

测量模块硬件设计

1.1 电源管理

输入：无线受电，3W

LDO 输出：3.3V（数字），±5V（模拟）

纹波（模拟）：< 10mV

1.2 微控制器

型号：ESP32-S3

工作频率：240MHz

内存：512KB SRAM，384KB ROM

无线：2.4G WIFI、蓝牙预留

NFC（接口预留）

1.3 模拟前端电路

1.3.1 IND 端口测量电压：±2400mV，测量精度 0.1mV，分辨率 0.001mV。

1.3.2 高阻抗运算放大器

型号：ADA4530-1 或等效

输入阻抗：> $1 \times 10^{13} \Omega$

偏置电流：< 20fA

增益带宽积：2MHz

1.3.3 ADC 电路

型号：ADS1256 或等效（24 位 Δ - Σ ）

通道数：8 路测量

2 路用于 IND_Ref,

2 路用于极化测量，

2 路用于温度测量

2 路备用

采样率：30kSPS

INL：±5ppm

1.3.4 Pol 端口指标，极化电极有两种模式：

模式	AC/DC	激励电流范围	设置分辨率	测量的电压范围	测量分辨率
----	-------	--------	-------	---------	-------

恒流源	DC	0至±500uA	0.01uA	±2400mV	0.01uV
	AC	0至±500uA	0.01uA	±1700mV	0.01uV

模式		激励电压范围	设置分辨率	测量的电流范围	测量分辨率
恒压源	DC	0至±2400mV	10uV	±500uA	0.001uA
	AC	0至±2400mV	10uV	±350uA	0.001uA

1.3.5 DAC 电路（极化控制）

型号：DAC8564 或等效（20 位）

通道数：2 路激励源

输出范围：±2.4V

建立时间：200μs

1.4 温度测量电路

传感器：Pt1000（2 线制）

激励电流：1mA 恒流源

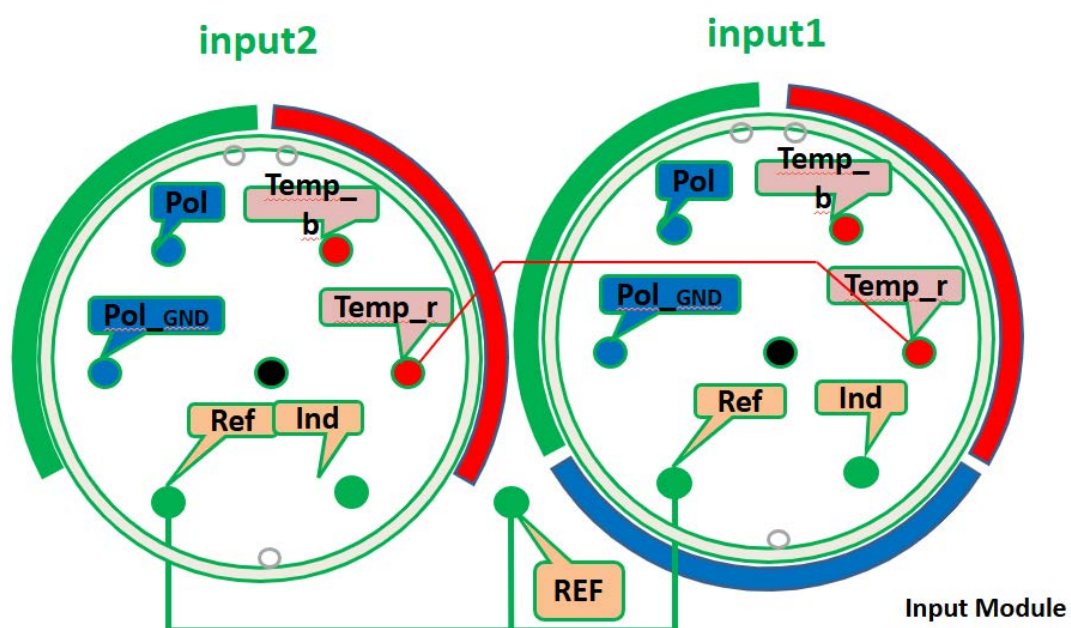
测量电路：2 路 24 位 ADC 差分测量

测量精度：±0.2°C（0-100°C）

分辨率：0.1°C

1.5 信号输入输出端口接口定义（7 芯端口）莫雷插座

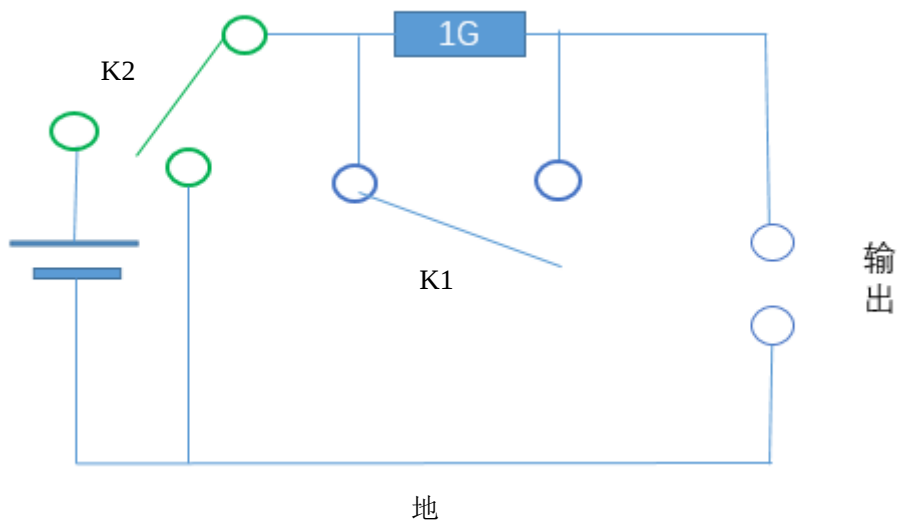
引脚	功能	说明
1	Ind+	指示电极正极，高阻输入阻抗电压输入（ $1 \times 10^{13} \Omega$ ）
2	ref	指示电极负极与信号地相通
3	Pol+	极化电极正极
4	Pol-	极化电极负极
5	Temp+	温度传感器正极
6	Temp-	温度传感器负极
7	GND	信号地中心点



1.6 测量模块的验收标准

1.6.1 Ind 和 Ref 端口验收

模式	标准电压	测量电压值	测量电压误差
K2 接通标准电源, 电压标准源在 $\pm 2400\text{mV}$ 范围内, 每 10mV 设置一个测量点 (K1 接通, 1G 电阻处于短路状态)	0 至 $\pm 2400\text{mV}$	0 至 $\pm 2400\text{mV}$	小于 0.1mV
K2 接通标准电源, 电压标准源加上一个 1G 欧姆的内阻 (K1 断开), $\pm 2400\text{mV}$ 范围内, 每 10mV 设置一个测量点	0 至 $\pm 2400\text{mV}$	0 至 $\pm 2400\text{mV}$	小于 0.15mV
将 K2 开关与地相连接, 在回路上一个 1G 欧姆的内阻 (K1 断开), $\pm 2400\text{mV}$ 范围内 $+1\text{G}$ 欧姆, 每 10mV 设置一个测量点	0mV	不大于 $20\mu\text{V}$	



1.6.2 Pol 端口验收

分别接入 100K、10K、1K、0.5K、0.2K 标准电阻

标准电阻	电流范围(+)	电流范围(-)	恒流源 (10%的增量 设置测量步长)		测量电位		标准测量 电位		测量电位差值	
			DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC
100K	0 to 10uA	0 to -10uA							0.1mV	0.1mV
10K	10uA to 100uA	-10uA to -100uA							0.1mV	0.1mV
1K	100uA to 200uA	-100uA to -200uA							0.1mV	0.1mV
0.5K	200uA to 400uA	-200uA to -400uA							0.1mV	0.1mV
0.2K	400uA to 500uA	-400uA to -500uA							0.1mV	0.1mV

标准电阻	电压范围(+)	电压范围(-)	恒压源 (10%的增量 设置测量步长)		测量电位		标准测量 电位		测量电位差值	
			DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC
10K	500mV to 2400mV	-500mV to -2400mV							0.1mV	0.1mV
1K	250mV to 500mV	-250mV to -500mV							0.1mV	0.1mV
0.5K	100mV to 250mV	-100mV to -250mV							0.1mV	0.1mV
0.2K	0 to 100mV	0 to -100mV							0.1mV	0.1mV

1.6.3 Temp 端口验收

分别接入 1K、1.1K、1.2K、1.3k、1.385K 标准电阻.

标 准 电 阻	温度	测量温度	温度差值
1K	0		0.1
1.1K	26.23		0.1
1.2K	52.21		0.1
1.3K	77.66		0.1
1.385K	100		0.1