



杭州晶华微电子有限公司  
Hangzhou SDIC Microelectronics Co.,Ltd.

浙江省杭州市滨江区长河路351号拓森科技园4号楼5楼  
电话：0571-86673068, 86673071 传真：0571-86673072  
电邮：info@SDICmicro.cn 网址：www.SDICmicro.cn

---

## 基于 SD8000T 的人体秤应用

作者：许为来

2016年12月30日

版本：0

## 目录

1. 简介 .....	3
2. 原理分析.....	3
2.1 压力传感器.....	3
2.2 SD8000T控制芯片特性.....	4
2.2.1 ADC特性 .....	4
2.2.2 系统时钟.....	4
2.2.3 存储器.....	4
2.2.4 功耗.....	4
2.2.5 LCD和LED驱动.....	4
2.2.6 电池检测.....	4
2.2.7 稳压电源.....	4
2.2.8 中断I/O.....	4
2.2.9 OTP自烧录.....	4
3. 设计参考.....	5
3.1 硬件设计.....	5
3.1.1 电源电路.....	5
3.1.2 ADC采样电路.....	5
3.1.3 LCD或LED驱动电路.....	5
3.1.4 外围器件.....	5
3.2 软件设计.....	5
3.2.1 ADC设置.....	5
3.2.2 其它设置.....	5
3.2.3 OTP自烧录流程.....	6
3.2.4 自动上秤检测算法.....	9
3.2.5 看门狗定时器溢出中断流程图.....	10
3.2.6 上秤检测主程序流程图.....	11
4. 测试结果.....	12
4.1 增益温漂测试结果.....	12
4.2 失调温漂测试结果.....	13
5. 典型应用图.....	14
5.1 LCD显示.....	14
5.2 数码管显示.....	15

## 1. 简介

随着人们对自身健康关注度的提高,人体秤已越来越受到欢迎。相比于以往机械式磅秤,人体秤有便携、数字显示和称重准确等特点。为了降低生产厂家的生产成本和难度,杭州晶华微电子有限公司推出了一款 SD8000T 芯片,它可以应用于满量程为 180kg 或 150kg、分度值为 0.1kg 的人体秤中。

## 2. 原理分析

### 2.1 压力传感器

压力传感器的原理是在铝棒上面贴上一个由桥式电阻组成的应变片,当铝棒受到压力时,将会导致其变形,从而会使应变片上的 4 个电阻均产生  $\Delta R$  的变换量,如图 2.1 所示。

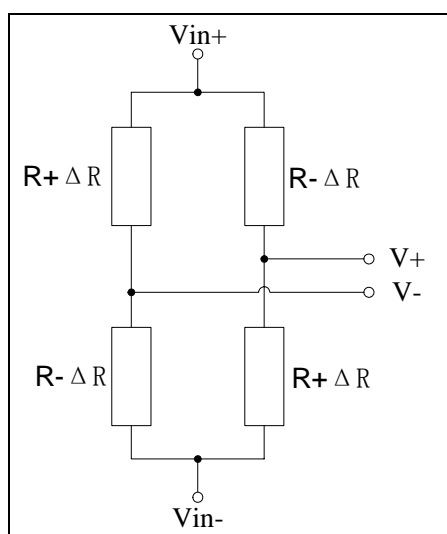


图 2.1 桥式电阻示意图

由  $\Delta R$  的变化产生的电压信号为

$$V_+ - V_- = \frac{(R + \Delta R) \times (V_{IN+} - V_{IN-})}{(R - \Delta R) + (R + \Delta R)} - \frac{(R - \Delta R) \times (V_{IN+} - V_{IN-})}{(R + \Delta R) + (R - \Delta R)} \quad (2-1)$$

$$V_+ - V_- = \frac{\Delta R \times (V_{IN+} - V_{IN-})}{R} \quad (2-2)$$

下面拿满量程为 180kg、分度值为 0.1kg 的秤做个例子进行说明。

在传感器供电电压 ( $V_{in+} - V_{in-}$ ) 为 2.4V 的情况下,0.1kg 重量对应的输出变化量为 2uV,SD8000T 的典型 RMS 噪声为 50nV,为 2uV 的 1/40,能够满足其要求。

将 2uV 经过 SD8000T 内部 ADC 的前端 IA 放大器放大 100 倍后,0.1kg 对应的输出电压为 200uV。当选择 SD8000S 的内部基准为  $\pm 0.8V$  时,每 1LSB 对应的电压值为

$$V_{LSB} = (0.8V \times 2) / 2^{16} = 24.4\mu V \quad (2-3)$$

每 0.1kg 对应的 ADC 内码有 8LSB。

我们还可以计算出 180kg 重量对应的输出变化量为 3.6mV,经过 100 倍放大后为

$$V_{Fs} = 3.6mV \times 100 = 0.36V \quad (2-4)$$

0.36V 的电压小于基准电压,符合芯片使用要求。

## 2.2 SD8000T 控制芯片特性

### 2.2.1 ADC 特性

- 2.2.1.1 有效位数: 20 位。
- 2.2.1.2 工作电压: 2.4V~3.6V。
- 2.2.1.3 可编程增益: 1、12.5、50、100 和 200 倍放大。
- 2.2.1.4 内部参考电压: 0.4V~1.6V, 以 0.2V 递增。
- 2.2.1.5 ADC 输出速率: 4sps、8 sps 或 16 sps。
- 2.2.1.6 增益温漂: 典型值小于 5ppm/°C (-10°C~40°C)。

### 2.2.2 系统时钟

内部 32kHz 和 4MHz RC 振荡器二分频。

### 2.2.3 存储器

程序存储器为 8k Bytes OTP, 数据存储器为 256 Bytes SRAM。

### 2.2.4 功耗

使用内部 4MHz RC 振荡器的二分频工作, 小于 850uA, 休眠功耗小于 1uA。

### 2.2.5 LCD 和 LED 驱动

可驱动 4\*14 段 LCD, 所有 I/O 的 Sink 或 Source 电流能力都能达到 12mA。

### 2.2.6 电池检测

2.4V~3.0V 电池电压检测范围。

### 2.2.7 稳压电源

可提供 2.4V 或 2.6V 或 2.9V 或 3.3V 稳压电源输出。

### 2.2.8 中断 I/O

2 个外部中断 I/O。

### 2.2.9 OTP 自烧录

可在低至 2.4V 的电源电压下进行 OTP 自烧录, 可省掉外部用作校准的 EEPROM。

### 3. 设计参考

#### 3.1 硬件设计

典型的应用图见第 5 节—[典型应用图](#)。

##### 3.1.1 电源电路

芯片的 VDD 直接由 3V 电池提供。

##### 3.1.2 ADC 采样电路

压力传感器的供电电源由 AVDDR（稳压电源输出）提供，传感器的输出信号经过 0.1 $\mu$ F 滤波电容后输入到 ADC 输入端。如果要求精度高，请选择温度系数低的压力传感器，ADC 采样电路如图 3.1 所示。

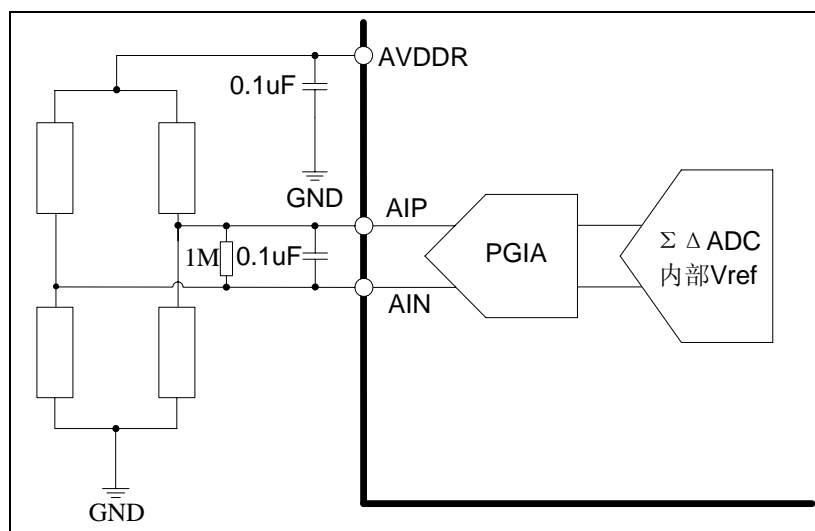


图 3.1 ADC 采样电路示意图

##### 3.1.3 LCD 或 LED 驱动电路

3.1.3.1 可提供 4\*14 段 LCD 驱动；

3.1.3.2 所有数字 I/O 口都可以用来驱动 LED。

##### 3.1.4 外围器件

外围的贴片电阻电容一共有 6 个，分别为 2 个 1 $\mu$ F、3 个 0.1 $\mu$ F 电容和 1 个 1M 电阻，元器件成本可降到最低。1M 电阻是为了确保不接传感器时 ADC 码值不跳动，如果测试时接上了传感器，此电阻可以省掉。

#### 3.2 软件设计

##### 3.2.1 ADC 设置

3.2.1.1 PGIA，设置为 100 倍放大。

3.2.1.2 基准电压，选择内部 0.8V 基准。

3.2.1.3 ADC 工作频率设置为 125kHz（系统时钟为 2MHz），过采样率设置为 8192，内部缓冲器打开。

##### 3.2.2 其它设置

3.2.2.1 模拟 LDO 打开，输出电压为 2.4V。

3.2.2.2 电池电压检测设置到 2.4V。

3.2.2.3 系统工作时钟切换到 IHRC/2，即 2MHz。

### 3.2.3 OTP 自烧录流程

为了降低客户设计的成本，SD8000T 芯片可进行 OTP 的自烧录，从而节省了外部的 EEPROM。

在进行自烧录时，为了保证自烧录的正确性和可靠性，VPP 引脚上要外接 1uF 电容到参考地，同时需要在软件上关闭 LCD 模块和中断。

OTP 自烧录流程图如图 3.2 所示。

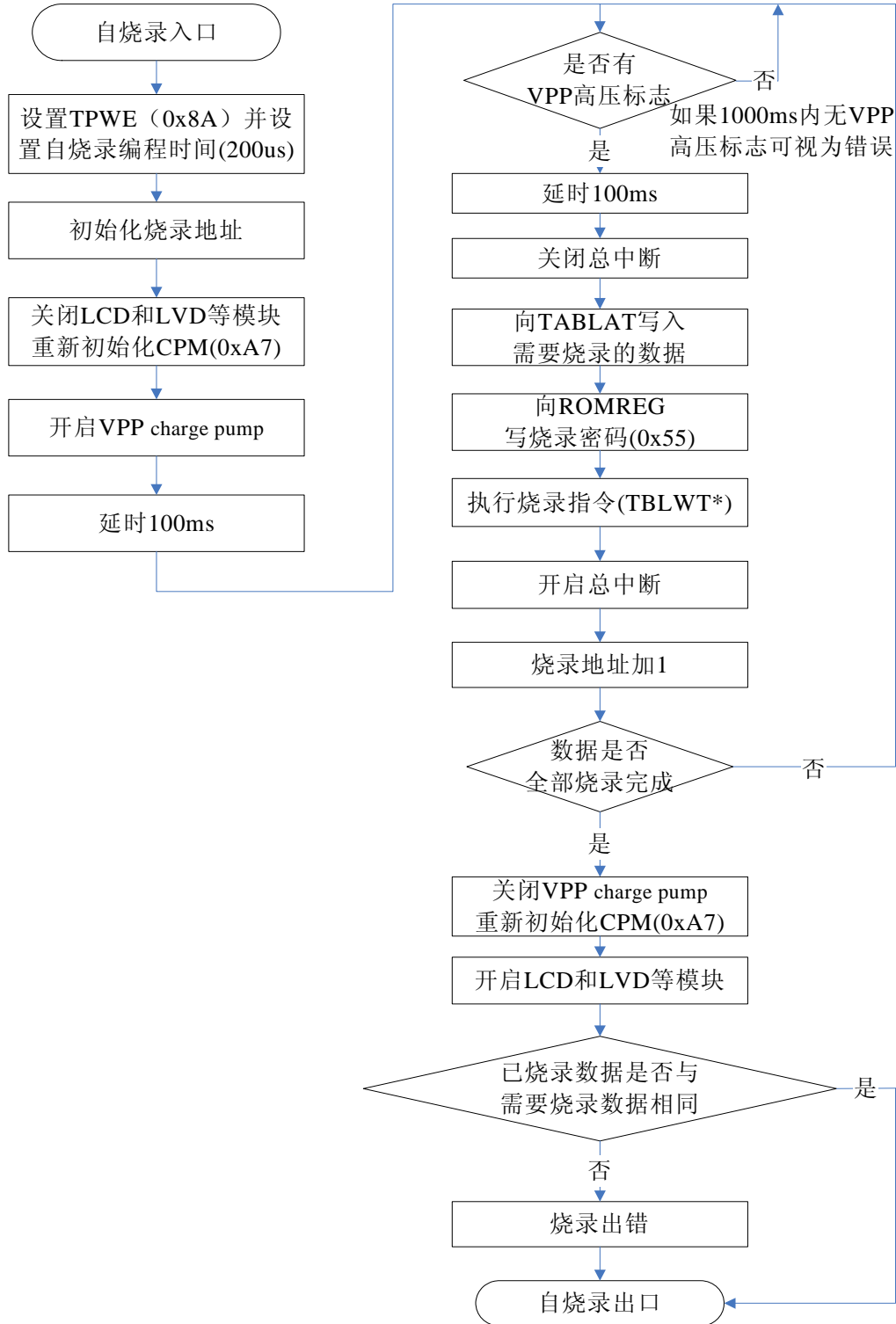


图 3.2 自烧录流程图

OTP 自烧录的示例代码如下（烧录 16 个字节）：

```

WRITEOTP:
;RAM 初始化 (0x100~0x10F 依次存入 0x00、0x11...0xFF)
    movlw    .16;
    movwf    count,1;
    movlw    0x00
    movwf    FSR0L,0;
    movlw    0x00
LOOPDATA:
    movwf    INDF0,0;
    addlw    0x11
    incf     FSR0L,1,0;
    decfsz   count,1,1;
    bra      LOOPDATA;
    clrf     INDF0,0;
;写 OTP 初始化
    movlw    0XD0                ;初始化烧录地址
    movwf    TBLPTRL,0;
    movlw    0x3F
    movwf    TBLPTRH,0;
    bcf      LCDCON,LCDEN,0;      ;关闭 LCD driver
    bcf      LVDM,LVDEN,0;        ;关 LVD 使能
    movlw    0xA5
    movwf    CPM,0;                ;初始化 CPM
    movlw    0x8A
    movwf    TPWE,0;                ;开启 VPP charge pump,
    ;自烧录编程时间设为 200us(根据实际调整)
    call     delay100ms            ;延时 100ms
Loop_WriteOtp:
    btfss    LBTM,VPPD0,0;        ;等待高压标志产生
    bra      Loop_WriteOtp;
    call     delay100ms;
    bsf      INTCON,7,0
    movf     INDF0,0,0                ;向TABLAT写入需要
    movwf    TABLAT,0                ;烧录的数据
    movlb    0x0E;
    movlw    0x55                    ;写烧录密码 55
    movwf    ROMREG,1;
    movlb    0x01;
    tblwt*                ;执行烧录指令
    nop1;
    nop1;
    bcf      INTCON,7,0
    incf     FSR0L,1,0

```

```

infsnz    TBLPTRL, 1, 0           ;烧录地址加 1
incf     TBLPTRH, 1, 0;
decfsz   count, 1, 1;
bra      Loop_Write0tp;         ;判断是否烧录完成
bcf      TPWE, 7, 0             ;关 VPP Charge Pump
bsf      LVDM, LVDEN, 0        ;LVD 使能
movlw    0A5H;
movwf    CPM, 0;                ;初始化 CPM
READ:
;读 OTP 初始化, 比较已烧录数据与需要烧录数据
movlw    0xD0
movwf    TBLPTRL, 0;
movlw    0x3F
movwf    TBLPTRH, 0;
movlw    0x00
movwf    FSR0L, 0;
movlw    .16
movwf    count, 1
LPRDOTP:
tblrd*   ;
nopl;
nopl;
movf     TABLAT, 0, 0;
cpfseq   INDF0, 0;
bra      READERR                ; 烧录出错跳至 READERR
incf     FSR0L, 1, 0;
infsnz   TBLPTRL, 1, 0;
incf     TBLPTRH, 1, 0;
decfsz   count, 1, 1;
bra      LPRDOTP;

```



## 3.2.4 自动上秤检测算法

3.2.4.1 进入待机模式前，将 LCD 和定时器 0 关闭，开启看门狗溢出中断（看门狗已在初始化时设置为 CPU 运行时溢出复位、CPU 待机时溢出中断模式）。

3.2.4.2 初始化 ADC 过采样率为 128，连续采样 5 次。

3.2.4.3 取最后一次的 ADC 采样结果作为上秤比较值。

3.2.4.4 关闭 LVD 检测、ADC、IA、AVDDR。

3.2.4.5 将时钟切换到 ILRC 工作，关闭 IHRC，进入待机模式，代码如下：

```

bcf      PIR2,WDT16IF,0      ;开看门狗定时溢出中断
bsf      PIE2,WDT16IE,0

movlw   0x03
movwf   OSCCON,0
bcf     OSCCON,1,0

bcf     IHRCON,IHRCEN      ;关闭 IHRC

sleep   ;待机

```

3.2.4.6 看门狗定时器溢出后会产生中断，在中断服务程序中开启 IHRC、LVD 检测、AVDDR，中断退出后回到主程序中。

3.2.4.7 主程序将时钟切换回 IHRC/2，并使能 ADC 和 IA，代码如下：

```

bsf     OSCCON,1,0      ;时钟切换回 IHRC/2

bsf     ASPM,PGIAEN,0   ;ADC 和 PGIA 使能
bsf     ASPM,ADCEN,0

```

3.2.4.8 在过采样率为 128 的情况下连续采样五次，取第 5 次的数据和上秤比较值进行比较。

3.2.4.9 如果小于上秤比较值，说明是下秤，将上秤比较值替换为本次采样的值，转到步骤 3.2.4.3。

3.2.4.10 如果减去上秤比较值的结果小于 5kg 阈值，则转到 3.2.4.4。

3.2.4.11 如果减去上秤比较值的结果大于等于 5kg 阈值，表明有上秤动作，进入正常工作模式。

3.2.5 看门狗定时器溢出中断流程图

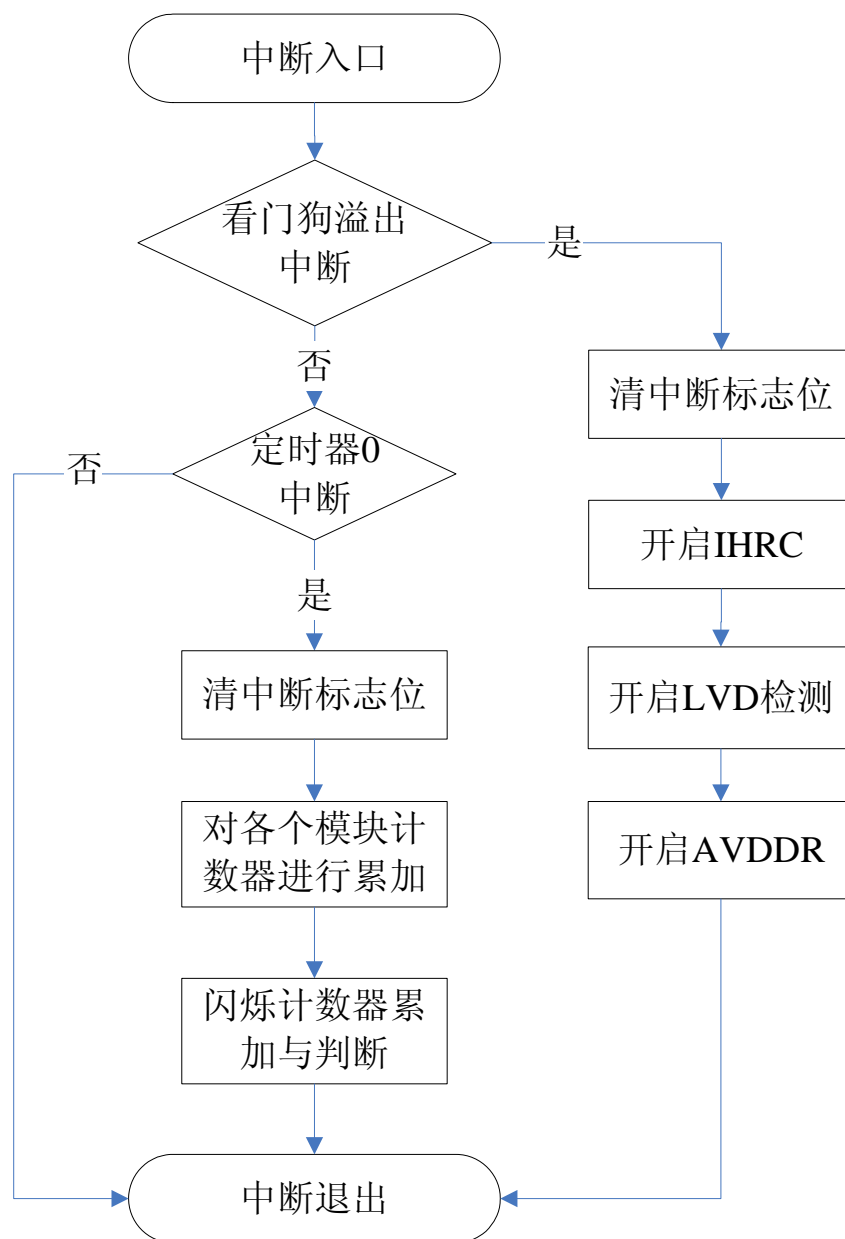


图 3.3 看门狗定时器溢出中断流程图

3.2.6 上秤检测主程序流程图

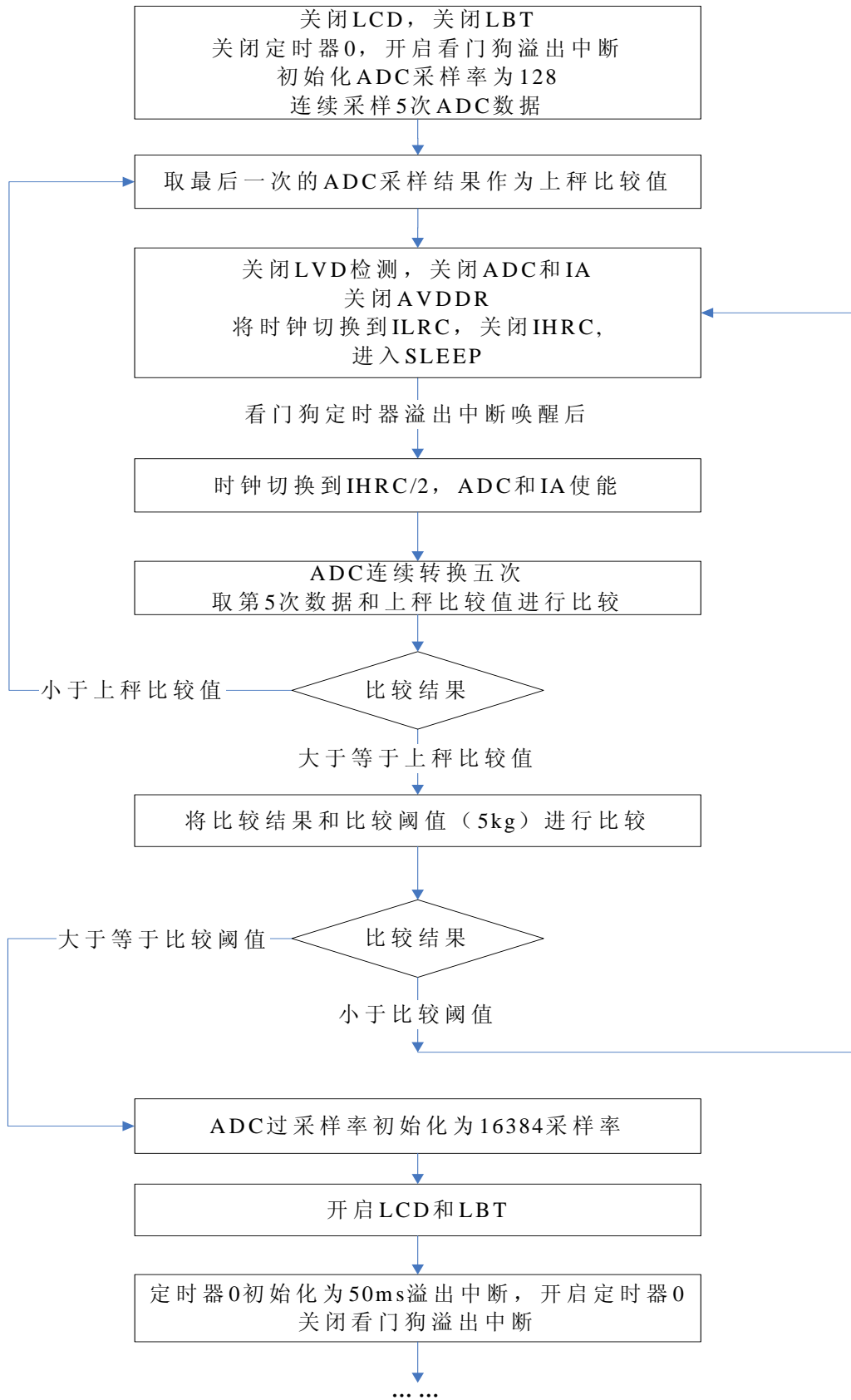


图 3.4 上秤检测主程序流程图

## 4. 测试结果

### 4.1 增益温漂测试结果

PGIA 设置为 200 倍放大, ADC 采样频率为 125kHz, 过采样率为 16384, ADC 工作于 SINC3 模式。

表 4.1 SD8000T 增益温漂测试结果

芯片编号	-20°C - 40°C TC(ppm/°C)	-40°C - 85°C TC(ppm/°C)
Chip1	3.99	3.35
Chip2	1.99	2.76
Chip3	1.35	3.29
Chip4	2.59	3.20
Chip5	1.50	2.97
Chip6	3.67	1.76
Chip7	3.50	2.56
Chip8	2.88	1.38
Chip9	2.41	4.31
Chip10	4.18	2.01
Chip11	10.07	6.29
Chip12	6.14	2.95
Chip13	7.21	3.46
Chip14	8.51	5.04
Chip15	6.59	3.83
Chip16	5.26	2.52
Chip17	6.63	5.00
Chip18	5.39	4.66
Chip19	1.53	0.73
Chip20	3.98	2.93
Chip21	5.65	3.43
Chip22	6.77	4.74
Chip23	1.95	2.06
Chip24	6.51	4.99
<b>Average</b>	<b>4.59</b>	<b>3.34</b>

## 4.2 失调温漂测试结果

ADC 的设置同 4.1 节。

表 4.2 SD8000T 失调温漂测试结果

芯片编号	-20℃ - 40℃ TC(ppm/℃)	-40℃ - 85℃ TC(ppm/℃)
Chip1	2.35	1.34
Chip2	3.78	1.82
Chip3	3.54	1.95
Chip4	1.68	0.80
Chip5	0.30	0.28
Chip6	2.10	1.01
Chip7	1.26	0.65
Chip8	1.58	1.34
Chip9	1.75	1.97
Chip10	1.90	1.95
Chip11	2.97	4.54
Chip12	2.38	1.14
Chip13	3.58	2.42
Chip14	4.73	2.95
Chip15	6.13	4.04
Chip16	3.44	2.16
Chip17	2.24	2.80
Chip18	0.97	2.08
Chip19	4.69	2.62
Chip20	2.14	2.02
Chip21	1.79	2.38
Chip22	1.25	2.11
Chip23	1.12	2.31
Chip24	2.31	1.48
<b>Average</b>	<b>2.10</b>	<b>1.01</b>

5. 典型应用图

5.1 LCD 显示

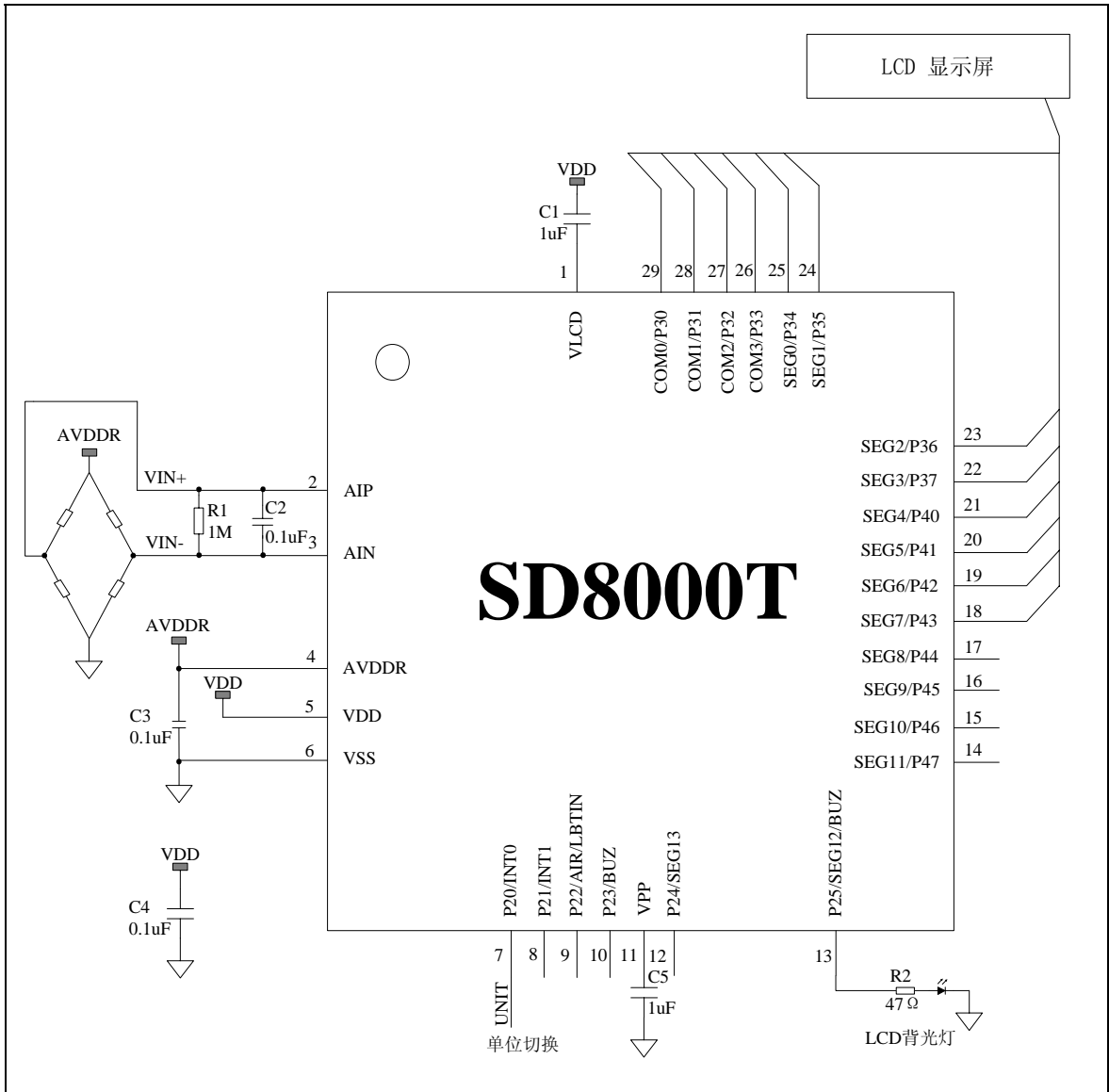


图 5.1 典型应用图 (LCD 显示)

5.2 数码管显示

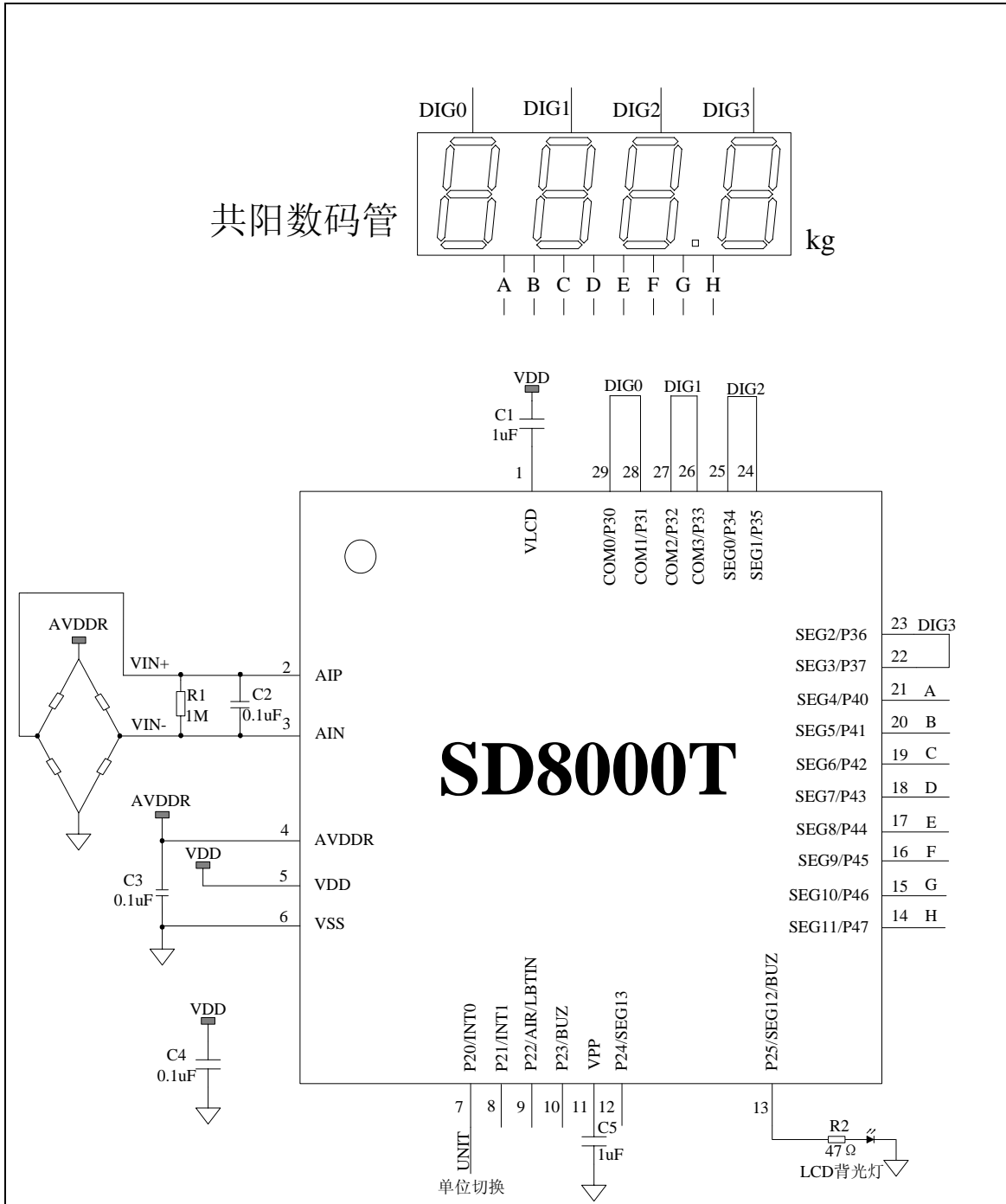


图5.2 典型应用图 (数码管显示)