

1. 产品概述

VCM1196L 是一款专为无人机导航开发的低功耗三轴磁传感器。它在这种小型芯片内集成了 AMR 磁传感器和高精度 ASIC 处理电路，具有低噪声、高精度、低功耗、零点偏移消除等优点。

VCM1196L 基于各向异性磁阻（AMR）原理和 CMOS 技术、线性三轴磁传感器以及定制设计的 18 位 ADC 和电源调制的 ASIC 处理电路，并通过 I²C 串行总线输出数字信号。

VCM1196L 采用 3x3x0.9mm³ LGA 的封装形式，便于自动化表面贴装。

2. 主要功能

特点	功能优势
采用 3x3x0.9 mm ³ 栅格阵列封装（LGA）	体积小，易于贴片化安装，适用于高度集成的产品需求
宽温度范围：-40~85℃	温度稳定性好
低噪声 AMR 传感器以及 18 位 ADC 实现 2mGs 磁场分辨率	<1° 的高航向精度，可用于各类导航应用
宽磁场范围：±8Gs	最大限度地提高传感器的全动态感应磁场范围和分辨率
I ² C（标准、快速模式）接口	高速数字输出
低工作电压（2.16V~3.6V），低功耗	适用于各类电池供电的应用
无铅封装结构	符合 RoHS
提供软件和算法支持	可提供硬磁、软磁方案支持和自动校准技术提供

3. 应用程序

流量检测	典型应用包括地磁车速和流量检测
消费类电子产品	典型应用包括门锁位置检测、扫地机器人方向控制等
导航	典型的应用包括自动导航系统、医疗导航设备等

4. 模块/电路图

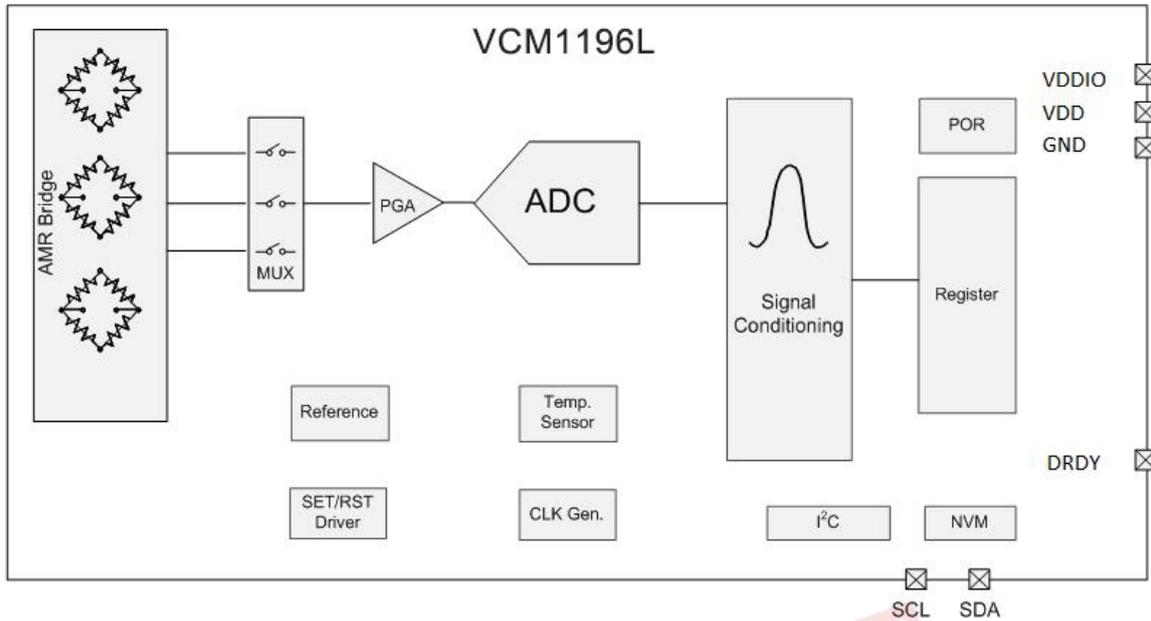


图 1 功能框图

表 1 模块功能说明

模块	功能
AMR Bridge	三轴 AMR 电桥
MUX	传感器通道的多路复用器
PGA	传感器信号的可编程增益放大器
ADC	18 位模数转换器
Signal Conditioning	磁信号校准和补偿的数字模块
I2C	逻辑数据 I/O 接口
NVM	校准参数的非易失性存储器
SET/RST Driver	初始化磁传感器的内部驱动器
Reference	内部偏置的电压/电流基准
Clock Gen.	内部调制的内部振荡器
POR	上电复位
Temperature Sensor	内部灵敏度/失调补偿和温度输出的温度传感器

5. 绝对最大额定值

表 2 绝对最大额定值（除非另有说明，否则均在 25℃下测试）

参数	符号	最小值	最大值	单位
I/O 供电电压	VDDIO	-0.3	5.4	V
供电电压	VDD	-0.3	5.4	V
工作温度	TA	-40	125	°C
磁场强度（所有方向）	H	-	50000	Gs
回流焊分类	-	MSL 3, 260°C 峰值温度		

6. 电气性能

表 3 电气性能（*除非另有说明，否则均在 25℃下进行测试）

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作电压	VDD	2.16	-	3.6	V
I/O 供电电压	VDDIO	1.65	-	3.6	V
待机电流	VDD 和 VDDIO 上的总电流	-	5	-	uA
工作电流	正常模式	-	2.5	-	uA
传感器磁场范围	满量程	-8	-	+8	Gauss
灵敏度 [1]	磁场 = $\pm 8G$	-	11000	-	LSB/G
线性度 (最佳拟合线性曲线)	磁场 = $\pm 8G$	-	0.05	-	%FS
磁滞	满量程	-	0.1	-	%FS
交叉轴灵敏度	交叉场 = 1 Gauss, 感应场 = ± 2 Gauss	-	0.05	-	%/G
零点偏移	-	-	± 10	-	mG
灵敏度温度系数	Ta = -40°C~85°C	-	± 0.05	-	%/°C
噪声峰峰值	-	-	0.7	-	mG
数字分辨率	随增益变化	0.1	-	1.0	mGauss
磁场分辨率	采集 100 个数据的标准差, FS= $\pm 2G$	-	1.2	-	mGauss
数据输出速率	-	-	600	-	Hz
X-Y-Z 正交性	-	-	90 ± 1	-	degree
工作温度	-	-40	-	85	°C
ESD	HBM 模式	5500	-	-	V
	CDM 模式	750	-	-	

注： [1]灵敏度在零场时进行校准，在高场时略有降低。

7. I/O 特性

表 4 I/O 特性

参数	符号	管脚	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压高电平	VIH1	SDA, SCL	-	$0.7 \cdot V_{DDIO}$	-	$V_{DDIO} + 0.3$	V
输入电压低电平	VIL1	SDA, SCL	-	-0.3	-	$0.3 \cdot V_{DDIO}$	V
输出电压高电平	VOH	INT	输出电流 \geq -100uA	$0.8 \cdot V_{DDIO}$	-	-	V
输出电压低电平	VOL	INT, SDA	输出电流 \leq 1mA (SDA)	-	-	$0.2 \cdot V_{DDIO}$	V

8. 封装引脚配置

8.1 封装三维视图

箭头指向为正常测量配置中产生负输出读数的磁场方向。

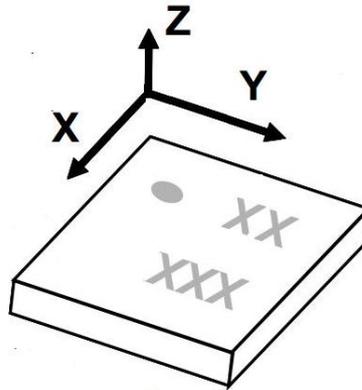


图 2 封装 3D 图

表 5 管脚功能说明

管脚编号	管脚名称	功能说明
1	SCL	串行时钟-I ² C 主/从时钟
2	VDD	电源 (2.16V~3.6V)
3	NC	不连接
4	VDD	电源
5	NC	不连接
6	NC	不连接
7	NC	不连接
8	SETP	设置/复位的正端
9	GND	地
10	C1	连接存储电容 (C1)
11	GND	地
12	SETC	连接 S/R 电容 (C2)
13	VDDIO	IO 电源 (1.71V~VDD)
14	NC	不连接
15	NC	不连接
16	SDA	串行数据-I ² C 主/从数据

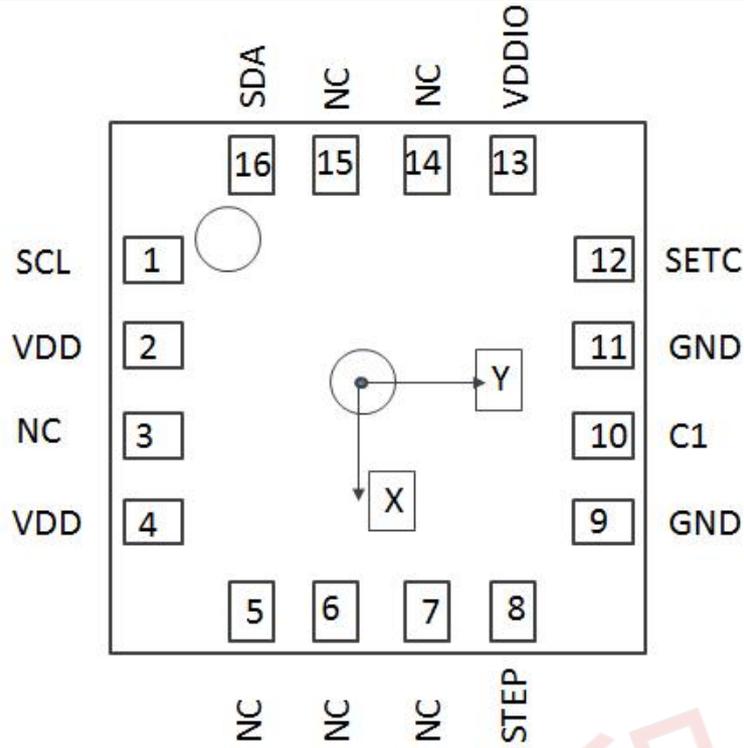


图 3 顶部视图（透视图）

8.2 封装

8.2.1 封装类型

LGA（栅格阵列封装）

8.2.2 封装尺寸：

3mm（长）*3mm（宽）*0.9mm（高）

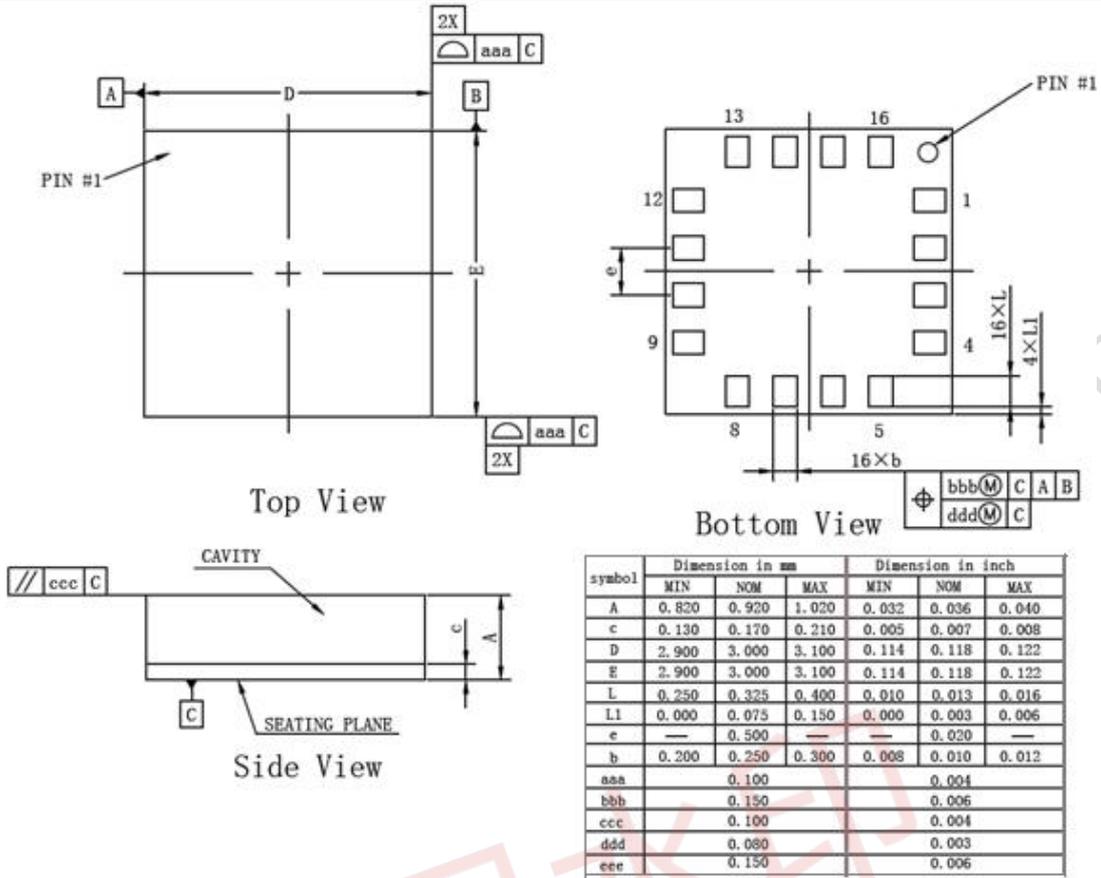


图 4 封装尺寸

8.2.3 丝印标记:

丝印说明:

TEXT1:D-固定代码, C:版本

TEXT1:VT:Vtran 标志

TEXT1:XXXX: 产品批号

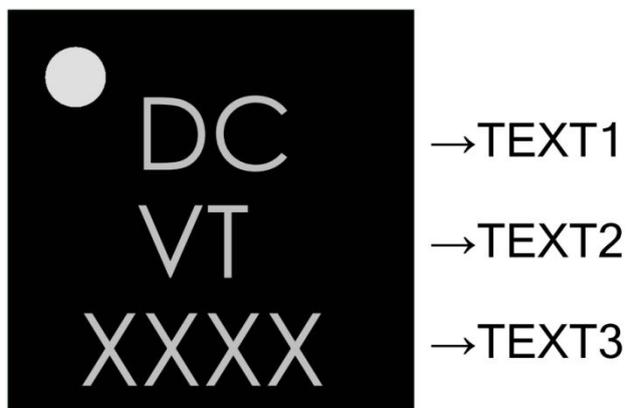


图 5 芯片表面丝印

9. 外部连接

9.1 电源连接

9.1.1 单电源连接

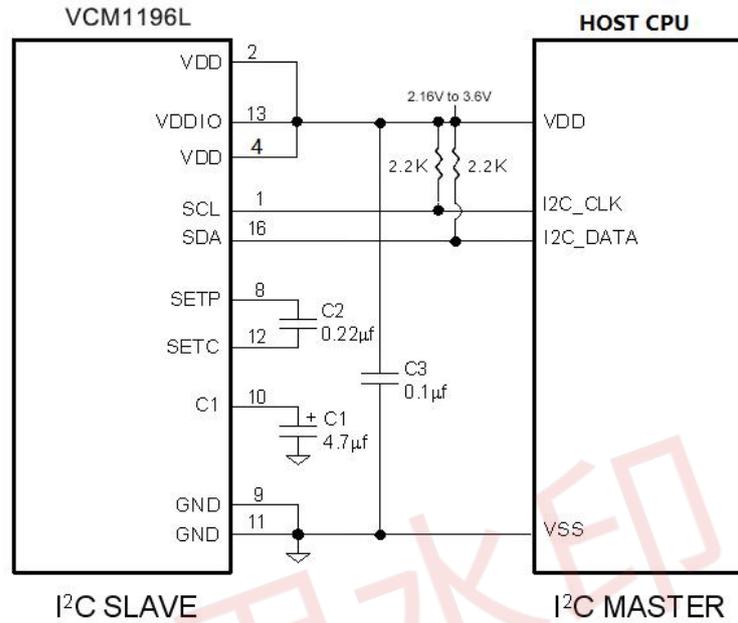


图6 单电源连接电路

9.1.2 双电源连接

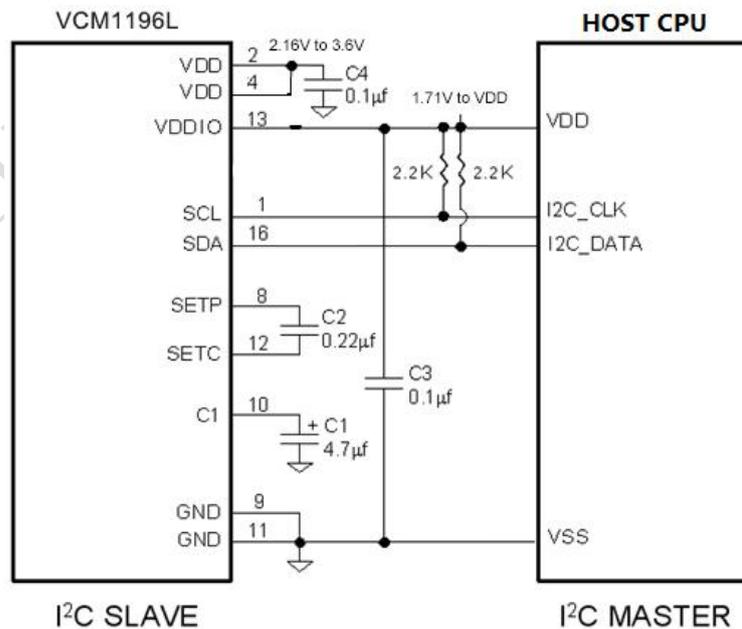


图7 双电源连接电路

9.2 安装注意事项

以下是 VCM1196L 推荐的印刷电路板（PCB）管脚示意图。由于焊盘的间距较小，因此焊盘应居中在 PCB 管脚中。

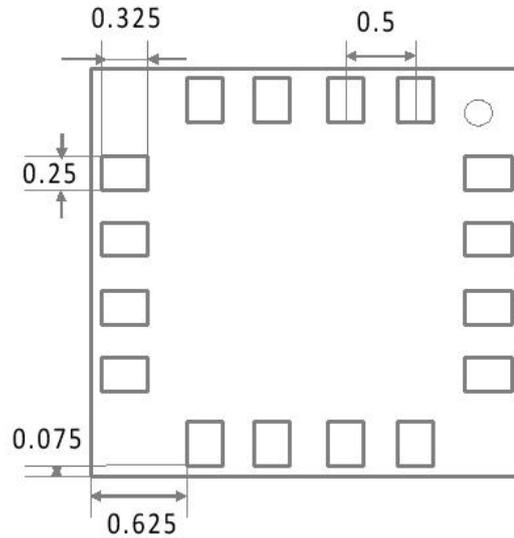


图 8 VCM1196L PCB 管脚

9.3 布局注意事项

建议所有可能含铁（镍等）材料的部件远离 PCB 两侧的传感器，以及在任何 PCB 层中的传感器下方/附近都没有导电铜线。

9.3.1 焊锡膏

对于传感器的焊盘，建议采用 4 mil 的钢网和 100% 的锡膏覆盖率。

9.3.2 回流焊

该器件被归类为 MSL 3，峰值回流温度为 260°C。根据 JEDEC 的规定，如果零件在组装前没有保持在连续干燥（<10%RH）的环境中，则 MSL 3 等级的器件需要在焊接前进行烘焙。更多信息请参考 IPC/JEDEC 标准 J-STD-033。VCM1196L 不需要特殊的回流焊曲线，它与铅共晶和无铅焊膏回流焊曲线兼容。VTRAN 建议采用焊膏制造商的指南。不建议手工焊接。

9.3.3 外部电容器

外部电容器 C1 应为具有低 ESR 特性的陶瓷电容。确切的 ESR 值并不重要，但建议小于 200 mΩ。电容 C1 的标称电容为 4.7 μF，设置/复位电容 C2 的标称电容为 0.22 μF。许多小型 SMT 陶瓷电容器 (0402) 可能不具有低 ESR 特性，因此请准备好增加电容器的尺寸以获得低 ESR 特性。

10. 基本功能模块工作说明

10.1 各向异性磁阻传感器

VCM1196L 磁阻传感器电路由三轴传感器和专用集成电路 ASIC 组成。当直流电源施加到传感器的两个端子时，传感器将敏感轴方向上的任何施加磁场转换为差分电压输出。然后，ASIC 对信号进行放大和处理，以获得数字输出。

VCM1196L 磁阻传感器具有偏移消除功能，可消除传感器和 ASIC 零点偏移。同时，在每次测量前通过施加复位磁场以恢复磁状态，以确保高的测量精度。因此，VCM1196L 在大多数应用情况下不需要每次都进行校准，只需要在新系统中，或者系统更换新电池时校准一次即可。

10.2 电源管理

本产品有两个电源引脚。VDD 为所有内部模拟和数字功能模块供电。VDDIO 为数字 I/O 和逻辑供电。可以使用 VDDIO 等于 VDD（单电源模式）或 VDDIO 低于 VDD（双电源模式）工作。

使用时应打开两个电源引脚才能正常工作。当器件上电时，所有寄存器都由 POR 复位，然后器件转换到待机模式并等待进一步的命令。

表 6 提供了四种电源状态的参考。由于担心漏电流问题，禁止在电源状态 2 和电源状态 3 之间转换。

表 6 电源状态

电源状态	VDD	VDDIO	电源状态说明
1	0V	0V	器件关闭，无功耗
2	0V	1.65V~3.6V	器件关闭，VDD 上由于浮动电压导致的不可预测的漏电流。
3	2.16V~3.6V	0	器件关闭，电流与待机模式的相同
4	2.16V~3.6V	1.65V~3.6V	器件开启，正常运行模式，POR 后进入待机模式。

10.3 电源开/关时间

表 7 电源开/关所需的时间

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
POR 完成时间	PORT	VDD 和 VDDIO 在工作电压下准备进行 I2C 命令和模拟测量的时间	-	-	350	μs
电源关闭电压	SDV	器件断电电压	-	-	0.2	V
开机间隔时间	PINT	电压低于 SDV 到启用下一个 POR 所需的时间	100	-	-	μs

设备通电后，需要一段时间才能完全正常运行。外部电源需要一段时间才能使电压上升（PSUP），时间通常为 50 毫秒，但是其不受器件控制。上电复位时间段（PORT）包括复位所有逻辑、将 NVM 中的值加载到适当的寄存器、进入待机模式以及准备进行模拟测量的时间。与设备相关的电源开/关时间如表 7 所示。

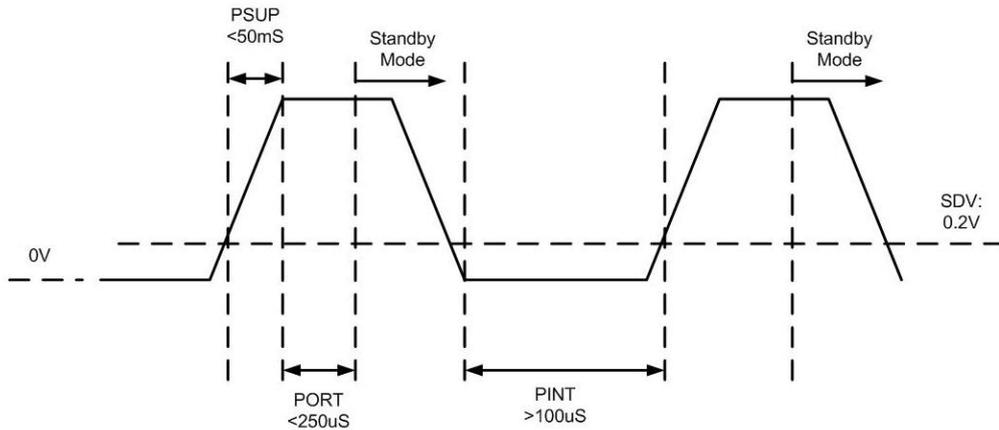


图 9 电源开启/关闭时间

10.4 通信总线接口 I²C

本产品将在主设备（如处理器）的控制下作为从设备连接到串行接口总线，通过 I²C 接口进行控制输出。

本产品符合 I²C 总线规范，文档编号：9398 393 40011。作为 I²C 兼容器件，其具有 7 位串行地址，支持 I²C 协议。支持标准和快速模式，频率分别为 100kHz 和 400kHz。需要外部上拉电阻来支持所有工作模式。

10.5 内部时钟

该产品具有用于内部数字逻辑功能和定时管理的内部时钟。此时钟不可供外部使用。

11. 工作模式

11.1 模式转换

本产品有两种不同的操作模式，由寄存器位“MODE”进行控制选择。这两种模式的主要目的是用于电源管理，通过改变模式位的 I²C 命令，模式可以相互转换，工作（转换）流程如下所示。默认模式为待机状态。

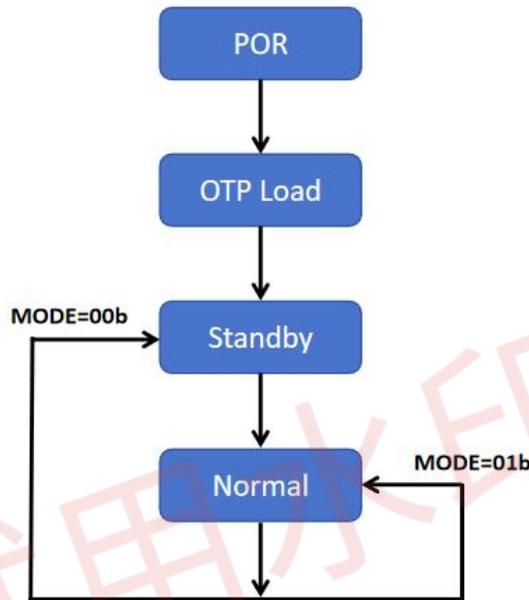


图 10 工作流程示意图

11.2 读取顺序

可以按照以下步骤完成完整的磁力计数据读取。

数据保护，如果访问六个数据寄存器中的任何一个，则数据保护启动。在数据保护期间，在读取最后一位 05H 之前，无法更新数据寄存器。

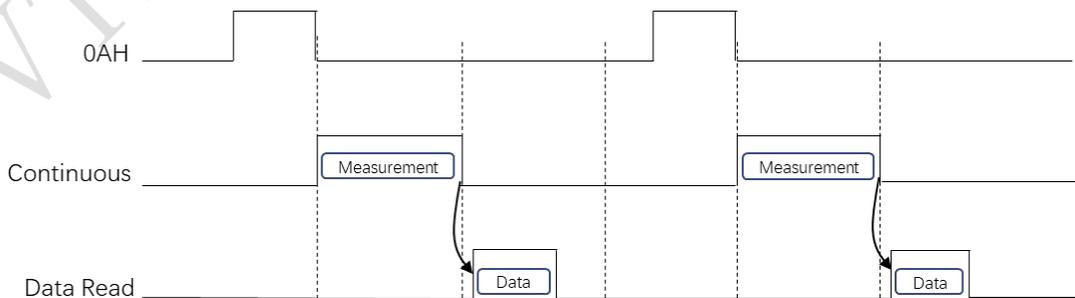


图 11 单次读取序列

11.3 待机模式

待机模式是开机、POR 和软复位时产品的默认状态。在这种模式下，一些模块处于正常工作状态，这确保了模式快速切换。同时，寄存器值由低功耗管理器来保持，I²C 接口可以通过读取或写入任何寄存器来唤醒。待机模式下没有磁力计测量，内部时钟也处于停止状态。

12. 测量示例

12.1 测量示例

寄存器 0AH 写入 0x41，
读取数据寄存器 00H~05H。

12.2 待机模式示例

寄存器 0AH 中写入 0x40。

12.3 软复位示例

寄存器 0BH 写入 0x80。

13. I²C 通信协议

13.1 I²C 时序

下表和图表描述了 I²C 通信协议时间。

表 8 I²C 时序

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位
SCL Clock	f _{scl}	0	-	400	kHz
SCL Low Period	t _{low}	1	-	-	μs
SCL High Period	t _{high}	1	-	-	μs
SDA Setup Time	t _{sudat}	0.1	-	-	μs
SDA Hold Time	t _{hddat}	0	-	0.9	μs
Start Hold Time	t _{hdsta}	0.6	-	-	μs
Start Setup Time	t _{susta}	0.6	-	-	μs
Stop Setup Time	t _{susto}	0.6	-	-	μs
New Transmission Time	t _{buf}	1.3	-	-	μs
Rise Time	t _r	-	-	-	μs
Fall Time	t _f	-	-	-	μs

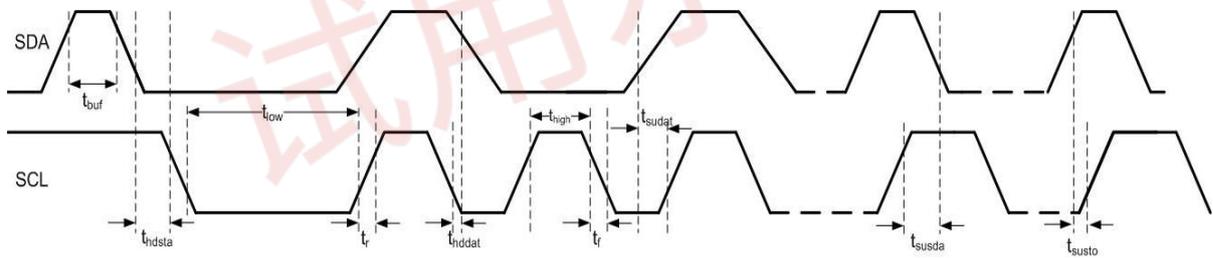


图 12 I²C 时序图

13.2 I²C 读/写工作流程

13.2.1 相关名词缩写

表 9 相关名词缩写说明

SACK	从设备应答
MACK	主设备应答
NACK	不应答
RW	读/写

13.2.2 开始/停止/结束

开始：数据传输在 SDA 上从高电平开始转换，而 SCL 保持高电平。一旦 I²C 传输开始，总线就被视为繁忙。

停止：STOP 条件是 SDA 线上由低电平到高电平转换，而 SCL 保持高电平。

ACK：必须应答传输的每个数据字节。主设备端必须在确认脉冲期间释放 SDA 线，而从设备端则将 SDA 拉低，使其在引发时钟周期的高电平期间保持稳定的低电平。

NACK：如果从设备端在应答时钟周期的高电平期间没有使 SDA 下拉，则主设备端将其识别为 NACK。

13.2.3 I²C 地址

默认 I²C 地址为 0C： 0001100。

13.2.4 I²C 写

I²C 写入序列从主设备端生成的启动条件开始，后跟 7 位从设备地址和写入位（R/W=0）。从设备端发送一个应答位（ACK=0）并释放总线。主设备端发送单字节寄存器地址。从设备端再次应答，传输并等待 8 位数据，该数据应写入指定的寄存器地址。从设备端确认数据字节后，主设备端生成停止信号并终止写入协议。

表 10 I²C 写

START	Slave Address							R W	SACK	Register Address (0x0A)							SACK	Data (0x01)							SACK	STOP		
	0	0	0	1	1	0	0			0	0	0	0	1	0	1		0	0	0	0	0	0	0			1	1
	0	0	0	1	1	0	0	0		0	0	0	0	1	0	1	0		0	0	0	0	0	0	1	1		

13.2.5 I²C 读

I²C 读序列由一个字节的 I²C 写序列和随后的 I²C 读序列组成。启动条件在这两个序列中间生成。I²C 写入序列对从设备端进行寻址，并发送要读取的寄存器地址。在从设备端应答传输后，主设备端再次生成一个启动条件，并将从设备端地址与读取位（R/W=1）一起发送。然后主设备端释放总线并等待从设备端读出数据字节。在每个数据字节之后，主设备端必须生成一个应答位（ACK = 0）以启用进一步的数据传输。来自主设备端的 NACK 会阻止从设备端传输数据。从设备端释放总线，以便主设备端可以生成 STOP 条件并终止传输。

寄存器地址自动递增，可以按顺序读出多个字节。一旦新的数据读取传输开始，起始地址将设置为当前 I²C 写入命令中指定的寄存器地址。

表 11 I²C 读

START	Slave Address							R W	SACK	Register Address (0x00)							SACK									
	0	0	0	1	1	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0										
START	Slave Address							R W	SACK	Data (0x00)							MACK	Data (0x01)								
	0	0	0	1	1	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	1	
MACK	Data (0x02)							MACK	MACK							MACK	Data (0x07)							MACK	STOP
	0	0	0	0	0	0	1			0	0	0	0	0	0	1		1	1							

14. 寄存器

14.1 寄存器表

下表列出了设备中的 8 位寄存器及其各自的功能和地址。

表 12 寄存器表

地址	7	6	5	4	3	2	1	0	访问功能
00H	X 轴数据输出 XOUT<9:2>								只读
01H	X 轴数据输出 XOUT<17:10>								只读
02H	Y 轴数据输出 YOUT<9:2>								只读
03H	Y 轴数据输出 YOUT<17:10>								只读
04H	Z 轴数据输出 ZOUT<9:2>								只读
05H	Z 轴数据输出 ZOUT<17:10>								只读
06H			Z 轴数据输出 ZOUT<1:0>		Y 轴数据输出 YOUT<1:0>		X 轴数据输出 XOUT<1:0>		只读
0AH							MODE		读/写
0BH	SOFT_R ST						SET/RESET MODE		读/写
0CH	Chip ID								只读

***警告：**寄存器中所有未定义的位必须写入“0”，如果写入“1”，芯片的功能和性能将受到很大影响，甚至芯片也可能损坏。

14.2 寄存器定义

14.2.1 数据输出寄存器

寄存器 00H ~ 05H 存储了来自磁传感器对每个轴的连续测量数据。在正常测量模式下，输出数据会自动刷新。无论 I²C 的读取状态如何，数据都保持不变，直到新数据替换它们。每个感应轴有补码形式的 18 位数据宽度，寄存器 01H/03H/05H 的 MSB 表示每个轴的输出信号的高位。每个通道的输出数据在 -131072 和 131072 之间饱和。

表 13 数据输出寄存器

地址	7	6	5	4	3	2	1	0
00H	X 轴数据输出 XOUT<9:2>							
01H	X 轴数据输出 XOUT<17:10>							
02H	Y 轴数据输出 YOUT<9:2>							
03H	Y 轴数据输出 YOUT<17:10>							
04H	Z 轴数据输出 ZOUT<9:2>							
05H	Z 轴数据输出 ZOUT<17:10>							

06H		Z 轴数据输出 ZOUT<1:0>	Y 轴数据输出 YOUT<1:0>	X 轴数据输出 XOUT<1:0>
-----	--	----------------------	----------------------	----------------------

14.2.2 控制寄存器

两个 8 位寄存器用于控制器件配置。

控制寄存器 1 地址为 0BH，通过设置软复位（SOFT_RST）来启用自动设置/复位功能。

控制寄存器 2 地址为 0AH，其用来设置操作模式（MODE）。

MODE 位可以在设备中更改操作模式为待机模式或正常模式。待机模式仅支持模拟和数字的基本功能，无需任何测量。正常模式在连续测量状态下运行。上电复位（POR）后的默认模式为待机模式。在模式之间的切换没有任何限制。

SET/RESET 功能是通过在传感器 S/R+和 S/R-之间产生脉冲电流来实现的。当施加设置脉冲时，磁力计敏感轴上的输出灵敏度为正。当施加复位脉冲时，磁力计敏感轴上的输出灵敏度为负。总而言之，SET/RESET 的功能是恢复 AMR 内置磁场的初始状态。

表 14 控制寄存器

		地址	7	6	5	4	3	2	1	0
控制寄存器 1		0BH	SOFT_RST						SET/RESET	
	Reg.	定义		0			1			
	SOFT_RST	将寄存器复位至默认值		Normal			Reset and Clear			
	Reg.	定义		00	01	10	11			
	SET/RESET	SET/RESET 模式		SET/RESET		SET		NO SET/RESET		Reserve
		地址	7	6	5	4	3	2	1	0
控制寄存器 2		0AH		1					MODE	
	Reg.	定义		00			01			
	Mode	模式控制		Standby			Normal			

可以通过更改寄存器 SOFT_RST 的设置来完成软复位。可以在任何模式下的任何时间调用软复位。例如，如果在正常模式读取的中间发生软复位，则 VCM1196L 会立即切换到待机模式，因为默认情况下所有寄存器都重置为“00”。

SOFT_RST：“0”：正常；“1”：软复位，恢复所有寄存器的默认值。

14.2.3 芯片 ID 寄存器

此寄存器是芯片身份识别寄存器，其返回位为 0x82。

表 15 芯片 ID 寄存器

地址	7	6	5	4	3	2	1	0
0CH	1	0	0	0	0	0	1	0

订购信息

产品型号	温度范围	封装	包装
VCM1196L-TR	-40°C~85°C	LGA-16	卷带: 3k 片/卷