

Application Note

采用 MSPM0 的冷却风扇控制器



Gary Gao

摘要

服务器、网络设备或台式计算机中使用了許多冷却风扇。冷却风扇控制器通常用于在不同的工作条件下控制风扇。冷却风扇控制器有两种设计：专用 IC 和 MCU。专用 IC 易于使用，但价格略高于某些 MCU，并且无法修改 IC 来满足客户要求。MCU 设计更加灵活。本应用手册讨论了基于 MSPM0 器件的 MCU 设计，并为客户提供了演示代码来快速开始此类应用。

本演示支持的主要特性：

- 支持多达四个 (MSPM0C1104) 和六个 (MSPM0H3215/MSPM0C1106) 4 线风扇控制
- PWM 占空比和频率控制
- TACH 检测
- 用于配置的 I2C 接口
- 通过 ADC 对温度传感器进行采样
- 风扇故障检测

点击[此处](#)下载软件。

内容

1 四线冷却风扇.....	2
2 采用 MSPM0 设计的冷却风扇控制器.....	3
2.1 使用 MSPM0C1104 和 MSPM0C1106 进行设计.....	3
2.2 使用 MSPM0H3215 和 MSPM0H3216 进行设计.....	4
3 软件简介.....	5
3.1 软件工作流程.....	5
3.2 功能说明.....	6
3.3 I2C 通信协议.....	7
3.4 演示中的寄存器定义.....	8
4 使用硬件进行演示测试.....	9
4.1 硬件设置.....	9
4.2 软件设置.....	10
4.3 运行演示代码.....	10
5 总结.....	11
6 参考资料.....	12

商标

LaunchPad™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 四线冷却风扇

与三线或双线冷却风扇相比，四线冷却风扇具有更好的性能和更高的可靠性。四线冷却风扇在服务器或 PC 的冷却系统中很常见。表 1-1 中列出了四线冷却风扇信号。

表 1-1.4 线冷却风扇信号

线路颜色	信号	详细信息
黑色	GND	
红色	VCC	风扇电源，通常为 12V
黄色	TACH	转速信号，通常为开漏输出
蓝色	PWM	转速控制；在风扇模块中上拉至 5V 或开漏输入

更改 PWM 占空比以控制风扇的转速。TACH 信号用于确定风扇的实际转速。风扇模块中采用霍尔传感器，每旋转一圈会产生一个或多个脉冲。脉冲数取决于电机的极对数。

2 采用 MSPM0 设计的冷却风扇控制器

本应用手册基于不同的 MSPM0 器件提供了两种不同的设计：MCU (MSPM0C1104 和 MSPM0C1106) 和 5V 供电 MCU (MSPM0H3215 和 MSPM0H3216)。

2.1 使用 MSPM0C1104 和 MSPM0C1106 进行设计

对于 PWM 信号为开漏 IO 的风扇模块，TI 建议使用 MSPM0C1104 器件或 MSPM0C1106 器件。图 2-1 展示了该设计的概览。

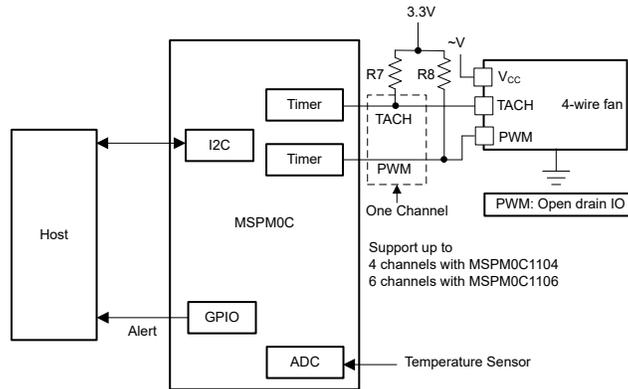


图 2-1. 采用 MSPM0C1104 或 MSPM0C1106 的冷却风扇控制器设计

这些器件由 1.62V 至 3.6V 和 8-16kB 闪存供电。有一个 I2C 接口可支持高达 1MHz 时钟频率。这些器件具有 12 位 ADC 和三个计时器，可支持多达 10 个 PWM 输出或捕获端。这些器件支持控制四个 4 线风扇。

MSPM0C1105 和 MSPM0C1106 也是器件选项。这些器件由 1.62V 至 3.6V 和 32-64kB 闪存供电。有一个 I2C 接口可支持高达 1MHz 时钟频率。该接口具有一个 12 位 ADC 和五个计时器，可支持多达 14 个 PWM 输出或捕获端。该接口可以支持控制六个 4 线风扇。

TACH 和 PWM 信号都是开漏 IO。上拉至 3.3V 并直接连接到 MSPM0C 的捕获端和通道。

温度传感器可以是 NTC 或线性热敏电阻 (如 TMP61)。

I2C 接口可用于执行所有配置，例如更改 PWM 占空比和 PWM 频率、读取 TACH 的捕获值、读取 ADC 结果等。有关通信协议的详细信息，请参阅 [功能说明](#)。

有一个 GPIO 输出用于更改检测风扇故障情况的主机。

2.2 使用 MSPM0H3215 和 MSPM0H3216 进行设计

对于 PWM 信号为 5V 上拉的风扇模块，TI 建议使用 MSPM0H3215 和 MSPM0H3216。该设计的概述如图 2-2 所示。

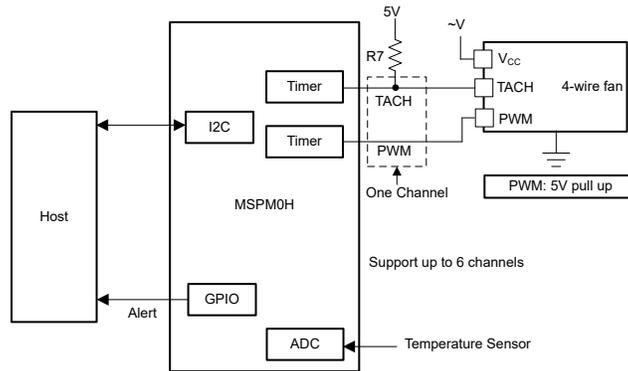


图 2-2. 采用 MSPM0H3215 和 MSPM0H3216 的冷却风扇控制器设计

MSPM0H3215 和 MSPM0H3216 是 TI 的首款 5V MCU。该系列器件可由 4.5V 至 5.5V 电源供电，且配备 32-64kB 闪存。有两个 I2C 接口，一个 12 位 ADC 和五个计时器，可支持多达 14 个通道的 PWM 输出或捕获端。该接口可以支持控制六个 4 线风扇。

当风扇模块的 PWM 信号为 5V 并在风扇模块中上拉时，该接口可以节省晶体管并开启 PWM 控制通道。

3 软件简介

3.1 软件工作流程

图 3-1 中显示了软件工作流程。

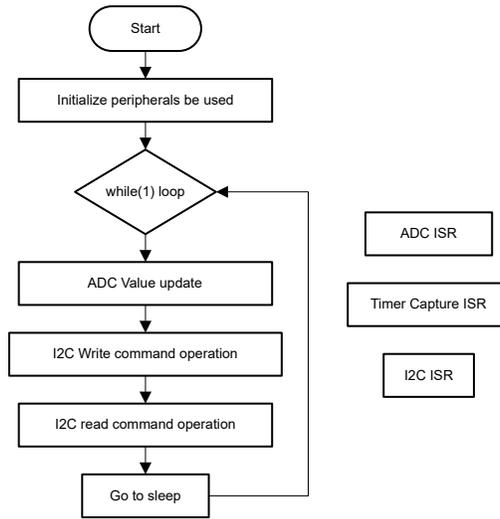


图 3-1. 软件工作流程概述

在软件中，I2C 命令数据在 I2C ISR 中接收或发送，并在 while 循环中处于活动状态。对定时器 ISR 使用 TACH 信号和风扇故障检测。

3.2 功能说明

3.2.1 PWM 输出

要在特定通道中启动 PWM，输出可将非零占空比写入特定占空比寄存器（从 0x20 开始）。要停止 PWM 输出，请将零占空比写入特定通道占空比寄存器。本演示的占空比有效位为 9 位，并使用两个寄存器来识别通道中的一个占空比。在本演示中，所有寄存器都是一个字节长度。

本演示还支持更改 PWM 频率寄存器（从 0x10 开始）中 PWM 的频率。目前，本演示可以在演示中支持四种不同的频率：22.9Hz、45.8Hz（默认值）、91.7Hz 和 23.4kHz。客户可以根据代码中的要求更改不同的频率。四个位可用于在一个寄存器中配置不同的频率，因此一个寄存器可用于配置两个不同的计时器。在演示代码中，一些 PWM 通道在一个计时器中生成。这些 PWM 可以使用相同的频率。

3.2.2 TACH 捕捉

TACH 信号由风扇模块生成，并由 MSPM0 中的计时器捕获。计时器捕获脉冲的周期，并可从 0x30 开始从寄存器读取。此处的两个寄存器显示一个捕获值。例如，0x30 是 FAN1 的 MSB，0x31 是 FAN1 的 LSB。捕获值的有效位为 16 位。在此演示代码中，捕获计时器频率配置为 8192Hz。根据 [方程式 1](#)，使用捕获值计算 RPM。

$$RPM = \left(\frac{8192}{NCAP} \times \frac{60}{Np} \right) \quad (1)$$

NCAP 是捕获值。

Np：每转生成的脉冲数为一周期。

计算 TP，如 [方程式 2](#) 所示

$$Tp = Ncap/8192 \quad (2)$$

3.2.3 ADC 采样

在此演示代码中、提供一个 ADC 通道来对来自温度热敏电阻的信号进行采样。ADC 值使用两个寄存器显示，且从 0x40 开始。在测试中、寄存器使用 LP-MSPM0L1306 上的 TMP61 来获取环境温度。ADC 采样率约为 1.6Hz，它使用 ADC 捕获计时器的零事件触发器来开始采样。在本演示中，捕获计时器的周期时间设置为 600ms。

3.2.4 风扇故障检测和溢出最大值

该演示代码可以支持风扇故障检测。如果风扇 PWM 占空比不为 0，但没有针对溢出事件的配置溢出最大值或 TACH 捕获计时器的零事件进行 TACH 信号捕获，则风扇处于故障状态并记录在 0x60 寄存器中。对于该寄存器，一位等于一个风扇的状态。溢出最大值也可在寄存器 0x50 中配置。默认值是 3。这意味着，如果风扇 1 启动，但在 $3 \times 600ms = 1.8s$ 内没有捕获 TACH 信号，则风扇 1 会记录为故障。每次读取故障检测寄存器故障时，事件都会清除。TI 不建议在 1.8s 内读取两次该值，或者第二次读取的值始终为 0。

3.3 I2C 通信协议

对于 I2C 通信协议，请使用 图 3-2，使用 0x40 作为地址。



图 3-2. 向寄存器 0x0E 写入一个字节



图 3-3. 向寄存器 0x0E 写入两个字节



图 3-4. 向寄存器 0x0E 写入两个字节

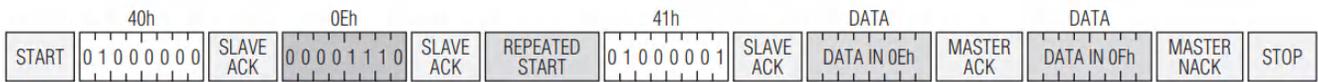


图 3-5. 从寄存器 0x0E 读取两个字节

该演示在读取或写入模式下只能支持一个或两个字节。

3.4 演示中的寄存器定义

表 3-1. 寄存器定义

R/W	寄存器	复位值	功能	位 0	位 1	位 2	位 3	位 4	位 5	位 6	位 7	
R/W	0x10	0x11	PWM 频率	0x0 = 22.9Hz 0xB = 20.8KHz				0x1 = 40.7Hz 0x3 = 81.5Hz 0xB = 20.8KHz				
R/W	0x20	0	FAN1 占空比	MSB								
R/W	0x21	0	FAN1 占空比	\	\	\	\	\	\	\	LSB	
R/W	0x22	0	FAN2 占空比	MSB								
R/W	0x23	0	FAN2 占空比	\	\	\	\	\	\	\	LSB	
R/W	0x24	0	FAN3 占空比	MSB								
R/W	0x25	0	FAN3 占空比	\	\	\	\	\	\	\	LSB	
R/W	0x26	0	FAN4 占空比	MSB								
R/W	0x27	0	FAN4 占空比	\	\	\	\	\	\	\	LSB	
R/W	0x28	0	FAN5 占空比	MSB								
R/W	0x29	0	FAN5 占空比	\	\	\	\	\	\	\	LSB	
R/W	0x2A	0	FAN6 占空比	MSB								
R/W	0x2B	0	FAN6 占空比	\	\	\	\	\	\	\	LSB	
R	0x30	0	FAN1 TACH	MSB								
R	0x31	0	FAN1 TACH	LSB								
R	0x32	0	FAN2 TACH	MSB								
R	0x33	0	FAN2 TACH	LSB								
R	0x34	0	FAN3 TACH	MSB								
R	0x35	0	FAN3 TACH	LSB								
R	0x36	0	FAN4 TACH	MSB								
R	0x37	0	FAN4 TACH	LSB								
R	0x38	0	FAN5 TACH	MSB								
R	0x39	0	FAN5 TACH	LSB								
R	0x3A	0	FAN6 TACH	MSB								
R	0x3B	0	FAN6 TACH	LSB								
R	0x40	0	ADC 值	MSB				\	\	\	\	
R	0x40	0	ADC 值	LSB								
R/W	0x50	0x3	溢出最大值	必须 ≥ 1								
R/W	0x60	0	FAN 故障	FAN 1	FAN2	FAN3	FAN4	FAN5	FAN6	\	\	
				0 : 无故障								

备注

表示保留位。MSPM0C1104 可以支持四个风扇。可以忽略 FAN5 和 FAN6 的寄存器。

4 使用硬件进行演示测试

本应用手册提供了基于 MSPM0C1104 和 MSPM0H2316 的演示代码。由于 MSPM0C1106 与 MSPM0H2316 引脚对引脚兼容，因此将代码从 MSPM0H2316 移植到 MSPM0C1106 非常简单。

4.1 硬件设置

硬件要求：

- 1 至 6 个 4 线冷却风扇
- LP-MSPM0L1306 作为主机器件
- LP-MSPM0C1104 或 LP-MSPM0H3216 作为风扇控制器板
- 上拉电路来上拉 TACH 或 PWM 信号
- 使用逻辑分析仪 (如 Seleae) 捕获信号
- 晶体管或开关 (可选)

表 4-1. 硬件连接

信号		主机器件	风扇控制器器件	
		LP-MSPM0L1306	LP-MSPM0C1104	LP-MSPM0H3216
I2C	SCL	PA1/I2C0_SCL	PA11/I2C0_SCL	PA11/I2C0_SCL
	SDA	PA0/I2C0_SDA	PA0/I2C0_SDA	PA0/I2C0_SDA
温度传感器	电源	J15-2	3V3	5V
	Vsensor	J1-2	PA27	PA27
风扇故障警报	GPIO	\	PA25	PA24
PWM	FAN1	\	PA26	PA23
	FAN2	\	PA2	PA18
	FAN3	\	PA16	PA10
	FAN4	\	PA23	PA6
	FAN5	\	\	PB14
	FAN6	\	\	PB13
TACH	FAN1	\	PA28	PA8
	FAN2	\	PA6	PA9
	FAN3	\	PA17	PB17
	FAN4	\	PA18	PA12
	FAN5	\	\	PB8
	FAN6	\	\	PA22

如上所述，LP-MSPM0L1306 上使用温度传感器 TMP61。由于主机演示代码中的计算操作，TMP61 必须使用与风扇控制器器件的 ADC 基准相同的电源供电。(VDD)。因此，从表 4-1 中列出的风扇控制器 LaunchPad™ 为 TMP61 供电。

TACH 信号必须从外部上拉。在本测试用例中，信号使用 3k 电阻器上拉至 VDD。

对于 PWM 信号，当风扇模块的 PWM 通道为开漏时，信号必须与 TACH 信号一样从外部上拉。如果风扇模块的 PWM 通道在内部上拉至 5V，则该通道可直接连接到 MSPM0H3216 的 PWM 控制引脚。使用 MSPM0C1104 和 MSPM0C1106 时必须添加电阻器或开关。

4.2 软件设置

- 安装 CCS20.1.1 或更高版本
- 安装 Sysconfig 1.23.0 或更高版本
- 安装 SDK 2_04_00_06 或更高版本
- 点击用于下载软件包的[链接](#)

4.3 运行演示代码

1. 按前面几节所述连接硬件。
2. 将演示代码导入 CCS。
3. 如果在文件 fan_control_host.c 中将 MSPM0C1104 用作风扇控制器，打开项目 FAN_Control_host_LP_MSPM0L1306 并注释掉 `#define MSPH3216_6FANs`。如果用户未连接到硬件中的风扇，请注释掉风扇操作代码。
4. 编译项目 FAN_Control_host_LP_MSPM0L1306 并将项目下载到 LP-MSPM0L1306 中。
5. 根据使用的电路板编译项目 FAN_Controller_MSPM0C1104 或 FAN_Controller_MSPM0H3216，并将项目下载到电路板中。
6. 使两个电路板保持通电，运行逻辑分析仪，然后按 LP-MSPM0L1306 上的复位按钮以重新发送命令，或使 FAN_Control_host_LP_MSPM0L1306 项目启动调试模式并开始运行调试模式。当所有风扇在运行后停止时，暂停代码并添加 `temp_c4` 来观察窗口以获取温度结果。
7. 风扇从 FAN1 开始依次运行至 FAN4/6，并同时停止运行。
8. [图 4-1](#) 显示了用 Saleae 捕获的信号（Saleae 只有八个通道。仅捕获了几个信号）。使用 I2C 命令分析信号，以验证 Saleae 是否符合预期。

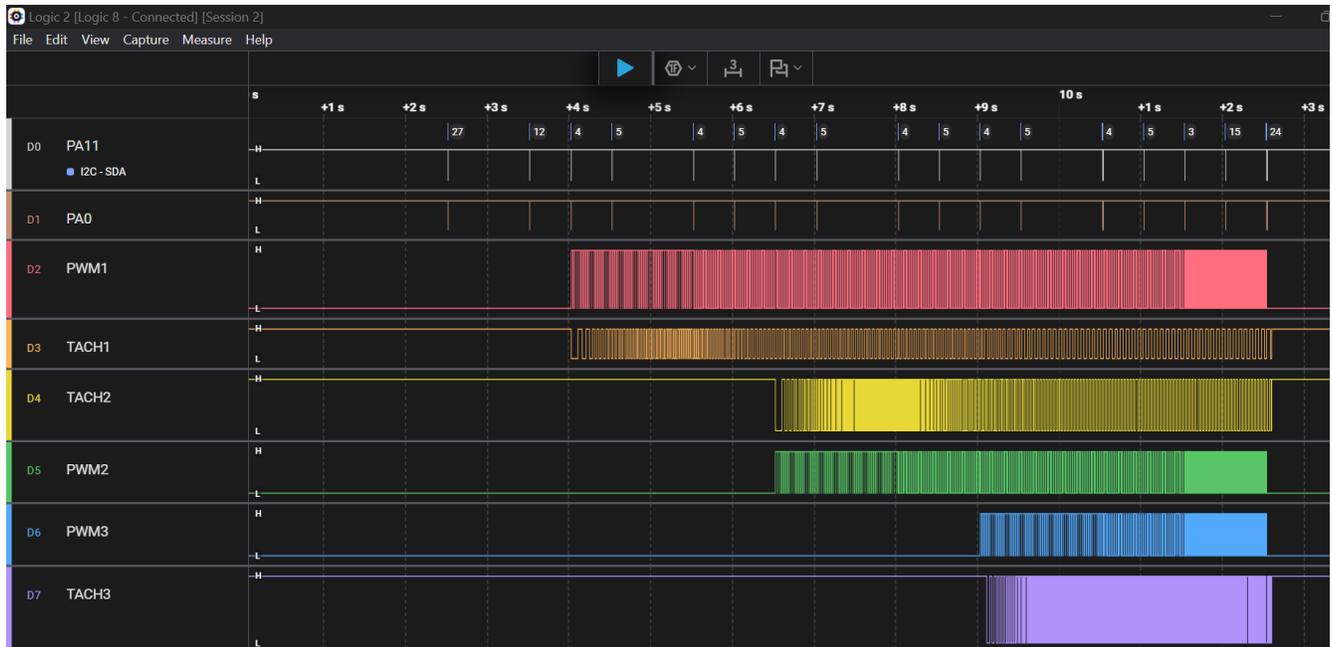


图 4-1. Saleae 捕获的测试结果很少

5 总结

本应用手册提供了基于 MSPM0C1104、MSPM0C1106、MSPM0H3215 和 MSPM0H3216 的两种不同类型的风扇控制器设计。这两种控制器都由 I2C 总线控制，可以执行温度检测和风扇故障检测。经验证的功能在最终测试期间运行良好。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [MSPM0 C 系列 24MHz 微控制器](#), 技术参考手册。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司