

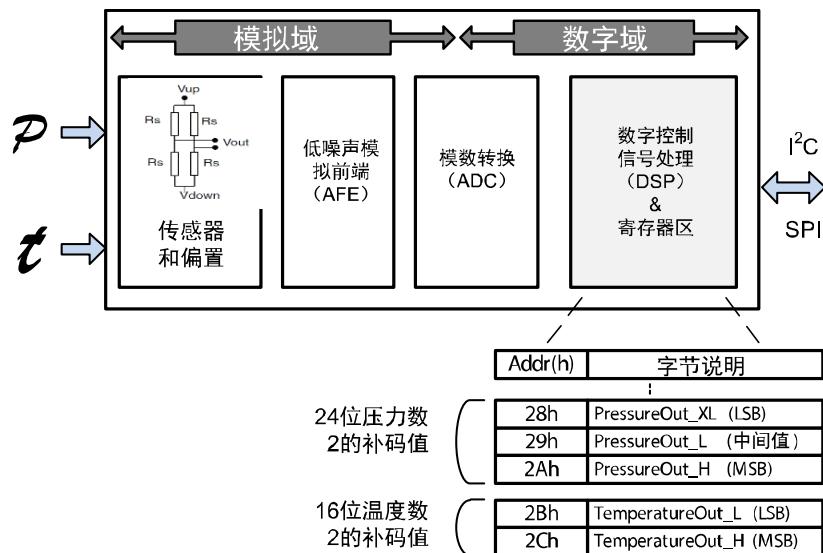
如何解释 LPS22HB 压力传感

前言

本技术笔记的目的为回顾二进制的补码表示，以方便 LPS22HB 压力传感器的设计，指导用户解读器件寄存器中的压力和温度值。MEMS 压力传感器测量绝对压力 (P) 和温度 (t)，并将这些值储存在二进制的补码寄存器中，可通过 I²C 或 SPI 主机接口读取它们。

压力传感器将压力储存为一个 24 比特的字。这两个值都作为二进制的补码整数储存，如下所示。

图 1. 压力传感器模数数据流



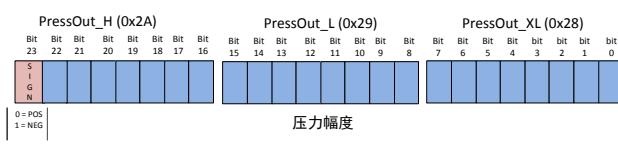
1 为什么我们使用二进制的补码

测量模拟值并将该数据储存在数字域有一个有趣的难题。我们如何在数字系统中表示负数的模拟值？我们如何处理 0 这个数？

计算系统使用二进制的补码来简化处理负数和减数所需的处理逻辑。为加法设计的电路可通过使用二进制的补码处理负数。这降低了需要额外电路处理减法的需要以及基于符号额外切换电路的需要。多数的现代计算机，如 MCU 和 DSP 都使用二进制的补码表示。

若一个寄存器定义为二进制的补码，则一般来说最高字节（MSB）的最高位（msb）表示正负号，如下图所示。若寄存器的 msb 为 1，则该数为负数，我们会使用二进制的补码。若该位为 0，则该整数为正数，无需转换。

图 2. 符号位表示了一个值是正数还是负数



2 如何获得以 mbar 为单位的压力值

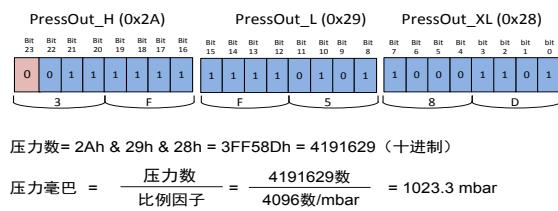
压力传感器在 3 个寄存器中以原始数储存压力值: PressOut_H、PressOut_L 和 PressOut_XL。PressOut_H 寄存器的最高位表示极性。若符号位为 0, 则该值为正, 以 mbar 为单位的压力值可通过将该十进制数除以比例因子 4096 确定。符号位为 1 表示负值, 所以我们首先得到整个字的二进制的补码, 然后除以 4096。

请注意, 符号位决定了我们是否应该执行二进制的补码操作。3 个字节连起来形成一个 24 位的字, 整个字以二进制的补码(而不是单个字节)表示。

当读取压力值时, 注意字节顺序非常重要。在自动增加模式, 当地址自动增加时, 这尤其重要。设计者应正确组装 24 位的端序格式(压力数 = 2Ah & 29h & 28h)。

可使用自动归零特性, 将器件配置为报告差值压力。实际的压力输出值会复制到 REF_P_H、REF_P_L 和 REF_P_XL 寄存器, PressOut()寄存器含有当前压力和参考压力之差。所以 PressOut()寄存器可能含有负值。当器件存在缺陷时, 也可能产生负值。因此, 当未使用自动归零特性时, 可在启动操作期间将它用于自测试。下图中显示了当符号位为 0 时的压力计算示例。

图 3. 压力示例: 符号位为 0, 这是正值



可通过设置 CTRL_REG2 (0x21h) 中的第 1 位启用自动归零特性。

3 如何获得以°C为单位的温度值

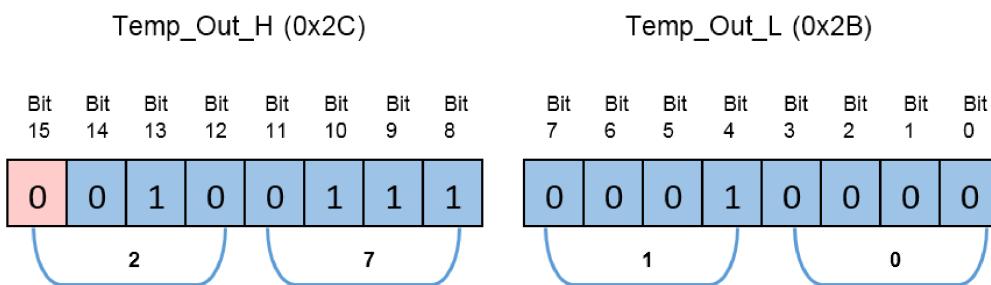
LPS22HB 还含有温度传感器，用于补偿压力传感器。温度数据还可用于外部应用。温度原始数储存于寄存器 **Temp_Out_H** (2Ch) 和 **Temp_Out_L** (2Bh) 中。如需要，可通过计算二进制的补码，然后执行缩放，确定以°C为单位的温度。

以°C为单位的温度计算如下：

$$\text{Temperature in } ^\circ\text{C} = \left\lfloor \frac{\# \text{ counts}}{\text{scale}} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{\# \text{ counts}}{100 \text{ counts}/^\circ\text{C}} \right\rfloor \quad (1)$$

符号位为 0 时，LPS22HB 的温度计算示例如下所示。

图 4. 温度示例：符号位为 0，这是正值



$$\text{温度数} = 2\text{Ch} \& 2\text{Bh} = 2710 = 10000 \text{ 数目}$$

$$\text{以 } ^\circ\text{C 为单位的温度} = \left\lfloor \frac{\text{数目}}{\text{比例因子}} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{10000 \text{ 数}}{100 \text{ 数}/^\circ\text{C}} \right\rfloor = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

同样，温度字中的 MSB 等于 1 表示负值。若需得到温度，我们首先得到整个字的二进制的补码，然后执行缩放。当读取温度值时，注意字节顺序也非常重要。在自动递增模式中这尤其重要，其中地址 2Bh 先读，地址 2Ch 后读。设计者应正确组装 16 位的端序格式（温度数 = 2Ch & 2Bh）。

在器件中，下述寄存器为二进制的补码。器件中的所有其它寄存器都是无符号数或按位表示（非负）。

表 1. 压力传感器二进制的补码寄存器

功能	字节	说明
PRESS_OUT()	2Ah & 29h & 28h	24 位绝对压力数据，或者当使用自动归零模式时，它含有 Ref_P() 和 Press_Out() 之间的压力差
TEMP_OUT()	2Bh & 2Ch	16 位温度数据
REF_P()	15h & 16h & 17h	在自动归零模式中，为从传感器输出测量减去 24 位压力数据
RPDS()	18h & 19h	该压力偏移值为 16 位数据，可用于实现焊接 LPS22HB 器件后的单点校准 (OPC)。

4

辅助资料

表 2. 相关的设计支持材料

文档类型	产品编号	标题
数据手册/ 数据摘要	LPS22HB	MEMS 压力传感器: 260-1260 hPa 绝对数字输出气压计
评估板	STEVAL-MKI109V2	eMotion: 意法半导体基于 STM32 的 MEMS 适配器主板。与基于 STM32F103 的所有 ST MEMS 适配器兼容。
	STEVAL-MET001V1	LPS22HB 面向标准 DIL24 插座的适配器板
用户手册	UM0412	DfuSe USB 设备固件升级意法半导体扩展入门
	UM0979	STEVAL-MKI109V1 和 STEVAL-MKI109V2 - eMotion 主板, 用于 MEMS 适配器主板
	UM1049	Unico 图形用户界面 (GUI)
	UM1064	Unico 精简版软件指南
应用笔记	AN4503	环境传感器: 用于 Android 的硬件抽象层

版本历史

表 3. 文档版本历史

日期	版本	变更
2015 年 11 月 09 日	1	初始版本。

1	为什么我们使用二进制的补码	2
2	如何获得以 mbar 为单位的压力值.....	3
3	如何获得以°C 为单位的温度值.....	4
4	辅助资料.....	5
	版本历史	6
	目录	7

重要通知 - 请仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和/或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于 ST 产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对 ST 产品的选择和使用，ST 概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

ST 不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的 ST 产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致 ST 针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标是 ST 的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2019 STMicroelectronics - 保留所有权利