



上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

电子信息与电气工程学院

工程实践与科技创新 IV-D

加速度传感器信号采集与处理 Lab2

GROUP2

郝常升，胡小雨，张洋榕

高琛泰，李政

2021 年 4 月

目录

第 1 章 问题整理	1
1.1 实验内容要求	1
1.2 自由落体检测	1
1.3 跌落检测前景	1
第 2 章 MMA7260QT 芯片的工作原理	2
2.1 MMA7260QT 的简介	2
2.2 MMA7260QT 转接板引脚使用说明	3
2.3 MMA7260QT 传感器图示	4
第 3 章 问题分析	5
3.1 freefall 信号特性	5
3.2 其他状况下的信号特性对比	6
第 4 章 程序开发及配置工具使用	8
4.1 程序实现	8
4.2 配置工具的使用	10
第 5 章 功能实现结果测试及分析	12
5.1 功能实现情况	12
5.1.1 自由落体测试	12
5.1.2 冲击测试	12
5.2 可能存在的问题及解决方法	12
第 6 章 分工与总结	13

第 1 章 问题整理

1.1 实验内容要求

1. 配置接口，采集 MMA7260 三轴加速度传感器信号并显示
2. 分析三轴加速度信号在不同运动状态下的特征
3. 设计数据处理方法，准确识别“跌落”状态并通过蜂鸣器提示，并区分“冲击”等不同场景的区别处理

1.2 自由落体检测

自由落体指常规物体只在重力作用下，初速度为 0 的运动。在本实验的实验情境下，其主要是指只在重力作用（忽略空气阻力等作用）下，运动对象（即开发板）开始速度向下等运动。在三轴加速度传感器下，检测竖直方向的加速度即可。但还会出现如“冲击”等相似运动，需要区分

1.3 跌落检测前景

1. 在电子器械尤其是精密电子器械的日常使用与运输过程中，可能会出现从高处跌落情况。人们日常生活中不可或缺的智能手机，目前也已加入三轴加速度传感器模块，用来检测可能的跌落，并向使用者报告，提供相应的售后点使消费者可及时修复手机。
2. 老年人易出现跌倒、摔落等问题，且跌倒后难以与家人、医院等取得联系。利用可穿戴式的加速度传感器，并利用互联网与外界进行交流，可以及时对老年人的跌倒引起的受伤进行及时救治。

第 2 章 MMA7260QT 芯片的工作原理

2.1 MMA7260QT 的简介

MMA7260Q 是一单芯片支持 x, Y, z 轴向的集成加速度传感器，其功能结构如下图所示：

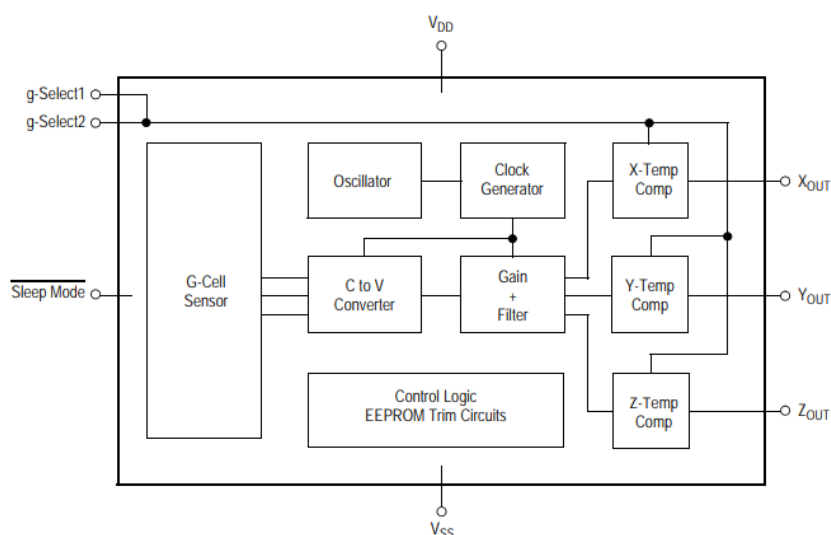


图 2.1: 简化的加速度计功能框图

MMA7260Q 传感器是由重力 g 感测单元、震荡器、时钟信号发生器、CtoV 转换器、积分放大滤波器、微调电路和温度补偿电路组成 (如上图所示)。引脚较少，五输入三输出，且每根管脚的功能和作用容易理解，因此使用起来很简单。输出的信号为模拟电压信号，因此可以直接与带有 A / D 转换模块的 MCU / 单片机相连接。

MMA7260Q 内建 g -select 电路。我们可以通过两个 g -select 引脚的逻辑输入来选择 g 值 (如表 1)。一般会通过 MCU 的 I / O 引脚去控制或驱动 g -select，使其处于高电平或是低电平。至于应用时如何确保最佳灵敏度状态，则可以通过观察 MCU 的状态，MCU 在读取传感器的时候出现满格状态，且持续一段时间，则 MCU 就必须设定更大的 g 值范围来确定输出是否再次出现饱和。在不同应用时，也可以通过设定不同 g 值范围来得到最佳使用状况。使用过程中可以随时改变灵敏度。该特性很适合那些根据最优性能需要不同灵敏度的场合。它还具有在正常操作状态下 500uA、休眠状态下 3uA 的低耗电流，其操作电压很低，仅有 2.2-3.6V，而且具有快速的上电响应时间 (1ms)，休眠模式的唤醒时间很快，仅为 0.5ms，通过将有源低电平休眠模式管脚设为高电平，即可实现触发。休眠模式下的功耗很低，需要加速度计数据时，响应时间也很快。可应用在手持设备上。

G2 选择	G1 选择	G 的量程选择范围	G 的重量灵敏度
0	0	1.5g	800mV/g
0	1	2g	600mV/g
1	0	4g	300mV/g
1	1	6g	200mV/g

图 2.2: MMA7260Q 传感器量程选定

MMA7260Q 中采用电容式加速度传感器。由电容的物理特性，电容值的太小与电极板的面积太小成正比，与电极板的距离成反比。g 感测单元就是利用电容的原理设计的。从芯片内部简化功能模块来看，g 感测单元将所侦测的加速度变化量的信号送往“CtoV 转换电路”，然后再送到积分放大滤波器进行处理，最后通过温度补偿处理后输出反映瞬时加速度值大小的模拟电压信号。

2.2 MMA7260QT 转接板引脚使用说明

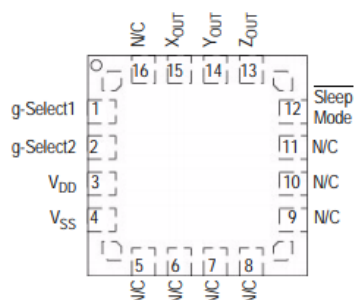


图 2.3: MMA7260QT 转接板引脚图

引脚编号	引脚名	功能描述
1	g-Select1	选择 g 电平的逻辑输入
2	g-Select2	选择 g 电平的逻辑输入
3	VDD	电源输入
4	VSS	接地
5-7	N/C	无内部链接（可断开）
8-11	N/C	无内部链接（可断开）
12	Sleep Mode	逻辑输入引脚，使产品进入睡眠模式
13	Zout	Z 方向的输出电压
14	Yout	Y 方向的输出电压
15	Xout	X 方向的输出电压
16	N/C	无内部链接（可断开）

图 2.4: MMA7260QT 转接板引脚说明

2.3 MMA7260QT 传感器图示

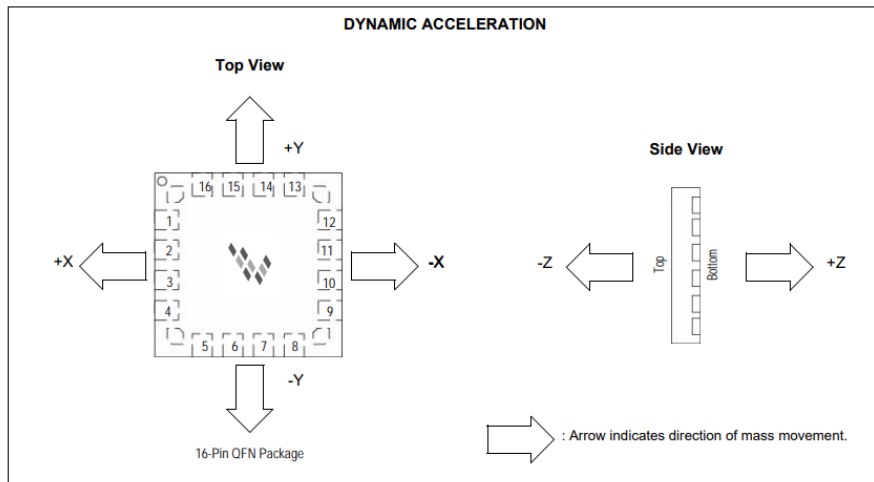


图 2.5: MMA7260QT 传感器加速度对应方向

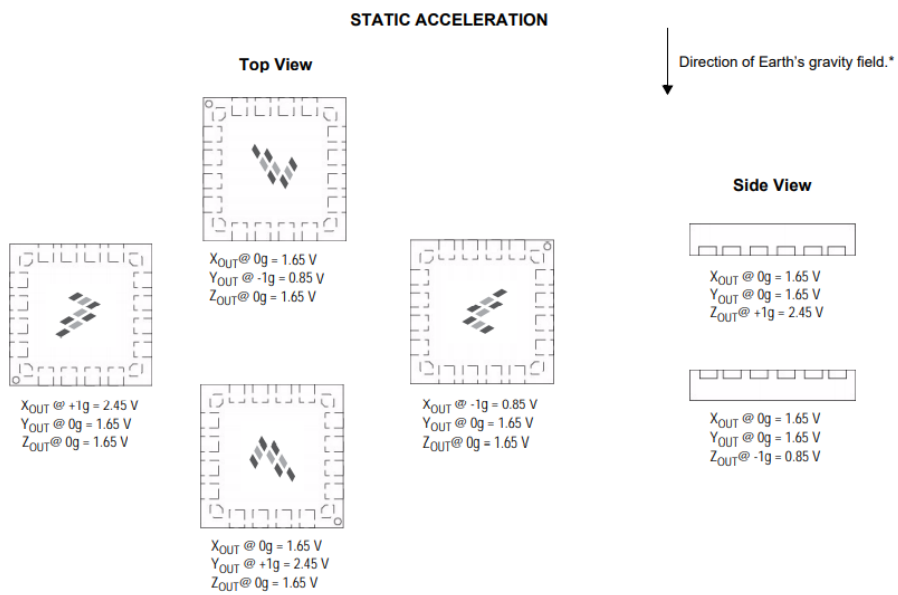


图 2.6: MMA7260QT 传感器三轴加速度在不同状态下的输出电压

第 3 章 问题分析

3.1 freefall 信号特性

1) 对于单片机自身的加速度，主要是通过 OLED 板上的 XYZ 的输出来表示。借助课堂上所提供的工具 FreeMASTER 所能够反映出来的在自由落体的过程当中，XYZ 数值的具体变化。因此，在针对单片机所进行的不同状态的运动时，可以通过观察所生成的图表，进而更直接的获得相应的特征数值变化。

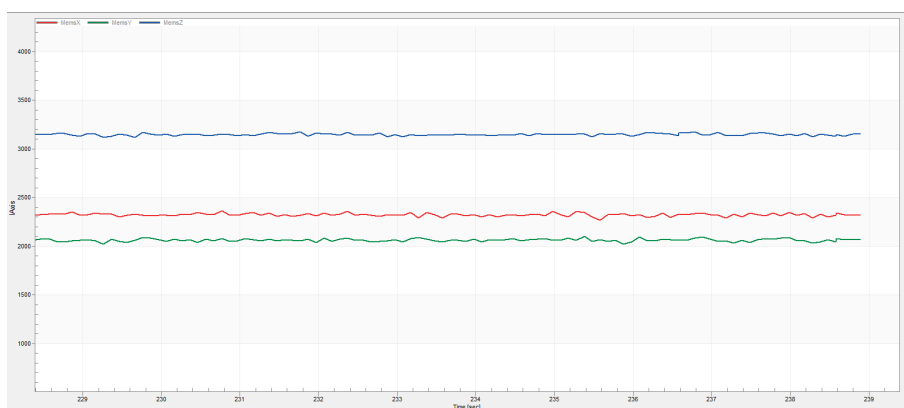


图 3.1: FreeMASTER 示波器界面

2) 针对 freefall 状态，我们小组先进行了多次的自由落体的测试，并且观察了三个数值所发生的变化。尽管每次下落时刻附近的波形在大体上相差很大，但是经过我们小组的分析，在波形突然开始随机变化前，有着一个状态，Z 的数值猛然下降到与 X 的数值接近，而 XY 的数值基本上是没有变化的。

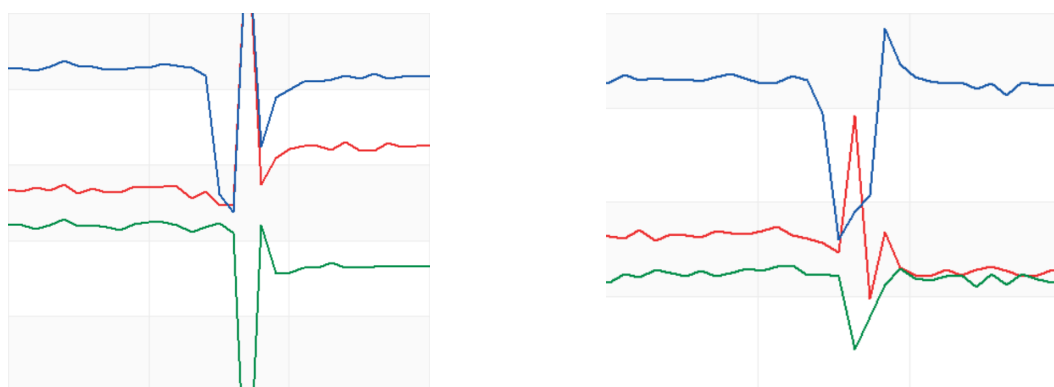


图 3.2: 两次自由落体下波形图的状况（红为 X，绿为 Y，蓝为 Z）

3) 理论上分析产生此种信号的原因，是因为单片机内部传感器是对其内部电子的相对加速度进行反馈。当静止不动时，电子保持 1g 的加速度，使得 Z 处在一个相对稳

定的位置。当单片机自由落体时，单片机也是以 $1g$ 的加速度下降，使得其相对加速度减小，趋近于 0，所以使得反馈出来的数值接近在静止时 XY 的显示数值。

4) 将范围扩展，测试的过程中主要是正着下坠所测得的参数，在实际状态的自由下落中，会出现不确定的下坠方式。所以，在自由下坠时，更为普适性的信号特性应该是其加速度的矢量和非常大的程度减小，反映到 FreeMASTER 则是在下落结束前一定会有一个参数剧烈下降。

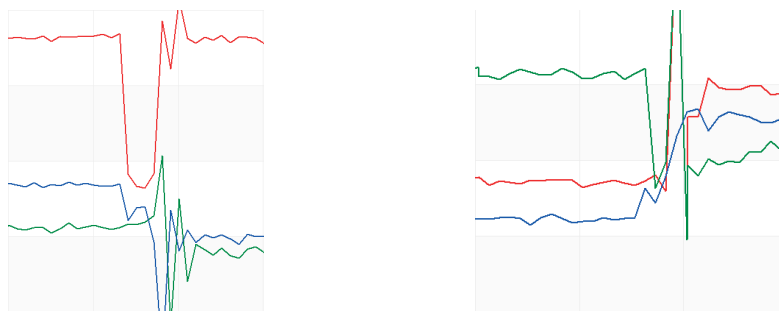


图 3.3: 以其他方向自由落体的结果（红为 X，绿为 Y，蓝为 Z）

3.2 其他状况下的信号特性对比

1) 冲击

在不同角度的冲击下，可以观察到，XYZ 中总会出现至少一个数值大幅度的偏离中心值，即出现了该方向的一个很大的加速度，在总体上看，则是总加速度矢量的骤然增大。

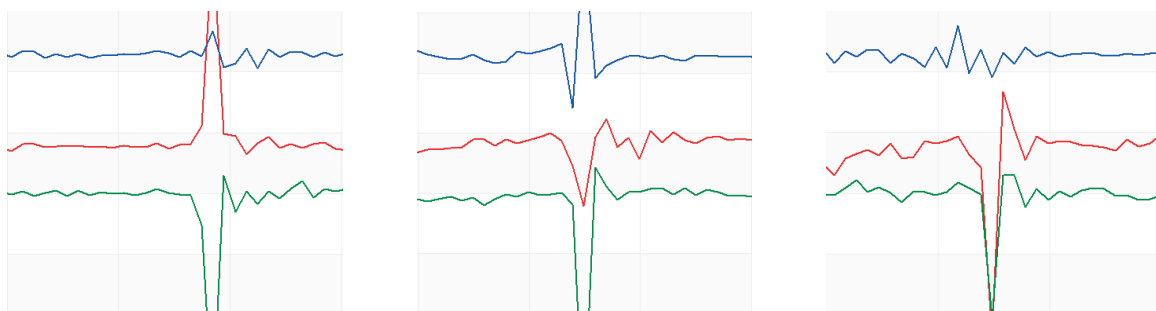


图 3.4: 在三个不同方向冲击下的结果（红为 X，绿为 Y，蓝为 Z）

2) 静止

静止状态主要的特征是保持一个相对恒定的 XYZ 的输出值，在对于不同放置下的 XYZ 会有不同的对应的稳定状态值，总体上是三条保持平行的水平线

3) 其他状态

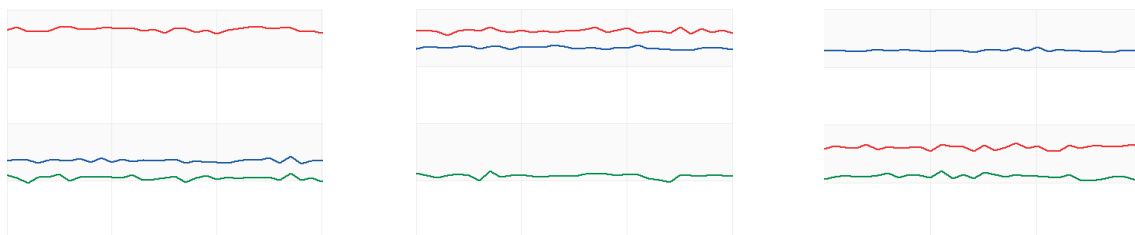


图 3.5: 在不同放置下静止状态的显示结果（红为 X，绿为 Y，蓝为 Z）

对于其他状态，例如加速或者减速上坡，下坡这种变速行驶，主要是和冲击，自由落体这样类似的情况，不在做具体分析。但是由于传感器相当于是在一个黑匣子中感受外界，所以它只能反馈加速度的变化，而无法判断具体的方向——例如：无法判断自由下落和以 $-g$ 的加速度减速上升的情况。

而对于匀速运动状态则与静止状况类似，可以进行类比分析。

第 4 章 程序开发及配置工具使用



4.1 程序实现

首先在程序中已经给出了 `CDK66_Analog_Input(&AnalogIn)` 函数，即不断更新 MMA7260 三轴加速度传感器信号的输入，这样就可以保证我们得到的值为即时的。

之后我们再用 `AnalogIn` 类中的定义，对 x , y , z 方向的加速度进行全局变量定义，即

```

1 MemsX = AnalogIn.x;
2 MemsY = AnalogIn.y;
3 MemsZ = AnalogIn.z;

```

这样就能把三轴方向上的加速度提取出来，通过 OLED 屏幕上的显示我们可知，当 OLED 屏幕朝上水平放置时，`MemsX` 2000，`MemsY` 1960，`MemsZ` 3100（当 OLED 屏幕朝前或朝左时，`MemsX` 或 `MemsY` 分别为 3100 左右，另外两个均为 2000 左右。故可知当 `MemsZ`=3100 时可说明板子水平放置。这一判断方法是由其重力加速度决定的：`MemsX`、`Y`、`Z` 原本数值应均为 2000 左右，但水平放置时 Z 轴方向存在重力加速度，故 `MemsZ` 数值为 3100，说明重力加速度带来的数值影响约 1000 左右），我们在代码中将加速度调零，即

```

1 int absX = MemsX-2000,absY = MemsY-1960,absZ = MemsZ-2000;

```

在这里我们可以看见将三轴加速度调整至 0 左右后，我们便能进行总加速度的公式求解

```
1 sqrt(absX*absX+absY*absY+absZ*absZ);
```

由于板子静止放置时受到的板与加速度传感器的相对（重力）加速度带来的数值影响为 1000 左右；当实验板水平的自由落体时，板与加速度传感器的相对加速度为 0，即原在 Z 轴方向存在的重力加速度也将消失，故 MemsZ 趋向于 0（当实验板沿其它方向自由落体时也是同样的道理），则总加速度会骤降，我们可以利用骤降后的数值来判断实验板是在水平下降：

```
1 sqrt(absX*absX+absY*absY+absZ*absZ)<500;
```

这里当总加速度小于 500 时即说明实验板是在做“跌落”。（这里采用的是当总加速度小于 500 时判断其为跌落，是因为我们在进行加速度调零时并不是十分准确的，故总加速度在自由落体时的数值肯定大于 0，但数值也较小，故可用小于 500 来判断）。

同理我们可以分析，当实验板发生“冲击”时，其总加速度应该很大，在结合 FreeMaster 判断数值后，我们小组认为总加速度在大于 1800 时可以满足我们的要求，既不会特别敏感，也不会识别不出来是发生了“冲击”，故判断条件为

```
1 sqrt(absX*absX+absY*absY+absZ*absZ)>1800;
```

而在实验要求中，我们需要通过蜂鸣器来判断是否发生“跌落”和“冲击”，即我们可以在判断语句后加上 BEEP_ON() 来进行提示，同时当其“跌落”时将在数码管上显示 1，当其发生“冲击”时将在数码管上显示 2，这一功能通过调用 ShowNumDEC() 即可实现。综上，判断以及提示过程代码为

```
1 if (sqrt(absX*absX+absY*absY+absZ*absZ)<500){
2     BEEP_ON();
3     ShowNumDEC(1);
4 }
5 else if (sqrt(absX*absX+absY*absY+absZ*absZ)>1800){
6     BEEP_ON();
7     ShowNumDEC(2);
8 }
9 else {
10     BEEP_OFF();
11 }
```

综上，本次实验的代码实现部分为：

```
1 CDK66_Analog_Input(&AnalogIn); // Update all analog inputs
2 MemsX = AnalogIn.x;
3 MemsY = AnalogIn.y;
4 MemsZ = AnalogIn.z;
5 int absX = MemsX-2000,absY = MemsY-1960,absZ = MemsZ-2000;
6 if (sqrt(absX*absX+absY*absY+absZ*absZ)<500){
7     BEEP_ON();
```

```

8     ShowNumDEC(1);
9 }
10 else if (sqrt(absX*absX+absY*absY+absZ*absZ)>1800){
11     BEEP_ON();
12     ShowNumDEC(2);
13 }
14 else {
15     BEEP_OFF();
16 }

```

4.2 配置工具的使用

在本次的 Lab 实验当中，除了照常的利用了 MCUXpresso 进行对应的程序编程之外，还在非常大的程度上利用了 FreeMASTER 进行一个数据的可视化的处理。在这次的 CDK66_KC4D 工程文件里面，我们主要是对其相对三方向的加速度进行分析，而通过 FreeMASTER，XYZ 就可以很好的表现出来了。下面是此次实验 FreeMASTER 的使用流程。

（注意：在导入 FreeMASTER 之前，必须要将 MCU 中的程序成功烧录到单片机当中，并且在点击“继续”按钮之后维持运行一段时间，之后停止程序。在上述操作进行完之后，再进行 FreeMASTER 的操作才能正常继续。

1) 单片机的连接

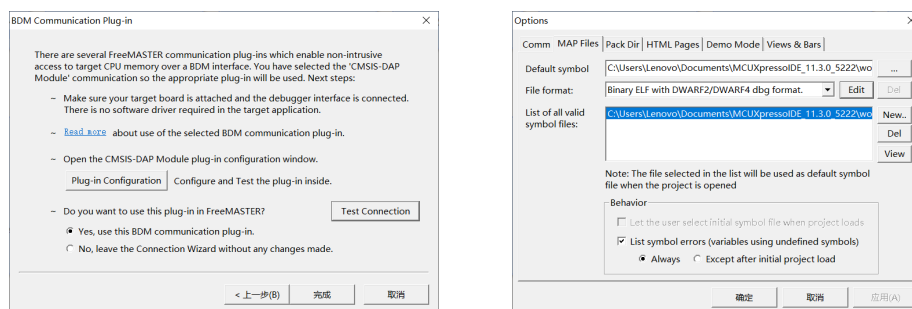


图 4.1: 单片机接口连接窗口

2) 导入所需变量

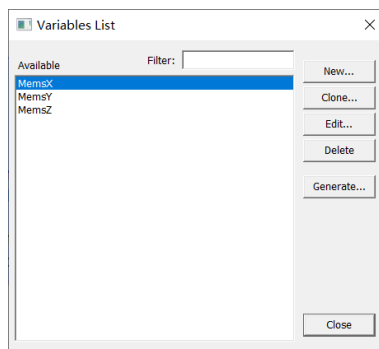


图 4.2: 变量导入窗口

3) 创建示波器

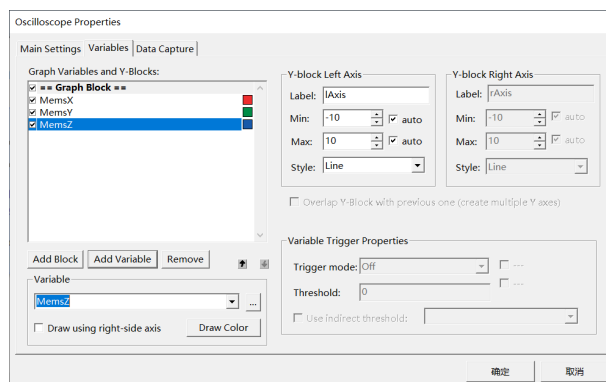


图 4.3: 示波器窗口

4) 生成动态图像

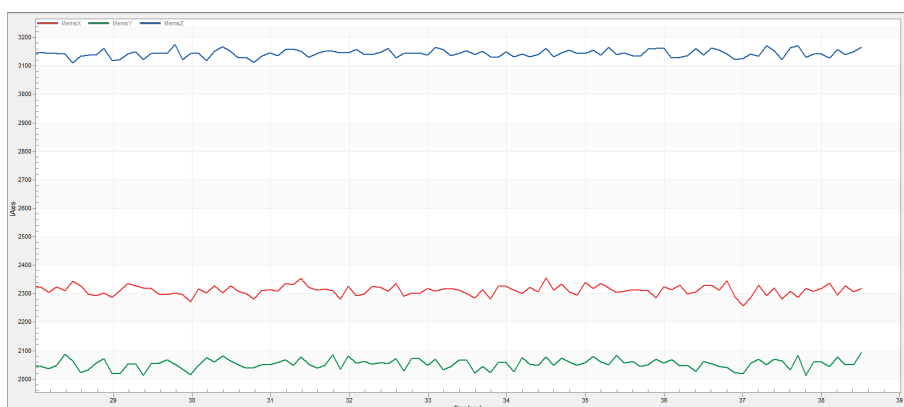


图 4.4: 最终生成的示波器图像

第 5 章 功能实现结果测试及分析

5.1 功能实现情况

5.1.1 自由落体测试

1) 首先当实验板自由落体时，我们可以听到明显的蜂鸣声，且一直伴随着实验板的“跌落”而提示，且数码管上显示 1，表明其是在自由落体而不是受到“冲击”。（下面图片为“跌落”实现结果观察过程的简单展示）

5.1.2 冲击测试

1) 其次为当实验板受到“冲击”时，我们也能听到明显的蜂鸣声，且数码管显示 2，此时蜂鸣声明显较短，说明冲击仅在较短时间内发生。（下面图片为“冲击”实现结果观察过程的简单展示）

5.2 可能存在的问题及解决方法

在代码层面我们可以看出的明显的问题是：

（1）关于三轴加速度的调零问题。即在将 `MemsX`，`MemsY`，`MemsZ` 减去一个数值再分别赋给 `absX`，`absY` 和 `absZ` 时，减去的数值虽然不同，但也是我们根据人为经验观察所得出的，故肯定存在较为明显的误差，这也是为什么我们在判断“跌落”时将判断条件定为（我们设定的）总加速度小于 500。

尝试解决的方法：由于 `MemsX`，`MemsY`，`MemsZ` 的数值一直在变化，但我们可以尝试将其数值导入外部统计软件中再进行计算均值，根据均值再去进行调零，这样能在一定范围内提高精度。但是毫无疑问，由于这三个值在不断变化，故找不到一个很好的方法进行准确调零。

（2）在判断条件中，“跌落”是总加速度小于 500，“冲击”是总加速度大于 1800，但 500 和 1800 也都是我们人为经验判断得出的，故在灵敏度上肯定存在一定误差。

尝试解决的方法：利用 FreeMaster 等可视化数值软件得出在“跌落”和“冲击”时 `MemsX`，`MemsY`，`MemsZ` 的准确值，再通过公式计算得出判断条件的数值大小，这样能在一定范围内提高精确度。

第 6 章 分工与总结

通过本次实验，我们学习了旋转编码开关和 I2C 总线的工作原理，并实践应用，完成了简单的人机交互在嵌入式系统上的实现。

在任务一中，我们组首先结合上次课程中按键开关的知识，结合板载时钟，通过简单的状态机完成了实验一。阅读原框架代码锻炼了我们阅读和理解代码的能力。

在任务二中，学习旋转编码开关的工作原理和中断触发机制后，完成了代码的改动，并通过试验优化了 OLED 图形化显示的效果。但随即发现了抖动的问题，结合老师课程中讲解的几种方法进行实验，最后很好的完成防抖任务。

实验中，本组同学分工明晰，互帮互助，本次 Lab1 分工如下：

郝常升	任务 2 代码编写，Latex 汇总排版
胡小雨	任务 1 代码编写，“程序开发”报告撰写
张洋榕	代码修改及优化，“功能实现”报告撰写
高琛泰	烧录及代码调试，“问题分析”报告撰写
李政	代码测试，“问题整理”报告撰写

表 6.1: Group2 分工