



# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



\*\*\*\*\*

注意：此为封面格式

\*\*\*\*\*

## 项目报告书

参赛组别 (A 或 B)	A
题 目	智慧工厂 设备状态监察联网
采用的新唐开发板或 MCU 型号	Nano100NE3BN
牛卧堂用户名称	polyuia
团队主要成员姓名	*沈著, Alex Choy, Eric Tsang
团队其他成员姓名	Chen Yu-hung, Tam Lee-ling
视频观看地址	<a href="http://v.youku.com/v_show/id_XMTcxNTc3MjA3Mg==.html?beta&amp;">http://v.youku.com/v_show/id_XMTcxNTc3MjA3Mg==.html?beta&amp;</a>

\*如在报名后有修改，请在此注明。



# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



## ■ 题 目：智慧工厂 设备状态监察联网

## ■ 关键词：

Nano100NE3BN ESP8266 物联网 工业 4.0

## ■ 摘要：

为了达到智能物联监察网这个目标，我们采用了新唐 Nano100 的单片机作为基础，并透过使用各种传感器以及物联网传输协议 MQTT 的技术来达到实时监察大量机器的运行情况。安装于机器上的传感器，所收集到的信息经 MQTT 回报上传至数据库，透过看板 (Kanban) 系统，给予工厂管理层一个一目了然的实时机器运作概览，同时为未来工厂，基于工业 4.0、信息科技及物联网的运用，提出一种新的可能性。

### 1. 引言：

在全球化的经济环境下，商品、资金、技术和人员跨越国界自由移动，各国制造业可否保持有竞争优势，主要是看能否在全球产业价值链里，提供最高效益的服务，拥有强大的产能是其中一个关键。为提高产能，很多大型生产企业都设置拥有许多机器同时运行的工厂环境下，例如位于嘉兴的乐高公司注塑工厂中，生产厂房内有上百台的注塑机。但拥有许多机器不代表有良好的生产效率，例如生产设施是否正常运作，机器是否在良好的工作状态等等。故此拥有强大产能同时亦需要有良好的效率，才可保持竞争力。

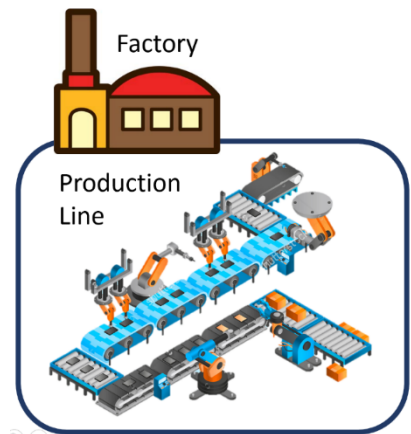


圖 1 生產綫架構

但现实是生产设施的工作状况往往未能实时得知。机器出现了故障就必须依靠员工去发现并通知上报维修部门来跟进问题，机器为着种种原因不运行亦未必有人报告，以致生产管理人员未能实时掌握当时生产能力。因此公司管理层，对于生产设施产能的掌握，往往是滞后的信息。在信息通报延迟的情况下，机器的生产潜力因而未能完全发挥，以致造成“看不见的亏损”。



# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



有见于传统工厂所遇到的種種問題, 德國政府在 2011 年提出”工業 4.0” 這個高科技戰略計劃, 目的是”傳統製造業運用 IT 技術提昇能量, 使其轉型成具有適應性、資源效率及人因工程學基因的全面自動化生產的智慧工廠” [1]。但普遍認為传统工厂升级至工业 4.0, 需要大规模更换或更新机器和系统, 故我们提出這項目, 希望利用物联网技術为业界提供一个容易安装、高效且较为廉价的”工業 4.0” 升級方案。

## 2. 系统方案:

我们的項目”智能物联监察网”, 将会以物联网传输协议 MQTT 的信息交换作为发展的核心和基础。再使用多种传感器模块 来监察各项能够反映机器运作情况的参数, 如压缩空气使用量, 用电量, 机器运作所产生的震动等等, 并定时利用物联网架构将数据传送至计算机, 进行处理后所有机器状况显示于”看版”上, 方便管理层一目了然地瞭解所有设施的運作情况, 以作出实时监控。

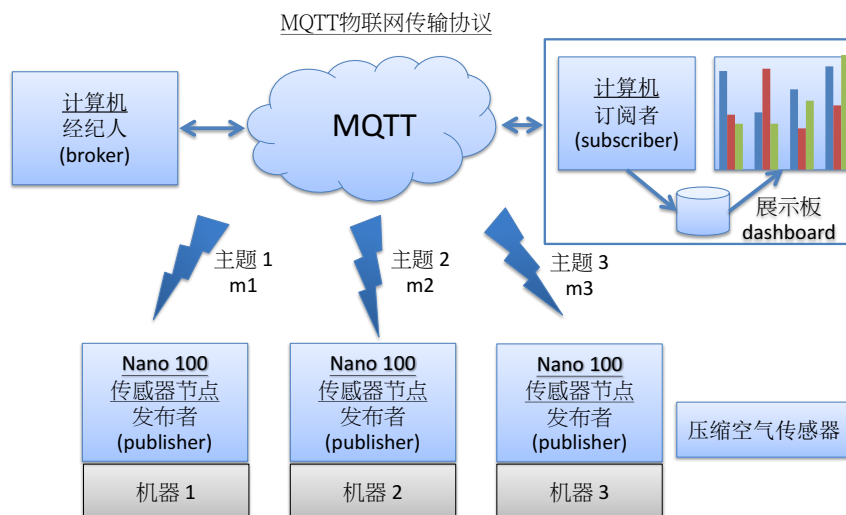


圖 2 智能物联监察网



# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



在智能物联监察网系统监察下，除了提供设备工作状况的信息外，亦可得知设备是否有异常的情况，影响效能已致生产质量。

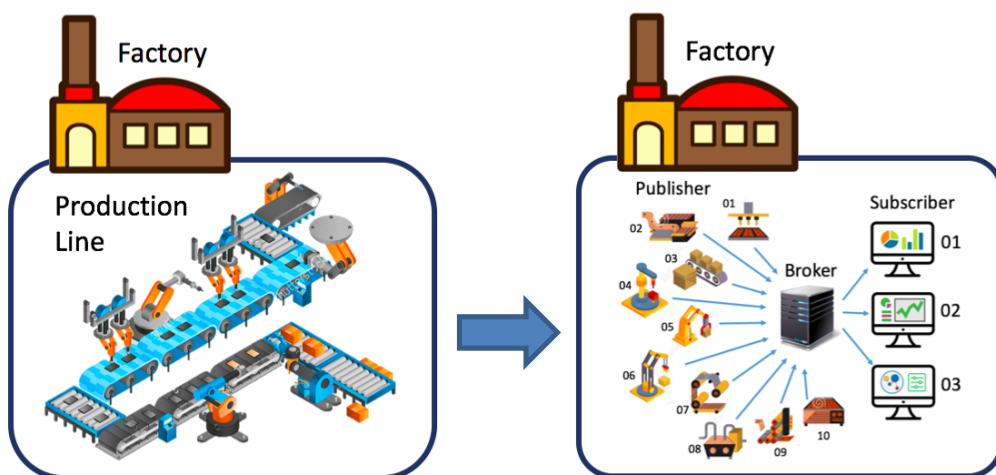


圖 3 系統監察

我们设计的系统应用了 MQTT[2] 协议，達至有良好通用性及扩展性的优点。 MQTT 是基于发布/订阅编程模式的消息协议， 由于规范很简单，MQTT 的耗电率和带宽占用率比起普遍 HTTP 要来得更低， 而且能够在低带宽和不稳定的网络情况下提供一定程度可靠的网络联机， MQTT 亦因此在西方国家被广泛使用于手机通讯应用上的传输协议。

此外 MQTT 作为采用了 “发布者” (publisher) “经纪人” (broker) “订阅者” (subscriber) 模式的传输协议 当中拥有一个独特并相当实用的 “主题” (topic) 性。由于 “发布者” 和 “订阅者” 之间并没有直接的关连 一切的数据交换都是透过 “主题” 来分配 并由唯一的 “经纪人” 作处理， 因此 “发布者” 和 “订阅者” 之间只需要知道 自己想要(发布/订阅)的 “主题” 和 “经纪人” 的 ip 地址即可 此举大大减少了使用传统协议时要处理大量 IP 并加以配对而产生的麻烦。





# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



如图二所示，安装在生产机器上并连上传感器的 Nano100 监察模组扮演着 “发布者” 的角色，而计算机则是同时作为 “经纪人” 和 “订阅者” 的角色。每一部机器上的 Nano100(发布者) 会以象征机器编号的代号(m1,m2,m3)来作为 “主题” 向计算机(经纪人) 送出讯息,而 计算机(经纪人) 又会把信息按主题分配给 已经订阅了该主题的 计算机（订阅者）。

最后由 计算机(订阅者) 将隶属于主题的信息 细分成用电量，压缩空气使用量 和使用情况(震动) 并将其整理，写入数据库以作看版的实时展示监察用途。”看版”系统以简洁方便方式,能够根据用电量,压缩空气使用量 和 使用情况(震动) 这三个主参数来进行数据展示。图表中长条的显示带有按机器(主题)数量而自动调整宽度的功能。

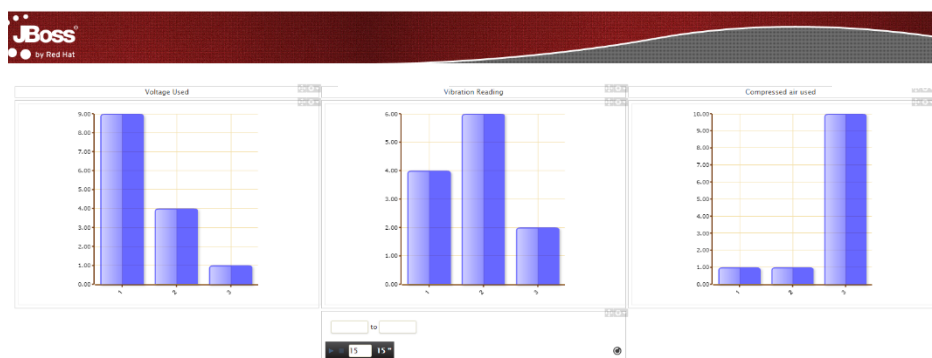


圖 4 看版系统



# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



## 3. 系统硬件设计：

### 监察模块

利用 Nano100 设计的监察模块是本系统最重要的硬件设计，它安装在演示系统上，以监察用电量，压缩空气使用量 和 演示系统使用情况(震动)。

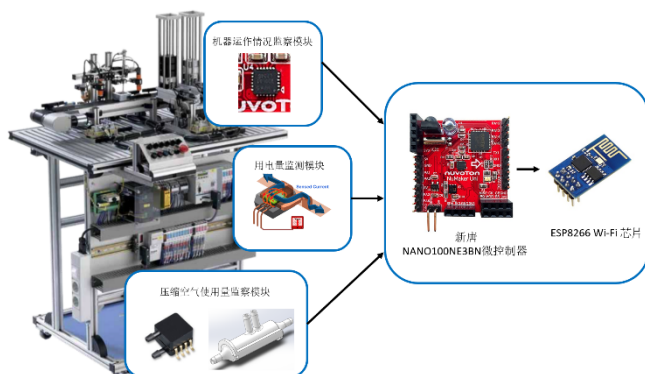


圖 5 监察模块

### 压缩空气使用量监视器模块

为了达成模仿昂贵或大型的的传统压缩空气传感器的功能, 我们利用了 3D 打印技术制作出了小型的空速管(Pitot Tube), 以较低成本和更轻巧的方法来简单得知该机器压缩空气的使用量。

### 用电量监察模块

由于工厂的机器依赖电力运作, 因此透过量度机器的用电量, 则可以作为反映机器运作的一个基本参数。

### 机器运作监察模块

由于工厂的大型机器在运作时, 无法避免地会产生一定程度的震动。因此为达到监察机器运作状态的目标, 我们透过读取 三轴加速度传感器中, 加速度的转变来充当震动传感器, 并藉此识别该机器的运行状态。



# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



## 压缩空气传感器的设计

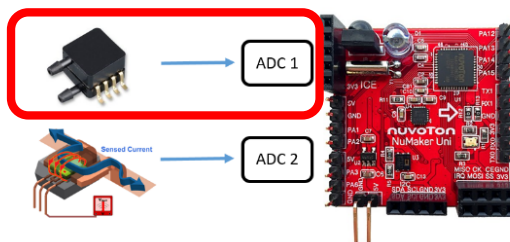
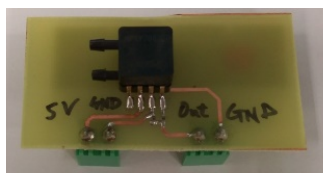


圖 6 压力传感器

$$\text{气压} = ((5 * \text{ADC1} / 4095) - 2.5) \text{ kPa}$$

这个装置把 X 气压转换成电压，然后经 ADC1 把 12 位数据传送到 Nano100NE3BN。该微控制器会根据数值来测量机器用多少气压。

自动生产线经常用到压缩气体，因此我们特设监控压缩气体流量的功能。现时量度气体流量/流速的方法分别是空速管，喉形管，热线式 MAF 传感器等，但每种都有成本过高或体积过大的问题。我们用 3D 打印做了一个缩小简略化的空速管，接上一个专用空速管压力传感器，用以量度气体流量。

打印出来的空速管分为两部分，用榫位和 3D 打印部件表面的摩擦力连在一起，在接口处加上了平台方便加上接合剂防止漏气。空速管的喉位都加上了 15 度的小斜角让喉管在接合时会被扩大，为防止气体从喉管和喉嘴之前的空位漏出，打印的方向需要是嘴位向下。

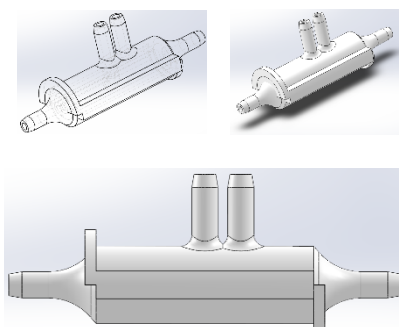


圖 7 3D 打印空速管



# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



## 电流传感器

它用霍尔效应把电流转换成电压，然后经过 ADC2 把 12 位数据传送到 Nano100NE3BN。该微控制器会根据数值来使以下面所列出的公式来测量并换算出机器在 24V 电压下用了多少能量。

$$\text{功率} = 24 * (5 * \text{ADC2} / 4095 - 2.5) / 0.2 \text{ W}$$

$$\text{总能量} = \sum_{t=0}^n W_t$$

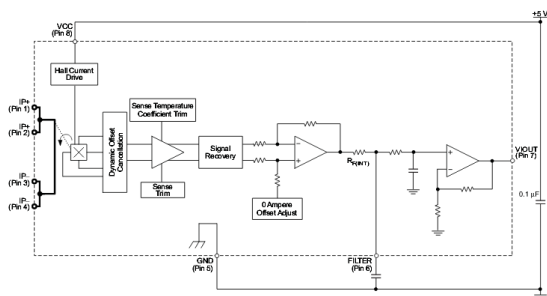
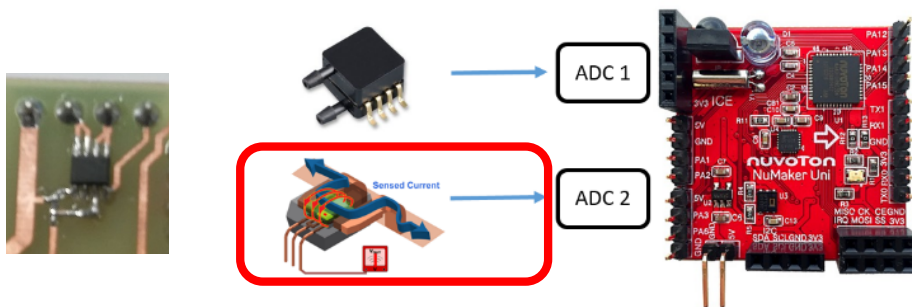


圖 8 电流传感器

## 三轴加速度计

它把加速度转换成 16 位 ADC 的二补码，然后经 I2C 把数据传送到 Nano100NE3BN。该微控制器会根据加速度来决定机器是否使用中。因为在工厂情况中，即使机器是通了电，也不能代表机器在正常运行。因此我们针对这个情况，加入了以上使用三轴加速度计的设计。透过比较“机器的运作中的震动幅度”和“平时关机时的震动幅度”的数据基础来判断机器目前的运行状态，再配合已有的用电量参数和用气量参数，则可更准确推断出机器目前的状况。



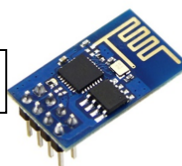


# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



UART



新唐  
NANO100NE3BN微控制器

ESP8266 Wi-Fi 芯片

我们将 MQTT 程序嵌入至 ESP8266 无线芯片中, 在刻录过程完成后, 把 ESP8266 芯片外接上 Nano100 便成为了使用 MQTT 通讯的“发布者”了。接下来要处理的便是 ESP8266 芯片和 Nano100 之间的沟通了, 我们将 ESP8266 的 MQTT 程序中加上对 UART0 的聆听和回呼机制, 以便 ESP8266 在收到 Nano100 的信息时候能够接手并把信息以 MQTT 协议的形式发布出去。

## 系统演示及测试环境

为演示本系统的功能, 我们特意把系统安装在用作工业培训用的”模块化机电一体化系统”(mMS)。mMS 的每个设备都有自己工业级的控制系统、驱动器, 传感器技术, 及总线技术(Profibus DP), 故能很好地模拟一般的工业设备。



圖 9 模块化机电一体化系统



# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

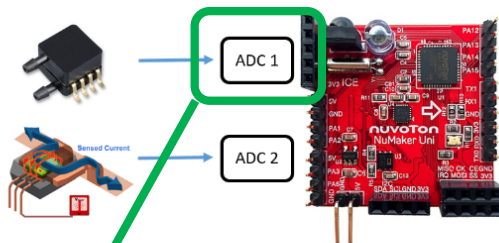
为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



## 4. 系统软件设计

### 监察模块(ADC 数据采集)

由 ADC 提取结果，把数据转换成需要的数据结构。



```
ADC_Open(ADC, ADC_INPUT_MODE_SINGLE_END,
          ADC_OPERATION_MODE_CONTINUOUS, 0x03);
ADC_POWER_ON(ADC);
ADC_CLR_INT_FLAG(ADC, ADC_ADF_INT);
ADC_START_CONV(ADC);
while(!ADC_GET_INT_FLAG(ADC, ADC_ADF_INT));
ADC_CLR_INT_FLAG(ADC, ADC_ADF_INT);
ADC_Result = ADC_GET_CONVERSION_DATA(ADC, 0);
```

```
String_Digit = Temp_Value / 100000;
String_Value[5] = String_Digit + 0x30; 9 987654 / 100000
```

```
Temp_Value = Temp_Value - String_Digit * 100000; 987654 - 9*100000
String_Digit = Temp_Value / 10000; 8 87654 / 10000
String_Value[4] = String_Digit + 0x30;
```

```
Temp_Value = Temp_Value - String_Digit * 10000; 87654 - 8*10000
String_Digit = Temp_Value / 1000; 7 7654 / 1000
String_Value[3] = String_Digit + 0x30;
```

```
Temp_Value = Temp_Value - String_Digit * 1000; 7654 - 7*1000
String_Digit = Temp_Value / 100; 6 654 / 100
String_Value[2] = String_Digit + 0x30;
```

```
Temp_Value = Temp_Value - String_Digit * 100; 654 - 6*100
String_Digit = Temp_Value / 10; 5 54 / 10
String_Value[1] = String_Digit + 0x30;
```

```
Temp_Value = Temp_Value - String_Digit * 10; 54 - 5*10
String_Digit = Temp_Value; 4 4
String_Value[0] = String_Digit + 0x30;
```



# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



在發送信息前，必須把 int 轉換成為 ASCII 字符

以下是轉換方法

‘6’

$$0x06 + 0x30 = 0x36 \rightarrow '6'$$

之後，再利用 UART 介面 發送 信息

```
UART_Write(UART0, "A", 1);
UART_Write(UART0, "0", 1);
UART_Write(UART0, String_Value, 6);
```

MQTT TOPIC 通信協議

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Sensor Type	Sensor ID	Value					
A = Air Flow	ID 0 – 9	Digit 6	Digit 5	Digit 4	Digit 3	Digit 2	Digit 1
E = Energy							
V = Vibration							
A	0	9	8	7	6	5	4

通過 UART 介面，發送信息 ‘TOPIC’ 到達 MQTT ‘Broker’

MQTT TOPIC “A0987654”\_





# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

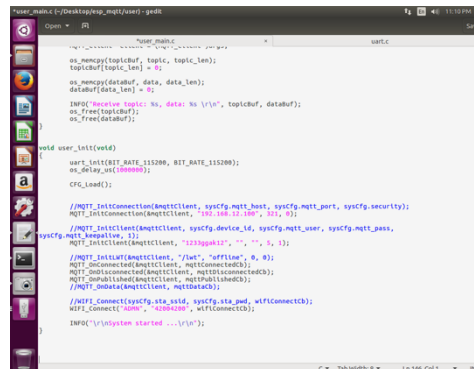
为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



## MQTT 韌體 (ESP8266)



ESP8266 Wi-Fi 芯片



我們在 MQTT 韌體中作出修改，再通過 Linux 作業系統 MQTT 韌體 compile 及下載 到 ESP8266 WiFi 芯片，從而滿足我們系統的特別要求。

Reference : [https://github.com/tuanpmt/esp\\_mqtt](https://github.com/tuanpmt/esp_mqtt)

以下是一個 MQTT Client 起動 和 發送 Topic 到 MQTT ‘Broker’ 的 參考例子，

```
void StartUp_Test(void)
{
    uart_init(BIT_RATE_115200, BIT_RATE_115200);
    os_delay_us(1000000);

    CFG_Load();
    MQTT_InitConnection(&mqttClient, "192.168.12.100", 321, 0);
    MQTT_InitClient(&mqttClient, "1234567", "", "", 5, 1);

    MQTT_OnConnected(&mqttClient, mqttConnectedCb);
    MQTT_Publish(client, "lvib", "A0987654", 0, 1, 0);
    MQTT_OnDisconnected(&mqttClient, mqttDisconnectedCb);
    MQTT_OnPublished(&mqttClient, mqttPublishedCb);
}
```





# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



## 5. 系统创新

### 总结系统设计的创新之处

本系统的创新之处在利用 MQTT 协议作为骨干 加上各种传感器的配合来实现物联监察网的技术, 令工厂管理层能够利用"看版"形式 实时监察机器的运作情况 为传统工厂提供一个较为方便 能够快速实行的 工业 4.0 和 物联网升级方案 在硬件(压缩空气传感器)的设计上, 则参考了传统空速管的原理, 成功将传统空速管简化且缩小其体积, 同时保证迷你空速管拥有一定程度上的准确度 在制作方面亦利用 3 维打印技术来将迷你空速管的散件打印出来,并加以组合。

1. 張小玫 (2015/2/22), 工業 4.0 革命 召喚製造業回流。聯合新聞網, 參考網站:  
[http://money.udn.com/storypage.php?sub\\_id=5612&art\\_id=718571](http://money.udn.com/storypage.php?sub_id=5612&art_id=718571)。
2. AS Clark, MQTT For Sensor Networks (MQTT-SN) Protocol Specification  
<http://mqtt.org/>

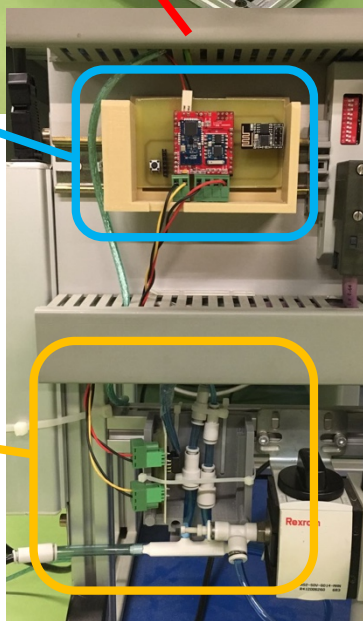
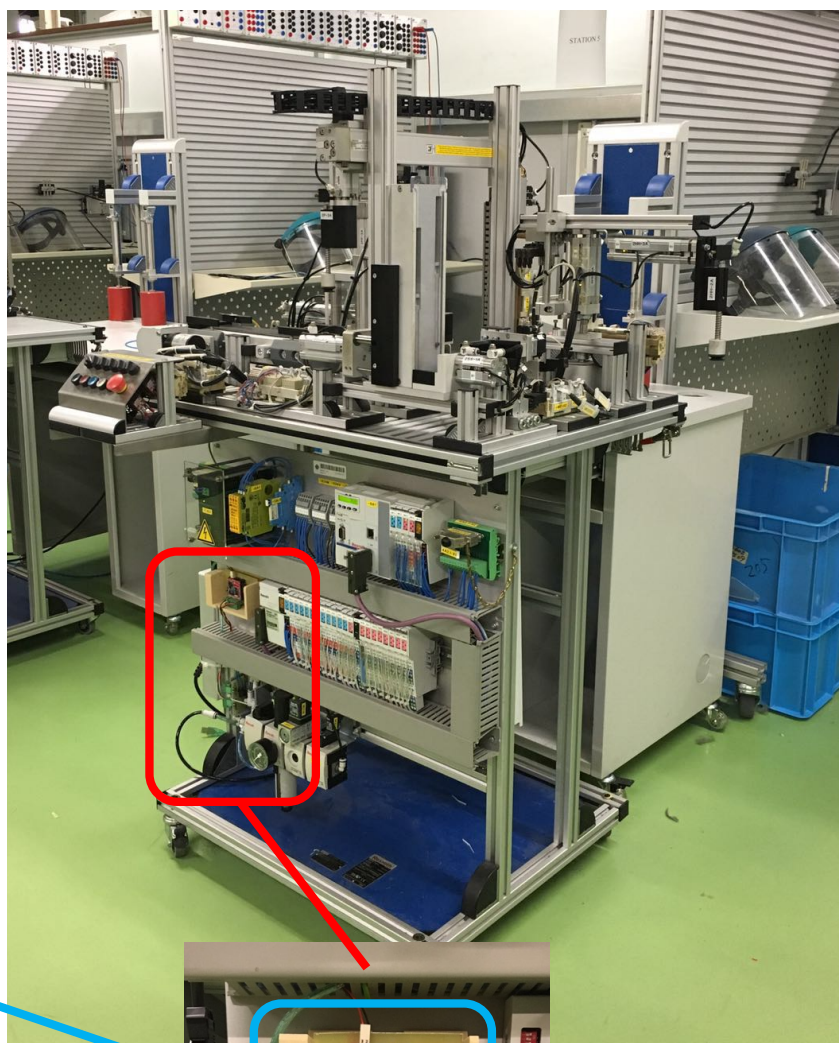
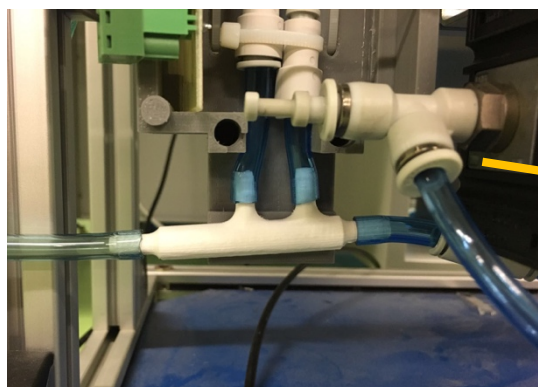
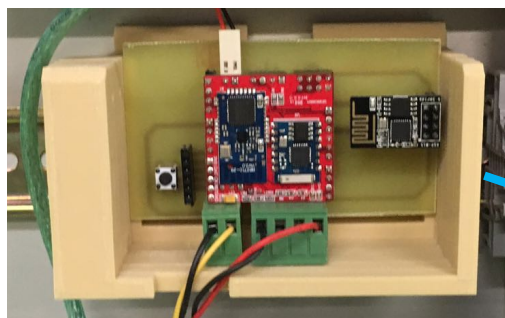
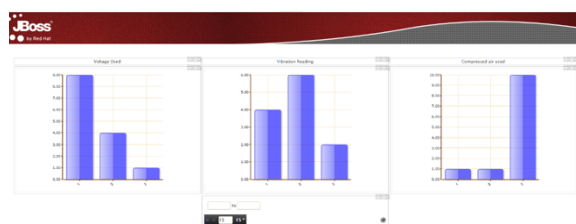
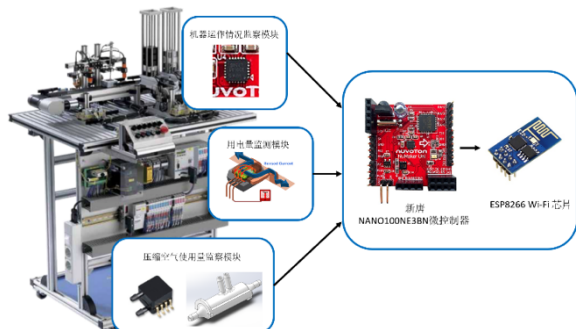


# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

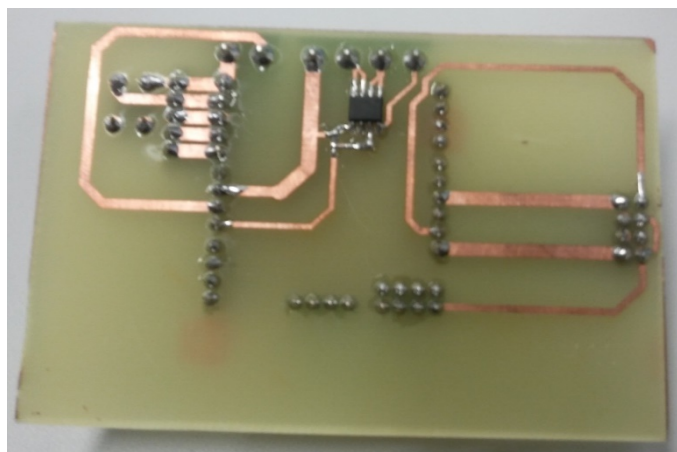
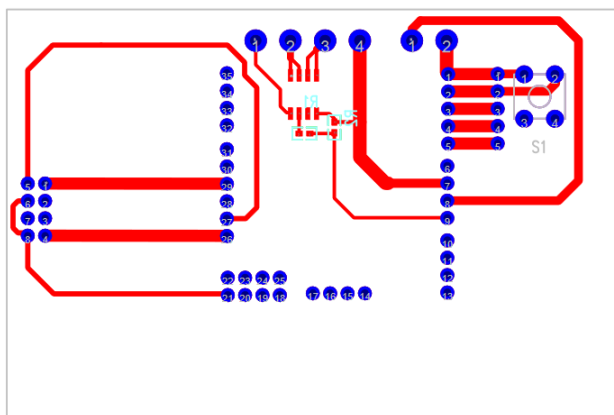
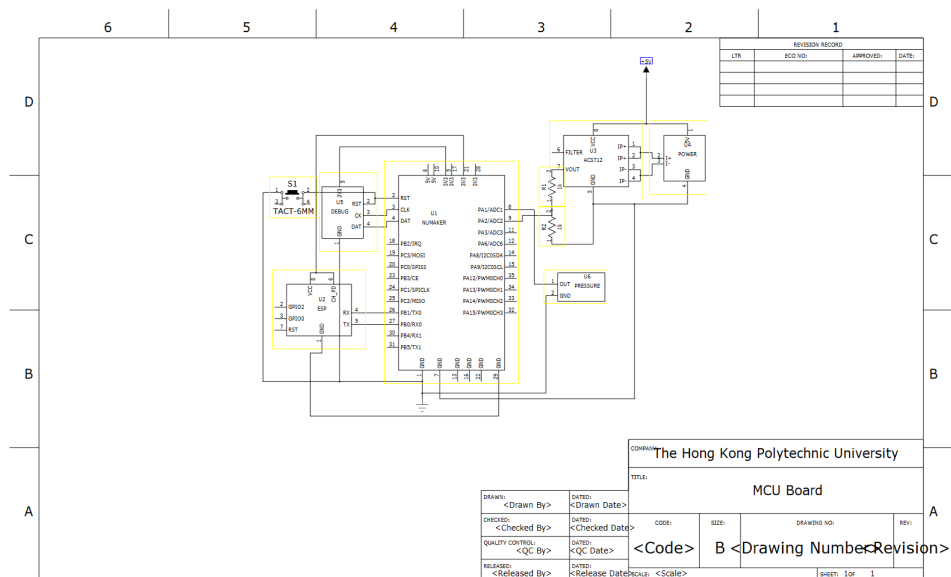
为梦想插上翅膀，释放无限创造力！



## ■ 附录



为梦想插上翅膀，释放无限创造力！

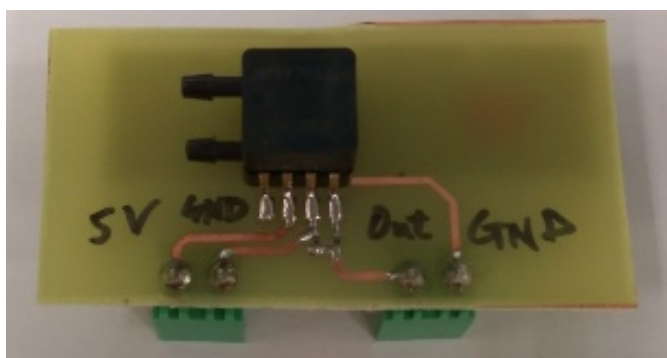
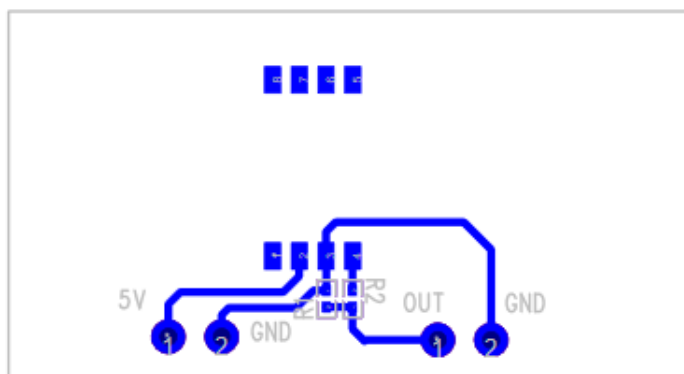
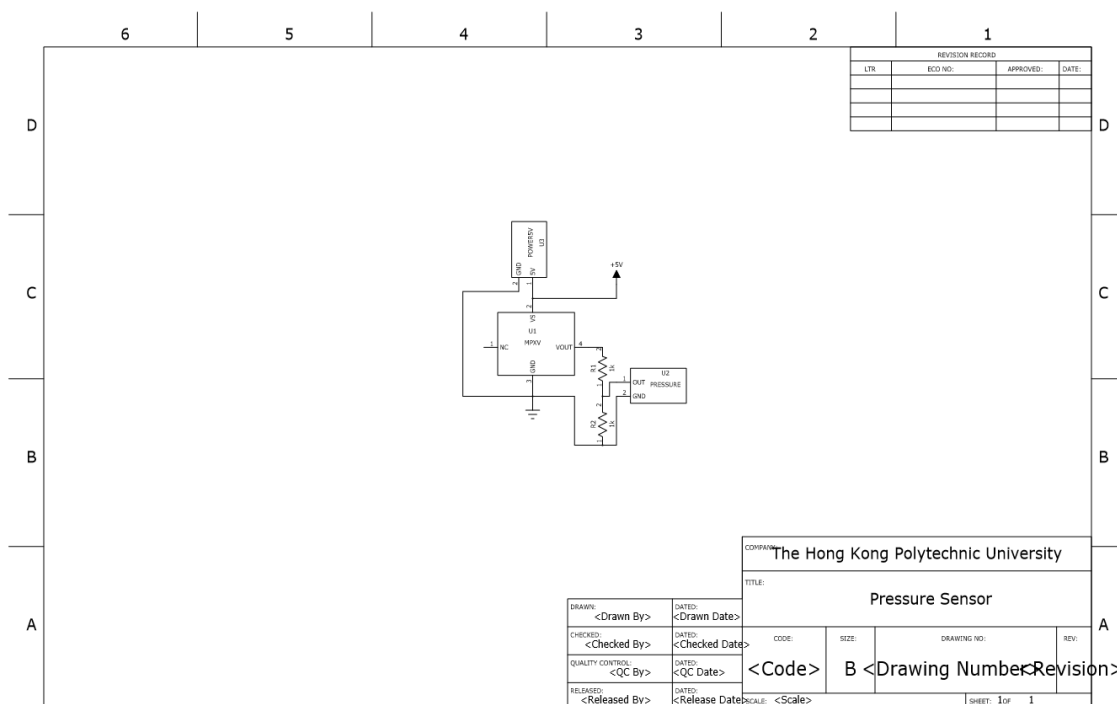






# 新唐MCU创意方案设计挑战赛

为梦想插上翅膀，释放无限创造力！





为梦想插上翅膀，释放无限创造力！

