

# 应用指南

## MLX90614 模拟电压输出模式

### 范围

系统有时需要模拟电压输出信号。本应用指南描述了怎样用 MLX90614 红外温度计去实现这个功能。

红外温度计可在 EEPROM 中被配置为以下 3 类输出的任意一种：

PWM（推挽式或 NMOS 开漏式）

SMBus（是 SMBus 网路上的伺服器件）

热动继电器（推挽式或 NMOS 开漏式）

所有这些输出提供线性化和待绪的测量数据。

在 PWM 模式中，连续脉冲群的占空比代表了被测温度。脉冲群经过一个低通滤波器会产生一个可以当模拟数值测量的平均值。为了得到相关的结果，该选项的一些细节内容需要被考虑。

PWM 转为电压的主要缺点有：

**精确性和分辨率：**通过 SMBus 和 PWM 数字界面，并依靠模拟测量以达到 MLX90614 的分辨率和精确度的代价是非常昂贵的。大多数情况下，精确度和分辨率可能会大幅下降，在严格，特定应用情况下是不能预先确定精确度的衰减程度的。

**电磁兼容：**模拟线路相对于数字通信更容易受到噪声的干扰。对环境条件，如电源供电波动或是湿度的依赖性更多。

因此，在精确度和分辨率相对重要的时候，不推荐将测量结果转为模拟电压输出模式。

### 相关的迈来芯产品

MLX90601 是前一代红外温度计。MLX90614 是该产品的替代品，为新设计的产品。EVB90614 是 MLX90614 的评估电路板。

### 目录

范围.....	1
其他所需元件.....	2
典型电路.....	2
MLX90614 PWM 输出格式.....	3
PWM 模拟数值的输出格式.....	4
PWM 转为电压应用下的 MLX90614 配置.....	5
模拟输出测量的考虑.....	7
输入电压.....	7
纹波.....	8
参考电压.....	8
PWM 的最大频率.....	8
不同负载的输出.....	8
总则.....	9
结论.....	9

### 其他所需元件

该应用指南电路用到的无源元件包括：

表面贴片封装陶瓷电容 100nF 16V 或更高。

电容 1 $\mu$ F 16V 或更高

电源旁路电容，如

铝 470  $\mu$ F 10V

电阻 10 k $\Omega$  5%

电阻 47 k $\Omega$  5%

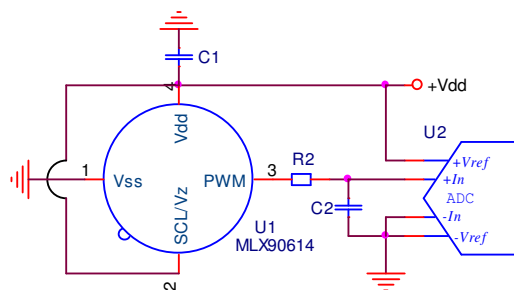
电阻 470 k $\Omega$  5%

电阻 22 k $\Omega$  5%

运算放大器 AD8603 或和其相当的放大器

NPN BJT 2N5551 或和其相当的器件

### 典型电路



### 说明

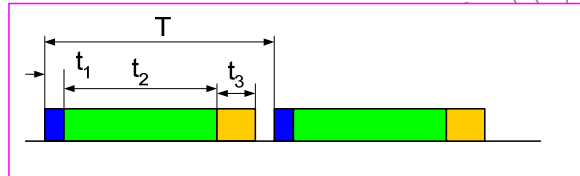
C1 是局部电源旁路退耦电容。MLX90614 需要此电容去旁路片上数字开关噪声。该元件的典型应用为 100nF（表面贴片封装陶瓷电容）

R2 和 C2 组成低通滤波器用来存储 PWM 输出序列的 DC 平均值。这些值会在以后详细讨论。

U2 是电压测量单元。图示为 ADC。注意，单元的参考电压来源于 MLX90614 的电源电压（Vdd, pin4）。平均输出电压取决于 MLX90614 的 Vout, high（pin3, PWM 输出）。MLX90614 的 PWM 输出是 CMOS 方式（推挽式配置），所以轻载下的高电压输出实际上等于 Vdd。因此，Vdd 的 5% 偏差会直接导致平均测量电压的 5% 偏差。

### MLX90614 PWM 输出格式

MLX90614 的 PWM 输出可被设定为两种模式——单一数据传输和双重数据传输。单一 PWM 输出格式用于平均值测量，它的时序图如下：



其中 T 是 PWM 周期， $t_1$  是起始缓冲器（一直高，持续 12.5% 的周期时间）， $t_2$  是数据带，持续 0-50% 的周期时间。 $t_3$  是误差信号带（25% 的周期时间）。正常工作模式下， $t_3$  应该为 0。

温度读数可以通过信号时序计算得到：

$$T_{out} = \left[ \frac{2t_2}{T} * (T_{max} - T_{min}) \right] + T_{min}$$

其中  $T_{min}$  和  $T_{max}$  是所选择温度输出对应的重新调节系数，存储在 EEPROM 里。T 是 PWM 周期。 $T_{out}$  是根据配置寄存器 Config Register [5:4] 的设置来选择  $T_{obj1}$ ,  $T_{obj2}$  或  $T_a$ 。（参考 [www.melexis.com](http://www.melexis.com) 网站上的 MLX90614 数据表）

实例：

$T_{obj1} \Rightarrow \text{Config Reg}[5:4] = 11'b$

$T_{min} = 0^\circ\text{C} \Rightarrow T_{min} [\text{EEPROM}] = 100 * (t_{min} + 273.15) = 6AB3h$

$T_{max} = +50^\circ\text{C} \Rightarrow T_{max} [\text{EEPROM}] = 100 * (t_{max} + 273.15) = 7E3Bh$

PWM 高电平持续时间  $0.495 * T \Rightarrow t_2 = (0.495 - 0.125) * T = 0.370 * T \Rightarrow$

测量的物体温度 =  $2 * 0.370 * (50^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) + 0^\circ\text{C} = +37.0^\circ\text{C}$ 。

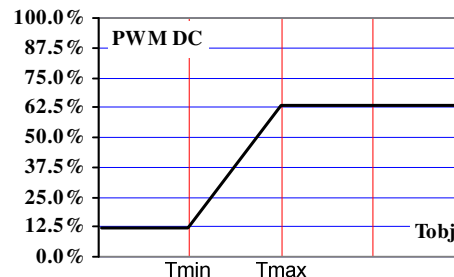
PWM 传输的数据域是个 10 字节的数据。 $T_{min}$  和  $T_{max}$  被写入器件的 EEPROM，然后输出数据范围 (12.5 to 62.5% 占空比) 表示在此范围内的温度。提供“放大”选项——50 度温度范围，十字节分辨率，例如，最小分辨率为 0.0488。在此范围之外，输出将饱和（ $T < T_{min}$ ，占空比为 12.5%， $T > T_{max}$  占空比为 62.5%）。

### PWM 模拟数值的输出格式

正如所述，温度范围可被编写到 EEPROM 里，然后测量温度会在 12.5%到 62.5%的占空比中给出。这是 PWM 输出时序信号（电源电压 Vdd 的百分比）的平均值。底下的表格给出了  $T=T_{min}$ ,  $T=(T_{max}+T_{min})/2$ ,  $T=T_{max}$  以及 5V 和 3V 电源电压时 MLX90614 版本下的平均电压数值。

	Version	MLX90614AAx				
	DC\Vdd	Vdd,min=4.5V	Vdd,nom-5%=4.75V	Vdd,nom=5V	Vdd,nom+5%=5.25V	Vdd,max=5.5V
Tmin	12.5%	0.5625	0.59375	0.625	0.65625	0.6875
Tmid	37.5%	1.6875	1.78125	1.875	1.96875	2.0625
Tmax	62.5%	2.8125	2.96875	3.125	3.28125	3.4375
% of the Vdd,nom value		90%	95%	100%	105%	110%
	Version	MLX90614BAx				
	DC\Vdd	Vdd,min=2.4V	Vdd,nom-5%=2.85V	Vdd,nom=3V	Vdd,nom+5%=3.15V	Vdd,max=3.6V
Tmin	12.5%	0.3	0.35625	0.375	0.39375	0.45
Tmid	37.5%	0.9	1.06875	1.125	1.18125	1.35
Tmax	62.5%	1.5	1.78125	1.875	1.96875	2.25
% of the Vdd,nom value		80%	95%	100%	105%	120%

单一数据 PWM 输出信号占空比和测量温度呈线性关系：



任何测量的温度都可用 PWM 模式输出。MLX90614 有单个区域 (MLX90614xAx)和二重区域 (MLX90614xBx)配置，单个区域版本有以下几点不同特性：

无 IR2 传感器

无 Tobj2

FOV（视场）是对称的圆锥体

在 EEPROM 的其中一个字节 (CongifRegister1[05h], bit 6, 1 代表二重)，这个数值在工厂校准并用以确定区域的个数。

其中，除非另有说明，温度计都假定为单个区域并通过 PWM 模式传输物体 1 的温度。大多数例子会用到 5V 版本。由于是由两个独立的数据带组成，所以扩展 PWM 输出格式不大可能会用到平均值。尽管如此，也可以用 PWM 转换电压的方式去读出 MLX90614xBx 的 Tobj2 数据。

可以将输出设置为用户友好格式（如 3.00 V 对应 30.0 °C）。当 PWM 输出时序信号的占空比进

入到 12.5%—62.5% 的区间，需要设置对应 MLX90614 的温度范围。注意到这是在假定比率公制对电源电压测量选项无效的前提下的。因此，如果是 5V 电源电压，30.0℃ 温度，输出电压为 3.00V，MLX90614AAA 指定工作电压范围为 4.5...5.5V，温度为 30.0℃ 时，输出电压在 2.70...3.30V 变化。温度为 25℃ 时有 ±3℃ 的误差或是 ±12% 的误差。

以下是用户友好格式设置的实例：

例 1：温度范围为 6.25...31.25℃。电源电压为 5.00V 时，平均电压会在 625...3125mV，或是 0.1 V/℃。这种情况同时适应于环境温度和物体温度。对应此范围并可编写到 EEPROM 的十六进制数值为：

环境温度：一个 EEPROM 地址包含 Ta,min 和 Ta,max。是 Ta 范围，地址为 03h，数值为 6D45h。

物体温度：有两个 EEPROM 地址来存储 To,min 和 To,max：To,min 占据的 EEPROM 地址为 01h，To,max 为 00h，数值分别是：To,min:To,max [01:00h]=6D24:76E8h。

例 2：温度范围为 -37.5...+212.5℃。电源电压为 5.00V 时，平均电压会在 625...3125mV。输出电压减去 1V 以得到 10mV/℃ 的比例尺度，如在 0℃ 时，输出电压为 1000 mV。这种情况不适应环境温度范围，因为环境温度覆盖范围为 -40...+125℃。为设置物体温度 To，写入到 EEPROM 的数值为：To,min:To,max [01:00h]=5C0D:BDB5h。

例 3：温度范围为 62.5°F...312.5°F。输出比例尺度为 10mV/°F。如前一个例子，环境温度范围不适于此设置。写入到 EEPROM 的数值为 To,min:To,max [01:00h]=7151:A7292h。

没有绝对温度设置的选项，因为即使是宽物体温度范围 (-70...+382.2℃)，MLX90614 校准范围也不能覆盖 1:5 比例的绝对温度范围。

## PWM 转为电压应用下的 MLX90614 配置

MLX90614 评估配套元件有：EVB90614 和提供配置和定制器件所需的 PC 软件。由于有评测电路板，可以简易地将 MLX90614 设置为电压输出应用。

MLX90614 有一个片上 EEPROM 存储器。一旦发现此配置是需要的，器件会上电提供所需的配置。（PWMCTRL 和 ConfigRegister1，如果改变，需要断电和上电以使改动生效）。PWM 转为电压应用下的 EEPROM 位置为：

To,max, 地址 00h：16-字节数值代表用 PWM 传输物体温度时传输范围的上限。

To,min, 地址 01h：同 To,max，但是是下限。

PWMCTRL, 地址 02h：PWM 功能配置。详见以下介绍和 MLX90614 数据表。

Ta range, 地址 03h：8+8 字节数据，左 8 位和右 8 位数值分别代表用 PWM 传输环境温度时，传输范围的上限和下限。

ConfigRegister1, 地址 05h：包含用 PWM 传输时的数据选择。注意此寄存器也包含校准设置，所以冒险尝试改写寄存器的数据会将出厂的校准值注销。

所有限定范围都适应于 MLX90614 二重区域器件。例如，设置物体温度 Tobj1 和 Tobj2 的上限和下限。

限定范围的计算过程如下：

To,max[00h] = hex2dec [100\*(to,max + 273.15)]，其中 to,max 是用摄氏度表示的物体温度的上限。例如，上限 +120℃ 为 9993h。

To,min[01h] = hex2dec [100\*(to,min + 273.15)]，其中 to,min 是用摄氏度表示的物体温度的下限。

例如，下限  $-20^{\circ}\text{C}$  为 62E3h。

$\text{Ta range}[03\text{h}] = \text{Ta,H}:\text{Ta,L}$  - 每个限定被编码为半个 16 字节数据。字节  $\text{Ta,H}$  和  $\text{Ta,L}$  的计算如下：

$\text{Ta,L} = \text{hex2dec} [100 * (\text{ta,min} + 38.2) / 64]$ ，其中  $\text{ta,min}$  是用摄氏度表示的环境温度的下限。例如下限  $-20^{\circ}\text{C}$  为 1Ch。

$\text{Ta,H} = \text{hex2dec} [100 * (\text{ta,max} + 38.2) / 64]$ ，其中  $\text{ta,max}$  是用摄氏度表示的环境温度的上限。例如，上限  $+120^{\circ}\text{C}$  为 F7h。这种方式下， $\text{Ta}$  范围为  $-20 \dots +120^{\circ}\text{C}$  时， $\text{EEPROM}[03\text{h}] = \text{F71Ch}$ 。

注意：

所有例子都是用就近转换计算方法，不允许从十进制到十六进制的转换。

### PWMCTRL[02h]:

字节 [15:9] 选择 PWM 周期。对于 PWM 转换电压应用中，需要最大频率，这样会在低通滤波和平均数值再存储后得到最好的纹波抑制。最小周期设置 (1ms) 是 1i(b'0000001')。

字节 [8:4] 设置每个周期中的重复次数。在扩展 PWM 格式里有效。建议设置值为 0 (b'00000')。

Bit 3 为高电平时，激活 MLX90614 热动继电器功能。建议设置值为 0。

Bit 2 为高电平时，MLX90614 PWM 输出为推挽式输出；低电平为开漏 NMOS 输出。大多数设置需要推挽式结构（该文档中所有的例子和电路图都是推挽式输出）。所以建议设置为 1。

Bit 1 为低时使能 SMBus。在 PWM 输出时必须设置此字节。

Bit 0 为低时选择扩展 PWM 格式，设置为高电平时，选择 PWM 转电压的应用。

### ConfigRegister1[05h]:

注意到所有字节除过以下讨论的是最好不要轻易改动。

字节 [5:4] 选择通过 PWM 传输的数据。当用平均和低通滤波器时，有 3 种可能的选择：

b'00' – Tamb

b'11' – Tobj1 (此应用中最多的选择)

b'10' – Tobj2 (在 MLX90614xAx 中未定义)

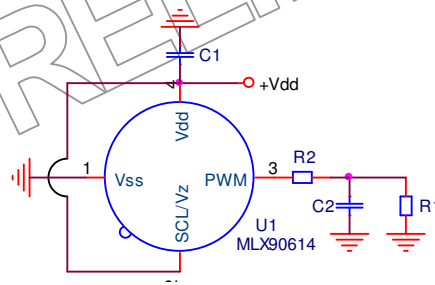
### 模拟输出测量的其它考虑

#### 输入电阻

低通滤波器的任何负载都会固有地降低工作电路的精确性。无负载下平均电压为:

$$V_{out} = V_{high} \cdot DC + V_{low} \cdot (DC - 1)$$

其中  $V_{high}$  是 MLX90614 的最高电平输出,  $V_{low}$  是最低电平输出,  $DC$  是 PWM 输出序列信号的占空比 (正常工作模式下为 0.125...0.625)。为了判断低通滤波器负载的大小, 假设  $R2$  值很大而不会在推挽式输出结构中造成大的电压降落。这将给定  $V_{high}=V_{dd}$ ,  $V_{low}=0$ 。带负载的低通滤波器的等效电路为:

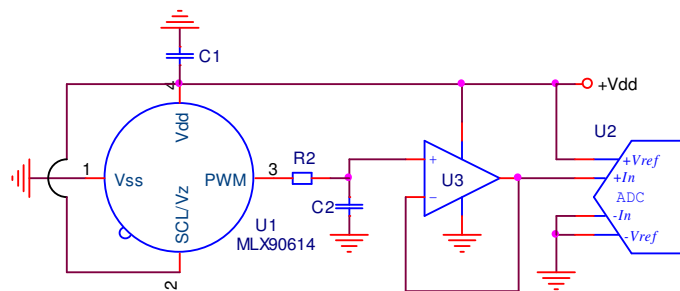


得到一个无源电阻分配器。这种情况下输出电压为:

$$V_{out}' = [R1 / (R1 + R2)] \cdot V_{out}$$

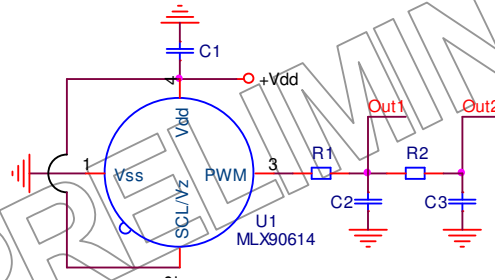
例如, 当  $R2 = 10 \text{ k}\Omega$ , 并且  $R1 = 1 \text{ M}\Omega$ ,  $V_{dd}=5\text{V}$ ,  $DC=0.2$ , 输出电压是 990mV 而不是 1000mV。换句话说,  $R1:R2=100$  引入了 1% 的误差。

当必须要求精确度时, 一些度量单位 (如, ADCs 和便携式万用表) 要求有有源电阻, 这个情况下, 缓冲器可能会大幅提高精确度, 如下电路图所示。当输出电压范围为  $0.125V_{dd} \dots 0.625V_{dd}$  所需要的输入共模电压范围是不受约束的。例如, AD8603 [www.analog.com](http://www.analog.com) 会是该元件合适的选择。

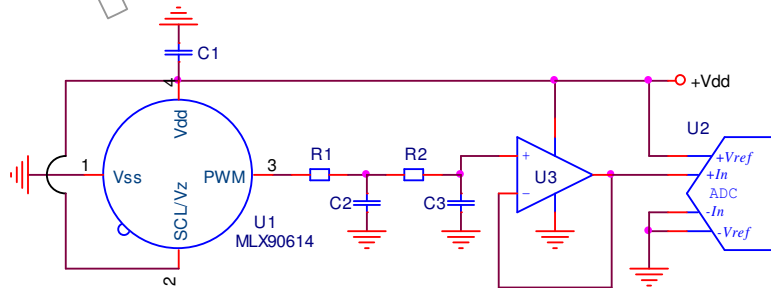


### 纹波

低通滤波器网路 R2C2 的输出永远不会是完美的 DC 电压。滤波器同时也会带来纹波。纹波的幅度取决于占空比大小。(占空比在 12.5...62.5% 范围里, 纹波会在 50% 占空比时有 2.3 倍最大值的改变) 当  $R1=R2=10k\Omega$ ,  $C2=C3=1\mu F$ ,  $Vdd=5V$ , PWM 频率为 1kHz 并且占空比为 50% 时, 纹波在 Out1 峰峰值为 126mV, 在 Out2 峰峰值 1.6mV。



如果该纹波还是不能接受, 需要用到一个更复杂的电路, 如下



当  $R1=47k$ ,  $R2=470k$ ,  $C2=C3=1\mu F$ , 从 ADC 处看到的纹波 (5V, 50%, 1kHz) 会小于 20  $\mu V$ 。注意纹波的减小得益于稳定时间的提高(3 s) 无疑, 会用在 MLX90614 和 ADC 之间采用一阶 RC 网络, 并在 ADC 的输出用数字滤波的经济方式来实现。

### 参考

用 Vdd 作为 ADC 的参考电压消除了它对 Vhigh 模拟电压输出的影响。对于精度要求低的应用, 这样的影响会在可接受的范围内, 需要检查它所引入的误差。另外一个方法可以去测量 Vdd, 或是用小容差的参考电压提供电源给 MLX90614。但这相比较与用 Vdd 做参考电压的方式, 仍不可能简单并且百分之百地消除 Vdd 的影响。

### 最大 PWM 频率

在配置设置中, 推荐将频率设为 MLX90614 最大输出频率 1 kHz。增大频率可以使 AC 纹波得以衰减, (固定 RC 时间常数) 最大频率会滤除并得到最小的纹波。

### 不同负载的输出

MLX90614 推挽式输出级为 CMOS 结构, 5V 时  $R_{ds,on} = 100\Omega$ 。该值是指导设计值, 因为它不是受控参数。3V 版本的  $R_{ds,on}$  大约会增大到 200  $\Omega$ 。NMOS 和 PMOS  $R_{ds,on}$  值相当接近, 只要 LPF 网络上的串联电阻值大, 平均值就不可能会有所减低。减低串联电阻值有额外的不利之处:

- 增加流过输出级电阻上的灌电流或源电流会产生输出级晶体管上的电压降。

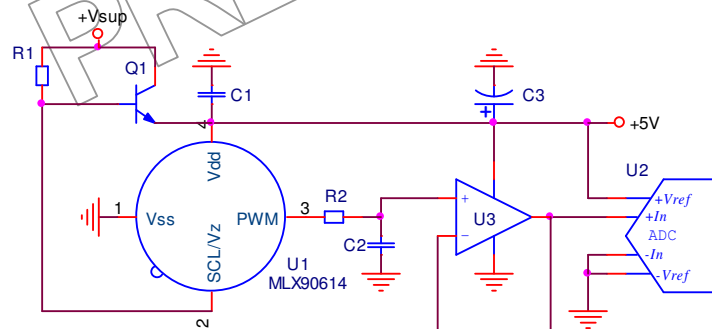


- PWM 输出序列信号导致 LPF 电容上的部分充/放电。交互充/放电电流来源于电源。这意味着随着输出串联电阻的减低，功耗会减少。

### 总则

MLX90614 是金属封装的集成系统，有良好的 EMC 性能。但是在用到混合信号系统时，电源线需要退偶装置。在靠近封装器件外部放置一个 100nF 表面贴片封装退偶电容用以局部旁路。无疑，整个电源线需要免于严重的噪声和纹波干扰。在有剧烈的 EMI 系统里，需要特别注意 EMC 版图并增强电源滤波性能。显然在不考虑 EMC 情况下，用 MLX90614 去实现数字通信会变得简单且便宜。

在电源电压为 12V 或 24V 时，MLX90614Axx 可以扩展为稳压器。集成了一个合成齐纳二极管并组成如图所示的 5V 稳压器。注意，齐纳二极管并未做为一个参考电压源而给出(具体参考 MLX90614 数据表的电学参数)。



如图所示，稳压器可以提供电源给多个 MLX90614Axx 温度计。但是，齐纳二极管不能灌输大电流（参考 MLX90614 数据表）外部 NPN BJT Q1 的基极电流乘以电流增益是该电路的功耗。基极电流不可以大于 R1 偏置电流减去齐纳二极管最小的工作电流。注意 3V 版本(MLX90614Bxx)没有齐纳二极管选项。

### 结论

数字通信本身具有的优势使其成为实际应用的首要选择。模拟应用里有可将纯粹的数字通信嵌入到 MLX90614 IR 温度计的方式，而且只需相当两个无源元件的价钱，但这样的设计需要维护得宜，小心使用。如需相关文档和工具，请访问 [www.melexis.com](http://www.melexis.com)。