

基于 Arduino 测量的“姆潘巴现象”

李守良 张敬云 谢作如 浙江省温州中学

在同等体积和同等冷却环境下，温度略高的液体比温度略低的液体（非纯水）先结冰的现象，被称之为“姆潘巴现象”，这个现象以坦桑尼亚学生埃拉斯托·姆潘巴的名字命名。然而最近在网上看到的帖子却反映，温度略高的液体不一定比温度略低的液体先结冰。为了探究是否存在这个现象，我们决定使用Arduino和一些传感器相结合制作一个验证“姆潘巴现象”的装置，并使用该装置测量液体温度在不同时间上的变化，然后画出函数图像，观察不同温度的液体在冰箱里的温度是如何变化的。

● “姆潘巴现象”实验装置的设计

在设计实验装置之前，我们需要确定实验器材。由于需要将器材放入密闭状态下的冰箱，所以必须使装置脱离电脑处于离线状态，因此我们首先需要解决数据的传输、保存问题。

既然是密封状态，我们不仅要放弃用数据线传输的方式，也不能考虑蓝牙、WiFi等方式，只能考虑如何将数据保存下来。当然，将一部手机或者树莓派和Arduino一起放进冰箱，似乎也是一种方案，但

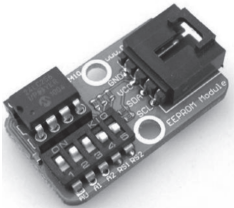
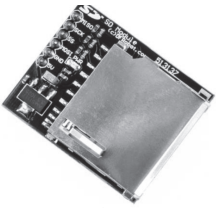
感觉有些大材小用。既然不能实时传输，我们还可以选择保存。Arduino自带的空间肯定是不够用的。有一款EEPROM数据存储模块，是通过I2C总线来与Arduino进行连接，并且采用可插拔的芯片，是可行的方案。但是我们翻了翻创客空间的器材，发现了现成的SD卡模块，这比EEPROM方便得多，因为Mixly0.95已经增加了读写SD卡的功能（如表1）。

为了测量液体牛奶的实时温度，我们本来可以用普通的LM35温度传感器，用薄膜包一下做防水处理。但考

考虑到测量效果，最后还是买了2个防水的温度传感器。

综上所述，具体的“姆潘巴现象”装置连接图如图1所示，制作本品所需要的材料和说明如表2所示。

表1

EEPROM数据存储模块	SD卡存储模块
	

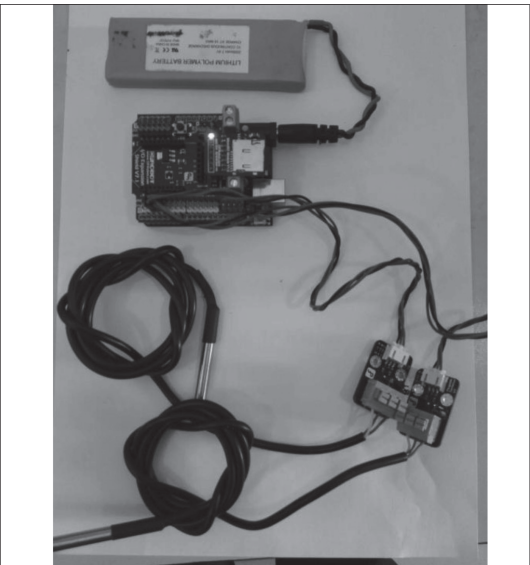


图1

表2

名称	数量	说明
Arduino UNO	1个	控制模块
防水温度传感器	2个	测量牛奶的温度
Arduino拓展板	1个	方便连接各种传感器
7.4V 2200MA 锂电池	1个	提供电源
SD卡读取模块	1个	将SD卡与Arduino连接
8G SD卡	1个	存储数据

由于本装置需要放置在潮湿的冰箱中，我们需要将各种传感器和Arduino封装起来，所以我们利用

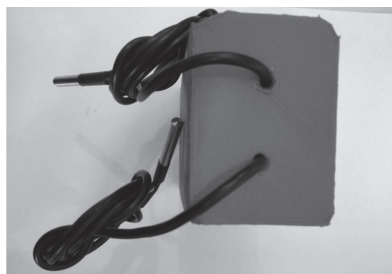


图2

身边的3D打印机制作了一个封装模块(如图2)，其实直接找个纸盒封装也是可以的。

● 代码编写

本次实验代码比较简单，无非是获取温度，然后写到SD卡中。很遗憾Mixly0.95还不支持DS18B20防水温度传感器，我们只好使用Arduino IDE来编写。相信大家看到这篇文章的时候，Mixly就能够支持防水温度传感器了。

具体的代码如图3所示，限于篇幅，我们去除了getTemp()和getTemp01()这两个函数代码。完整的代码将提供在谢作如的新浪博客上。

● 测试效果

为了测试实验效果，我们选择同样300ML，日常饮用的57度热纯牛奶放入-5℃的冰箱中，通过一段时间的观察后，将搜集到的数据从SD卡中复制到Excel中，制作出T-t的图像(如图4)。

通过实验我们发现，为了获得准确的实验结果，我们需要注意以下内容：①将各种装置连接好之后，务必要封装，以防止潮湿的冰箱环境对装置产生损害。②为了搜

```
#include <OneWire.h>
#include <SD.h>
#include <SPI.h>

int DS18S20_Pin01 = 2; //DS18S20 Signal pin on digital 2
int DS18S20_Pin02 = 3; //DS18S20 Signal pin on digital 3
//Temperature chip i/o

OneWire ds(DS18S20_Pin01); // on digital pin 2
OneWire ds1(DS18S20_Pin02); // on digital pin 3

void setup(void) {
    Serial.begin(9600);
    const int chipSelect = 10;
    SD.begin(chipSelect);
}

void loop(void) {
    float temperature = getTemp();
    Serial.println(temperature);
    float temperature01 = getTemp01();
    Serial.println(temperature01);
    File datafile = SD.open(String("file01.txt"), FILE_WRITE);
    if(datafile){
        datafile.print(temperature); datafile.print(",");
        datafile.print(temperature01); datafile.println("");
        datafile.close();
    }
    delay(30000); //等待 30 秒测量一次
}
```

图3

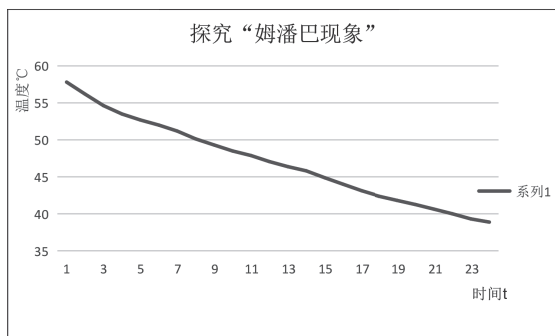


图4

集到准确的数据，需要将防水温度传感器固定在纯牛奶中，在测量的过程中要确保不打开冰箱，以免影响测量效果。

其实，在真实的测量过程中，我们还发现了种种问题，如一开始使用口香糖电池，结果电池在冰箱一冻就没电了，白等了几个小时。而且我们发现在加电前要先插好SD卡，否则数据没法正常写入。

● 知识拓展

我们通过身边的工具完成一个传统物理实验并不是一件很难的事情，现在创客运动已经将电子技术、传感器技术的门槛降得很低。我们还可以通过数据采集去探究一些有争议的科学现象，关键是选择合适的传感器和简单的编程。因此开设相关课程，让学生学习一些传感器和编程知识是很有必要的。至于这个“姆潘巴现象”实验，我们还会继续用这个实验装置测量更多的数据，以深入探究背后有什么样的科学原理。^[9]

如果对相关内容感兴趣，请关注主持人博客。

