



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 SD8000R 的厨房秤应用

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 SD8000R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
2.2.10 RTC功能.....	4
3. 设计参考.....	4
3.1 硬件设计.....	4
3.1.1 电源电路.....	4
3.1.2 ADC采样电路.....	4
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.....	5
3.2.4 关机进入休眠模式.....	8
3.2.5 休眠模式唤醒.....	9
3.2.6 看门狗定时器溢出中断流程图.....	10
4. 测试结果.....	11
4.1 增益温漂测试结果.....	11
4.2 失调温漂测试结果.....	12
5. 典型应用图.....	13
5.1 LCD显示.....	13

## 1. 简介

随着人们对饮食质量关注度的提高，厨房秤已越来越受到欢迎。相比于以往机械式秤，厨房秤有便携、数字显示和称重准确等特点。为了降低厨房秤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 SD8000R 芯片，它可以应用于满量程/分度值为 5kg/1g、1kg/0.1g、3kg/0.5g 等厨房秤中。

## 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。

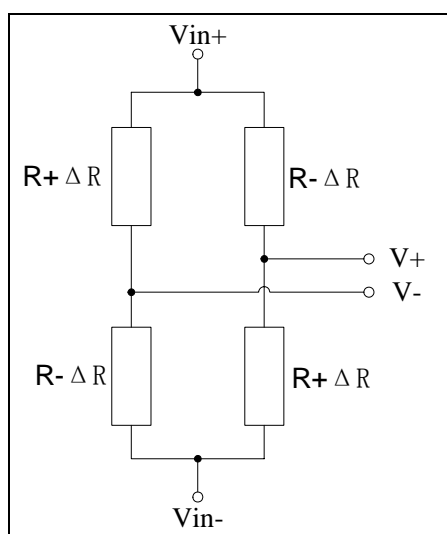


图 2.1 桥式电阻示意图

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 5kg、分度值为 1g 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，1g 重量对应的输出变化量为 0.4 $\mu$ V (数据为测试所得)，SD8000R 的典型 RMS 噪声为 40nV，为 0.4 $\mu$ V 的 1/10，能够满足其要求。

将 0.4 $\mu$ V 经过 SD8000R 内部 ADC 的前端 IA 放大器放大 200 倍后，1g 对应的输出电压为 80 $\mu$ V。当选择 SD8006 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 1g 对应的 16 位 ADC 内码有 4LSB。

5kg 重量对应的输出变化量为 2.1mV (数据为测试所得)，经过 200 倍放大后为

$$V_{Fs} = 2.1mV \times 200 = 0.42V \quad (2-4)$$

0.42V 的电压小于基准电压，符合芯片使用要求。

## 2.2 SD8000R 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 16k Bytes OTP, 数据存储器为 256 Bytes SRAM。

### 2.2.4 功耗

使用内部 4MHz RC 振荡器二分频时钟工作, 小于 850uA, 休眠功耗小于 1uA。

### 2.2.5 LCD 和 LED 驱动

可驱动 4\*20 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。

### 2.2.10 RTC 功能

可以计算时、分和秒。

## 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 0.1uF 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。

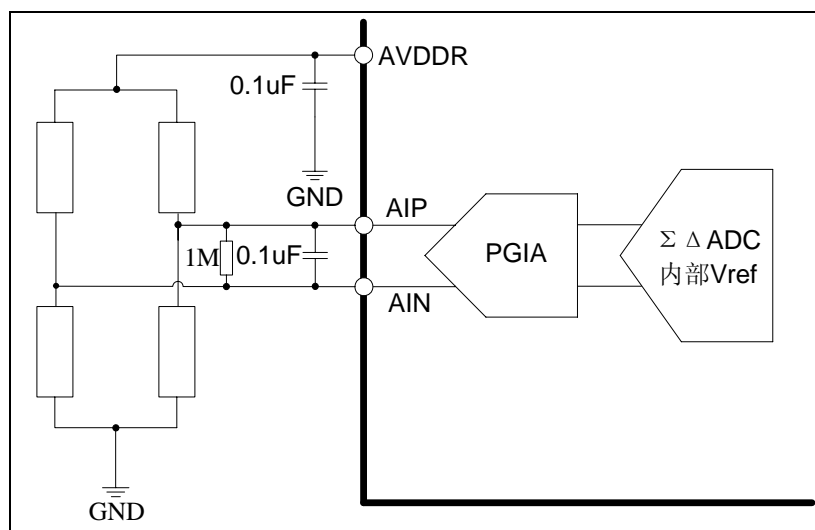


图 3.1 ADC 采样电路示意图

### 3.1.3 LCD 或 LED 驱动电路

- 3.1.3.1 可提供 4\*20 段 LCD 驱动;
- 3.1.3.2 所有 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 1μF、3 个 0.1μF 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 200 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 16384，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，SD8000R 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 1μF 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。

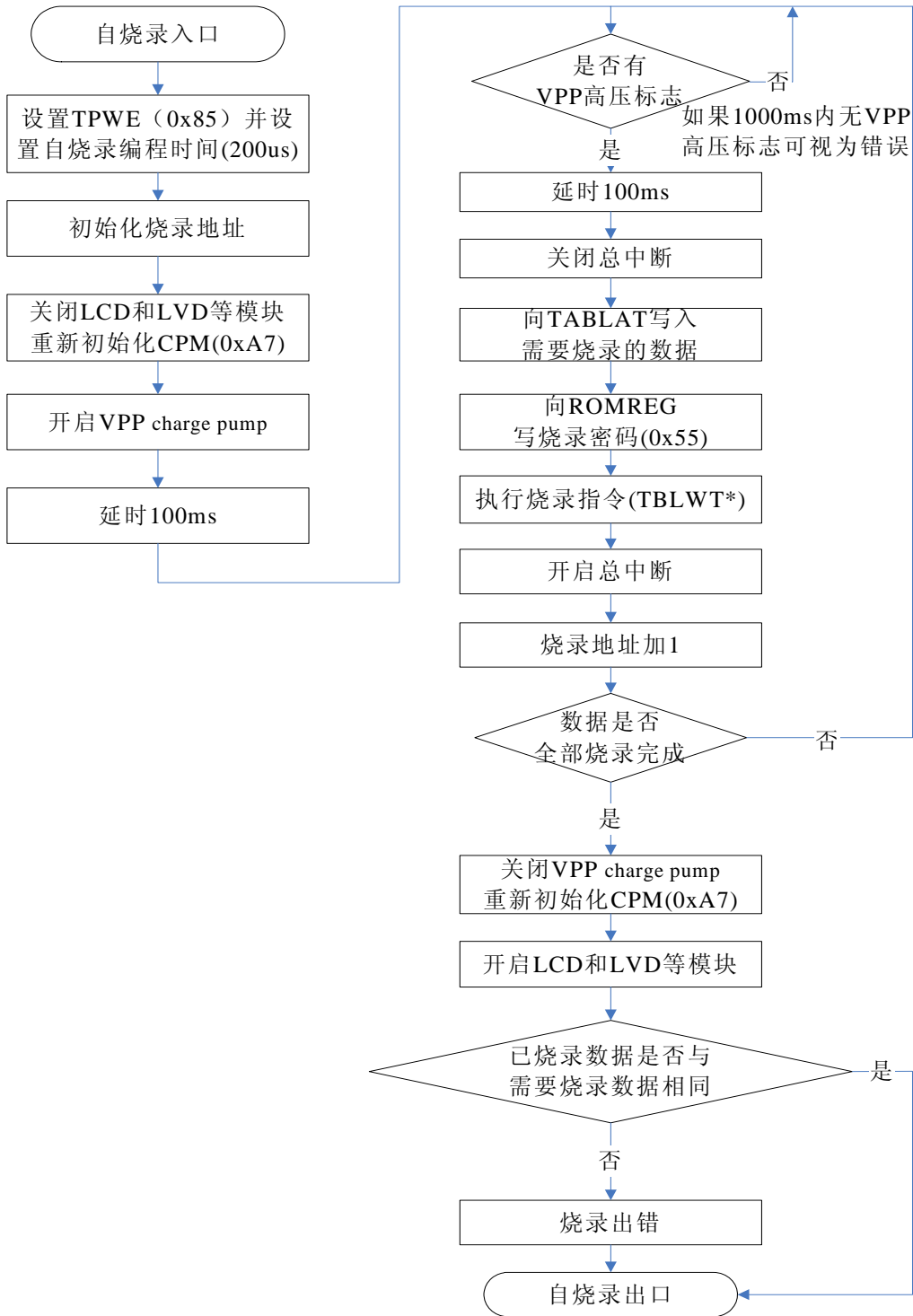


图 3.2 自烧录流程图

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    000H;
    movwf    FSR0L,0;
    movlw    000H;
LOOPDATA:
    movwf    INDF0,0;
    addlw    011H;
    incf     FSR0L,1,0;
    decfsz   count,1,1;
    bra      LOOPDATA;
    clrf     INDF0,0;
;写 OTP 初始化
    movlw    0D0H                ;初始化烧录地址
    movwf    TBLPTRL,0;
    movlw    03FH;
    movwf    TBLPTRH,0;
    bcf      LCDCON, LCDEN, 0;    ;关闭 LCD driver
    bcf      LVDM, LV DEN, 0;     ;关 LVD 使能
    movlw    0A7H;
    movwf    CPM, 0;              ;初始化 CPM
    movlw    085H;
    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     0A7H;
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     0D0H;
movwf     TBLPTRL, 0;
movlw     03FH;
movwf     TBLPTRH, 0;
movlw     000H;
movwf     FSR0L, 0;
movlw     .16
movwf     count, 1
LPRDOTP:
tblrd*    ;
nop1;
nop1;
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 关机进入休眠模式

3.2.4.1 进入休眠模式前, 关闭 LCD、关闭升压电路、关闭低压检测、关闭低压复位、关闭内部 LDO、关闭 ADC、关闭定时器 0、关闭背光。

3.2.4.2 开启外部中断 0 等待按键唤醒 MCU。代码如下:

```

LIGHTOFF           ;关闭背光灯
bcf       LCDCON, LCDBL, 0       ;LCD 显示关闭
bcf       CPM, CPREN, 0
bcf       LCDCON, LCDEN, 0
bcf       LVDM, LVDEN, 0        ;关 LVD
movlw     0xf0
andwf     LBTM, 1, 0            ;关 LBT
bcf       ASPM, ADCEN, 0        ;关 ADC
bcf       ASPM, PGIAEN, 0       ;关 PAIA
bcf       AVDDR, 7, 0           ;关 AVDDR

```



```

bcf      PIR1, TMR0IF, 0      ;预清零 TMR0IF
bcf      PIR1, INTOIF, 0     ;预清零 INT1IF
bcf      PIR2, ADIF, 0       ;清 ADIF
bcf      AVDDR, 0, 0         ;关 ACM
bcf      INTCON, TMR0IE, 0   ;关定时器 0 中断使能
bcf      PIE2, ADIE, 0      ;关闭 ADC 中断使能
bcf      INTCON2, INTEDGE0, 0 ;INT0 中断下降沿有效
bsf      INTCON, INTOIE, 0   ;开 INTO 中断
bcf      AVDDR, 1, 0        ;关 BG
bsf      OSCCON, 2, 0
sleep
nop

```

### 3.2.5 休眠模式唤醒

3.2.5.1 休眠模式唤醒，首先要关闭外部中断，判断是否是外部开关按键按下。如果不是开关按键有可能是外部干扰信号，此时唤醒无效，再次进入休眠模式。

3.2.5.2 如果是开关按键唤醒，则 MCU 开始工作，恢复所有设置为正常工作状态。代码如下：

```

movlw   0x03
movwf   TOCON, 0
movlw   low(.256-.2000000/.8192*.25/.1000)
movwf   TMR0L, 0
bsf     TOCON, TMR0EN, 0      ;使能定时器 0
bsf     INTCON, TMR0IE, 0    ;定时器中断开启

bcf     INTCON, INTOIE, 0    ;关闭 INTO 中断
bsf     LCDCON, LCDEN, 0     ;开 LCD
bsf     CPM, CPREN, 0
bsf     LCDCON, LCDBL, 0
bsf     LVDM, LVDEN, 0      ;使能 LVD
movlw   0x0f                 ;内部 2.4V 低电压检测
movwf   LBTM, 0
LIGHTON
InitADC ;调用 ADC 初始化宏定义

```

3.2.6 看门狗定时器溢出中断流程图

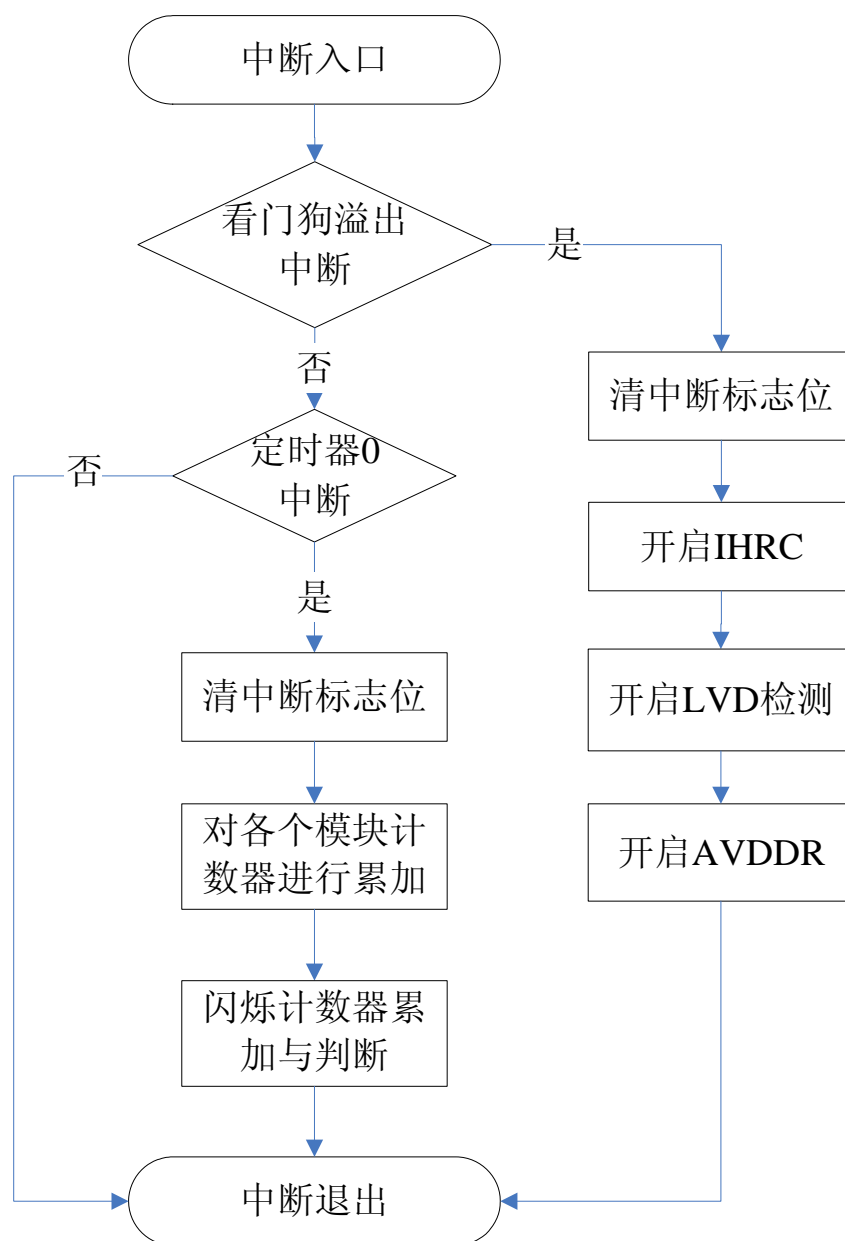


图 3.3 看门狗定时器溢出中断流程图

## 4. 测试结果

### 4.1 增益温漂测试结果

PGA 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 SD8000R 增益温漂测试结果

芯片编号	-10°C - 40°C TC(ppm/°C)	-40°C - 85°C TC(ppm/°C)
Chip1	8.3	5.4
Chip2	3.2	4.8
Chip3	1.8	1.6
Chip4	4.4	2.9
Chip5	3.5	3.7
Chip6	4.7	4.4
Chip7	6.3	2.5
Chip8	3.2	4.0
Chip9	2.3	2.9
Chip10	3.9	2.7
Chip11	2.4	1.4
Chip12	5.0	4.3
Chip13	6.0	3.7
Chip14	2.6	2.1
Chip15	2.1	1.3
Chip16	2.4	1.6
Chip17	3.0	2.0
Chip18	5.6	6.3
Chip19	2.2	0.9
Chip20	1.4	0.8
Chip21	1.5	1.0
Chip22	3.2	3.8
Chip23	1.4	0.6
Chip24	4.6	4.8
Chip25	3.8	3.5
Chip26	1.2	0.7
Chip27	4.4	5.0
Chip28	2.0	3.0
Chip29	4.6	16.9
Chip30	3.0	1.2
<b>Average</b>	<b>3.6</b>	<b>3.4</b>

## 4.2 失调温漂测试结果

ADC 的设置同 4.1 节。

表 4.2 SD8000R 失调温漂测试结果

T(°C) Chip	输入失调电压(uV)											温漂 (nV/°C)
	-40	-20	-10	0	10	20	25	30	40	60	85	
1	-3.3	-3.4	-3.5	-3.5	-3.5	-3.6	-3.6	-3.6	-3.7	-3.8	-3.9	4.8
2	-5.2	-5.4	-5.5	-5.6	-5.6	-5.7	-5.8	-5.8	-5.9	-6.1	-6.3	8.8
3	-2.8	-2.9	-2.9	-3	-3	-3	-3.1	-3.1	-3.1	-3.2	-3.2	3.2
4	-4.1	-4	-4	-4	-4	-3.9	-3.9	-3.9	-3.9	-3.9	-4	1.6
5	-4.8	-4.7	-4.7	-4.7	-4.7	-4.7	-4.7	-4.7	-4.7	-4.8	-5	2.4
6	-3.6	-3.8	-3.9	-4.1	-4.2	-4.3	-4.3	-4.4	-4.5	-4.6	-4.9	10.4
7	-6.5	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.4	-6.5	-6.5	-6.6	-6.7	2.4
8	-5.1	-5.1	-5.1	-5.1	-5.1	-5.1	-5.1	-5	-5	-5	-5	0.8
9	-4.8	-4.8	-4.7	-4.7	-4.7	-4.6	-4.6	-4.6	-4.6	-4.5	-4.5	2.4
10	-4.6	-4.7	-4.8	-4.9	-4.9	-5	-5.1	-5.1	-5.2	-5.3	-5.5	7.2
11	-5.8	-5.2	-5	-4.8	-4.6	-4.5	-4.4	-4.3	-4.2	-4.1	-4	14.4
12	-4.3	-4.3	-4.4	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.6	-4.6	-4.7	-4.9	4.8
13	-4.8	-5	-5.1	-5.2	-5.2	-5.3	-5.4	-5.5	-5.5	-5.7	-5.9	8.8
14	-2.1	-2.4	-2.6	-2.7	-2.8	-2.9	-3	-3.1	-3.1	-3.4	-3.5	11.2
15	-4.2	-4.4	-4.4	-4.5	-4.5	-4.6	-4.6	-4.7	-4.7	-4.8	-4.9	5.6
16	-4	-3.9	-3.8	-3.8	-3.8	-3.8	-3.8	-3.7	-3.8	-3.7	-3.7	2.4
17	-3.2	-3.4	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.5	-3.6	-3.6	-3.6	-3.7	4
18	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4.1	-4.1	-4.1	-4.2	1.6
19	-5.4	-5.4	-5.4	-5.4	-5.4	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-5.5	-5.6	1.6
20	-5.6	-5.7	-5.8	-5.8	-5.8	-5.9	-5.9	-5.9	-5.9	-6	-6.1	4
21	-8.7	-8.2	-8	-7.8	-7.6	-7.4	-7.3	-7.3	-7.1	-6.9	-6.6	16.8
22	-3.1	-3.2	-3.2	-3.3	-3.3	-3.4	-3.3	-3.4	-3.4	-3.4	-3.5	3.2
23	-5.5	-5.5	-5.4	-5.4	-5.4	-5.5	-5.4	-5.4	-5.5	-5.5	-5.6	1.6
24	-4	-4.1	-3.9	-4	-3.9	-3.9	-3.9	-3.9	-3.9	-3.9	-3.9	1.6
25	-2.3	-3	-3.2	-3.3	-3.6	-3.7	-3.8	-3.8	-4	-4.2	-4.4	16.8
26	-5	-5	-5.1	-5.1	-5.1	-5.1	-5.1	-5.2	-5.2	-5.2	-5.3	2.4
27	-4.1	-4.3	-4.4	-4.5	-4.6	-4.8	-4.8	-4.9	-5	-5.2	-5.4	10.4
28	-3.5	-3.7	-3.8	-3.9	-3.9	-4	-4	-4.1	-4.1	-4.2	-4.3	6.4
29	-3.8	-3.7	-3.7	-3.7	-3.8	-3.8	-3.8	-3.8	-3.8	-3.9	-4.1	3.2
30	-2.6	-2.9	-3.1	-3.2	-3.4	-3.5	-3.5	-3.6	-3.7	-3.9	-4.1	12
平均	-4.4	-4.4	-4.4	-4.5	-4.5	-4.5	-4.5	-4.6	-4.6	-4.7	-4.8	5.9
MIN	-2.1	-2.4	-2.6	-2.7	-2.8	-2.9	-3	-3.1	-3.1	-3.2	-3.2	0.8
MAX	-8.7	-8.2	-8	-7.8	-7.6	-7.4	-7.3	-7.3	-7.1	-6.9	-6.7	16.8

5. 典型应用图

5.1 LCD 显示

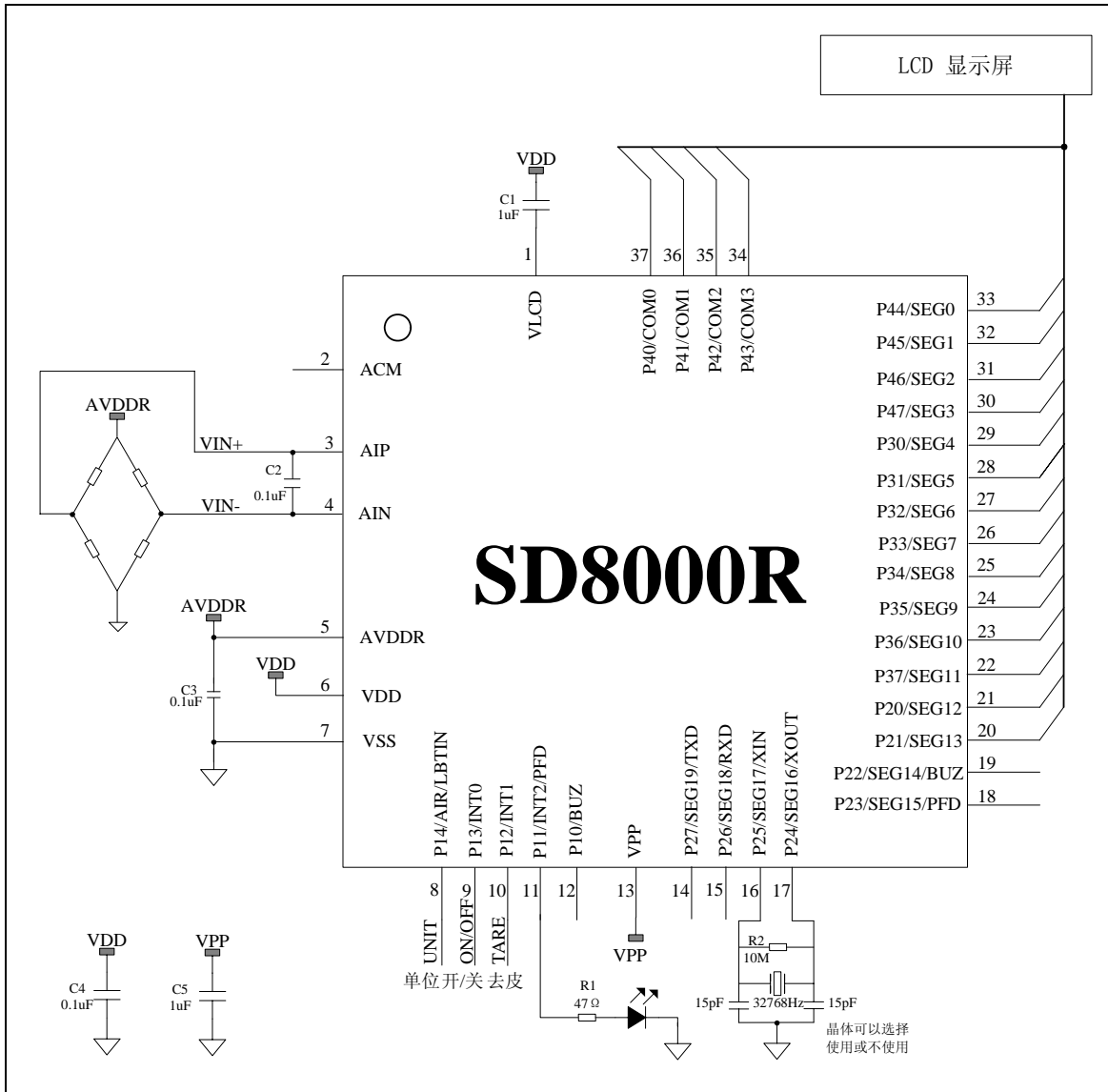


图 5.1 典型应用图 (LCD 显示)