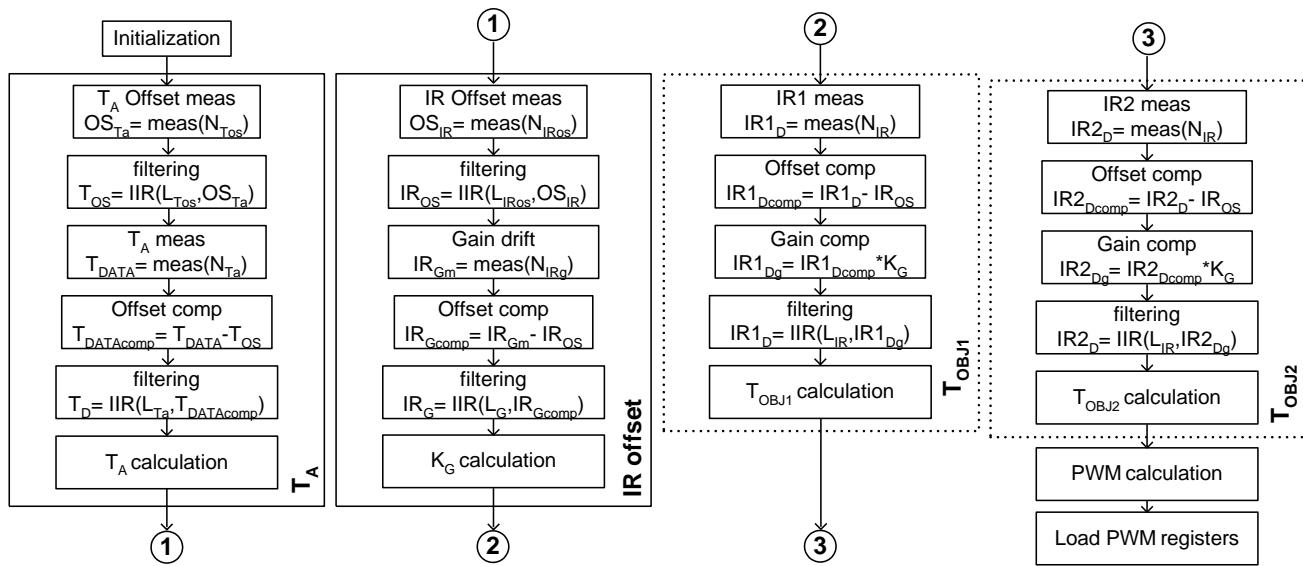


图 20: 软件流程图

8.8 热继电器

MLX90614 的 PWM/SDA 引脚可以用作一个阈值和迟滞可编程的热继电器，继电器的比较器输入信号就是感应器件 1 测得的物体温度。

MLX90614 的输出并不是一个继电器的驱动，只是一个逻辑输出而已，仅在需要时，连接到一个继电器的驱动上。

热继电器和 PWM 输出共用的一个驱动。

将 MLX90614 配置成热继电器，有以下两个步骤：

- 将 EEPROM 里地址为 0x02 的 TRPWMB 位设为高
- 将 PWM 输出使能，即将 EN_PWM 设为高

PWM/SDA 引脚可(通过 EEPROM 里寄存器 PWMCTRL 的 PPODB 位)配置为推挽输出或开漏 NMOS 输出，从而触发外接器件。温度阈值的修改在 EEPROM 里地址 0x21($T_{obj,min}$)，温度迟滞值在 0x20($T_{obj,max}$)。

PWM/SDA 引脚的逻辑状态如下：

当 $T_{obj} \geq \text{阈值} + \text{迟滞}$ 时，PWM/SDA 为高；

当 $T_{obj} \leq \text{阈值} - \text{迟滞}$ 时，PWM/SDA 为低；

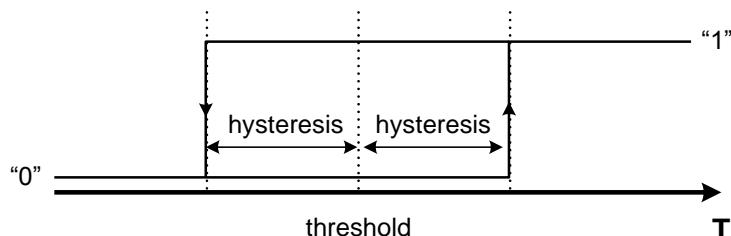


图 21: 热继电器: “PWM”与 T_{obj} 的关系

当配置为热继电器时，MLX90614 也是维持在正常工作状态(PWM 的配置和规范同样适用于热继电器)，所以传感器还可以继续通过 SMBus 读取(由热继电器模式进入 SMBus 和由 PWM 进入 SMBus 是一样的方法)。

例如，MLX90614 可以在系统上升至一定温度时，产生一个唤醒警报信号，同时也可读取温度值。若要重新回到热继电器配置模式，需重置(例如进入并退出睡眠模式)传感器。

示例：

$$\text{阈值} = 5^\circ\text{C} \rightarrow (\text{EEPROM}, 0x01) = 100 \times (\text{阈值} + 273.15) = 27815d = 0x6CA7$$

$$\text{迟滞} = 1^\circ\text{C} \rightarrow (\text{EEPROM}, 0x00) = 100 \times \text{迟滞} = 100d = 0x0064$$

迟滞的最小值为 0.01°C ($\text{EEPROM}, 0x00 = 0x0001$)

当被测物温度低于 4°C 时，PWM/SDA 引脚输出低电平；

当被测物温度高于 6°C 时，PWM/SDA 引脚输出高电平。

9 传感器的特性

- MLX90614 是一款 Melexis 提供的低成本非接触式测温传感器，其输出与被测物温度呈线性化，精度高，且具有高分辨率。
- MLX90614-xCx 这个型号具有极高的温度稳定性，所以非常适合于传感器周围有热源的应用中。这款传感器相比于其他热电堆传感器，只需非常短的稳定时间，即可得到有效输出。当环境温度变化很快时，这款传感器的优势尤为明显，它能迅速的给出高精度的测量结果。
- MLX90614 支持多功能用户自定义，用户可以在很大的范围内调整温度范围，供电和刷新率。
- 用户可根据被测物体的低发射率修改传感器内部的物体发射率参数。内置的错误检测和纠错机制保证了内存的高可靠性。
- 单区视场和双区视场的传感器均封装为工业标准封装 TO39，传感器适用于汽车级的应用，多区视场可覆盖更广的应用。
- 工作状态下的低功耗和睡眠模式下的低电流特性使得传感器特别适合手持移动设备。
- 数字数据接口支持 PWM 和 SMBus 模式。传感器可用 2 线连接到上百个设备的总线。双区视场非接触式测量也可由一条数据线读(PWM 扩展模式)取温度数据。
- 内置的热继电器功能进一步扩展了传感器的应用范围，可做冰点和沸点的防范报警系统，也可(无需 MCU)实现恒温器。

10 性能图表

10.1 MLX90614 的温度精度

10.1.1 标准精度

所有精度规范都是在稳定的等温条件和被测物完全覆盖了传感器的 FOV 的条件下测得。

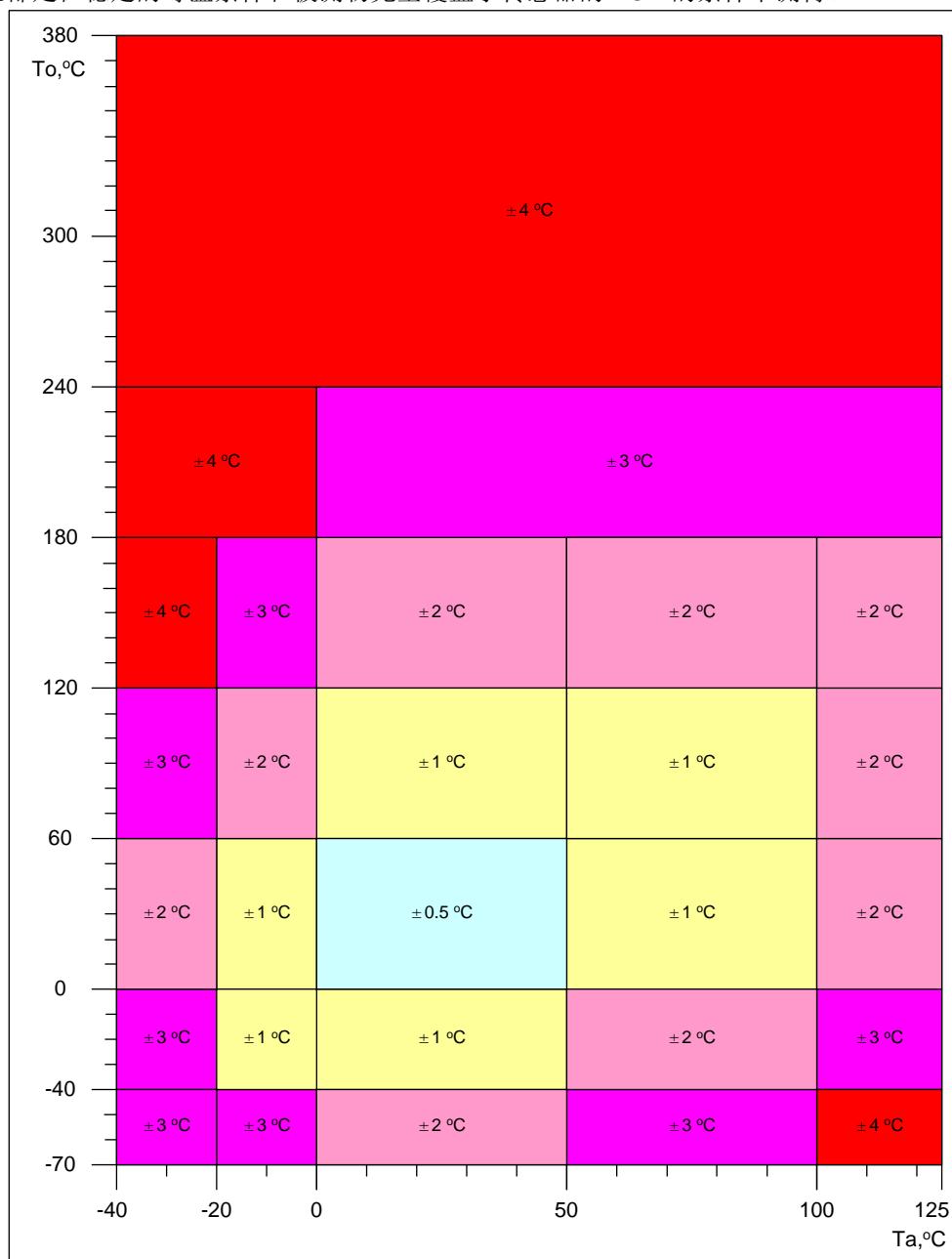


图 22: MLX90614 (T_a , T_o) 的精度

所有精度规范只适用于稳定的等温条件下。

10.1.2 医疗精度

MLX90614 具有医疗精度的型号。Ta 在 16°C 至 40°C 之间并且 To 在 22°C 至 40°C 之间时，精度如下图表所示。其余温度区间的精度见上一页。医疗精度的传感器型号为 MLX90614Dxx.

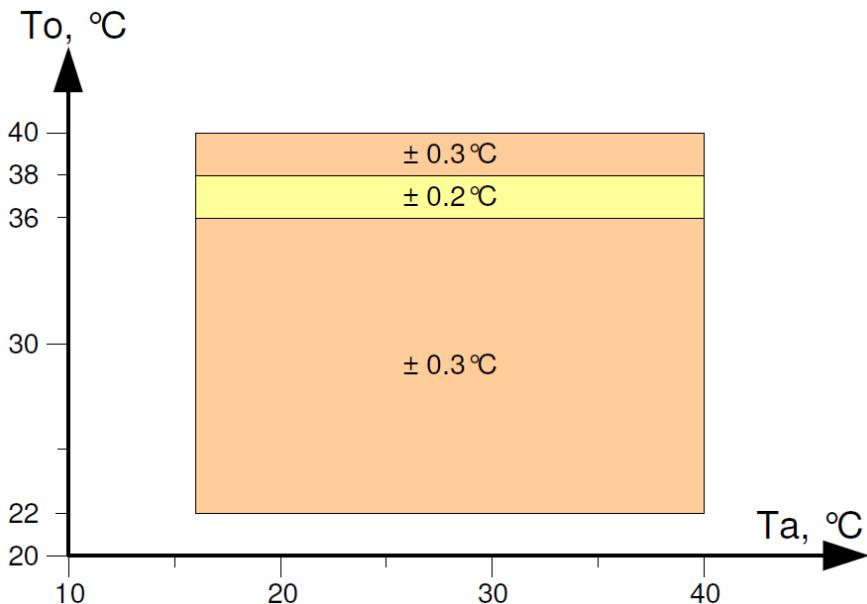


图 23: 适合医疗级应用的 MLX90614DAA (T_a , T_o) 的精度
MLX90614DCH 和 DCI 工作在 $V_{DD} = 3V$ 下的精度 (见章节 10.1.3)

MLX90614DCI 和 MLX90614DCH 均符合 ASTM 标准中章节 5.4 (Designation: E1965 – 98 (Re-approved 2009) - Standard Specification for Infrared Thermometers for Intermittent Determination of Patient Temperature) 既定的要求。

应用设计中，重点需要了解的是，图 22 和 图 23 所给的精度，是只保证在热平衡条件下，并且等温条件(传感器封装上没有温度差)下传感器有这个精度。若传感器封装上有温差，测得精度就会受到影响。能引起传感器封装温差的情况，比如传感器底面或侧面有较热(或较冷)的元器件，或传感器非常接近被测物体，被测物会局部加热传感器。

在 FOV 视场角较小的传感器上，如 xxC 型和 xxF 型，这种效应更加明显。为此，Melexis 推出了 xCx 型号。在 xCx 的传感器中，可以测量封装上的热梯度数据用来补偿，从而去除这种效应带来的噪声，这样，MLX90614xCx 就可以基本不受外界热源(冷源)的影响，但并不是完全消除了这种影响。因此，重要的是，尽量避免强热源(冷源)靠近传感器，或者将传感器与其隔离。

注意：为了尽可能的得到最高精度的信号，MLX90614DCx 中采用了增益更大的放大器，因此，此款型号对被测物的最大测量温度值为 200°C (否则 ADC 会超量程)。

10.1.3 V_{DD} 对温度读数的影响

对于精度要求较高，且由电池供电的医疗应用，需要用户在 MCU 中集成一个电压补偿的算法。这个补偿可重复性强，并且极易实现。因为电压对温度的影响来主要是对环境温度的影响，所以不管 FOV 如何，透镜如何，对物体温度的补偿方法都是一样的。

VDD 跟环境温度和被测物温度的关系为 $0.6^{\circ}\text{C}/\text{V}$ 。

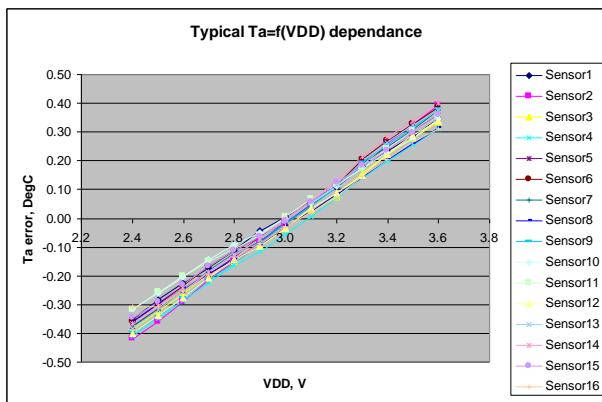


图 24: 典型的供电电压与 Ta 的关系图

如: 因为传感器是校准在 $\text{VDD}=3\text{V}$ 的条件下的, 所以当 $\text{VDD}=3\text{V}$ 时, 测量结果误差最小。环境温度中的误差, 会直接转化成被测物温度中的误差(如图 25 所示)。

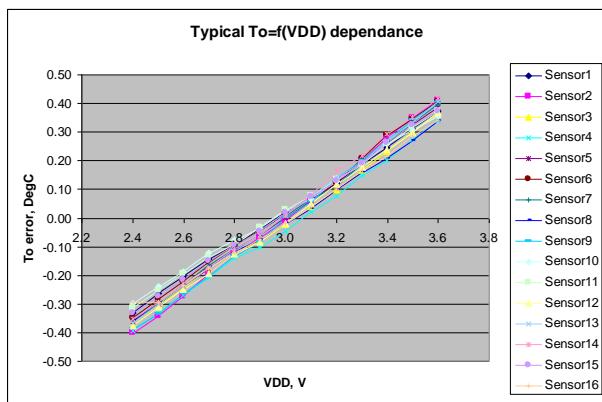


图 25: 典型的供电电压与 To 之间的关系 (实际上和 Ta 之间的关系是一样的)

为了补偿掉这个误差, 可以通过测量供电电压并应用一下公式, 即可补偿出最终的结果。

$$T_{\text{O}_{\text{compensated}}} = T_{\text{O}} - (\text{VDD} - \text{VDD}_0) \times \text{Typical dependence} = T_{\text{O}} - (\text{VDD} - 3) \times 0.6$$

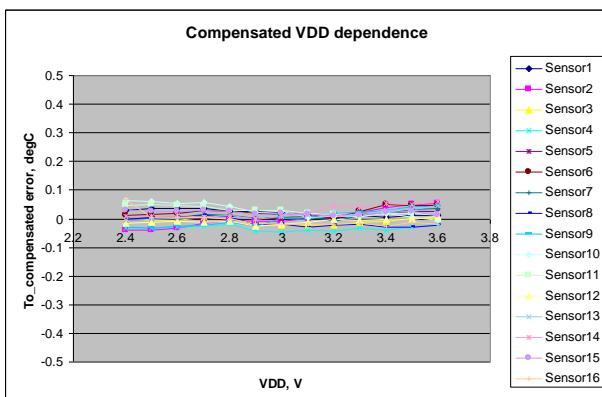


图 26: 经过 To 补偿后的误差

10.2 视场 (FOV)

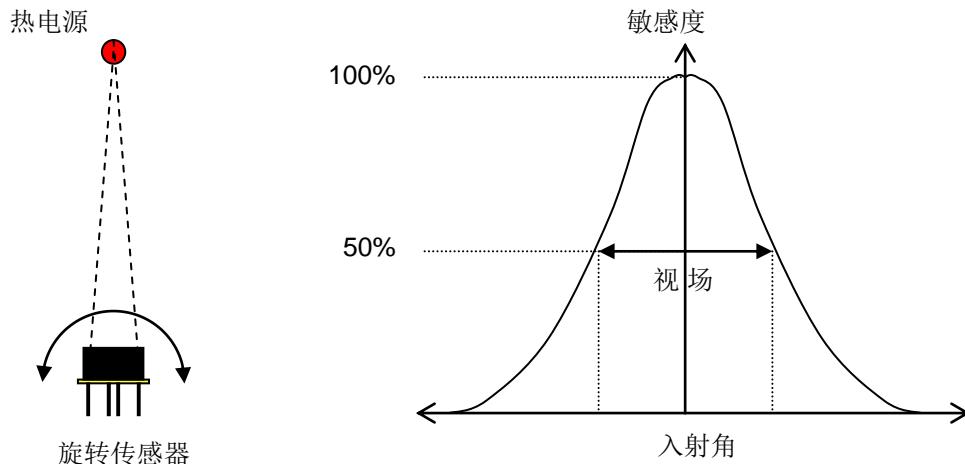


图 27: FOV 视场的测量

| 参数 | MLX90614xAA | MLX90614xBA | MLX90614xCC | MLX90614xCF | MLX90614xCH | MLX90614xCI |
|-------|---------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 峰值域 1 | $\pm 0^\circ$ | $+25^\circ$ | $\pm 0^\circ$ | $\pm 0^\circ$ | $\pm 0^\circ$ | $\pm 0^\circ$ |
| 宽度域 1 | 90° | 70° | 35° | 10° | 12° | 5° |
| 峰值域 2 | 未使用 | -25° | 未使用 | 未使用 | 未使用 | 未使用 |
| 宽度域 2 | | 70° | | | | |

表 14: FOV 总结表

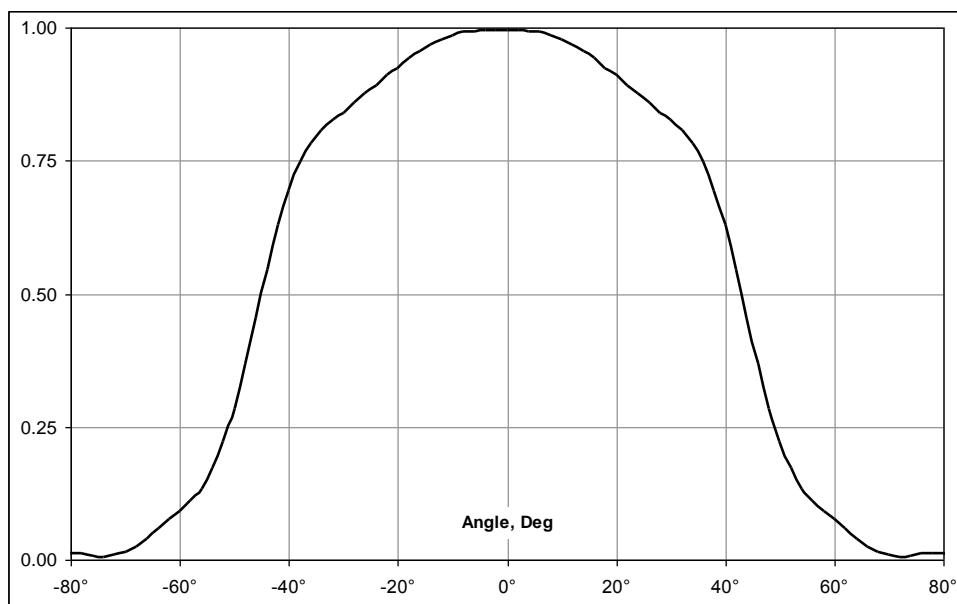


图 28: MLX90614xAA 的 FOV

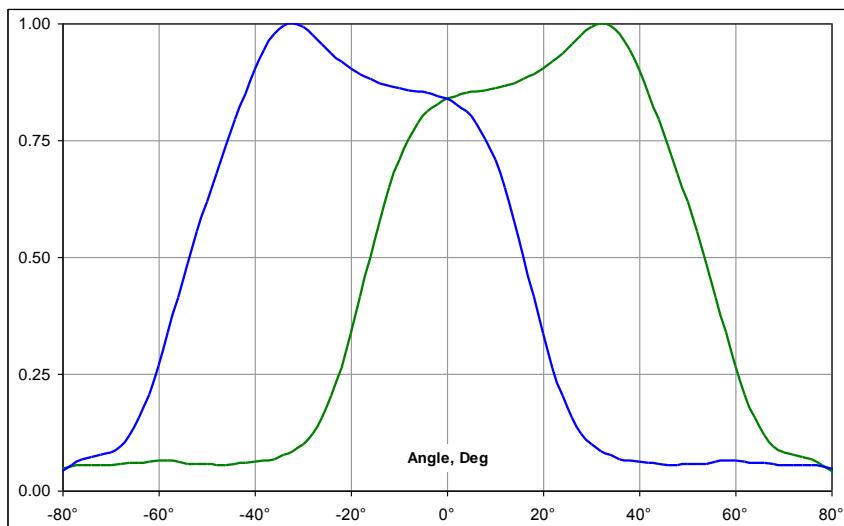


图 29: MLX90614xBA 的 FOV



图 30: 视场域 1&2 的辨别(参考支点)

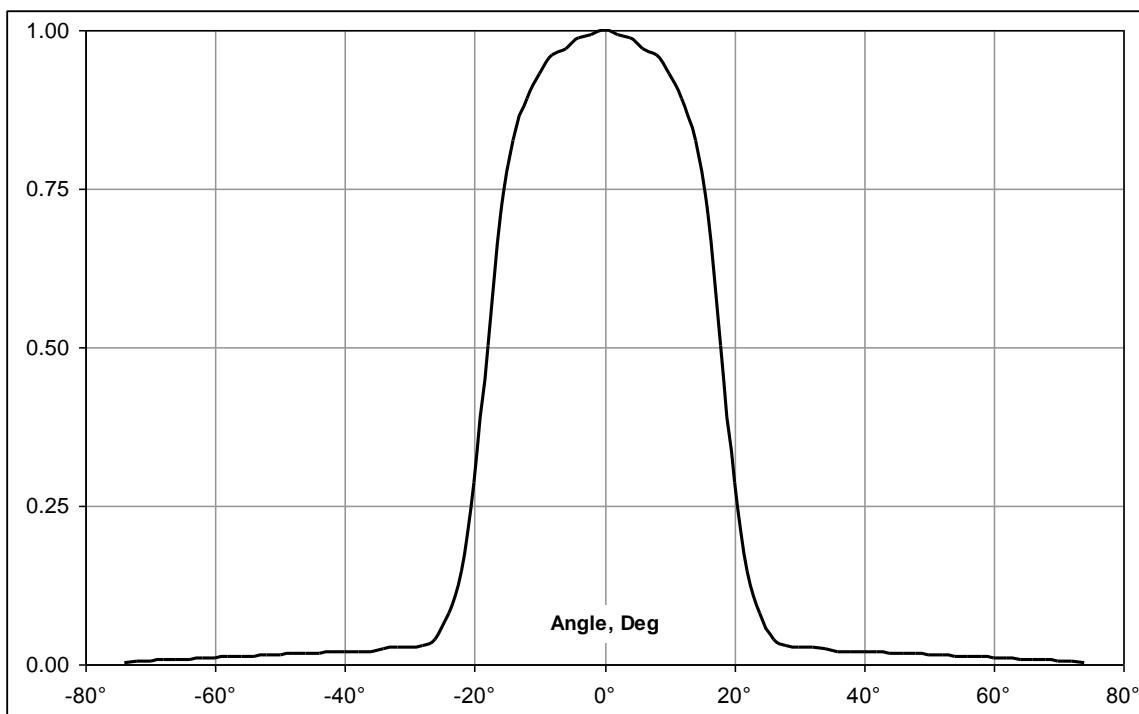


图 31: MLX90614xCC 的 FOV

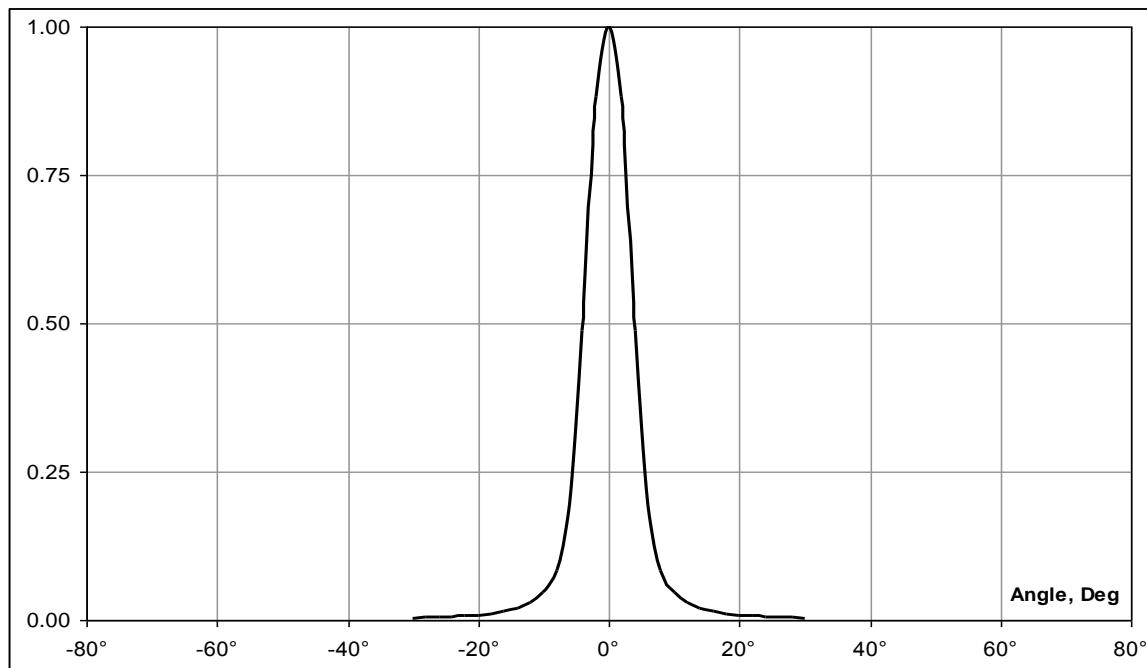


图 32: MLX90614xCF 的 FOV

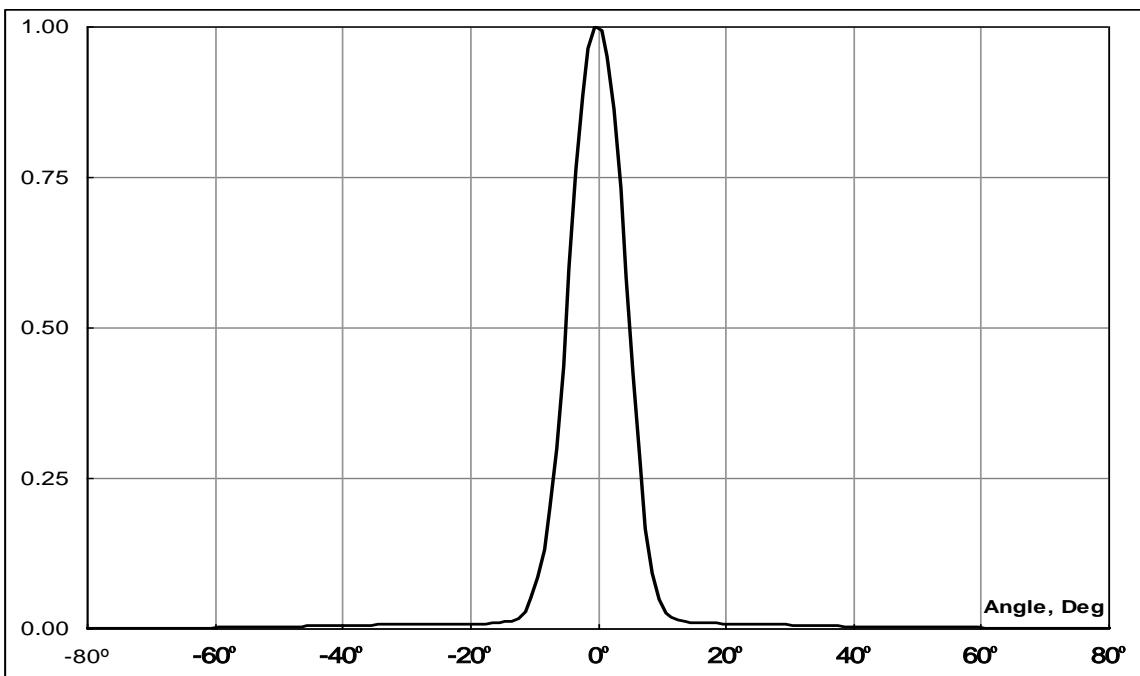


图 33: MLX90614xCH 的 FOV

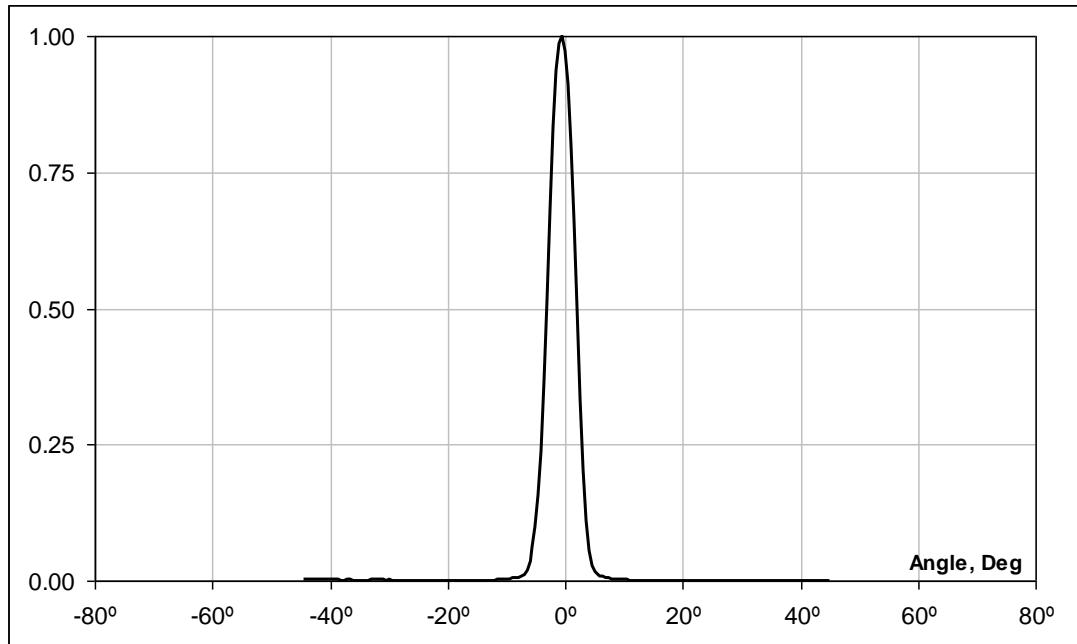


图 34: MLX90614xCI 的 FOV

11 应用信息

11.1 MLX90614 在 SMBus 通信中的配置

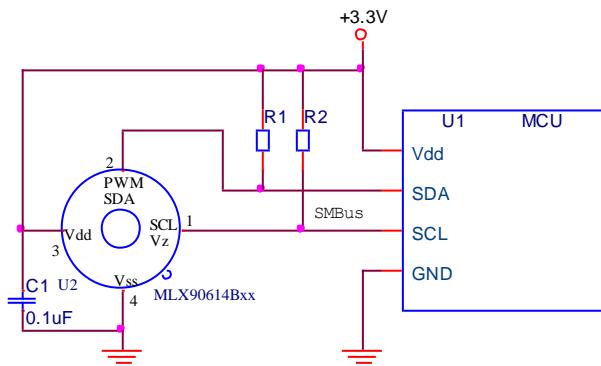


图 35: MLX90614 的 SMBus 连接图

图 35 显示的是由 3.3V 供电的 MLX90614 的 SMBus 连接图。MLX90614 的 SDA/SCL 引脚与 Vdd 引脚间存在钳位二极管，所以为了不让 SMBus 总线下拉，非常有必要将 MLX90614 连接到电源。

11.2 多个 MLX90614 在 SMBus 通信网络中的配置

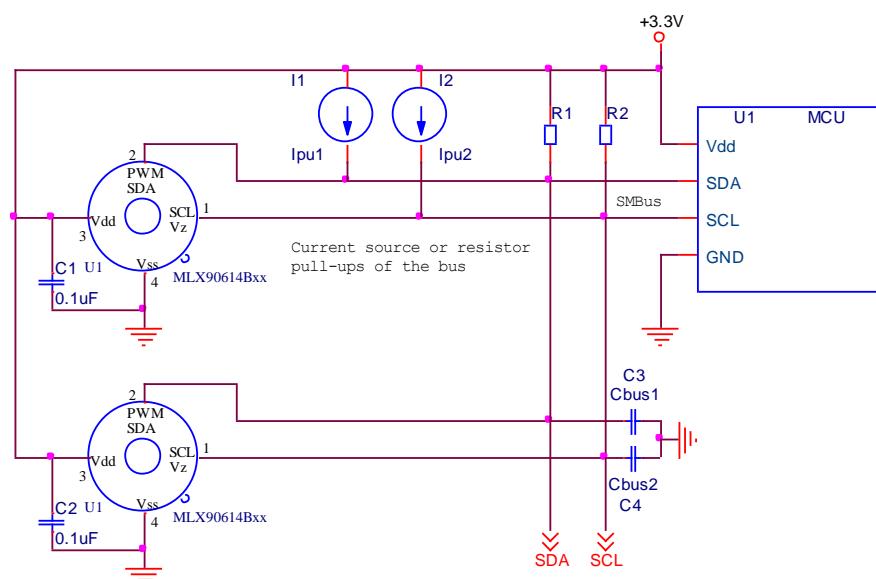


图 36: 多个 MLX90614 在 SMBus 通信网络中的应用

MLX90614 的 EEPROM 里支持 7 位从动器地址，所以通过两条共线，同一总线网络可以允许有 127 个被读取的设备。若采用 MLX90614xBx，则相当于总线上可以远程测量 254 个物体温度和 127 个环境温度。对于更高容性总线(C3 和 C4 代表总线上的寄生电容)，建议加上上拉电流源；当然上拉电阻也可以，并且成本明显较低。

11.3 PWM 输出模式的应用

MLX90614 PWM 输出模式的操作非常简单，如图 37.

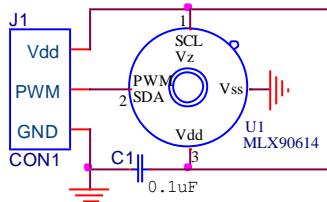


图 37: MLX90614 用 PWM 输出的连接图

若 EEPROM 里已配置为 PWM 模式，可在 POR 上电复位以后自由选择运行与否。若要工作为 PWM 模式，SCL 引脚必须强制保持为高电平(可短接到 Vdd)。

当将 PWM 模式作为默认输出模式时，也可以连接一个上拉电阻来保留器件今后以 SMBus 输出的可行性。如图 38。

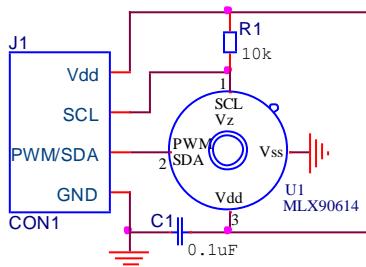


图 38: PWM 输出与 SMBus 通信均可用的 MLX90614 连接图

再次说明，PWM 若要作为POR 上电复位后的默认输出，需要用户写入EEPROM 中。然后PWM 操作中，SCL 引脚可能为高阻态，或强制为高，或者甚至没有连接，所以上拉电阻R1 可以保证SCL 端为高电平，继而使POR 上电复位时，PWM 作为默认输出才能激活。同时，因为有了这个上拉电阻，SMBus 在以后仍然是可以用的(例如，为了以后能重新配置MLX90614，或者为了睡眠模式的电源管理)。

PWM 可以被配置为开漏 NMOS 输出或是推挽输出。如果是开漏输出，需要外接一个上拉元件，这样就形成了一个低成本的方式来实现跟电压较低的逻辑‘1’进行转换。另外，也可以借用许多 MCU 内部上拉元件。

11.4 热警报器、恒温器

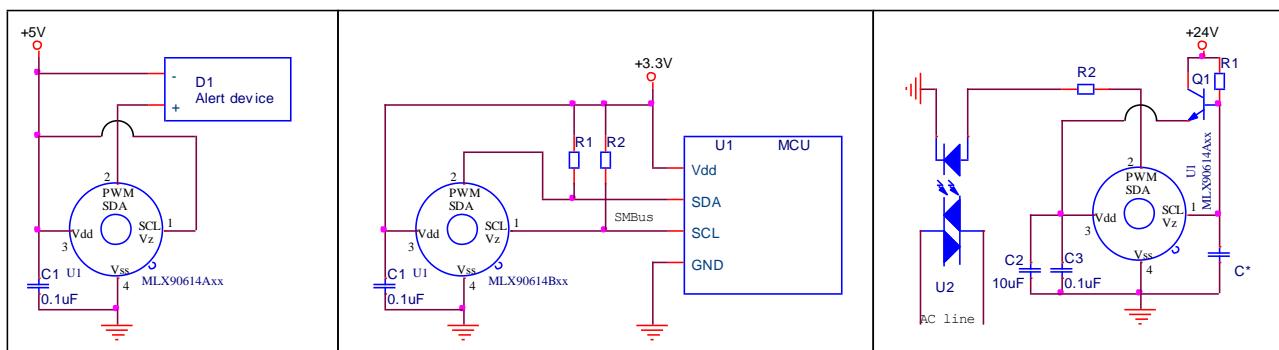


图 39: MLX90614 在热警报器、恒温器中的应用

MLX90614 可以在 EEPROM 里配置为热继电器使用。仅仅两颗元器件，一颗 MLX90614 和一颗电容，就能实现静态电流 1mA 的非接触式防沸或防冻。PWM/SDA 引脚也可编程为推挽或开漏 NMOS 输出，从而可触发外接器件，比如继电器(请参考电学特性中的负载能力规范)、蜂鸣器、RF 传送器或者 LED。该特性用于恒温器的设计，无需使用 MCU，也无需繁琐的固件设计，就可以非常简便的实现。传感器和 MCU 一起使用时，这个信号可以作为 MCU 的唤醒信号。这种配置下，也可读取被测物温度和环境温度的温度数据。

11.5 高电压源的应用

标准地, MLX90614Axx 工作为 5V 供电, 另外, 由于 SCL/Vz 引脚集成内部参考稳压器, 该模块可以使用更高的电源电压 ($VDD=8\ldots16V$)。如下图给出的, 仅需要少量的外部元件就可实现该功能

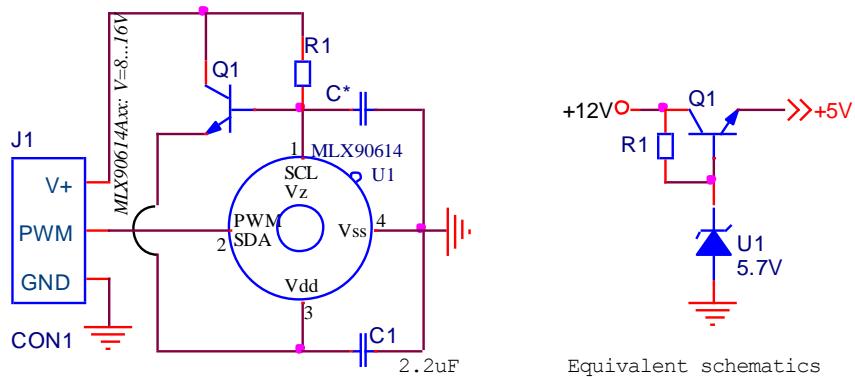


图 40: 12V 的电压调整应用

当 SCL/Vz 引脚应用合成齐纳二极管时，两线接口只有在电源稳压器过驱时才可应用。（5V 稳压器接到 Vdd 引脚）

12 应用注释

光信号输入路径(传感器光学滤波镜)上明显的**污垢**可能会引起对光信号未知的过滤和失真，所以会带来未知的误差。

IR 红外传感器本身对**热梯度**带来的误差非常敏感，尽管 **MLX90614** 有精艺的设计，但这种误差本身是一种不可回避的物理现象，所以建议不要把 **MLX90614** 放置在热传递环境中，特别是瞬态热环境中。

当传感器上电启动时，**MLX90614** 红外传感器的数据会检查并校准，但在此期间，输出数据并未稳定，所以建议在读取数据之前，等一段给定的 **POR** 时间。另外，上电速度太慢有可能引起嵌入的 **POR** 上电复位电路以不正确的电平触发，继而引起不正确的操作，所以不建议上电太慢。

MLX90614 是设计并校准为在**稳定状态下**工作的非接触式温度计，任何不适当的使用都会引起未知的错误。

SMBus 上的**容性负载**会使通信质量下降。与上拉电阻相比，上拉电流源更能改善电路，更好的改善方式是运用市场上特定的总线加速器。**MLX90614** 还有另外的改善方案，就是增加上拉电流(降低上拉电阻阻值)。**SMBus** 兼容模式比 **SMBus** 规范模式有更大的输入端容差，但即便是高功率 **SMBus**，输出端容差会更小。另一个选择就是运用低速通信(时钟速度)，因为 **MLX90614** 在各输入端内置于施密特触发器，所以此器件实际对总线的上升沿时间不敏感。(只要 **SMBus** 系统运用带上拉的开漏机制，大多数情况是上升沿时间比下降沿时间更重要)。

出于 **ESD 静电保护**，在 **Vss** 和 **Vdd** 及其他引脚之间，连接了钳位二极管。这意味着，如果 **SCL** 或 **SDA** 连上了总线并且 **Vdd** 低于总线的上拉电压，**MLX90614** 就可能从总线上抽取电流。

当用 **12V** 供电时，**SMBus** 是不可用的，因为 **SCL** 引脚需要用作齐纳二极管的引脚。当供电高于 **5V** 时，只能用 **PWM** 输出数据，或者额外加一个电压稳压器件。虽然如此，在 **12V** 供电的应用中，可以在外部将 **Vdd** 调成 **5V** 的，然后在使用 **SMBus** 通信。

MLX90614Bxx 集成了**睡眠模式**，可通过 **SMBus** 兼容两线通信进入或退出。另一方面，**SCL** 引脚的辅助功能会使引脚的漏电流增大。所以，为了将器件在睡眠模式时的整体漏电流保持为最低，需将这个引脚在睡眠模式时拉低，并且将 **SCL** 线上的上拉单元禁用。在睡眠模式中，传感器将不会进行测量。

PWM 引脚不是设计来直接驱动感性负载的(比如电磁继电器)。如果要驱动较高负载，需外接驱动，即使是感性的轻负载，也许要添加辅助的保护电路。

MLX90614 也可以用在直接由(无变压器的)**AC** 电源线驱动的应用里。这种情况下，非常重要的是，不要忘记**传感器的金属封装是没有隔离的**，所以金属封装就有可能连接到 **AC** 电源线并且也会存储电势能。

Melexis 对此不承担责任，所以强烈建议不要用那样的方式使用 **MLX90614**。

封装里的**功耗**可能通过以下两种方式影响器件的性能：使测量环境温度的敏感元件明显升温，或使封装形成热梯度。输出数据也增加功耗。如果使用 **MLX90614Axx** 内部齐纳二极管，外部整压三极管不会给 **TO-39** 封装带来热耗散。

PWM 线上的**高容性负载**会从电源上拉下很明显的充电电流，绕过电容从而引起电磁干扰、噪音、性能降低及功率耗散等问题。比较简单的解决方法是在 **PWM/SDA** 引脚和容性负载线之间串联一个电阻，但这样需要重新考虑各种时长规范。例如，**PWM** 输出设为 **1.024ms**，输出格式为 11 位，时间步长为 **0.5μs**，那么 **2μs** 的建立时间就会带来 **4LSB** 的错误。

大多数集成电路中都需要电源去耦电容。MLX90614 是混合信号器件，集成了传感器，小信号模拟信号，数字信号以及 I/O 输入输出电路。为了实现噪音小，需要将电源的开关噪音去耦。外部电路的高噪音也会影器件的噪音性能。很多应用里，紧挨着 Vdd 和 Vss 引脚置放一个 100nF 的 SMD 瓷片电容是个不错的选择。需注意，不仅要连接到 Vdd 引脚的布线很短，而且到 Vss 引脚也要尽量短。用较短的引脚线连接 MLX90614，电源去耦效果会相对提升很多。

强烈的噪音有可能通过 SCL(更差的情况，通过 SDA)引脚耦合到封装内部。这个问题可以通过使用 PWM 输出解决，并且 PWM 输出模式可以(在 PWM 低频频率设置时)有额外的过滤功能。简单的 RC 电路网形成的 LPF 低通滤波器也会增加 ESD 的等级。

请登陆 <http://www.melexis.com> 获取 MLX90614 相关的最新应用指南。

13 Melexis 不同焊接过程的产品有关工艺的标准信息

在焊接技术, 可焊性及湿度敏感度方面, 我们的产品是严格分类并通过了以下的测试:

直插型器件 THD(Through Hole Devices)的波峰焊接

- EIA/JEDEC JESD22-B106 和 EN60749-15
直插型器件抗焊接温度

直插型器件 THD(Through Hole Devices)的铁焊

- EN60749-15
直插型器件抗焊接温度

直插型器件 THD(Through Hole Devices)的可焊性

- EIA/JEDEC JESD22-B102 and EN60749-21
可焊性

所有不同于以上提到的标准条件下(关于最高温度, 热梯度等温度相关参数)的焊接技术, 需经 Melexis 同意方可进行额外的分类及鉴定试验。

Melexis 通过提倡无铅方案的方式支持地球环境保护。更多关于产品 RoHS 合格信息(RoHS = 欧洲联盟下的限制在电子电气产品中使用有害物质的指令), 请访问我们的质量页面: <http://www.melexis.com/quality.aspx>

MLX90614 遵循 RoHS。

14 ESD 预防

半导体电子设备对静电放电(ESD)很敏感, 所以无论在处理什么半导体设备, 记得考虑所有的静电放电控制。

15 FAQ

当我在测量同一环境下的铝制品和塑料制品时，我发现铝制品的测量结果有很明显的错误。为什么？不同的材料有不同的发射率，(粗抛光的)铝制品的发射率典型值为 0.18，而塑料的发射率典型值为 0.84 到 0.95. IR 红外温度计应用传感器接收到的由被测物体发射的红外辐射量来实现温度的测量，给定的公式如下：

$$q = \varepsilon_1 \times \alpha_1 \times (T_1^4) \times \sigma \times A_1 \times F_{a-b} - \varepsilon_2 \times (T_2^4) \times \sigma \times A_2,$$

其中：

ε_1 和 ε_2 为传感器和被测物体的发射率；

α_1 为传感器的吸收率；

σ 为 Stefan-Boltzmann 常数；

A_1 和 A_2 为辐射热传递对应的面积；

F_{a-b} 是形状因素；

T_1 和 T_2 分别是已知的传感器芯片温度 (由芯片上集成的已校准的特殊部件测得) 和我们所测的被测物体温度。

注意，这里所有的温度都为开尔文温度 K，热交换仅为物理热交换。

当被测物的发射率很低时(如铝)，从被测物体入射到传感器的热辐射量就会非常小，同时，周围物体(红外透射率为0的物体)也会反射红外辐射。红外温度计是被校准在一定精度下的，但这也不能区分出被测物体入射的红外辐射量和周围物体反射的红外辐射量。因此，测量发射率非常低的物体是非常复杂的，这种物体的红外测量是另一个专门的领域。

然而应该怎么解决这种问题呢？那就来看看涂漆的方法。例如，油漆的发射率差不多为 0.85 到 0.95，但是也要注意，漆的发射率稳定性也会不可避免的给测量带来一些影响。

最好记住，不是所有看似黑色的物体对红外来说都是“黑”的。如高度氧化的铝，发射率就仅为 0.30。

那么多高的发射率为足够高呢？这不是个简单的问题。但是，在所有的情况下，发射率越高，测得的温度值越接近物体实际温度。

实际应用中，发射率通过物体反射率间接衡量了环境中的红外光对测量的影响(任何物体的发射率、发射率和吸收率之和为 1.00)。在一定的反射率(对红外不透明的物体，反射率 = 1.00 - 发射率)下，环境温度与被测物体温度差越大，测量结果误差越大。

尽管我之前将 MLX90614 嵌入系统模块之后正常工作了，但是模块装入仪表盘之后，测量误差值比期望值大。这是为什么？

任何在模块 FOV 视场中的物体都会发射 IR 红外信号，所以，当模块装入仪表盘之后，模块的开口也发射出红外信号，实际上就可能是这个开口带来测量误差。在这种情况下，仪表盘的开口不仅带来了误差，而且限制了有效的 FOV 视场，进而限制了精度。所以，必须将影响 FOV 视场的开口纳入测量精度的考虑之中。需注意，产品基础的 FOV 视场是取 IR 红外信号的 50% 作为临界值，然而很多情况下，整个 FOV 视场的低能量角度也会从侧面带来红外信号。

当有热(冷)空气冲击到我的 MLX90614 时，我读到的测量值会有额外的误差，这是什么误差？

IR 红外传感器本身对敏感元件和所有入射物体的温度差特别敏感，事实上，这个敏感元件不是传感器的封装，而是传感器的内部芯片。所以当传感器封装和内部芯片有温差的时候，封装上的热梯度也会不可避免的产生额外的红外辐射信号，这个实实在在的光信号又没办法从被测物体的红外信号分离出来，所以会对被测温度带来误差。

这种热梯度可能作为一种暂态出现。使用传感器的时候需考虑这种侧面热现象对传感器敏感度的影响，这种自然现象进而需要考虑 MLX90614 在设备中的放置位置，以便避开热梯度的影响。

我在测量人体温度，但是我经常会测得一些跟期望值+37°C 相差很明显的测量值。

IR 红外温度测量是测物体表面温度。很多应用里，实际用红外温度计测得的温度值是衣物的温度，而不是皮肤的温度，这里，衣物的发射率(在第一个问题里解释的)就成了另一个需要考虑的问题。你的测量也有可能是准确的，比如，冬天的时候，人手上的温度就和我们熟知的+37°C 相差很远。

我在考虑用 MLX90614AAA 测量汽车隔板里的温度，但我被困于照到模块上的太阳光。这个问题有影响么？

传感器里对可见光和近红外光有特殊处理，在这些光入射到传感器的芯片之前，它们已经被滤掉了。并且，(大多数的)玻璃对红外光是不透明的。玻璃会有温度并且在多数情况下，发射率也很高，所以玻璃对红外光来说是“黑”的(不透明的)。总之，隔着玻璃的太阳光带来的误差相对来说非常小。为什么不能完全排除它的影响呢？因为部分被传感器滤波器吸收的可见光也会产生微弱的热能，而且没办法让传感器芯片避开这个正对着的热能。

16 封装信息

16.1 MLX90614xxA

MLX90614 的封装为工业标准 TO-39.

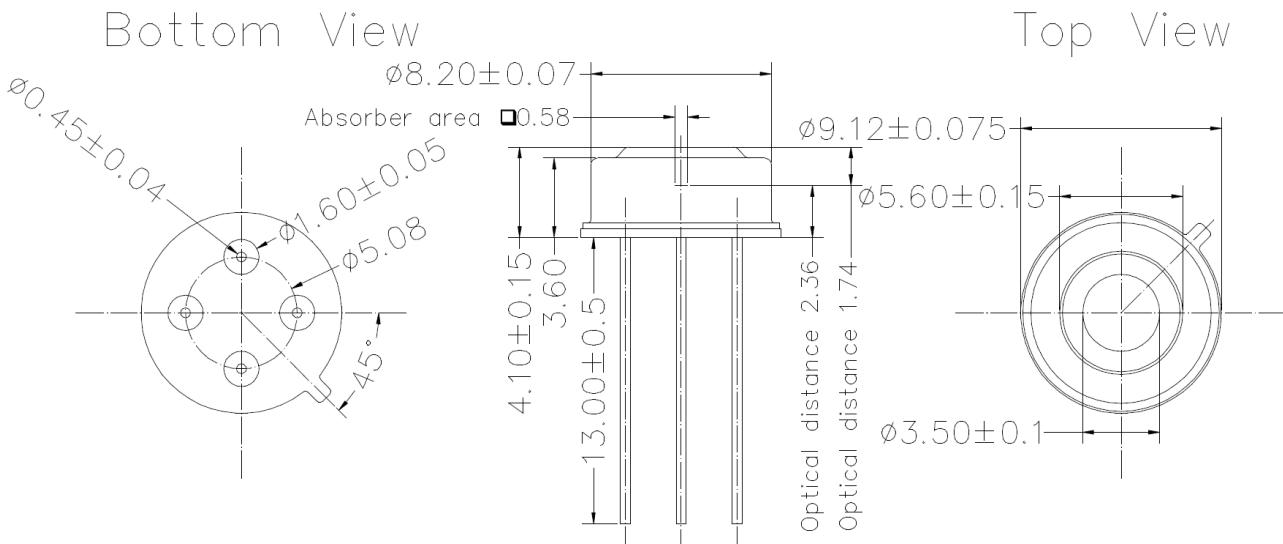


图 41: MLX90614xxA 的封装

注: 尺寸单位均为 mm

16.2 MLX90614xCC

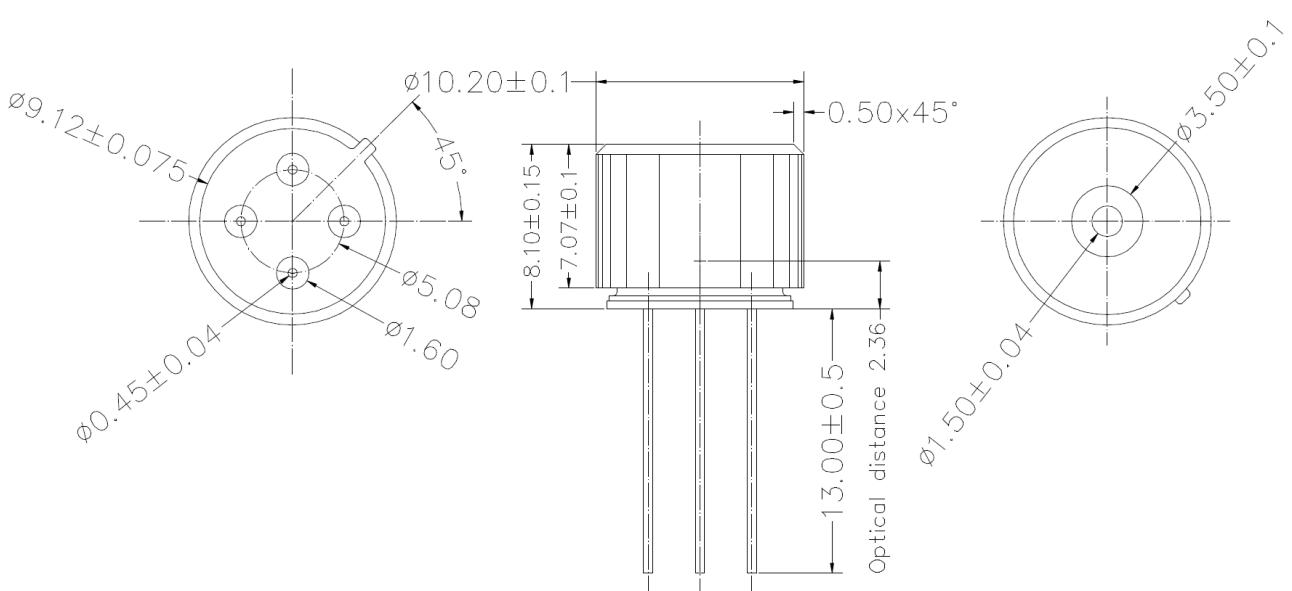


图 42: MLX90614xCC 的封装

16.3 MLX90614xCF

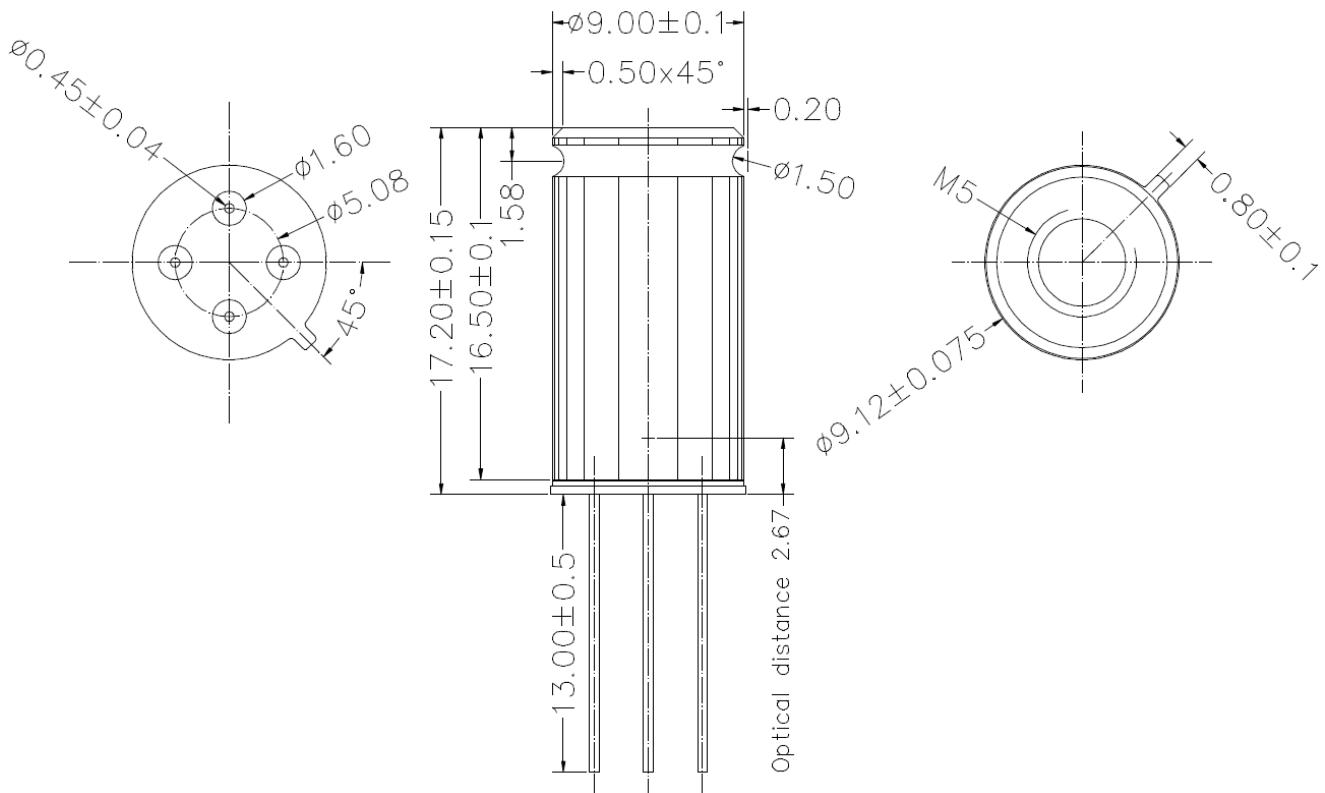


图 43: MLX90614xCF 的封装

16.4 MLX90614xCH

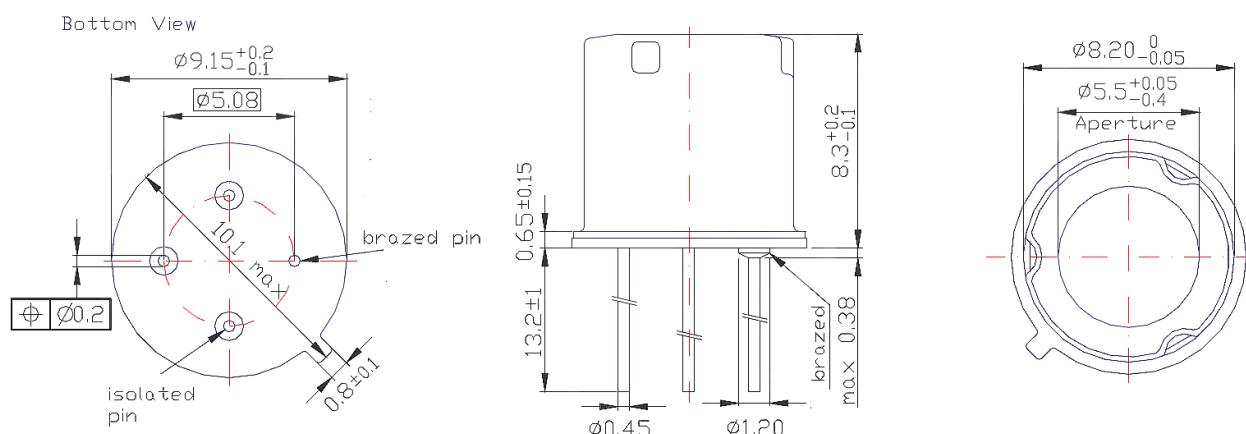


图 44: MLX90614xCH 的封装

16.5 MLX90614xCI

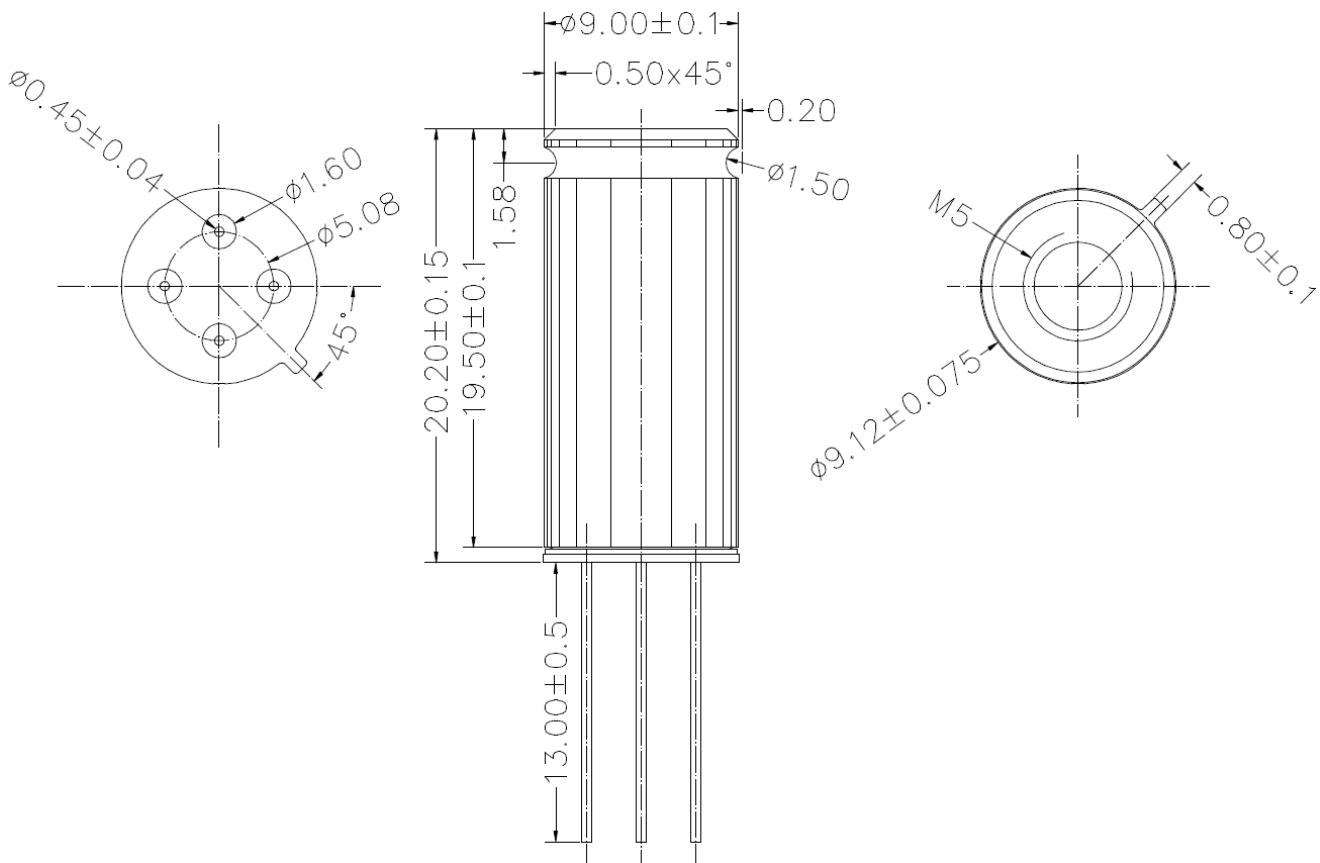


图 45: MLX90614xCI 的封装

16.6 零件的标记

MLX90614 都用激光标注了 10 个符号。前 3 个字母定义的器件的版本(如 AAA, BCC 等), 后 7 个字母表示批号。例如: “ACC9307308”, 表示产品型号 MLX90614ACC, 批号 9307308。

16.7 使用和储存湿度范围

使用和存储湿度范围定义为非凝结湿度的 85%。

17 图片目录

| | |
|--|----|
| 图 1: 典型应用电路..... | 1 |
| 图 2: 引脚描述..... | 5 |
| 图 3: 功能框图..... | 10 |
| 图 4: SMBus 数据包的组成..... | 15 |
| 图 5: SMBus 数据读取的格式 | 16 |
| 图 6: SMBus 数据写入的格式 | 16 |
| 图 7: SMBus 的推荐时序图 | 16 |
| 图 8: 数据读取的格式 (SA=0x5A, 读取 RAM=0x07, 结果=0x3AD2, PEC=0x30) | 17 |
| 图 9: 数据写入的格式 (SA=0x5A, 写入 EEPROM=0x02, 数据=0xC807, PEC=0x48)..... | 17 |
| 图 10: SMBus 的时序规范和定义 | 18 |
| 图 11: 进入睡眠模式的指令 (SA = 0x5A, Command = 0xFF, PEC = 0xE8) | 19 |
| 图 12: 退出睡眠模式..... | 19 |
| 图 13: 由片上同步齐纳二极管引起的 SCL 线上的负脉冲 (仅 5V 供电的版本才有)..... | 20 |
| 图 14: PWM 单数据模式 (上图) 和 PWM 扩展模式(下图) | 21 |
| 图 15: PWM 单数据输出模式的示例 | 22 |
| 图 16: PWM 扩展输出模式, DUAL [5:1] = 01h (每个数据输出 3 次)..... | 23 |
| 图 17: 举例: PWM 扩展模式输出 – sensor 1 (上)sensor 2(下)..... | 23 |
| 图 18: 由 PWM 模式转换到 SMBus 模式 | 26 |
| 图 19: 请求切换到 SMBus 模式 | 26 |
| 图 20: 软件流程图 | 29 |
| 图 21: 热继电器: “PWM”与 T_{obj} 的关系..... | 30 |
| 图 22: MLX90614 (T_a , T_o) 的精度 | 32 |
| 图 23: 适合医疗级应用的 MLX90614DAA (T_a , T_o) 的精度 MLX90614DCH 和 DCI 工作在 $VDD = 3V$ 下的精度 (见章节 10.1.3) | 33 |
| 图 24: 典型的供电电压与 T_a 的关系图 | 34 |
| 图 25: 典型的供电电压与 T_o 之间的关系 (实际上和 T_a 之间的关系是一样的)..... | 34 |
| 图 26: 经过 T_o 补偿后的误差 | 34 |
| 图 28: MLX90614xAA 的 FOV | 35 |
| 图 29: MLX90614xBA 的 FOV | 36 |
| 图 32: MLX90614xCF 的 FOV | 37 |
| 图 33: MLX90614xCH 的 FOV | 37 |
| 图 34: MLX90614xCI 的 FOV | 38 |
| 图 35: MLX90614 的 SMBus 连接图 | 39 |
| 图 36: 多个 MLX90614 在 SMBus 通信网络中的应用 | 39 |
| 图 37: MLX90614 用 PWM 输出的连接图 | 40 |
| 图 38: PWM 输出与 SMBus 通信均可用的 MLX90614 连接图 | 40 |
| 图 39: MLX90614 在热警报器、恒温器中的应用 | 40 |
| 图 40: 12V 的电压调整应用 | 41 |
| 图 41: MLX90614xxA 的封装 | 47 |
| 图 42: MLX90614xCC 的封装 | 47 |
| 图 43: MLX90614xCF 的封装 | 48 |
| 图 44: MLX90614xCH 的封装 | 48 |
| 图 45: MLX90614xCI 的封装 | 49 |

18 参考资料

[1] **System Management Bus (SMBus) Specification** Version 2.0 August 3, 2000

SBS Implementers Forum Copyright . 1994, 1995, 1998, 2000

Duracell, Inc., Energizer Power Systems, Inc., Fujitsu, Ltd., Intel Corporation, Linear Technology Inc., Maxim Integrated Products, Mitsubishi Electric Semiconductor Company, PowerSmart, Inc., Toshiba Battery Co. Ltd., Unitrode Corporation, USAR Systems, Inc.

19 特别说明

本手册是根据Melexis 的MLX90614 数据手册Rev008翻译而来，仅供用户参考所用，传感器所有数据及说明，均以英文原版为准。

20 免责声明

Melexis销售的器件由销售条款给予担保并予以明确的专利赔偿条款。Melexis没有保证，陈述，法定，暗示或描述此文描述的信息条例和对此产品专利侵权的自由。Melexis保留任何时候无需通知即可更改产品规格及价格的权利。所以，在将此产品嵌入客户的系统之前，请务必向Melexis核实产品的最新相关信息。本产品针对的是正常商业应用，因此对于温度范围极广、不平常的环境条件或超高可靠度需求的应用，例如军用、医疗维持生命的器材，Melexis不建议在没有Melexis额外处理的情况下使用此产品。

由 Melexis 提供的信息是正确并准确的，但是，Melexis 对接收者或任何第三方的损伤不负以责任，例如以下但不局限于以下的情况，人身伤害，财产损伤，利益损失，使用损失，直接或间接的业务中断，特殊偶然事件或间接伤害，所有与之有关的或带来的供应不足，性能或技术数据使用不当的损失。Melexis 对技术和服务以外的其他事务没有任何责任和义务。

© 2012 Melexis NV. All rights reserved.

想要获取最新的文件，请访问 Melexis 官网

<http://melexis.com/MLX90614>

或直接联系 Melexis:

Europe, Africa, Asia:

Phone: +32 1367 0495
E-mail: sales_europe@melexis.com

America:

Phone: +1 248 306 5400
E-mail: sales_usa@melexis.com

经ISO/TS 16949 和 ISO14001 认证

修订记录

| Version | Changes | Remark | Date |
|---------|---|---------------------|-------------------|
| 001 | | Preliminary Release | Not on doc-server |
| 002 | - ordering info (p.1): maximum ratings, accuracy section - added PWM connection, Application section - remade single zone FOV - added PWM details, p. 31 - remove text "filter outside option" -wake-up time (page 17) increased from 13 to 80 ms | | 27 Feb 2007 |
| 003 | Added 35 deg. FOV 90614xxC version, FOV specification corrected and FOV chart's style unified, examples errors corrected (Ta in RAM), factory default (SMBus) clarified, Pin states (SDA/PWM automatically switches to NMOS Open Drain when SMBus mode is entered), Application Schematic 10.1 corrected (components' references U1 U1 changed to U1 U2), emissivity coefficient format in EEPROM explained, erase before write in EEPROM note added (write 0x0000 first), small grammar and spelling corrections | | 17 Aug 2007 |
| 004 | Added gradient compensated 90614xCC version. Added 10 deg. FOV 90614xCF version. Added FOV specification of the 90614xCF. Clarified PWM period EEPROM configuration. Clarified flags read through SMBus. Added drawing of the 90614xCF. | | 09 Jun 2008 |
| 005 | Some electrical parameters corrected overall revision. | | 03 May 2009 |
| 006 | Review of electrical parameters, added xCH and xCI parts and their specific parameters, PWM graphs and examples review, added VDD dependence of ambient channel, Application comments update with high speed readings with SMBus, table of figures added | | 12 Oct 2010 |
| 007 | Changed first page according to new rules. Added DCh and DCI filter settings. Added note for limitation of highest To of DCh and DCI. Read write examples are changed to be with SA=0x5A. Better description of SCL low during sleep. Some parameters are corrected: Oscillator deviation, Timeout (L and H). Added optical distance for some devices (where applicable). Overall revision. | | 29 Aug 2012 |