



计价秤应用说明书

HY16F188

Pricing Scale

目 录

1.内容简介.....	4
2.原理说明.....	4
3.系统设计.....	9
4.操作流程.....	19
5.技术规格.....	21
6.实验纪录.....	22
7.附加档案.....	22
8.参考文献.....	22
9.修订纪录.....	23

注意:

- 1、本说明书中的内容，随着产品的改进，有可能不经过预告而更改。请客户及时到本公司网站下载更新 <http://www.hycontek.com>
- 2、本规格书中的图形、应用电路等，因第三方工业所有权引发的问题，本公司不承担其责任。
- 3、本产品单独应用的情况下，本公司保证它的性能、典型应用和功能符合说明书中的条件。当使用在客户的产品或设备中，以上条件我们不作保证，建议客户做充分的评估和测试。
- 4、请注意输入电压、输出电压、负载电流的使用条件，使 IC 内的功耗不超过封装的容许功耗。对于客户在超出说明书中规定额定值使用产品，即使是瞬间的使用，由此所造成的损失，本公司不承担任何责任。
- 5、本产品虽内置防静电保护电路，但请不要施加超过保护电路性能的过大静电。
- 6、本规格书中的产品，未经书面许可，不可使用在要求高可靠性的电路中。例如健康医疗器械、防灾器械、车辆器械、车载器械及航空器械等对人体产生影响的器械或装置，不得作为其部件使用。
- 7、本公司一直致力于提高产品的质量和可靠度，但所有的半导体产品都有一定的失效概率，这些失效概率可能会导致一些人身事故、火灾事故等。当设计产品时，请充分留意冗余设计并采用安全指标，这样可以避免事故的发生。
- 8、本规格书中内容，未经本公司许可，严禁用于其它目的之转载或复制。

1. 内容简介

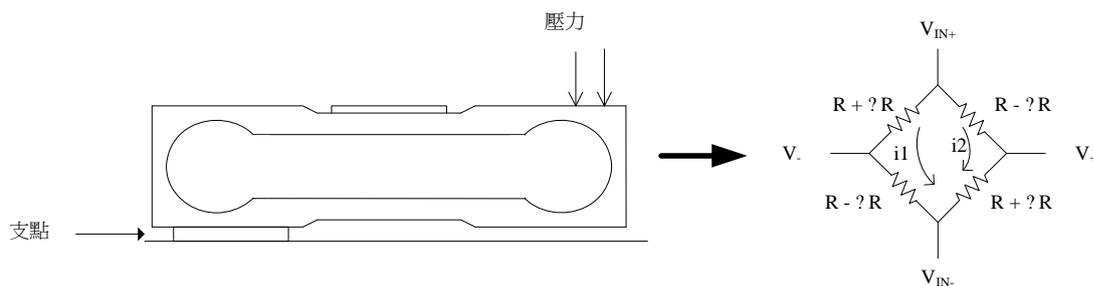
电子化称重在生活中，已逐渐取代传统弹簧、天平等量测工具，例如电子计价秤、电子体重秤等。设计电子秤产品主要的组件有：传感器、ADC和MCU单芯片。本文所设计的电子秤就是利用压力传感器（Load Cell）将压力物理量转换为电压讯号，再将电压转换为数字显示出来。由于电压为模拟量，所以要用ADC将它转换为数字信号。此时也需要MCU单芯片来控制电子秤主机板上的讯号处理与显示功能。

纭康HY16F188控制芯片内建高精密SD 24 Bit ADC、可程序放大PGA和多段式稳压输出等功能，可以很大幅简化PCB周边线路。具有高分辨率、高分辨率、低温漂的SD24 AD转换器，可以精准完成由模拟到数字的转换。虽然输出速率不是非常高，但用于像电子秤这种对于转换速率要求不高的产品，是没有问题的。

2. 原理说明

2.1 感测组件

Load Cell 的原理是在铝制的棒上面贴上一片由桥式电阻所组成的应变仪，即惠斯顿电桥，如图 2-1 所示。因为电桥上的 4 个电阻(阻值相同)，所以当有电压施加在 VIN+ 与 VIN- 两端时 V+ = V-，即电桥达到了平衡。



此 ΔR 的变化量产生在讯号两端的电压变化为

$$V_+ - V_- = \left(\frac{R + \Delta R}{(R - \Delta R) + (R + \Delta R)} \times (V_{in+} - V_{in-}) \right) - \left(\frac{R - \Delta R}{(R - \Delta R) + (R + \Delta R)} \times (V_{in+} - V_{in-}) \right)$$

$$V_+ - V_- = \frac{\Delta R}{R} \times (V_{in+} - V_{in-})$$

分辨率分为外部分辨率和内部分辨率，外部分辨率为 Load Cell 满量程的输出电压值与

需要识别的最小重量引起的电压值之比，最小重量可以定义为 1g、0.5g、0.1g 等。
内部分辨率是衡量电子秤等级的一个重要指针。一般我们以目视法认定的内部分辨率通常是指我们经软件处理后 LCD 显示只有 1 格滚动时，此时满量程的格数就是内部分辨率，其 1 格所代表的讯号约为 2~3 倍 RMS Noise。

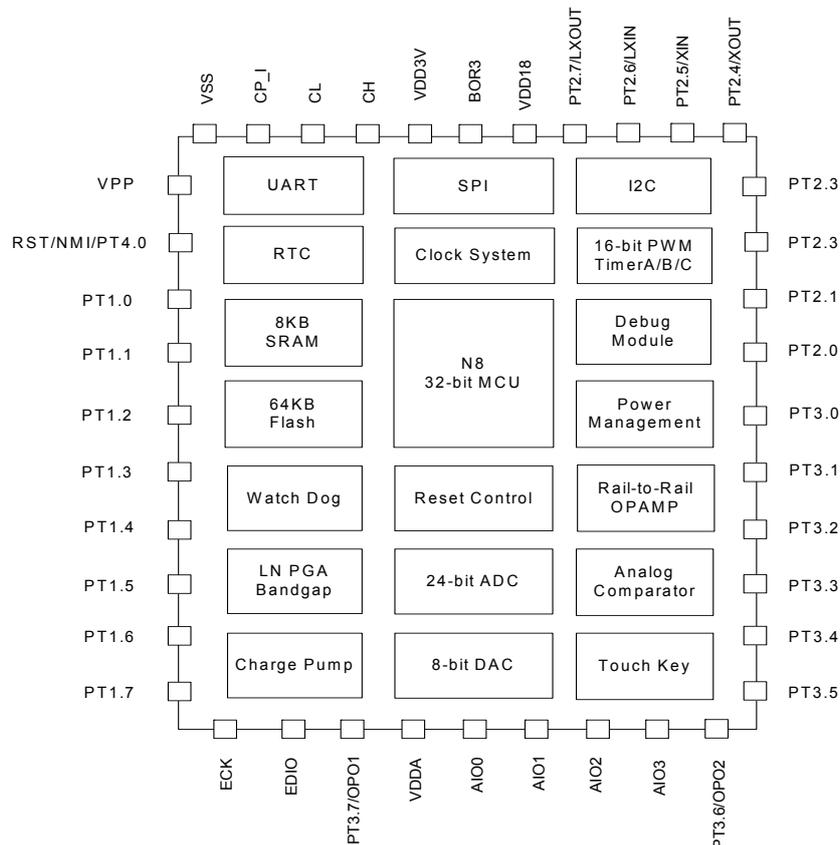
内外分辨率之比越小，电子秤精度越高，但内外分辨率之比是有限制的。比如 Load Cell 满量程压差为 3mV，要做到 3000 Count，内外比为 1: 10 的电子秤，如果不经过信号放大，那最小要处理的信号为 $3mV/(3000 \times 10) = 0.1\mu V$ 。而 SD24 所能处理的最小信号值大约为 65nV，所以假如内外比再减小的话将产生使 ADC 不能识别的信号。如果使用 OPAMP 的话则会增加成本。所以内外分辨率之比要稳定在一定范围内。

芯片 ADC 性能能否达到规格要求，通常是以 RMS Noise 来推算外部是否稳定内部分辨率比值。对于开发电子秤产品而言，使用 HY16F188 芯片其所能达到的最大内部分辨率的瓶颈在于 Input RMS Noise 而不在于 ADC 的分辨率。HY16F188 的 ADC 待测信号在由 PGA、AD 倍率调整器的放大后 (PGA=32, ADGN=4)，经 OSR=32768 每秒输出 10 笔 ADC 值的条件下，其 Input RMS Noise 约为 65nV，但由于其 Input Noise 主要由 Thermal Noise 组成，所以如果我们透过平均的软件处理是可以再将 Input Noise 进一步降低。

如果我们使用 8 笔的软件平均处理其 Input RMS Noise 约为 40nV，3 倍 RMS Noise 代表约 1 格的滚动，即为 120nV。在使用 2.4V Load Cell 驱动电压，1mV/V 的 Load Cell，满量程时压差可达 2.4mV，所以在此情形下我们可以得到 20000 Counts 的内部分辨率。

2.2 控制芯片

单片机简介：HY16F 系列 32 位高性能 Flash 单片机(HY16F188)



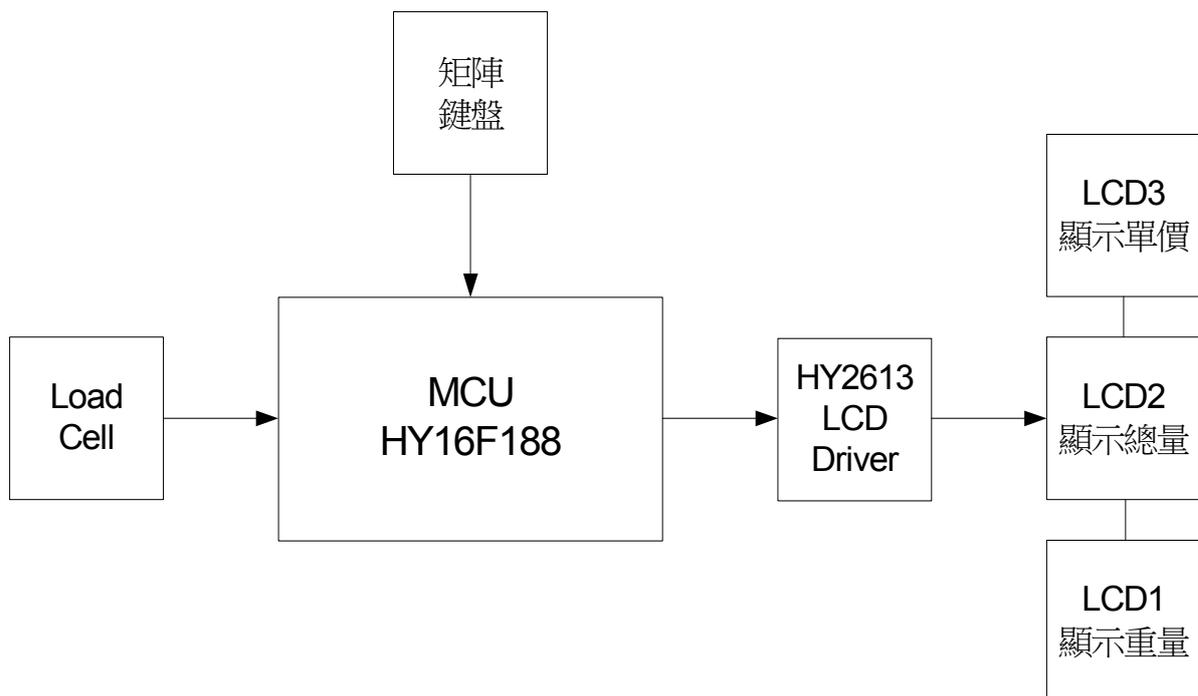
宏康 HY16F 系列 32 位高性能 Flash 单片机(HY16F188)

- (01)采用最新 Andes 32 位 CPU 核心 N801 处理器。
- (02)电压操作范围 2.4~3.6V，以及-40℃~85℃工作温度范围。
- (03)支持外部 20MHz 石英震荡器或内部 20MHz 高精度 RC 震荡器。
拥有多种 CPU 工作频率切换选择，可让使用者达到最佳省电规划。
 - (3.1)运行模式 350uA@2MHz/2
 - (3.2)待机模式 10uA@32KHz/2
 - (3.3)休眠模式 2.5uA
- (04)程序内存 64KBytes Flash ROM。
- (05)数据存储器 8KBytes SRAM。
- (06)拥有 BOR and WDT 功能，可防止 CPU 死机。
- (07)24-bit 高精度度 $\Sigma\Delta$ ADC 模拟数字转换器
 - (7.1)内置 PGA (Programmable Gain Amplifier)最高可达 128 倍放大。
 - (7.2)内置温度传感器。
- (08)超低输入噪声 Rail to Rail 运算放大器 OPAMP。
- (09)多功能 CMP 模拟比较器，并可支持 4 组硬件 Touch Key 功能模块。
- (10)16-bit Timer A 模块。
- (11)16-bit Timer B 模块具 PWM 波形产生功能。
- (12)16-bit Timer C 模块具 Capture/Compare 功能。
- (13)硬件 SPI/I2C/UART 串行通讯模块。
- (14)硬件 RTC 时钟功能模块。

3.系统设计

3.1 硬件说明

Load Cell 输出的模拟信号传输至 HY16F188，MCU 通过本身的 ADC 转换，采集 AD 信号值，经过运算处理得出对应的重量值，显示到 LCD 上，可以通过 4X4 矩阵的按键输入进行相关的设定操作，可进入 Sleep 模式减低功耗。



整体应用 PCB 主机板如圖所示。

(A)中央处理器:

HY16F188 (Andes 32-bit MCU Core + HYCON 24-bit $\Sigma\Delta$ ADC + UMC 64K Flash)
功能为量测电信号、控制、运算包含功能为储存校正参数。

(B)显示芯片: HY2613 (HYCON LCD Driver LCD Segment 4X36)

负责 LCD 驱动。

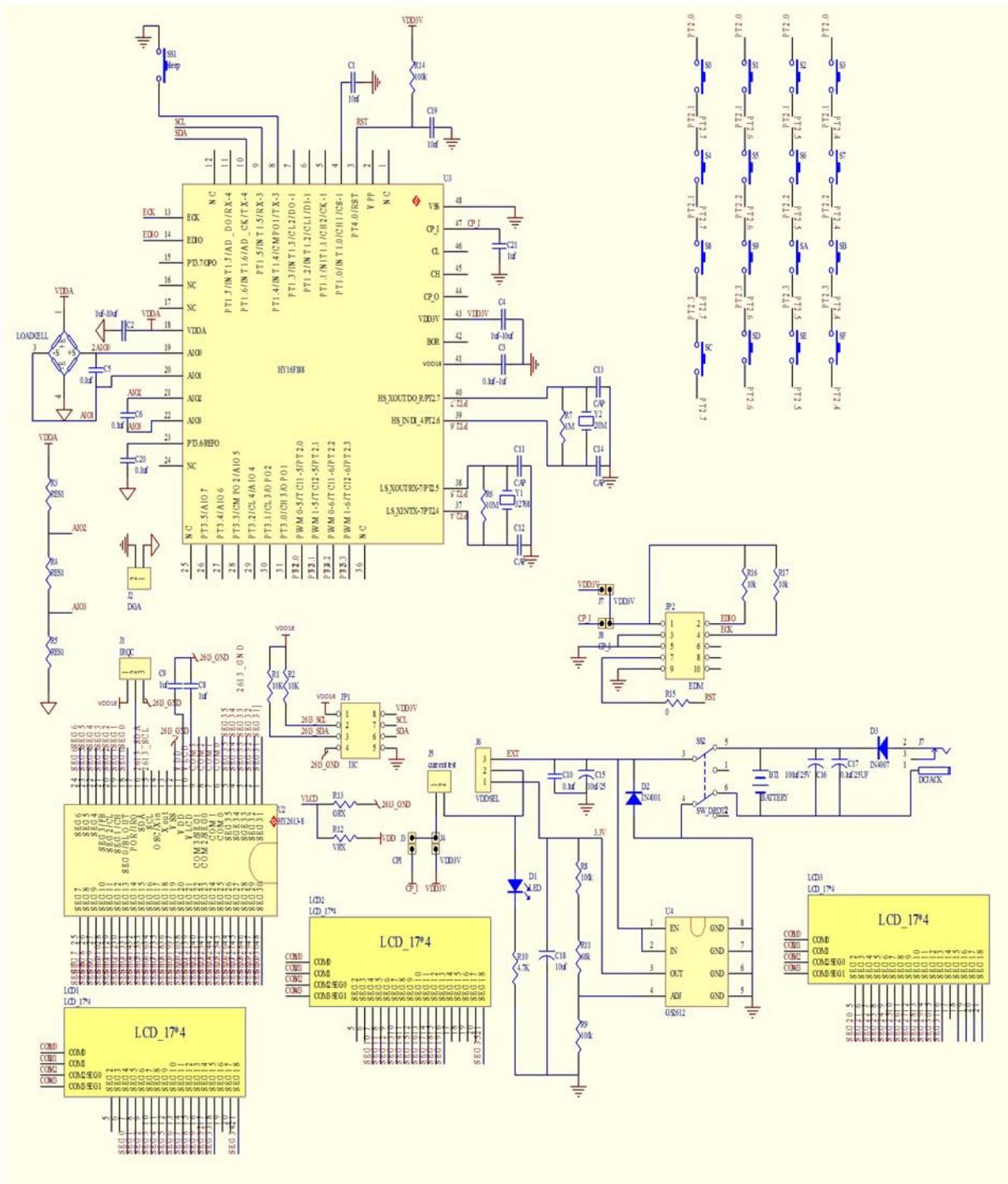
(C)电源电路: 9V 转 3.3V 电源系统。

(D)模拟感测模块: 压力传感器(Load Cell)。

(E)在线烧录与 ICE 连结电路, 透过 EDM 的连接, 可支持在线烧录模拟。

并拥有强大的 C 平台 IDE 以及 HYCON 模拟软件分析工具与 GUI 等支持。

PCB 电路图:

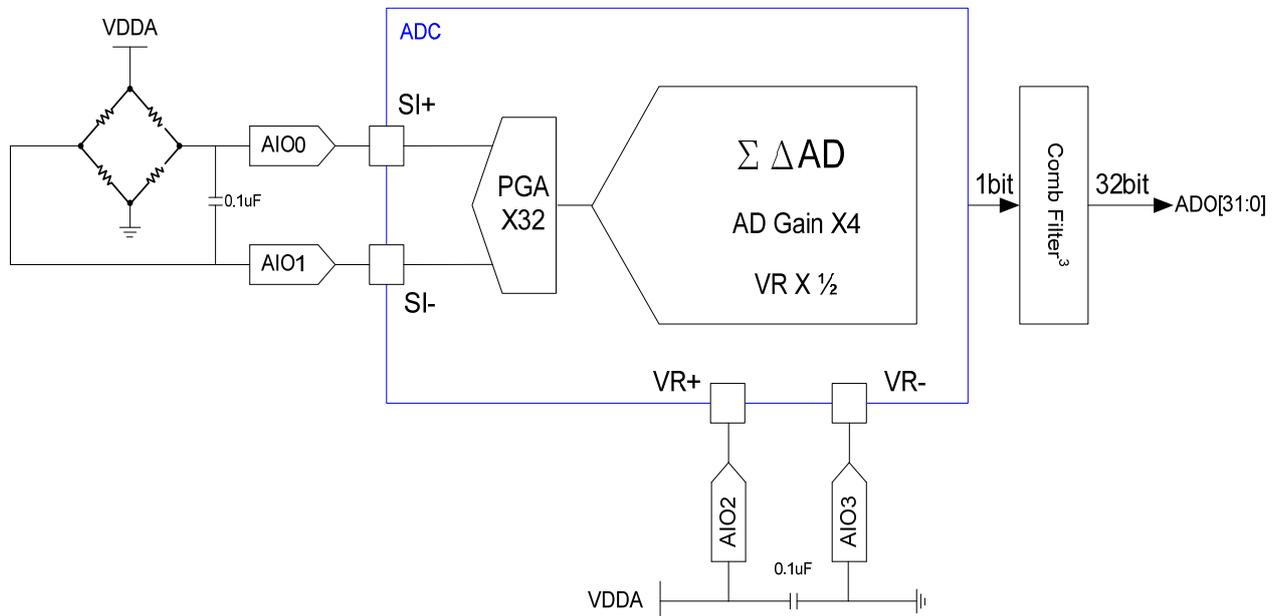


3.2 电路说明

3.2.1 芯片ADC说明

Load Cell 输入电压由内置稳压器 2.4V 输出供给 VDDA，ADC 内部的 PGA 放大 32 倍，

Gain 放大 4 倍, 参考电压由 VDDA -VSS 供给, FRB[0]设置[1], 则 $\Delta VR_I=1.2V$, 由于 SD24 具有良好的温漂特性, 整体的温度曲线约略为 $\pm 10PPM$, 所以只要选择低温漂系数 Load Cell, 就可以达到温度漂移的要求。



3.2.2 矩阵键盘说明

在矩阵式键盘中, 每条水平线和垂直线在交叉处不直接连通, 而是通过一个按键加以连接。这样一个端口 (如 PT2 埠 8PIN) 就可以构成 $4 \times 4 = 16$ 个按键, 比之直接将端口线用于键盘多出了一倍, 而且线数越多, 区别越明显, 比如再多加一条线就可以构成 20 键的键盘, 而直接用端口线则只能多出 1 键 (9 键)。由此可见, 在需要的键数比较多时, 采用矩阵法来做键盘是合理的。

矩阵式结构的键盘显然比直接法要复杂一些, 识别也要复杂一些, 列线通过电阻接正电源, 并将行线所接的 MCU 的 I/O 口作为输出端, 而列线所接的 I/O 口则作为输入。这样, 当按键没有按下时, 所有的输入端都是高电平, 代表无键按下。行线输出是低电平, 一旦有键按下, 则输入线就会被拉低, 这样通过读入输入线的状态就可得知是否有键按下。

矩阵按键识别方法:

(A)行扫描法:

行扫描法又称为逐行 (或列) 扫描查询法, 是一种最常用的按键识别方法, 如上图所示键盘, 介绍过程如下。

(1)判断键盘中有无键按下将全部行线 Y0-Y3 置低电平, 然后检测列线的状态。只要有一列的电平为低, 则表示键盘中有键被按下, 而且闭合的键位于低电平线与 4 根行线相交叉的 4 个按键之中。若所有列线均为高电平, 则键盘中无键按下。

(2)判断闭合键所在的位置在确认有键按下后，即可进入确定具体闭合键的过程。其方法是：依次将行线置为低电平，即在置某根行线为低电平时，其它线为高电平。在确定某根行线位置为低电平后，再逐行检测各列线的电平状态。若某列为低，则该列线与置为低电平的行线交叉处的按键就是闭合的按键。

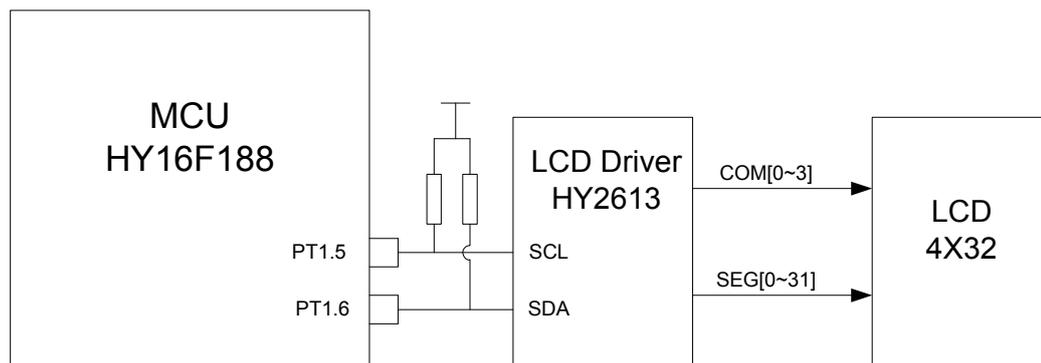
(B)高低电平翻转法：

(1)首先让 PT2 口高四位为 1，低四位为 0。若有按键按下，则高四位中会有一个 1 翻转为 0，低四位不会变，此时即可确定被按下的键的行位置。

(2)然后让 PT2 口高四位为 0，低四位为 1。若有按键按下，则低四位中会有一个 1 翻转为 0，高四位不会变，此时即可确定被按下的键的列位置。

最后将上述两者进行或运算即可确定被按下的键的位置。

3.2.3 LCD Driver 电路说明

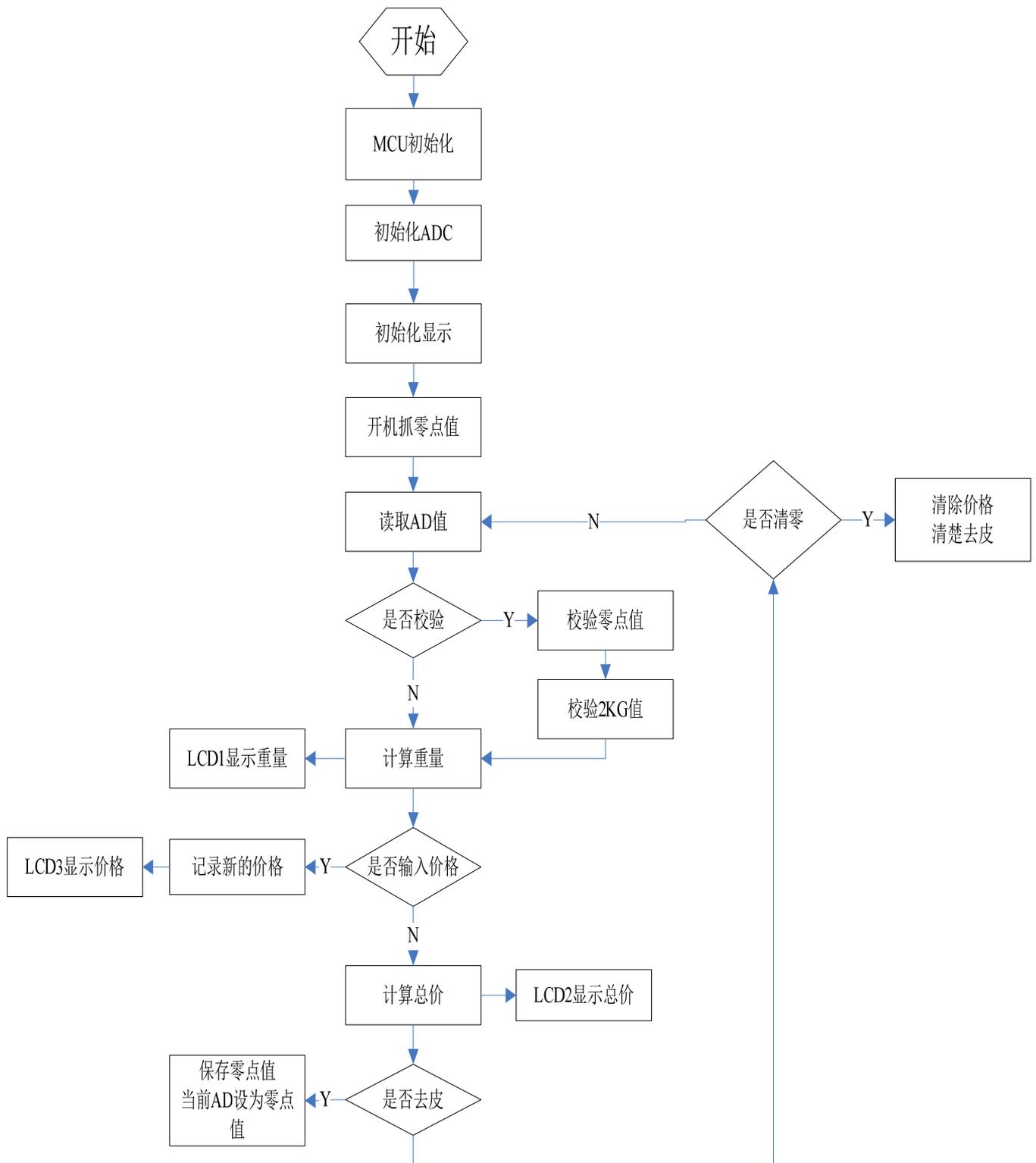


LCD 驱动电路

MCU 通过 IIC 与 LCD driver 通讯，电路简单，操作方便，只须将数据发送给 LCD driver HY2613，MCU 就可以处理其它事情，且更新数据方便。

3.3 软件说明

整体程序流程图



3.3.1 程序功能简介

(1)上电后除了 MCU 的初始化,对 LCD 初始化,读取 0g 校正值、标准重量校正值和标准重量值,且抓取 ADC 的 0 点 ADC 值。初始化过程 LCD 显示 00.000g,待初始化完成会进入 ADC 称重,LCD 显示重量格式为 XX.XXXg。

(2)矩阵按键操作

S0 显示数字0	S1 显示数字1	S2 显示数字2	S3 显示数字3
S4 显示数字4	S5 显示数字5	S6 显示数字6	S7 显示数字7
S8 显示数字8	S9 显示数字9	SA 校正0KG	SB 校正2KG
SC 清除设定	SD 显示ADC内码	SE 小数点功能	SF 去皮功能

矩阵按键功能如图

(3)ADC 校正操作:

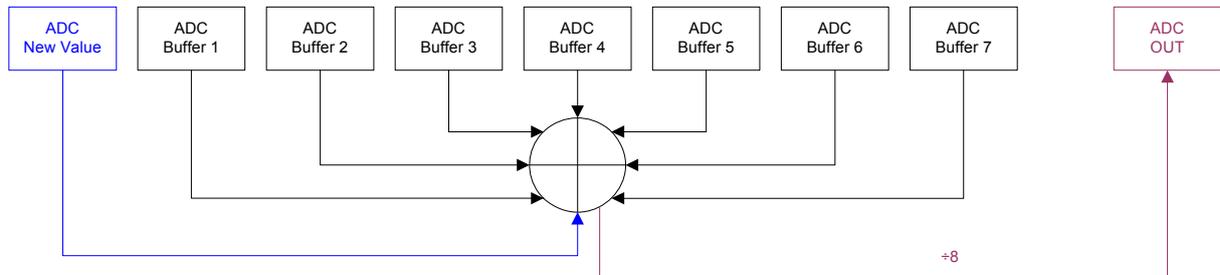
此操作只在称重模式下有效,操作流程如图所示。

图 ADC 校正模式工作流程

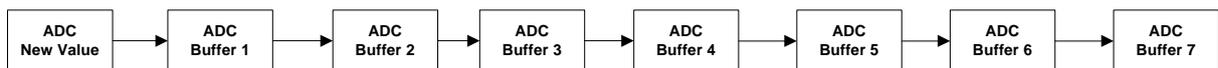
3.3.2 ADC数据处理

ADC 设置为对输入信号 $\ddot{A}SI$ 放大 128 倍，数据输出率为 $ADC-CK/32768$ ，每秒输出 10 笔数据，最终取有效位数为 16Bit。截取原始数据 16Bit，进行平均滑动滤波处理。每 8 笔数据做一次平均值，得到的平均值再截取高 16Bit 作为 ADC 最终转换值。平均滑动滤波实现如图所示。启动 ADC 后，丢弃前 2 笔数据，第 3 笔数据开始存储。

由于小讯号放大到 128 倍，ADC 的输出 Bit 只能达到 ± 15 Bit，如果使用软件平均方式可以再将 ADC 的分辨率提升 1~2Bit。将新的 ADC 值与 7 个 ADC Buffer 值相加除以 8 输出到 ADC OUT 如图，此目的是将 8 笔 ADC 做平均输出，这可以将 Noise 平均提高信号输出的 Bit 数。



当 ADC 平均输出后，将新值移到 Buffer 1，Buffer 1 移到 Buffer 2...Buffer6 移到 Buffer 7，如图。



由于平均输出的反应时间比较慢，当有较大的 ADC 值变化时，需要跳过此平均程序。当 ADC 新值大于 ADC 平均值超过 $0X200$ 时，先记录此新 ADC 值，但不加入平均值运算，如果下一次的 ADC 值还是超过 $0X200$ ，将新值取代所有 ADC 的 Buffer 并输出；如果下一次的 ADC 值没有超过，可回到平均流程。

ADC 校正信息:

此操作只在称重模式下有效，操作流程如图所示。

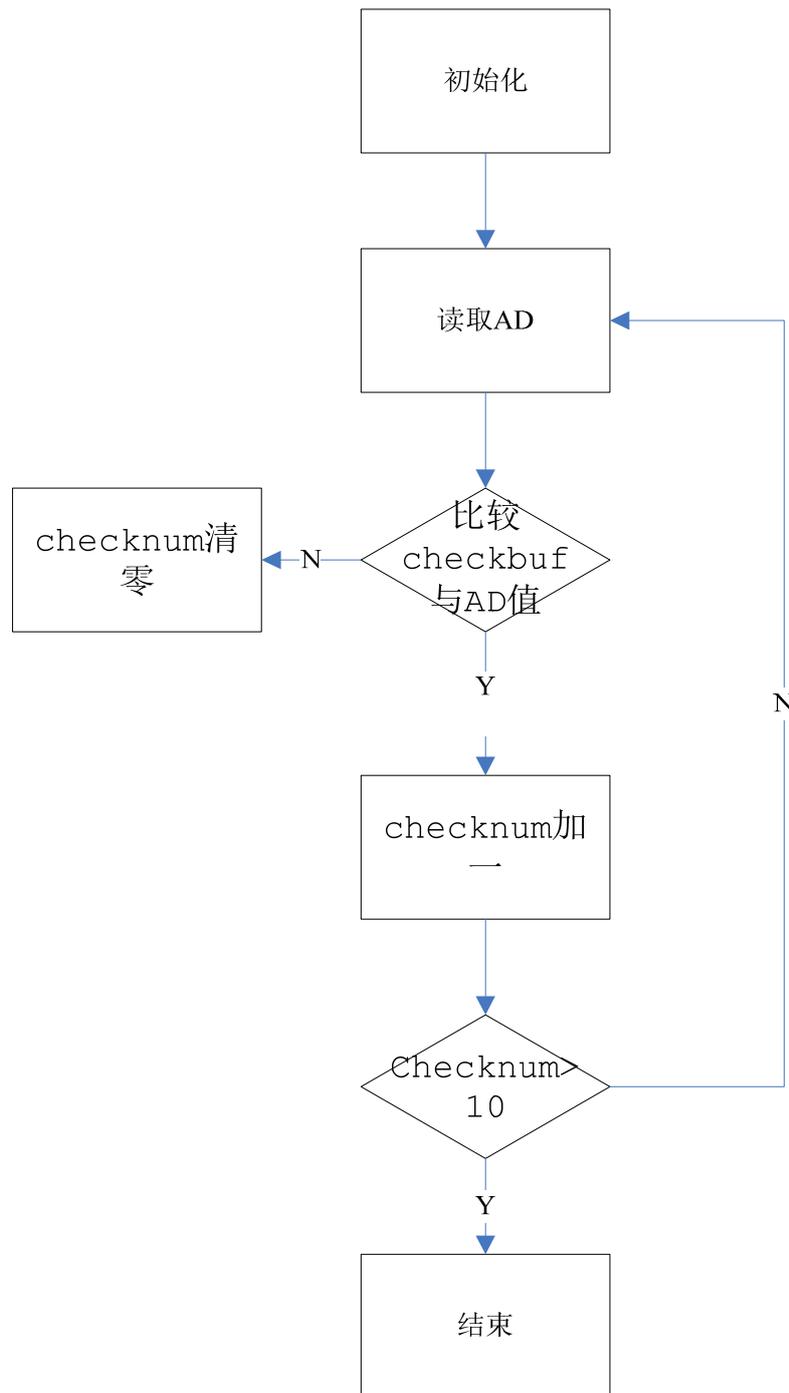
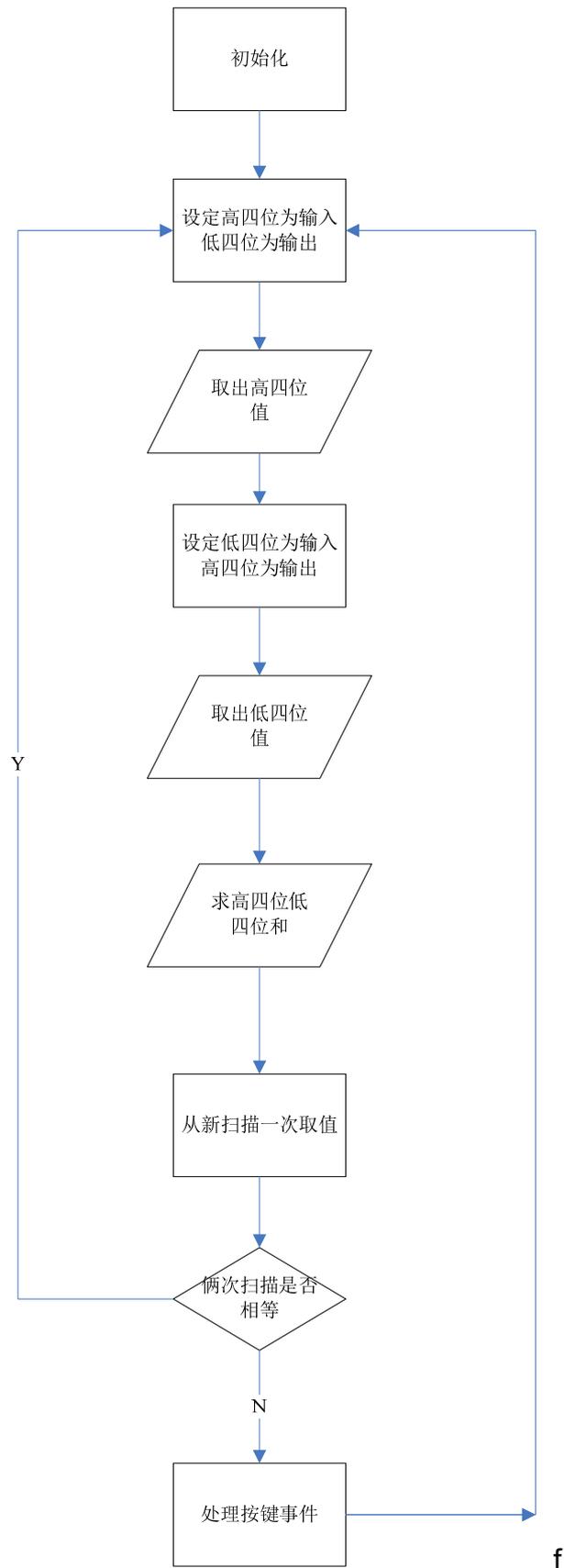


图 ADC 校正模式工作流程
3.3.3 矩阵按键处理



3.4.3 LCD 显示处理

MCU与LCD Driver通过IIC通讯协议，兼容EEPROM的读写通讯协议，所以LCD Driver可以与EEPROM等其它IIC通讯协议的组件可共享一条IIC BUS。LCD Driver的设备地址为0X7C，根据MSB的最高位是0或1决定下一个Byte是发送命令还是数据。

LCD Driver操作步骤:

(01)初始化开始条件并启动I2C。

(02)发送Slaver Address。

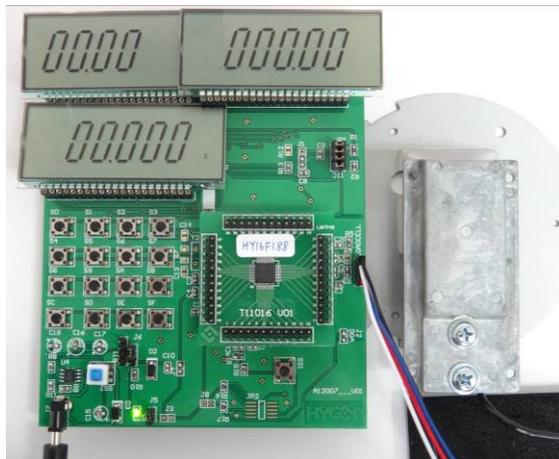
(03)发送命令或地址，根据数据的最高位为0或1决定下1个Byte是发送数据还是命令。

通过命令可以设置相关的LCD 功能，包括功耗模式、Reset、关闭/打开显示、背光功能及设置Duty及Bias，以适应不同的LCD显示屏。

4.操作流程

(1)校正0KG

按下SA键可以校正出0KG



(2)校正2KG

按下SB键可以校正出0KG

HY16F188

计价秤应用说明书



(3)测试0.2KG

直接换上200公克测量(0.2KG)



(4)测试0.5KG

直接换上500公克测量(0.5KG)

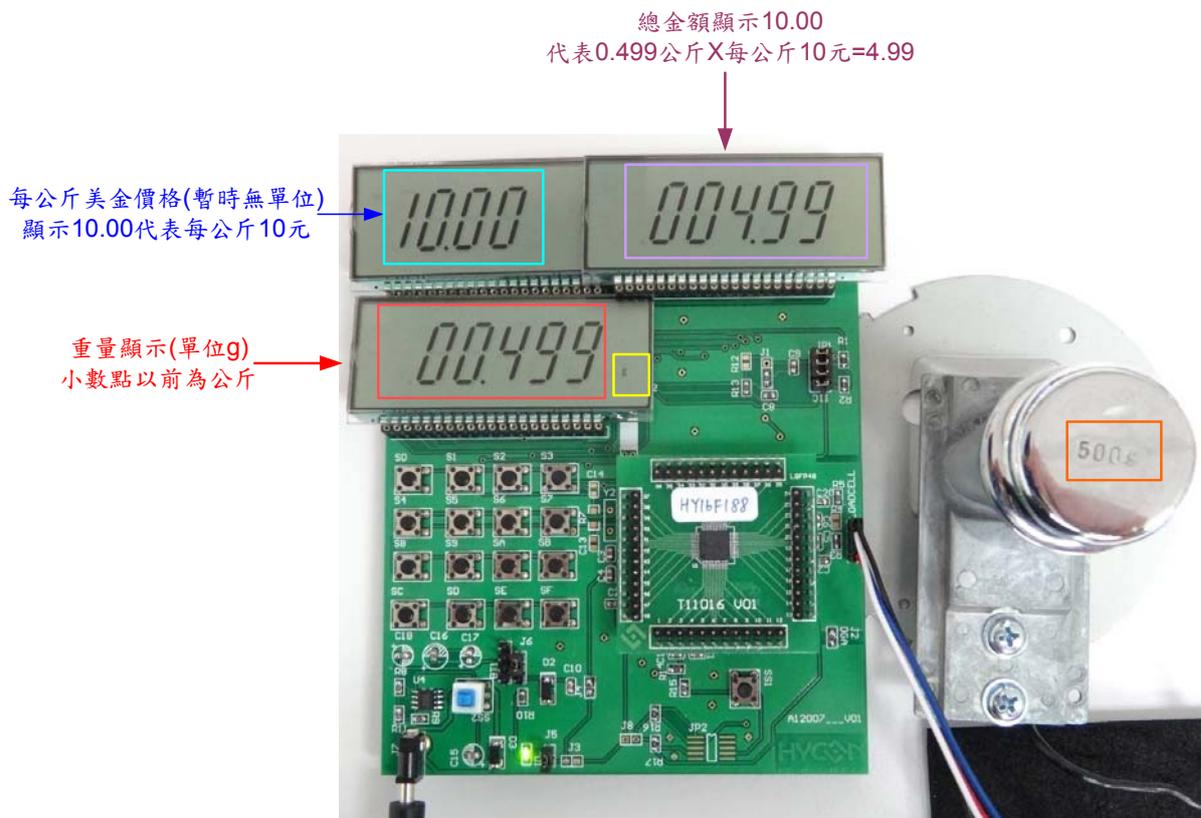


5.技术规格

- (1)Operation voltage: 2.4~3.6V
- (2)Operation current: 1.5mA@HSRC=2MHz/2(3.3V)
- (3)Sleep mode current: 2.5uA
- (4)Environment Temperature:25℃
- (5)Resolution:

- (6)测试范围:
- (7)误差量约为:

6.实验纪录



7.附加档案



HY16F007V03.zip

8.参考文献

9. 修订纪录

以下描述本档差异较大的地方，而标点符号与字形的改变不在此描述范围。

版本	页次	变更摘要	日期
V1.0	ALL	初版发行	12/10
V2.0	8	更改電路圖	12/13
V3.0	ALL	更新程序	2014/12/19