

# USB 磁强计用户手册

版本号: 4.0.1

2020年02月13日

# 目录

| 简介                         | 3  |
|----------------------------|----|
| 安装                         | 6  |
| 排除安装故障                     |    |
| 图形用户界面(GUI)的操作             |    |
| 主运行时窗口                     |    |
| 快捷键的详细说明                   |    |
| 文件菜单的详细说明                  |    |
| 配置菜单的详细说明                  |    |
| 安装串口子菜单的详细说明               |    |
| 生成模拟表子菜单的详细说明              |    |
| 生成数据图子菜单的详细说明              | 17 |
| 视图菜单的详细说明                  |    |
| 视图模式                       |    |
| 数字转换菜单的详细说明                | 21 |
| 命令行实用程序子菜单的详细说明            | 22 |
| 传感器菜单的详细说明                 | 23 |
| 校准系数子菜单的详细说明               | 24 |
| 读取之间延迟子菜单的详细说明             | 25 |
| 交流耦合子菜单的详细说明               |    |
| 重设为默认子菜单的详细说明              | 27 |
| 默认启动设置                     |    |
| 同时读取多个 USB 磁强计             |    |
| 磁强计校准                      |    |
| 采用校准磁铁对 USB2510x 系列磁强计进行校准 |    |
| 横向磁强计校准步骤                  |    |
| 轴向磁强计校准步骤                  |    |
| 磁强计调零                      |    |
| 基于校准步骤的调零                  |    |

| 分辨率与噪声                |    |
|-----------------------|----|
| 磁强计的线性化               |    |
| 磁强计的正交性               | 40 |
| 导出数据                  | 41 |
| 直接导出                  | 41 |
| 数据记录                  | 41 |
| 测量举例                  | 42 |
| 一节7号电池周围的磁场分布         | 42 |
| 经过静止磁强计的含铁物体          | 43 |
| 文档中隐藏的磁性签名            | 44 |
| 数据输出格式                |    |
| ASCII                 |    |
| 二进制                   | 46 |
| 二进制算法                 | 46 |
| USB 端口编程              | 49 |
| 串行端口命令                | 50 |
| 使用 RS-232 终端模拟器进行串口操作 | 53 |
| 自定义软件开发               | 55 |
| 自定义固件开发               |    |
| 升级 USB 磁强计固件          | 63 |

# 简介

多维科技 USB 磁强计是用于测量频率低于约 250 Hz 磁场的数字化产品系列。多维科 技 USB 磁强计是结合了多维科技 TMR 2705 TMR 全桥磁场传感器或其它磁场传感器与即 插即用 USB 数据采集电子设备所形成的低成本数字磁强计。这种设计使得用户可以直接使 用多维科技所特有的图形用户界面(GUI),该界面由终端模拟器程序控制,可以集成到 用户自定义编写的程序中。该 GUI 可以在微软 Windows 平板、笔记本电脑、台式机、或安 卓设备上运行。此外,用户可通过免费开源的 Arduino 开发工具对磁强计的电子电路进行 重新编程。多维科技 USB 磁强计使用户在使用多维科技 TMR 传感器、传感器应用程序实 验时,以及开发微码和算法时更加简便,可以说它是一款极其完备的开发工具。

#### 应用

- 高精度、低速率(小于 250 Hz)的磁场测量
- 磁场范围依赖于传感器的系列(介于1mOe 到 40 Oe, 介于 1Oe 到 30,000 Oe)
- 数据采集系统
- 剩余磁通检测
- 无损检测
- 磁性物体的运动和场
- 磁场数据记录
- 电流测量
- 磁性物体的检测
- 实验室测量
- 传感器信号处理算法开发

特点

- 高精度 TMR 磁场传感器或高强度磁场霍尔传感器
- 直接从 USB 端口操作,功耗低
- USB 即插即用
- 能够同时运行多个 USB 传感器
- 完全开放式的结构和记录界面支持自定义代码开发
- 可以与任何使用串行端口的编程语言相兼容
- 可以直接在 Windows、Mac 等上的终端模拟器程序一起使用
- 成本低,可视作一次性应用

- USB 连接器的数据采集硬件自带一个 bootloader 引导装载程序,运用免费的 Arduino 软件通过 USB 端口可以对它进行自定义编程
- TMR 传感器无需专门设备就可以在地磁场中校准,而 Hall 传感器可以通过校准磁 铁校准
- 采用 Windows 的数据记录图形界面
- 标准的 FTDI USB 驱动程序兼具兼容性与可靠性

电子电路设计而不是传感器固有的局限性导致了多维科技 USB 磁强计的频率限制。该 系列产品经济实惠又能满足大部分用户测量的需求,因此,多维科技 USB 磁强计是用速度 换取了产品成本的降低。TMR 传感器的速度通常能达到几十 MHz。如有更高速度的测量应用 需求请向多维科技咨询。

多维科技单轴 USB 单轴磁强计的结构如下:



标有传感器位置的单轴 TMR 磁强计的放大图



三轴 USB 磁强计使用由铝管保护的三轴传感器,如下图所示:



塑料外壳配备保护罩,而传感器位于铝管末端,以提供更好的保护。



使用公母 USB A 扩展电缆可以延长 USB 磁强计的电缆,且不会降低其性能。

# 安装

安装在大多数情况下都很简单。在典型安装时,将 USB 磁强计插入 USB 插口, Windows 操作系统会自动安装正确的驱动程序来连接 USB 磁强计。用户只需把 USBMagVx.exe 文件拷到计算机上,然后运行即可。操作步骤概括如下:

- (1) 将 USB 磁强计插入 USB 端口, 允许操作系统安装 USB 串行端口驱动程序;
- (2) 拷贝 USBMagVx.exe 文件到选定目录。该可执行程序包含在 USB 磁强计目录中。

步骤(1)的详细说明——USB 磁强计首次插入计算机 USB 插口时,计算机操作系统会 搜索 USB 磁强计的 FTDI 串口转 USB 的转换芯片的驱动程序。USB 磁强计将作为 USB 串行 端口显示在设备管理器上。注意,在大多数情况下用户并不需要打开设备管理器。这里所 作的说明只是为了使描述清楚或满足调试需要。例如:在下面的截图里可以看到 USB 磁强 计显示为 COM34。串行端口是由操作系统分配的,USB 磁强计插入不同的计算机可能会被 分配不同的串行端口。同样地,当两个 USB 磁强计插入同一台计算机,这两个 USB 磁强计 也会被分配不同的串行端口。这允许在同一台计算机上操作多个磁强计。



当 USB 磁强计与计算机连接后,如果你看到一个新分配的"USB 串行端口 (COMxx)", 那就是操作系统已正确的安装好了 USB 磁强计驱动。可能还会有其它的 USB 串行端口,特 别是其它以 FTDI 为基础的设备,这取于用户所用的计算机。所以验证是否正确安装 USB 磁强计驱动最好的方式是将 USB 磁强计从计算机的 USB 端口移除并重新插入。注意,当驱 动为操作系统自动下载时,驱动安装可能需要将近 10 分钟左右的时间。大多数情况下, Windows 会提示它正在搜索及安装驱动。 在某些情况下,操作系统可能无法找到 FTDI 串行端口驱动。例如,这可能发生在没 有网络可用的时候。在这种情况下,可以手动安装 USB 串行端口驱动。可在以下网址下 载:

#### http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm

请为您的操作系统及计算机硬件下载适当的 VCP(虚拟串行端口)可执行安装程序。注 意,网站上也有 Windows、Mac、Linux 以及 Android 的驱动可供下载。

步骤 (2) 的详细说明——USB 磁强计用户界面可以拷贝到用户的计算机上,目前,该用 户界面仅可以用于 Windows 计算机,并且已经在 Window XP,7,8 和 10 上进行了验证, 安装程序位于:

<驱动器号>:\MDT Magnetometer\Current Version\USBMagVx.exe

该程序可以直接拷贝到桌面上,或者可以放置于程序文件夹中并在开始菜单中建立快捷操 作方式。在 Windows 10 中,可以按照如下进行操作:

- 找到 %appdata%\Roaming\Microsoft\Windows\Start Menu\Programs 位置, 在属 于你的用户账号处, 这样就不需要额外的特权;
- 2. 在该处建立一个文件夹并将 USBMagVx.exe 程序拷贝到文件夹;
- 3. 几分钟之后或者重新启动之后该文件夹将显示在你的开始菜单上。

程序安装好之后,请启动 USB 磁强计 GUI 程序。

新版 USB 磁强计 GUI 的安装串口窗口右下角有一个"筛选串行端口"复选框。用来告诉 软件只列出"选择端口1"与"选择端口2"下拉菜单中的串行端口。如果在这些下拉菜单中没 有显示端口数字,请确保 USB 磁强计已插入 USB 端口,且 USB 磁强计 FTDI 驱动业已安装 成功。如果以上都没有问题,取消选中然后再重新选中"筛选串行端口"复选框。这将重新 扫描端口。

| 6 MultiDimensior                         | Technology USB I                 | Magnetometer V4.0.1.0     |   |   | -   |  | ×  |
|--|----------------------------------|---------------------------|---|---|---|--|----|
| File Co                                  | nfigure View                     | • Digitizer               | Sensor Abou   | キャット 🗌  | COM   | Port Stat  | us |
|  | <b>JLTí</b><br>MENS<br>Sensing t | <b>SíON</b><br>the Future | 1. Select a CC<br>2. Open a CO<br>3. If desired, s<br>4. After desire<br>5. You may ch<br>6. You may re | DM port with probe attac<br>M port<br>elect a second COM po<br>d ports are selected, pr<br>ose and select a differe<br>turn to this page to cha | thed (no<br>ort, and o<br>ess 'Cor<br>nt COM<br>nge COM | et COM1)<br>open it<br>ntinue'<br>port<br>vi ports |    |
| Select Port 1                            | C0M29                            | ✓ Open Port               | Close Port  | Port 1 Closed   | atus  |  | 7  |
| Select Port 2                            | COM29                            | ✓ Open Port               | Close Port  |   |   |  |    |
| Read Buffer                              |                                  |                           |   |   | _   |  |    |
|  |                                  |                           |   |   |   |  | /  |
|  | Continue                         |                           |   |   |   |  |    |
| Optimize Ports (Administrator Mode Only) |                                  |                           |   |   |   |  |    |
| Exit Program                             |                                  |                           |   |   |   |  |    |
|  |                                  |                           |   | Fi  | lter CO   | Ports  | 2  |

下拉"选择端口 1"下拉菜单,为 USB 磁强计选择适当的端口。然后按"继续"按钮。此刻 也可以选择按下"终止"按扭退出程序。

如果未选中"筛选串行端口"复选框,选择了一个错误的端口也不必担心。软件在选定端口号后会自动检测设备。如果不正确,你会看到下面提示的信息:

| MultiDimension                           | Technology                  | USB Magnet          | tometer V4.0.1.0 |   |  |  | _   |   | ×   |
|--|-----------------------------|---------------------|------------------|---|--|--|---|---|-----|
| File Co                                  | nfigure                     | View                | Digitizer        | Sensor  | About  | 中文 🗌   | COM   | Port Stat   | tus |
|  | <b>ULT</b><br>MEI<br>Sensin | í<br>VSí (<br>g the | ON<br>Future     | 1. S<br>2. O<br>3. If<br>4. A<br>5. Y<br>6. Y | elect a COM p<br>pen a COM p<br>desired, sele<br>fter desired p<br>ou may close<br>ou may returr | port with probe att<br>out<br>ct a second COM p<br>orts are selected, p<br>and select a differ<br>n to this page to ch | ached (no<br>port, and<br>press 'Cor<br>ent COM<br>ange COI | ot COM1)<br>open it<br>ntinue'<br>port<br>M ports |     |
| Select Port 1                            | COM1                        | ~                   | Open Port        | Close   | Port   | Port s Probe 1: No valid pro   | Status<br>be at port  |   | 7   |
| Select Port 2                            | COM1                        | ~                   | Open Port        | Close   | : Port   |  |   |   |     |
| Read Buffer                              | Serial Port 1               | Opened              |                  |   |  |  |   |   | ^   |
|  |                             |                     |                  |   |  |  |   |   | ~   |
|  |                             |                     | Co               | ontinue                                       | I  |  |   |   |     |
| Optimize Ports (Administrator Mode Only) |                             |                     |                  |   |  |  |   |   |     |
| Exit Program                             |                             |                     |                  |   |  |  |   |   |     |
|  |                             |                     |                  |   |  |  | Filter CO   | M Ports   |     |

一旦选择了合适的端口,读取缓冲区对话窗口里就会显示"发现有效磁强计"的消息。 此外,如果足够快,会看见 USB 连接器的红色 LED 闪烁。

| 嘂 多维科技USB破 | 拉计 V4.0.1.0  |                      |      | -  |   |  | _  |      | × |
|------------|--|----------------------|------|--|---|--|--|------|---|
| 文件         | 記畫 視   | <u>₿</u>             | 数字转换 | 传感器  | <del>关</del> 于  | Chinese 🗹  | 串行   | 端口状态 | 5 |
| 多约         | 佳科   | <b>技</b><br>感 *      | 口未來  | 1. 逆<br>2. 打<br>3. 如<br>4. 花<br>5. 槃<br>6. 槃 | 选择一个带有<br>J开COM峭肌<br>D有需要,选<br>E选择所有需<br>&可以关闭并<br>&可以回到说 | 評探针的COM端□(非<br>□<br>【择并打开第二个COM<br>評要的COM端□后,点<br>評重新选择不同的COD<br>【全页面修改COM端[ | COM)<br> 端口<br>(击'继续'<br>4 <sup> 端口</sup><br>] |      |   |
| 法择端口1      | COM29  | ~                    | 打开端口 | 关闭   | <b>#•</b>   | ₽robe 1: Valid probe   | <b>状态</b>                                      |      |   |
| 选择端口2      | COM29  | ~                    | 打开端口 | 关闭   | <b>4</b> 0  |  |  |      |   |
| 读取缓冲器      | Serial Port 1 Ope<br>Hello<br>Hello<br>MDTUSBMAG3I | ened<br>D.V9.2020011 | 16   |  |   |  |  |      | • |
|            |  |                      | :    | 继续   |   |  |  |      |   |
|            | Ē  | <mark>侵优</mark> 化    | 串行端D | ](需要   | 管理  | <b>员权限)</b>  |  |      |   |
|            |  |                      |      | 退出   |   |  |  |      |   |
|            |  |                      |      |  |   |  | 筛选串  | 行端口  |   |

如果用户想要同时监控两个磁强计,那么第二个磁强计可以在此时打开。在任何情况下,在"继续"按钮被按下之后,程序将经历一个明显的初始化例行程序,用户将再次被导向到主查看窗口。



如果一切正常,数据就会开始导入到右下角的图表里,读取缓冲区和磁场显示会随着 测试的磁场值变化而变化。根据所使用的磁强计,通过在地磁场中移动磁强计或在磁强计 处移动磁铁来检测硬件响应,可以验证硬件是否在工作。

排除安装故障

如果 USB 磁强计在串行端口下拉菜单里没有显示为串行端口,那么检查一下是否是以下原因造成的:

- 1. USB 磁强计在设备管理器中有显示为 USB 串行端口吗?如果没有,尝试拔出 USB 磁强计再重新插入计算机的 USB 端口。如果仍然不行,则手动重装 FTDI 驱动。
- 2. 关闭并重启多维科技 USB 磁强计 GUI。
- 检查一下是否有其它的程序正在使用串行端口。多维科技 USB 磁强计 GUI 与终端 模拟程序不能同时运行。

# 图形用户界面(GUI)的操作

现在简要描述 GUI 的布局与特点。主运行时窗口如下图所示。

#### 主运行时窗口



项目1——运行时菜单区域。

项目 2——磁场 (Oe) 模拟表。

项目 3——语言选择复选框。

项目 4——串行端口错误 LED 指示灯。绿色代表运行正常,红色代表需要重启程序的错误。

- 项目 5——用于最小化、最大化和关闭窗口的快捷键。
- 项目 6——已选择的磁强计指示器。
- 项目 7——数字显示磁传感器检测到的磁场。

项目 8——后处理(PP) 指示器,用于指示是否对实时磁场大小坐标图进行了数据平滑处理。如果有需要,处理完成后会有一个活动窗口用来显示数据。

- 项目 9——用于指示启用数字转换的低通滤波器的指示器。
- 项目 10——实时磁场大小坐标图。

项目 11——设置运行时参数的快捷键。

项目 12——控制在运行时窗口上的模拟表和数字表中显示想要的磁强计、探测轴和量程。

项目 13——实时显示来自 USB 磁强计的串行端口输出值和图形用户界面消息。

项目 14——实时磁场大小坐标图中 H 的最大与最小值。当磁强计不处于自动量程模式时, 可以通过输入数值来手动更改这些项。

快捷键的详细说明

| 按扭名     | 功能  |  |  |  |  |
|---------|---|--|--|--|--|
| 定标      | 打开用于校准传感器灵敏度和失调电压的文本对话框   |  |  |  |  |
| 开/关失调磁场 | 应用或反过来移除一个失调电压值到传感器输出或从传感器输出应<br>用或反过来移除一个失调电压值。失调电压值是基于当前读数自动计<br>算出的。被移除后,失调电压会回到原始校准值。当有直流背景场时,<br>这对测量时调零非常有用。注意,开与关之间的切换取决于磁强计的<br>状态。 |  |  |  |  |
| 手动触发    | 按下之后,把采样从连续流读数模式变成只有按下"手动触发"按钮才<br>会获得读数的模式。当绘制在磁体周围的磁场时,这个按钮很管用。<br>与平均数据相结合,该按钮能使绘制的磁场非常精确。注意,当开手<br>动触发时,按扭颜色会变成闪烁的黄色。                   |  |  |  |  |
| 自动触发    | 这个按扭用来设置连续流读数模式。一般在选择了运行时菜单项目时<br>都需要按一下此按扭。在开手动触发模式时,此按扭会变成"设置自动<br>触发"。   |  |  |  |  |
| 动态范围    | 前置放大器增益设置为1x,以得到最大可能磁场范围。   |  |  |  |  |
| 低噪声     | 前置放大器增益设置为 8x, 以得到最大可能磁场分辨率。  |  |  |  |  |
| 快速模数转换  | 模数转换器设置为 12 比特分辨率。这使采样率达到大约 100 Hz。   |  |  |  |  |
| 正常模数转换  | 模数转换器设置为16比特分辨率。  |  |  |  |  |
| 开自动缩放   | 图表纵坐标的最大值和最小值持续更新到显示在图表中数据的最大<br>值和最小值。   |  |  |  |  |
| 一次自动缩放  | 把图表中纵轴的最大值和最小值设置为显示当前图表中数据的最大<br>值和最小值。当数据变化时纵轴的最大值和最小值不会更新。  |  |  |  |  |
| 关自动缩放   | 把图表的纵坐标设置成当前的最大值和最小值。当数据变化时纵轴的最大值和最小值不会更新。  |  |  |  |  |
| 清空图表    | 清除所有图表数据并重置计时器为零。   |  |  |  |  |
| 暂停/恢复   | 此按钮用于暂停测量。但要注意, 计时器还是会从第一测量点继续计时。   |  |  |  |  |
| 停止      | 此按钮用于退出程序。  |  |  |  |  |

# 文件菜单的详细说明



| 项目 | 子菜单    | 功能   |
|----|--------|--|
| 1  | 导出图表数据 | 打开文件对话窗口, 然后将显示在实时磁场大小坐标图中的<br>数据导出到用户定义的 CSV 文件中                |
| 2  | 数据记录   | 用于将全部数据发送给一个 CSV 格式的文件。所获得的数<br>据将持续更新。打开文件对话窗口以选择数据记录文件的名<br>字。 |
| 3  | 退出     | 退出程序。注意:可以通过窗口上方的"视图"菜单重回运行时窗口。                                  |

# 配置菜单的详细说明



| 项目 | 子菜单   | 功能               |
|----|-------|------------------|
| 4  | 安装串口  | 打开安装串行端口窗口       |
| 5  | 生成模拟表 | 设置量程并选择磁强计以生成模拟表 |
| 6  | 生成数据图 | 选择显示实时磁场大小坐标图的选项 |
| 7  | 退回    | 显示运行时窗口          |

## 安装串口子菜单的详细说明



| 项目 | 子菜单     | 功能   |
|----|---------|--|
| 8  | 打开端口    | 打开所选的串行端口  |
| 9  | 关闭端口    | 关闭所选的串行端口  |
| 10 | 继续      | 串行端口并开始记录数据  |
| 11 | 最优化串行端口 | 该按钮引出一个窗口,用于设置 USB 端口配置以实现最优<br>化速度。推荐一次只为一个磁强计做设置。一旦在电脑上为<br>某一特定的磁强计做了设置,则不需要再次重复。该功能只<br>当程序运行在管理员权限下才有效。这可以通过右击程序图<br>标并选择"以管理员身份运行"来实现。 |
| 12 | 退出      | 关闭任何打开的串行端口并退出程序   |
| 13 | 筛选串行端口  | 默认选中该复选框。它限制选择端口下拉菜单中所显示的串<br>行端口为插入有 USB 磁强计的端口。取消选中以及重新选<br>中将重新扫描端口。  |

## 生成模拟表子菜单的详细说明



| 项目 | 子菜单           | 功能  |
|----|---------------|---|
| 11 | 设置缩放到图表       | 设置所有显示的模拟表为运行时图表中所显示数据的最大   |
| 14 | 的最大数值         | 绝对值   |
| 15 | 设置缩放到默认<br>范围 | 设置模拟表的量程为存储在 USBMag EEPROM 中的默认值。<br>如果 GUI 正常退出,当程序运行时,USBMag 将存储量程<br>值。该值是下一工作环节的默认量程。 |
| 16 | 设置缩放到特定<br>范围 | 这将迫使模拟表的最大值为用户偏好的任意值,譬如文本框<br>17 中的输入值。   |
| 17 | 自定义量程数值       | 在此输入量程的值。该值应该是大于零的正数。   |

## 生成数据图子菜单的详细说明



| 项目 | 子菜单          | 功能                                      |
|----|--------------|---|
| 18 | 数据点数         | 在图表中显示的数据点的最大数量                         |
| 19 | 缓冲器持续运行      | 选中时,图表窗口将显示最近采集到的数据点数,并丢弃更<br>早的数据点。    |
| 20 | 填充缓冲器并停<br>止 | 选中时,图表窗口将填满到数据点数,并停止采集数据。               |
| 21 | 一次自动缩放       | 图表将基于现在显示的数据自动缩放一次然后关闭自动缩<br>放。         |
| 22 | 图表数据平滑       | 用移动窗口使实时磁场大小坐标图中的数据平滑。平滑操作<br>应用于导出的数据。 |
| 23 | 清空图表         | 清除图表中的数据并重设时间轴。                         |
| 24 | 开图表图例?       | 显示/隐藏图表图例                               |
| 25 | 开自动缩放        | 图表设置为连续自动缩放                             |
| 26 | 关自动缩放        | 关闭自动缩放,固定最大值和最小值不变。                     |
| 27 | 选择图例选项       | 选择将在图标图例中显示的选项。                         |
| 28 | 退回           | 退回到运行时窗口。                               |

## 视图菜单的详细说明



| 项目 | 子菜单   | 功能   |
|----|-------|--|
| 29 | 图表显示  | 仅显示一个大的实时磁场大小坐标图   |
| 30 | 模拟表显示 | 显示一个大的模拟表,以及一个小的数字表。模拟表和数字<br>表显示当前选择的磁强计的数据,并且模拟表的量程可以从<br>右下角的量程选择器进行选择。         |
| 31 | 数字表显示 | 显示一个大的数字表以及一个小的选择器用于选择所要显<br>示的磁强计和轴向。该显示还包括用于采集所选波形统计值<br>的指示器。当按下"统计"按钮时,启用统计测量。 |
| 32 | 数据和控制 | 退回到默认的"数据和控制"视图模式。   |

视图模式

1. 图表显示——这个图表显示在默认图表页中看到的相同数据



 模拟表显示——这里可以改变已选择的磁强计和轴向。模拟表的量程可以从左下角的 选择框的不同预设中选取,在模拟表的下面有一个小的数字表。



 数字表显示——该图表展示了当前所选磁强计和轴向的一个大的数字显示。"统计"按钮 用于获取当前测量的统计值。提供的数据包括最大值,最小值,平均值,均方根平均 值,标准差,测量所用时间。注意,标准差指示器显示了由模数转换器和平均设置所 影响的当前配置下测得的均方根噪声。



"视图"菜单上的"数据和控制"按钮将 GUI 返回到默认的运行时视图模式。



# 数字转换菜单的详细说明



| 项目 | 子目录                 | 功能   |
|----|---------------------|--|
| 33 | 启用低通滤波 <del>器</del> | 开始 USB 磁强计数据的实时滤波。在数据发送到 USB 端口<br>之前,用一个因果数字低通滤波器处理实时数据。                  |
| 34 | 停用低通滤波器             | 停用实时低通滤波器。   |
| 35 | 命令行实用程序             | 打开一个终端仿真器窗口以允许用户直接输入文本命令给<br>磁强计。  |
| 36 | 模数转换器比特<br>数设置      | 设置数字转换器的位数。允许范围 12 至 18 比特。  |
| 37 | 动态范围                | 前置放大增益设置到 1x, 以允许最大磁场范围。   |
| 38 | 快速模数转换              | 预设快速数据采集模式。该模式为 12 比特并且启用低通滤<br>波器。单轴磁强计的速率大致为 100 Hz, 三轴磁强计大致为<br>250 Hz。 |
| 39 | 取样数量设置              | 设置每个数据点的采样平均数。   |
| 40 | 低噪声                 | 前置放大器增益设置到最大值,以允许最低噪声测量。   |
| 41 | 正常模数转换              | 预设 16 比特模数转换器分辨率并且启用低通滤波器。单轴<br>磁强计的速率大致为 8 Hz, 三轴磁强计大致为 40 Hz。            |
| 42 | 采样率                 | 报告数据采集的采样率。  |
| 43 | 退回                  | 退回到默认的"数据和控制"视图模式。   |
| 44 | 二进制编码               | 在二进制编码与 ASCII 编码之间切换磁强计的输出。二进制<br>模式仅推荐在"快速模数转换"条件下运行。                     |

## 命令行实用程序子菜单的详细说明



| 项目 | 子菜单    | 功能                                 |
|----|--------|------------------------------------|
| 45 | 选串行端口  | 用来选择与哪一连接的磁强计通信。                   |
| 46 | 写缓冲器   | 需要发送的命令。可以一次发送多个命令,如果每条命令各<br>占一行。 |
| 47 | 写入脚本   | 一组命令可以写入多行文本文件,然后被载入以编程某些默认操作。     |
| 48 | 寄送     | 在写缓冲器中写一组命令到连接的磁强计。                |
| 49 | 读取缓冲器  | 磁强计发送数据到串行端口。                      |
| 50 | 存档写缓冲器 | 导出读缓冲器中的当前内容到文本文件。                 |
| 51 | 清空缓存   | 清空读缓存器。                            |
| 52 | 退回     | 退回到主运行时窗口。                         |

写缓存器的脚本样例如下。本例中8增益,18比特,每次读取4个样本。

- PE PG 8
- DB 18
- NS 4
- RE

## 传感器菜单的详细说明



| 项目 | 子菜单    | 功能   |
|----|--------|--|
| 53 | 自动失调电压 | 自动清零传感器失调电压,并覆盖在运行时内使用的校准<br>值。这在每次使用磁强计时用零高斯腔校准时非常有用。                         |
| 54 | 手动失调电压 | 手动编程失调电压。会覆盖在运行时内使用的校准值。这在<br>用户为了便于浏览而想补偿实时磁场大小坐标图上不同的<br>轨迹时非常有用。            |
| 55 | 手动灵敏度  | 允许用户覆盖当前所用的灵敏度校准值,但不会重写存储在<br>EEPROM 中的永久值。                                    |
| 56 | 显示校准系数 | 允许用户察看所有磁强计校准值、传感器 ID, 以及固件版本。也可以查明存储在 EEPROM 中的校准值和线性化参数的状态。                  |
| 57 | 定标     | 打开磁强计校准窗口。允许用户临时覆盖有问题的校准或设置永久存储在 EEPROM 中的新值。                                  |
| 58 | 交流磁测量  | 用于设置磁强计以 mOe 均方根为单位报告交流磁场测量<br>值。由于低带宽, 该功能对 USB2705x 与 USB2510x 磁强计<br>没太大用处。 |
| 59 | 读取之间延迟 | 用于在读取之间设置一个固定的时间延迟。只当采样周期远小于所需读取延迟时才有用。  |
| 60 | 交流耦合   | 允许磁强计被设置为交流或直流耦合模式。  |
| 61 | 重设为默认  | 如果板载 EEPROM 坏掉,这可用于恢复 USB 磁强计。用户<br>在重设之后需重新校准磁强计。                             |
| 62 | 退回     | 退回到默认的"数据和控制"视图模式。   |

## 校准系数子菜单的详细说明



校准系数在调试传感器时很有用。子菜单的操作如下。

| 项目  | 子目录       | 功能                           |  |  |  |  |
|-----|-----------|------------------------------|--|--|--|--|
| 63  | 选探测器      | 选取需要查询的磁强计                   |  |  |  |  |
| 64  | 选探测轴      | 如是三轴磁强计,允许查询特定的探测轴           |  |  |  |  |
| 65  | 执行        | 点击以查询选中的磁强计及探测轴              |  |  |  |  |
| 66  | 固件        | 报告当前固件版本                     |  |  |  |  |
| 67  | 传感器编码     | 报告唯一的传感器序列号                  |  |  |  |  |
| 60  | 校准 EEPROM | 如果有效, 意味着磁强计之前被编程过, 并且编程后的校准 |  |  |  |  |
| 00  | 有效        | 值被存储在 EEPROM 中。              |  |  |  |  |
| 69  | 灵敏度       | 磁强计与探测轴当前的灵敏度值               |  |  |  |  |
| 70  | 失调电压      | 选中的磁强计与探测轴当前的失调电压            |  |  |  |  |
| 71  | 线性化       | 如果有效, 意味着磁强计之前已被线性化, 并且编程后的线 |  |  |  |  |
| 1 1 | EEPROM 有效 | 性化值被存储在 EEPROM 中。            |  |  |  |  |
| 72  | 线性化值      | 选中的磁强计与探测轴所用的线性化值            |  |  |  |  |
| 73  | 模数转换设置    | 每次读取的样本数,以及模数转换器的参考电压        |  |  |  |  |
| 74  | 退回        | 退回到主运行时窗口。                   |  |  |  |  |

### 读取之间延迟子菜单的详细说明



注意,数据采样率周期必须小于所需读取延迟时间。举例,如果采样率测定为100 Hz (可以从"采样率"测量特征——项目42中获得该信息),那么采样率周期为1/100 Hz = 0.01 s 或 10 ms。 如果想要一个特定的读取延迟时间,则可以设置其为大于10 ms。1000 ms 在两次读取之间给出1 s 的延迟。

| 项目 | 子菜单      | 功能                        |
|----|----------|---------------------------|
| 75 | 探测器 1 延迟 | 磁强计1 的所需读取延迟数值(以 ms 为单位)  |
| 76 | 设置       | 设置磁强计1的读取延迟               |
| 77 | 探测器 2 延迟 | 磁强计 2 的所需读取延迟数值(以 ms 为单位) |
| 78 | 设置       | 设置磁强计2的读取延迟               |
| 79 | 退回       | 退回到主运行时窗口。                |

## 交流耦合子菜单的详细说明



在本页面上设置模数转换器与传感器的耦合。这对不需要直流分量的长期测量或查看 交流波形有用。举例,这里是在交流耦合及快速数模转换模式下所测量的标准中国大陆电 源线外的磁场。



## 重设为默认子菜单的详细说明



如果 EEPROM 坏掉,这可用于恢复 USB 磁强计。这种情况可能会出现,如果用户使 用低级 EEPROM 编程命令向磁强计输入了一个错误的值。一般来说,重设 EEPROM 不会损 坏 USB 磁强计,但用户将需要重新校准磁强计,因为前面的校准数据将全部被覆盖。重 设之后,磁强计的灵敏度为 1 V/V/Oe,失调电压为 0 V。用户或多或少将会看见传感器的 原始电压输出。

| 项目 | 子菜单      | 功能                                 |
|----|----------|------------------------------------|
| 80 | 探测器1型号   | TMR 或 Hall。这确定默认线性化系数。             |
| 81 | 重设探测器1   | 设置磁强计1的 EEPROM 为默认 Hall 或 TMR 值。   |
| 82 | 探测器 2 型号 | TMR 或 Hall。这确定默认线性化系数。             |
| 83 | 重设探测器 2  | 设置磁强计 2 的 EEPROM 为默认 Hall 或 TMR 值。 |
| 84 | 退回       | 退回到安装串口窗口。                         |

# 默认启动设置

每当程序退出时,GUI的启动设置会被保存在USB 磁强计的 EEPROM 中。默认情况下,GUI 基于 EEPROM 中的信息来配置。通过在 USBMagVx.x.exe 程序所在的同一个文件 夹中包含名为"USBMagDefaults.txt"的一个文本字段,可以改变 GUI 的默认启动条件。如果 出现该文件,那么默认条件将会从"USBMagDefaults.txt"文件中读取,而不是从 USB 磁强计 的 EEPROM 中读取。该文件应包含下述内容

{Language, present choices are EN,ZH}

Language:EN

{Data Points to set in chart buffers>0, <1e6}

DataPts:100

{Analog Gauge Range >0}

AGR:100

"Language"是 GUI 的显示语言。"DataPts"是实时磁场大小坐标图中的数据点数。"AGR" 是以 Oe 为单位的模拟表的量程。数字与描述符之间必须用冒号分开,并且没有空格。

# 同时读取多个 USB 磁强计

USB 磁强计不会相互干涉,多个磁强计可以同时操作。USB 磁强计不必是相同类型。 此外,多份拷贝可以同时在同一计算机上运行,每一个可以同时操作不同的 USB 磁强计。 这些能力对于构建磁强计阵列是非常有用的。磁强计的数量仅受用户计算机硬件的限制。

| SEE 多維科技USB磁 | 力计<br>   |         |         | _                          | o x      |  |  |  |  |
|--------------|--|---------|---------|----------------------------|----------|--|--|--|--|
| 文件           | 化压 後回 数  | 宇转换 传感器 | a XT    | 🛚 Chinese 🗹 🏼 🌲            | 行端口正常    |  |  |  |  |
| 多5           | 多维科技<br>感知未來<br>.用COM□选择閱选择一个COM□(非COM1)<br>2.打开COM□<br>.制成爾要,這採井打开第二个COM□<br>4.在這種所有需要的COM□后,点去繼续<br>5.愛可以浸用注重新选择不可的COM□<br>6.愛可以週期这个页面開放COM□ |         |         |                            |          |  |  |  |  |
| 田東口1         | СОМЭ   | 打开来口    | N COMPT | 串口状态                       |          |  |  |  |  |
| 75401        |  | 1744    | 大同中山    | Probe 1. Valid probe round |          |  |  |  |  |
| 用串口2         | COM8   | 打开串口    | 关闭中口    | Probe 2: Valid probe found |          |  |  |  |  |
| 读取缓冲器        | Serial Port 2 Opened<br>MDTUSBMAG.V6.20160824<br>Vcc: 4.000 V<br>Hello   |         |         |                            | <b>^</b> |  |  |  |  |
| 维续           |  |         |         |                            |          |  |  |  |  |
| 退出           |  |         |         |                            |          |  |  |  |  |

在按下"继续"按钮之后,两个磁强计的轨迹应该显示在图表中,并且读缓冲器将显示两个 磁强计的数据。



# 磁强计校准

每次使用磁强计时都可校准以修正失调电压和敏感度。有若干种校准方法,其中最方便,无需使用任何特殊设备的一种方法是地磁场校准。选择"定标"按钮,会出现如下图所示的窗口。



采用一个已知的参考磁场进行校准。该参考磁场可以是一个校准磁铁,比如用于 TMR2510X 系列磁强计的高场校准的多维科技 CAL01,或者是用于 MR2705X 系列磁强计校 准的地磁场。

对于地磁场校准,用户需要知道自己所在位置的地球磁场大小,磁场大小可以从国家 环境信息中心网站获取。国家环境信息中心网站上列有全球的磁场值。

http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/?model=igrf#igrfwmm

例如,如果我们要查中国的某个城市的磁场值,以南京为例,我们会得到这个如果:

| Magnetic Field |                         |                         |                         |                          |                          |                              | 6           |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------|
| Model Used:    | WMM2015                 |                         |                         |                          |                          |                              |             |
| Latitude:      | 32° 2' 53" N            |                         |                         |                          |                          |                              | _           |
| Longitude:     | 118° 46' 8" E           |                         |                         |                          |                          |                              | •           |
| Elevation:     | 0.0 km Mean Sea I       | Level                   |                         |                          |                          |                              |             |
| Date           | Declination<br>(+E  -W) | Inclination<br>(+D  -U) | Horizontal<br>Intensity | North Comp<br>(+ N  - S) | East Comp<br>(+ E   - W) | Vertical Comp<br>(+ D   - U) | Total Field |
| 2016-02-23     | -5° 31' 8"              | 48° 35' 48"             | 32,949.8 nT             | 32,797.1 nT              | -3,168.9 nT              | 37,369.8 nT                  | 49,821.6 nT |
| Change/year    | -0° 4' 16"/yr           | 0° 5' 35"/yr            | -30.6 nT/yr             | -34.4 nT/yr              | -37.7 nT/yr              | 87.7 nT/yr                   | 45.5 nT/yr  |
| Uncertainty    | 0° 17'                  | 0° 13'                  | 133 nT                  | 138 nT                   | 89 nT                    | 165 nT                       | 152 nT      |

我们要找的南京的总磁场值是位于最右列的最上面的数值。我们需要将其单位转换为 Oe 以供磁强计使用。转换方法很简单。

1 nT ÷ 10^5 ~ 1 Oe

因此,将 nT 数据的小数点往前移动 5 位

9,821.6 nT → 0.498216 Oe

尽管用户无需知道,但理解关于左边两列的磁倾角和磁偏角值这两个小知识点,将有 助于决定在无干扰区域是否运行磁场最大值和最小值。第二列表示磁强计与水平面之间的 夹角,从这个角度上可以观察到磁场的最大值,这有助于初次寻找磁场最大值和最小值的 方向。磁偏角是磁场偏离正北的角度。所以若你发现最大值与最小值沿着错误的方向,或 者与水准面的角度不对,那么你所在位置的地磁场可能被磁性物体干扰了。



在任何情况下,既使不知道磁倾角和磁偏角,校准流程都是如下步骤:

- 1. 按下"场校准"按钮。
- 2. 设定适合于你当前位置的磁场值(通常是 0.5 Oe 左右)
- 3. 确保校准灵敏度和校准失调电压复选框都被选定
- 4. 选取需要的磁强计并按下"选择校准"
- 5. 在校准窗口中重置图表

- 6. 将磁强计沿着南北轴晃动找到最大和最小电压值,这将显示在窗口右边的传感器 原始电压图中。窗口左下方会显示计算好的敏感度和偏移,计算好的敏感度应该 与传感器的敏感度相近,以 TMR2705 为例,大约是 10 到 20 mV/V/Oe。
- 7. 按下"停止"按钮
- 8. 保存校准值在缓存中以便将来使用,或者就将校准值写到传感器中以立即使用。
- 9. 退出校准窗口
- 10. 如果失调电压没有被校准得足够好,那么进行失调电压校准过程。

精确校准的一些小窍门:

- 请注意,最大磁场通常并不沿着平行于地面的轴,它经常是个倾斜角,最大磁场 实际上可能在一个非常陡峭的角度。
- 确保附近没有铁磁物体,以免干扰地磁场的值。
- 可通过指南针或者手机的指南针功能来找到南北方向。

#### 采用校准磁铁对 USB2510x 系列磁强计进行校准

AL01 参考磁铁提供了一种稳定和方便的方法来实现对 USB2510X 系列磁强计的校准。



#### CAL01 不能用于 USB2705x 磁强计

CAL01 参考磁铁包括两个轴向磁化的永磁环,允许磁强计从轴向或者横向接近夹具的 工作区,从而使得校准夹具对轴向和横向磁强计的校准都起作用。下图显示了当移动轴向 磁强计通过轴向孔,以及在横向孔中绕着横向磁强计旋转磁体时的磁场峰值。



#### 横向磁强计校准步骤

- 1. 按下"场校准"按钮
- 2. 给校准装置一侧指示的磁场值设定校准场值
- 3. 确保校准灵敏度和校准失调电压复选框都被选定
- 4. 将横向磁强计一直插入到横向磁强计校准孔
- 5. 选取所需磁强计并按下"选择校准"
- 6. 在校准窗口中重置图表
- 花转磁体以采样最大正电压值和最大负电压值。磁强计可以晃动且磁体绕着场极 值角来回旋转以采集最大值和最小值。
- 8. 按下"停止"按钮
- 9. 保存校准值在缓存中以便将来使用,或者就将校准值写到传感器中以立即使用。
- 10. 退出校准窗口
- 11. 如果失调电压没有被校准得足够好,那么进行失调电压校准过程。



#### 轴向磁强计校准步骤

- 1. 按下"场校准"按钮
- 2. 给校准装置一侧指示的磁场值设定校准场值
- 3. 确保校准灵敏度和校准失调电压复选框都被选定
- 4. 选取所需磁强计并按下"选择校准"
- 5. 按下"重设图表"按钮
- 将轴向磁强计推进轴向校准孔以找到最大正(负)电压读数,你可以小幅晃动磁 强计并移入移出校准装置以验证已采样到的最大值。

- 7. 拿稳磁强计并推开校准装置
- 8. 翻转校准磁铁以翻转磁场
- 将轴向磁强计推进轴向校准孔以找到最大负(正)电压读数,你可以小幅晃动磁 强计并移入移出校准装置以验证已采样到的最大值。
- 10. 按下"停止"按钮
- 11. 保存校准值在缓存中以便将来使用,或者就将校准值写到传感器中以立即使用。
- 12. 退出校准窗口
- 13. 如果失调电压没有被校准得足够好,那么进行失调电压校准过程。



#### 磁强计调零

有几种方法可以使用:

- 将敏感轴沿着西方向对齐使磁强计自动调零
- 在零高斯腔室中使磁强计自动调零
- 手动调节失调电压
- 永久改变失调电压的校准方法

基于校准步骤的调零

- 1. 按下"场校准"按钮
- 2. 校准场无关紧要,任何值都行
- 3. 确保校准灵敏度的复选框没有被选定
- 4. 确保校准失调电压的复选框被选定
- 5. 将传感器放置在零高斯腔中或者将探测轴沿东西方向对齐
- 6. 选取所需磁强计并按下"选择校准"

- 7. 按下"重设图表"按钮
- 8. 采集几秒的实时电压数据,检验背景值稳定
- 9. 按下"停止"按钮
- 10. 保存校准值在缓存中以便将来使用,或者就将校准值写到传感器中以立即使用。
- 11. 退出校准窗口



## 分辨率与噪声

多维科技 USB 磁强计的分辨率取决于其配置。用户能够控制放大器增益、模数转换器的比特数,以及平均采样数。分辨率近似如下:

分辨率 = 
$$2 \times H_{sat}/2^{bits}$$

其中Hsat是 USB 磁强计的饱和磁场。



在正常量程内,USB2705x 将在 8 至 12 Oe 之间达到饱和。设置更宽的"动态范围"会减 小模数转换器的前置放大器的增益,这将降低分辨率,但会提供一个更大的工作范围。假 设已选取"正常模数转换"与"低噪声",模数转换器设置为 16 比特,则受模数转换器限制的 分辨率将会是

分辨率 = 2×10/2<sup>16</sup> = 0.00031 Oe

这可通过增加采样数或选择高 比特数来改善。这些设置可以在数字转换菜单里进行。

如果磁强计置于甚低噪声环境或磁屏蔽中,则可直接从磁强计读取传感器噪声。测量 带宽中的均方根噪声与磁传感器信号的标准差是一回事。该测量可在数字视图模式中进 行,如下图所示。不同的传感器之间的噪声会有不同,坏掉的传感器会显示出较高的噪 声。一款出色的 USB2705x 将会显示出 0.00025 Oe 均方根量级的均方根噪声。噪声水平可 以通过增加模数转换器的比特数或增加采样数来改善。

|   | 片 多维科技  | EUSB磁力计 V4. | 0.1.0 |          |           |               |           | _    |       | ×        |
|---|---------|-------------|-------|----------|-----------|---------------|-----------|------|-------|----------|
|   | 文件      | 配置          | 视图    | 数字转换     | 传感器       | <del>关于</del> | Chinese 🗹 | 串行蜡  | 口状态   |          |
|   | Defa    | ult :       |       |          |           |               |           |      | x     |          |
|   |         |             |       |          |           |               |           |      |       |          |
|   |         |             |       |          |           |               |           |      |       |          |
|   |         |             |       | <b>^</b> | _         |               |           |      |       |          |
|   |         |             |       | - )      |           |               | い         |      |       |          |
|   |         |             |       |          |           | 71            |           |      |       |          |
|   |         |             |       |          | <b>-</b>  |               |           |      |       |          |
|   |         |             |       |          |           |               |           |      |       |          |
|   |         |             |       |          |           |               |           |      |       |          |
|   | PP 0    | ff          |       |          |           |               |           | L    | PF On |          |
| • | Default | ~           |       | 极大值      | 0.28      | 均方根 0.275     | 3807      | Same | as R  | MS noise |
| 8 |         |             | 统计    | 最小值      | 0.2788    | 标准差 0.0002    | 581489    | 维科   | 支     |          |
|   | ×       | ~           |       | 平均值      | 0.2793806 | 时间 3.74       | 1585      |      | 感知未来  |          |

采样率还依赖于磁强计配置,使用"数字转换|取样数量"按钮可以测量采样率。一般来 说,增加采样率会增大噪声而降低分辨率。在普通模式下,USB2xxx3的采样率大约为40 Hz。



在二进制模式下选取"快速模数转换"之后, USB2xxx3 的采样率将会超过 250 Hz 每信道。



可以看出,多维科技 USB 磁强计非常灵活,可以满足用户的特殊测量需求。

# 磁强计的线性化

USB 磁强计使用一个默认的线性化算法以扩展 TMR 传感器的线性范围。线性化过程在 通过 USB 端口传送数据之前进行。默认的线性化对于大多数用户来说已经够用,但用户认 可通过一些 USB 端口编程区域里的命令来改变参数。

线性化传感器输出电压以以下所示的无量纲公式表示:

$$V_{\rm corr}\left(\frac{\overline{z} \, \& \, \underline{\beta}}{1000}\right) = \sum_{i=0}^{5} A_i \left(\frac{V_{\rm raw}}{V_{\rm ref}}\right)^i$$

其中 $V_{raw}$ 代表传感器的原电压, $V_{ref}$ 代表传感器的偏置电压, $V_{corr}$ 则代表经过线性化的传感器电压。 $A_i$ 是线性化中使用的一个系数。通常对于 TMR 传感器来说, $A_5 > A_3 > A_1$ , 而 $A_0 = A_2 = A_4 = 0$ 。将原始电压响应用多项式拟合到这些多项式方程可得出线性化的 $A_i$ 系数。

更多信息请联系: jim.deak@dowaytech.com

# 磁强计的正交性

三轴磁强计具有内在的正交性校正特征。这一特征在默认情况下是关闭的。传感器可 以在出厂时被正交化或被用户校正。 这一过程需要使用精确校准过的测试夹具,因此对大 多数用户来说并不建议自行校正。多维科技可以培训用户以完成这项任务,如有必要,多 维科技也可以在公司的实验室中使用校准夹具来正交化磁强计并定制软件。

更多信息请联系: jim.deak@dowaytech.com

## 导出数据

#### 直接导出

此程序可通过选择"文件|导出图表数据"菜单将所有实时磁场坐标图中的数据导出。存储数据点的数目可以在"磁场(Oe)"模拟表图右侧的"数据点"框中更改。点击"磁场

(Oe)"模拟表图右下角的"清空图表"按钮可清除数据图。数据以 CSV 格式导出,用户可 自定义数据文件的文件名和保存位置。数据格式为标准的 CSV 格式,可供绝大多数的电子 表格程序使用。

#### 数据记录

通过在开始测量之前选择"文件|数据记录",该程序还可以导出所需全部数据。这对于 导出大于几千个数据点的数据序列很有用。在记录数据时,USB 磁强计的 GUI 程序将缓冲 数据并将其转储到文件的几十万个数据点中。为确保所有数据已被保存,退出程序时请勿 清除数据。数据格式为标准逗号隔开的变量,可以被绝大多数电子表单程序操作。

## 测量举例

多维科技 USB 磁强计可完全胜任一般工程和科学领域应用中对磁场精确测量的要求。 以下是使用多维科技 USB 磁强计的图形化用户界面和数据导出功能进行测量的几个例子。

#### 一节7号电池周围的磁场分布

通常在设备中放置一个磁传感器,这个传感器由一个距离其很近的电池供电。这种类型的设备比较常见的有交通或停车场监视系统。然而,常规的电池通常是由铁制作的,而 铁具有显著的剩磁性。从效果上来看,这些电池就好比是一个微弱的永磁铁。更让系统设 计复杂化的是,用来侦测是否有汽车存在的磁传感器系统经常使用已饱和若干奥斯特的传 感器,而这若干奥斯特比电池的剩磁场还要更弱。这可以通过对传感器输出值中添加硬磁 化偏移值进行校正,但只有在传感器尚未被磁场饱和时才能进行。并且,电池不能被屏 蔽,因为磁屏蔽很可能同样会屏蔽传感器需探测的磁场。那么问题来了,传感器究竟应该 放置在电池的什么位置?多维科技 USB 磁强计可以回答这个问题。

这里我们来观察一下沿着这条距离这节7号电池5mm的直线上的磁场。USB 磁强计 设定为17比特的分辨率,不开启低通滤波器,4倍速率,手动触发。在从电池移除合适生 成位置时,使用相对偏差使传感器归零。测量方法是把7号电池用胶带粘在一张坐标纸 上,并沿着一条距离电池边缘5mm的直线上的特定位置手动触发传感器。

以下是测量结果。





测量到的磁场显示,即使距离电池 5 mm,仍有超过 2 Oe 的剩磁场存在。这已经足以 饱和高密度磁场传感器,且不可能进行硬磁校正。同时请注意磁场是不均匀的。



## 经过静止磁强计的含铁物体

下图显示一辆经过桌子的铁质推车对磁场产生的扭曲作用。



在这个例子中,磁强计放置在平坦的桌面上,主要沿东西方向排列。一辆大型铁质推 车沿着南北方向轴被推出1m远。运用16比特分辨率并打开低通滤波器收集数据。推车 慢慢经过桌子使地磁场向东西方向轴产生了轻微的扭曲,并产生了一个微弱信号。



请注意第 15 秒时推车经过时的磁场变化。磁异常探测是指通过寻找某个物体对磁场产生的扭曲来探测此物体的存在,这已是一项常见的追踪技术。

#### 文档中隐藏的磁性签名

这里是对经过美国护照封面的磁场的检测。保持护照静止, 传感器扫过护照的封面和 封底。如果是手动操作, 这需要一些练习来保持磁强计校准的稳定, 但这并不难掌握。看 看结果是什么?





# 数据输出格式

无需 GUI 软件即可使用 USB 磁强计的硬件。使用自带的终端模拟器、网络终端程序, 或者用户编写的自定义程序等通过串行端口可以控制 USB 磁强计。使用在下一节中列出的 ASCII 命令可以操作磁强计。返回的数据具有以下格式,可以基于数据头被解析。在 ASCII 或二进制格式中,每一行总以三字符的数据头开始而以双字符序列"\r\n"结尾。

#### ASCII

ASCII 格式用以数据头开始、紧跟由逗号隔开的数字、并以行字符串结束的纯文本发送 全部数据。

<Header>number,number,...,"/r/n"

数据头定义如下。在每一行里,值的个数可以通过数据头与末尾行字符串之间逗号的数量 来确定。

| 头(总是3字符)           |        |   | 含义               |
|--------------------|--------|---|------------------|
| RD <space></space> | time,H | 或 | time,Hx,Hy,Hz    |
| RV <space></space> | time,V | 或 | time, Vx, Vy, Vz |

二进制

二进制格式总是有3字符头,紧跟一个字符数组,再跟一个"\r\n"。

<header><Array of bytes><\r\n>

字符数组基于浮点计数法,其中每一个浮点数由4个字节组成。浮点格式使用 IEEE-754 格 式定义。二进制字符串总是位于数据头与末尾行字符串之间。字节值数组总是4字节的倍 数。一旦识别出数据头,就可算出字节值数组的长度,那么基于字节位置就可解析出数 字。

二进制算法

编码及解码使用C语言的联合体来完成。

union binfloat {
float num; // floating point number in IEEE754 format (4 bytes)
byte bin[4]; // array of chars in the same address space as num
};

该算法的一个简化例子如下:

binfloat bf;

float val = <some number>; bf.num = val;

Serial.Println(bf.bin);

解码——在计算机上进行

binfloat bf; float val; Unsigned char instr[4]; instr = Serial.ReadIn(); bf.bin[0] = instr[0]; bf.bin[1] = instr[1]; bf.bin[2] = instr[2]; bf.bin[3] = instr[3]; val = bf.val;

头的定义如下,其中 ti, Hi, Hxi, Hyi, Hzi, Vi, Vxi, Vyi, Vzi是字节。

| 头(总是3字符) | 含义(每个数字4字符)  |
|----------|--|
| BH1      | $H_0H_1H_2H_3$   |
| BH2      | tot1t2t3HoH1H2H3   |
| BH3      | $Hx_0Hx_1Hx_2Hx_3$ $Hy_0Hy_1Hy_2Hy_3$ $Hz_0Hz_1Hz_2Hz_3$                               |
| BH4      | tot1t2t3Hx0Hx1Hx2Hx3 Hy0Hy1Hy2Hy3 Hz0Hz1Hz2Hz3   |
| RV1      | $V_0 V_1 V_2 V_3$  |
| RV2      | $t_0 t_1 t_2 t_3 V_0 V_1 V_2 V_3$  |
| RV3      | $V_{X_0}V_{X_1}V_{X_2}V_{X_3}V_{y_0}V_{y_1}V_{y_2}V_{y_3}V_{Z_0}V_{Z_1}V_{Z_2}V_{Z_3}$ |
| RV4      | $t_0t_1t_2t_3Vx_0Vx_1Vx_2Vx_3Vy_0Vy_1Vy_2Vy_3Vz_0Vz_1Vz_2Vz_3$                         |

这有一个例子展示了相同数字的 ASCII 模式与二进制模式编码的结果。考虑将如下数 字发送给串行端口 float t = 10.023456; float hx = 0.123786; float hy = -0.350023; float hz = 0.0876543;

二进制模式使用更少的字符进行更高分辨率的编码

| ASCII  | →RD 10.023,0.12379,-0.35002,0.08765            | →需要发送 36 个字符 |
|--------|--|--------------|
| Binary | →BH4` A"fý=76 <sup>33</sup> ⁄4" <sup>3</sup> = | →需要发送 21 个字符 |

字符数少会增加数据传输率。但请注意,由于通过 USB 进行的串口通信缓冲十分繁 忙,因此采样率低于 50 Hz 的二进制模式并无优势。由于在信息包中堆积短数据通信,这 将造成明显的图形跳跃。

# USB 端口编程

USB 磁强计是为了使用户能将磁强计与自己编写的程序相配合使用而设计的。这有助于编写数据获取程序,所以用户可以直接将数据输入程序,而无需将数据从 USB 磁强计 GUI 导出后再导入 Excel。

USB 磁强计可与任何一种能够连接串行端口并收发 ASCII 命令的软件语言交互,包括 C/C++、Visual Basic、Java、Labview 等等。此外,USB 磁强计可通过 Termite、 HyperTerminal、RealTerm 等串行终端直接操作,用来测试命令序列或作实际使用。免费 的 Termite 副本可以在以下网址找到

http://www.compuphase.com/software\_termite.htm

USB 磁强计硬件定义如下:



位于1m长的线缆末端的TMR或其他传感器是用来检测磁场的,它将磁场转换成一 个电压值。TMR传感器被温度补偿基准电压偏置。TMR传感器输出与一个模数转换器连 接,此模数转换器对电压进行数字化取样,并将数字信号通过I2C总线发送至微控制器。 微控制器使用存储在闪存或用户可编程 EEPROM 中的校准系数将抽样的传感器电压转换为 磁场值。校准系数在工厂校准时保存在电可擦只读存储器中的。电可擦只读存储器中的数 值可被用户覆盖。随后微控制器将磁场数据发送至与FTDI231X串口/USB转换器相连接的 串行总线。FTDI231X串口/USB转换器的I/O 是标准 USB端口。需使用电脑驱动程序来创 建虚拟串行端口,此串行端口可被多维科技 USB 磁强计 GUI、终端模拟器程序或其他自定 义程序使用。

在复位后或将 USB 磁强计与 USB 端口连接后的启动顺序如下:

1. 检查 EEPROM 中的 EEPROM 校准是否有效,若有效,则读取失调电压与灵敏度参数并覆盖固件中的默认值

- 2. 检查 EEPROM 中的线性化系数是否有效,若有效,则从 EEPROM 中获取系数并覆 盖固件中的默认值
- 3. 发出欢迎信息
- 4. 汇报系统状态
- 5. 检查 USB 端口输入

串行端口命令

可在"关于|串行端口命令"菜单下找到有关串行端口命令以及磁强计连接的相关信息。

| X.HT            | 配置                          | 视图                  | 数宇转换                  | 传感器                        | 关于                  | Chinese 🗹               | 串行              | 端口状だ         |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|--------------|
|                 |                             |                     | 17 Lana 17            | 1                          |                     |                         |                 |              |
| 一个终端<br>供 日 今 一 | 模拟器程序来实                     | 现,随该USB             | 滋蜜计软件一起提<br>atx的药得的终端 | 供的RWCOM程/                  | <b>郭就是这样一个</b>      | 终端模拟器程序。)               | 亥USB磁函<br>Wiff  | ¥计软          |
| пла             | 1 olt <u>ett</u> oldigigsei | / Commania Lir      | 1984032140385au       | m1¥10/8800 °1/E1 1 .       |                     | aLLE,3%/171 叩 节测        | '][ <b>1</b> [o |              |
| 在使用终            | 端模拟器或程序                     | 设计语言中的              | )COM端口读取磁             | 酱计时,默认的C                   | DM端口设置应i            | 亥是 <b>:</b> 波特率 = 115   | 200, Data       | a Bits =     |
| а, эtop в       | ts = 1, Panty = No          | ine, 流经和 =          | Noneo                 |                            |                     |                         |                 |              |
| 在使用下            | 述命令时,请注意                    | 急:当磁强计初             | 始化或重置时, 词             | §磁簧计将从内置                   | EEPROM中载7           | 校准值。校准值及                | 其它参数            | 可在           |
| 运1丁时进<br>户需注意   | 17临时设置,小9<br>:改变EEPROM可     | リ週辺1史用称.<br>「能会対磁強计 | 准叩节水久地编/<br>的正常工作造成   | 〈EEPHUM中。同<br>不利影响。用户P     | 时提供了通过[9<br>b避免写入到任 | S级诺言读取分与A<br>何低于60的地址中。 | 。高地址。           | 4,12用<br>可用来 |
| 满足诸如            | 写入自定义参数                     | 、识别信息、税             | 认使用时间等的               | 用户需求。                      |                     |                         |                 |              |
| 发送"RC"          | 或"RM"命令可快                   | 速读取磁离计              | 。这些命令可使破              | 滚溜计根据默认的                   | 启动条件和存储             | 的校准值返回磁场                | <b>薇据。</b> 发    | ·送"PE"       |
| 或"RM"命          | 令可终止连续读                     | 取模式。                | (1)(7)                |                            | 50 E                | <b>1</b>                |                 | -            |
| 读取命令            |                             |                     |                       |                            |                     |                         |                 |              |
| 5.<br>Berlinger | 用于生活动出                      | も取けたくに言う            | 国际市場でも                | '主白 <i>屮</i> ℃洋4公で∩いけ      | # <b>m</b>          |                         |                 |              |
| ᄶᆂᅋᇃ            | 用」目は「認知」「                   | 头机 口 本 信息           | 62221                 | 言思及还结COMB                  | ₩Llo                |                         |                 |              |
| 手动读取            |                             |                     |                       |                            |                     |                         |                 |              |
|                 |                             |                     |                       |                            |                     |                         |                 |              |
| -               |                             |                     | do 4                  | ᅀᅳᄥᅳ                       | A                   |                         |                 |              |
|                 |                             |                     |                       |                            | KALO C              |                         |                 |              |
|                 |                             |                     | 中1                    | 1 MD C1 DD .               | <b>1</b> 2          |                         |                 |              |
|                 |                             |                     | 中1                    | 1 - 40 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 | 19                  |                         |                 |              |
|                 |                             |                     | Φ1                    | ] all [] all .             |                     | <b> </b>                | 644 I.1         | +±           |

下面几页列出了用于配置和读取 USB 磁强计的命令。

| 命令                 | 描述   | 固件子程序                   |
|--------------------|--|-------------------------|
| OA                 | 自动将传感器的电压偏置归零。重写 OM。<br>这需要在零高斯腔内完成  | CorrectOffset()         |
| SM <n.nnn></n.nnn> | 手动输入以 mV/V/Oe 为单位的灵敏度值   | ManualSensitivity()     |
| OM <n.nnn></n.nnn> | 手动输入以伏特为单位的失调电压。重写<br>OA   | ManualOffset()          |
| RS                 | 自动发现偏置场。该命令能记住之前的偏<br>置场。访问 RO 将会删除偏置值并且恢复<br>访问 RS 之前的状态  | RelativeSet()           |
| RO                 | 删除在执行 RS 命令时计算出的偏置磁场<br>值。恢复到访问 RS 之前的状态   | RelativeOff()           |
| PC                 | 显示磁强计目前使用的校准系数   | PrintCal()              |
| DB <n></n>         | 为模数转换器达到一个需要的比特数和<br>分辩率设置过采样。N 是任何大于 10 的<br>整数,由于在高过采样时有效采样率低,<br>在实际测量中这个整数不应超过 18。整数<br>越大噪声越低           | SetDigitizerBits()      |
| RM                 | 将磁强计设置为仅一次触动模式。持续访问 RM 将导致单次读取。这在用户想让磁强计缓慢通过位于磁性物体周围的几个固定位置时,或者在模数转换器的分辩率甚高和读取时间很长的情况下比较有用。<br>重写 RC 和 VC 命令 | ManualRead()            |
| VM                 | 除了磁强计会输出传感器的错误电压之<br>外与 RM 相同,重写 RC 和 VC 命令  | ManualReadVoltage()     |
| RC                 | 将磁强计设置为连续读取模式。重写 RM<br>和 VM 命令   | ContinuousRead()        |
| VC                 | 除了输出的错误传感器电压之外, 与 RC 命<br>令相同。重写 RM 和 VM 命令  | ContinuousReadVoltage() |
| NS <n></n>         | 设置求平均的数据点数(N)  | SetNumberSamples()      |
| LP<0或1>            | 开(1)或关(0)低通滤波器   | SetFilterMode()         |
| SS<字符串>            | 将 传 感 器 编 号 和 其 它 识 别 信 息 写 入<br>EEPROM 中。最大<字符串>长度是 32 个<br>ASCII 字符  | SetSensorCodeEEPROM()   |
| GS                 | 查询传感器编号  | GetSensorCodeEEPROM()   |
| LS                 | 启用传感器数据线性化(默认)   | SetLinearization()      |
| LO                 | 停用传感器线性化   | RemoveLinearization()   |
| PE                 | 暂停执行,但是不改变系统设置。暂停磁<br>强计的状态  | Pause()                 |
| RE                 | 恢复执行,但不改变系统设置  | Resume()                |

#### USB 磁强计串行端口命令

| HI                        | 用于在特定端口号测试 USB 磁强计。USB<br>磁强计的有效响应是"你好"  | QueryProbe()             |  |
|---------------------------|--|--------------------------|--|
| OW <n.nnn></n.nnn>        | 将用户指定的以伏特为单位的失调值直<br>接写入 USB 磁强计的 EEPROM   | WriteOffsetEEPROM()      |  |
| OR                        | 查询存储在 EEPROM 里的失调值   | ReadOffsetEEPROM()       |  |
| SW <n.nnn></n.nnn>        | 将用户指定的以 mV/V/Oe 为单位的灵敏<br>度值直接写入 USB 磁强计的 EEPROM   | WriteSensitivityEEPROM() |  |
| SR                        | 查询存储在 EEPROM 里的灵敏度值  | ReadSensitivityEEPROM()  |  |
| AR                        | 读取存储在 EEPROM 里的线性化系数   | ReadLinEEPROM()          |  |
| AM <m><n.nnn></n.nnn></m> | 将当前线性化系数 Am 设置为值 n.nnn。<br>紧 接 着 必 须 发 送 "EA" 命 令 以 存 储 进<br>EEPROM                                | AManual()                |  |
| CV<0 或 1>                 | 设置 EEPROM 里的校准有效标志。一旦设定, USB 磁强计就会在启动时读取存储在<br>EEPROM 里的校验参数,而不是使用存储<br>在固件里的默认值。0=无效,1=有效(默<br>认  | CalValid()               |  |
| LV<0 或 1>                 | 设置 EEPROM 里的线性化有效标志。一旦<br>设定, USB 磁强计就会读取存储在<br>EEPROM 里的校验参数,而不会用存储在<br>微码里的默认值。0=无效(默认),1=有<br>效 | LinValid()               |  |
| ES                        | 将当前使用的灵敏度值写入 EEPROM。例<br>如,磁强计已用 SM 命令校准过,那么这<br>个灵敏度值就不会被默认存储在 EEPROM<br>里                        | WrtCalSlopeEEPROM()      |  |
| EO                        | 将当前使用的失调电压值写入 EEPROM。<br>例如,磁强计已用 OM 命令校准过,那么<br>这 个 灵 敏 度 值 就 不 会 被 默 认 存 储 在<br>EEPROM 里。        | WrtCalOffsetEEPROM()     |  |
| EA                        | 将当前线性化参数写入 EEPROM  | WriteLinEEPROM()         |  |
| AB<0或1>                   | 将输出设置为二进制(1)或默认 ASCII(0)   | SetASCIIBinary()         |  |
| TS<0 或 1>                 | 打开默认时间戳或关闭默认时间戳  | SetTimeStamp()           |  |
| PG<1,2,4,8>               | 设置前置放大器的增益   | SetPGA()                 |  |
| QQ                        | 软复位 USB 磁强计  | psuedoReset()            |  |

# 使用 RS-232 终端模拟器进行串口操作

多维科技 USB 磁力计可直接通过终端模拟程序操作。除了串行端口号可能会不同,终端模拟程序应该按照下图设置。下面的例子中使用的是 Termite。

| Port configuration |        | Transmitted text | Options  |  |
|--------------------|--------|------------------|--|--|
| Port               | COM34  | •                | Append nothing                                   | Stay on top                              |
| Baud rate          | 115200 | •                | <ul> <li>Append CR</li> <li>Append LF</li> </ul> | Quit on Escape<br>Autocomplete edit line |
| Data bits          | 8      | •                | Append CR-LF                                     | Keep history                             |
| Stop bits          | 1      | -                | Received text                                    |  |
| Parity             | none   | •                | Polling 1 ms                                     | Plug-Ins                                 |
| Flow control       | none   | •                | Font default 💌                                   |  |
| Forward            | none   | •                | Word wrap  |  |

连接后, USB 磁力计会重置并显示类似于下图所示的信息。

| 🚾 Termite 3.2 (by Cor             | npuPhase)          |               | ×              |
|-----------------------------------|--------------------|---------------|----------------|
| COM40 115200 bps,                 | 8N1, no handshake  | Settings Clea | ar About Close |
| MultiDimension Se<br>Vcc: 4.000 ∨ | ial Magnetometer ' | v5-20160525   |                |
|                                   |                    |               | •              |

要导出以 Oe 为单位的磁场值, 仅需发送一个"RC"命令。



RD 记号后的两个数字分别为以秒为单位的时间和以 Oe 为单位的磁场值。当晃动磁强计时,若没有地磁场扭曲,则磁场的最大和最小值约为±0.5 Oe。

要停止持续读取磁力计,则输入"RM"命令。这会启动手动读取或"一次读取"模式。



连续调用 RM 命令将给出单次读取,这有助于在一个静止点进行精确测量,例如测量磁性物体周围的磁场分布。可通过增加采样数或者增加模数转换器的分辨率来提高测量精准度。例如,可以输入"NS 100"命令将采样数增加至 100。



输入"RM"命令后,100个样本将被平均,结果精准度将会更高,但是获取数据点会花费更长的时间。

| Termite 3.2 (by CompuPhase)  |    |
|--|----|
| COM40 115200 bps, 8N1, no handshake Settings Clear About Close       | וכ |
| RD 113.3199-0.883312 A RD 113.4497-0.882629                          |    |
| HD 113.5794-0.882492<br>RD 113.7092-0.882465<br>RD 113.8389-0.882459 |    |
| RD 113.9687,-0.886697<br>RD 114.0984,-0.883306                       |    |
| RD 114.2281,-0.8868666<br>RD 114.3579,-0.883339<br>Marriel Board     |    |
| AD-0.887756<br>ADC Samples: 100                                      |    |
| RD -0.882458   | 1  |
|  | ŋ  |

取决于使用的终端模拟程序,数据可以导出到一个文件或者剪切并粘贴到电子表格。 GUI 中的大部分可用功能可通过终端模拟程序以文本模式进行。USB 磁力计可在任何具备 标准串行端口驱动程序的电脑或移动设备上以这种方式运行。

# 自定义软件开发

可以使用任何一种可进入串行端口收发 ASCII 数据的编程语言来为 USB 磁力计编写自 定义界面。用户可以通过终端模拟器探索各种命令的操作。比如,只要可以进入 USB 端 口,并且使用合适的线缆,便可以编写出供移动设备和平板使用的程序。以下显示一个使 用 Labview 编写并兼容标准固件的终端模拟程序的例子。



串口模拟器用户界面

















结构图

# 自定义固件开发

多维科技 USB 磁力计的固件可通过 USB 端口简便的上传到微控制器闪存。这有助于探 索多维科技 TMR 传感器的各种算法和应用。为了方便用户, USB 磁强计的硬件与主流的开 源 Arduino Uno 主板兼容,所以也与 Arduino 编程环境或 Atmel 微控制器开发工具兼容。 开发自定义固件的风险由用户自行负责。硬件不易损坏。

以下是用户需要知道的基本信息:

- 微控制器使用 Atmel ATMEGA328P, 并使用 Arduino 引导加载程序, 可通过 UNO 主板设定的开源 Arduino 开发套件来编写。
- 模数转换器使用与 I2C 总线连接的德州仪器 ADS1100 或 ADS1114。
- 传感器的参考电压固定为 4.0 V
- MDT TMR 传感器输出端与模数转换模拟输入端连接
- 电源 LED 与 USB V∞ 连接
- Tx/Rx LED 与 ATMEGA328 Tx/Rx 线连接。
- 串口/USB 转换器是标准 FTDI231X 芯片,无需特殊驱动程序。

关于 Arduino C 编程语言和开发环境的细节内容可到以下地址查阅:

#### https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage

以下提供一个将单轴 USB2705A、USB2705T、USB2510A、USB2510T 的传感器的输出 流传输至 USB 端口的 Arduino C 程序:

```
* Read TMR sensor voltage, convert to Ce, and stream to USB port
#include <Wire.h>
                   // used for I2C bus
#define ADC B1001010 // 7bit I2C address of ADC
// configure sensor
float sensitivity = 5.0; // sensitivity calibration in units of mV/V/Oe --> needs to be changed
float offset = -0.011475; // offset calibration in units of volts --> needs to be changed
// configure measurement
                 // number of samples to be averaged
int NumSamps = 1;
int gain = 1;
                   // valid options are 1,2,4,8
int bits = 16;
                   // valid options are 12, 14, 15, and 16
// do not change
float SensorVoltage;
                   // output voltage of the sensor
float Vref = 4.0;
                   // Sensor Reference voltage
float Hout;
                   // measured field
void ConfigureADC(int bits, int PGA, int Continuous, int RequestData) {
 /=*********************************
                             * Routine used to configure the ADC
  unsigned int bCom = 0x00;
 // set the number of bits and datarate
 switch (bits) {
   case 12: bCom = bCom | 0x00; break; // 12 bits, 128 bps
   case 14: bCom = bCom | B00000100; break; // 14 bits, 32 bps
   case 15: bCom = bCom | B00001000; break; // 15 bits, 16 bps
   case 16: bCom = bCom | B00001100; break; // 16 bits, 8 bps
   default: bCom = bCom | B00001100;
                                    // 16 bits, 8 bps
 3
 // set the PGA gain
 switch (PGA) {
   case 1: bCom = bCom | B00000000; break; // gain = 1
   case 2: bCom = bCom | B00000001; break; // gain = 2
   case 4: bCom = bCom | B00000010; break; // gain = 4
   case 8: bCom = bCom | B00000011; break; // gain = 8
   default: bCom = bCom | B00000000; // gain = 1
 }
 // set continuous/single mode
 switch (Continuous) {
  case 0: bCom = bCom | B00010000; break; // single
   case 1: bCom = bCom | B00000000; break; // continuous
 }
 // this is used in single conversion mode to request a read
 switch (RequestData) {
  case 0: bCom = bCom | B00000000; break; // single
  case 1: bCom = bCom | B10000000; break; // continuous
 1
 // write the command
 Wire.beginTransmission(ADC);
  Wire.write(bCom);
 Wire.endTransmission();
```

```
}
```

```
float ReadSensor(int Nbits) {
                                       *****
        /************************
         * Routine used to read the ADC.
         * bits must be > 11, <17, and <> 13
         float Vout;
        byte highbyte, lowbyte, configR;
        Wire.requestFrom(ADC, 3);
        while(Wire.available()) // ensure all the data comes in
        -{
          highbyte = Wire.read(); // high byte
          lowbyte = Wire.read(); // low byte
          configR = Wire.read();
        }
        // divide by the PGA gain and scale based on ADC bits
        Vout = (highbyte * 256 + lowbyte)/gain * scale(Nbits);
       delay(SetDelay(bits)); // dependent on ADC bits
       return Vout;
      }
float SetDelay(int Nbits) {
 // used for ads1100, see datasheet for details
 float ftmp;
 switch (Nbits) {
   case 12: ftmp = 7.0; break;
   case 14: ftmp = 31.0; break;
   case 15: ftmp = 63.0; break;
   case 16: ftmp = 125.0; break;
   default: ftmp = 125.0; break;
 1
 return ftmp;
}
float scale(int Nbits) {
 // conversion used for digital resolution
 float ftmp;
 switch (Nbits) {
   case 12: ftmp = 1.0/2048.0; break;
   case 14: ftmp = 1.0/8192.0; break;
   case 15: ftmp = 1.0/16384.0; break;
  case 16: ftmp = 1.0/32768.0; break;
  default: ftmp = 1.0/32768.0; break;
 }
 return ftmp;
}
void setup() {
 Serial.begin(9600); // initialize serial communications at 9600 bps:
 Wire.begin(); // open communication with ADC
 delay(10);
 ConfigureADC (bits, gain , 1, 0); // ADC @ 16-bits, 8bps, continuous conversion
}
```

```
void loop() {
    int i;
    float tmp = 0.0;
    // read and average the analog voltage of the sensor
    for (i=0; i<NumSamps; i++) tmp += (float)ReadSensor(bits);
    SensorVoltage = Vref*tmp/(float)NumSamps; // Sensor voltage
    Hout = (SensorVoltage-offset)*1000.0/sensitivity/Vref; // Convert voltage to field
    // print the results to the serial monitor
    Serial.print("H = "); Serial.print(Hout, 6);
    Serial.print(" Oe, V = "); Serial.println(SensorVoltage, 6);
    delay(2); // optional delay to slow down the serial output
}</pre>
```

此程序的输出结果显示如下:

| 💿 СОМ40          |                                |   |
|------------------|--------------------------------|---|
|                  | Send                           |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  | ~ |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.378818 Oe, | V = -0.016724                  |   |
| H = 0.378818 Oe, | V = -0.016724                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  |   |
| H = 0.378818 Oe, | V = -0.016724                  |   |
| H = 0.384922 Oe, | V = -0.016602                  | = |
|                  |                                | - |
| Autoscroll       | No line ending 👻 🚽 9600 baud 🗣 | • |

用户需要设定合适的灵敏度与失调值,但此程序可以为自定义固件开发提供出发点。 单轴磁强计使用的是一颗德州仪器 ADS1100 模数转换器,三轴磁强计使用的是三颗德州仪器 ADS1114 模数转换器。它们全部与同一 I2C 总线相连,其地址可以通过发送"PS"命令找到。例如下面是三轴磁强计的响应。

```
X: 11111111 @ Address: 1001001
Y: 11111111 @ Address: 1001011
Z: 11111111 @ Address: 1001000
Filt 1 0.90 0.10
Orth: 0
Lin: 1
PGA: 8.00
```

将来单轴磁强计会升级到 ADS1114 模数转换器。在任何情况下,知晓模数转换器型号、地址、I2C 通信协议、微处理器型号,再加上免费的 Arduino 开发软件,就是自定义固件开发所需的全部。玩得开心!

只要磁强计没有变砖,多维科技 USB 磁强计可通过上传标准固件的编译版本恢复原有 功能以及与多维科技测量图形化用户界面的兼容性。注意,上传自定义固件并不会改变存 储在 EEPROM 中的校准系数。如果校准系数被自定义固件覆盖,最好执行重设为默认子菜 单一节所描述的"重设为默认"操作。

# 升级 USB 磁强计固件

USB 磁强计被设计为诸如固件升级可以通过用户上传来完成。如果做了改善或应客户需求,固件版本会不定时放在多维科技的 USB 磁强计网站上。上传可通过使用设置对 Arduino Uno 适用的 Arduino 编程环境或用诸如 XLoader 程序来完成。推荐使用 XLoader, 因其简单。

https://sourceforge.net/projects/xloader/

| X Xload     | _              |            | $\times$ |  |  |  |
|-------------|----------------|------------|----------|--|--|--|
| Hex file    |                |            |          |  |  |  |
| C:\Users\D( | esktop         | \XLoader\M |          |  |  |  |
| Device      |                |            |          |  |  |  |
| Uno(ATmeg   | Uno(ATmega328) |            |          |  |  |  |
| COM port    |                | Baud rate  |          |  |  |  |
| COM22       | ~              | 115200     |          |  |  |  |
| Upload      |                | Abo        | ut       |  |  |  |
|             |                |            | .::      |  |  |  |

上传步骤如下:

1. 从多维科技网站上下载合适的固件镜像文件。

2. 打开 XLoader, 完成对 Uno 的设置

- 3. 将 USB 磁强计插入 USB 端口, 然后在 XLoader 界面选取合适的串行端口
- 4. 设置波特率为 115200
- 5. 点击"上传"
- 6. 等待直到上传结束。在上传期间 USB 磁强计外罩中的 LED 会闪烁
- 7. 打开 USBMag 程序并测试传感器。它应该保留了旧的校准因子。

如果传感器编程使用了错误的固件, 依然可以上传正确的固件。确保选取了正确的固件, 再试一次。如果有任何问题, 请联系: jim.deak@dowaytech.com