

ScioSense PCap04-EVA-KIT V2.0

开发套件用户指南

PCAP04-EVA-KIT 2.0

修订版：2

发布日期：2023-05-16

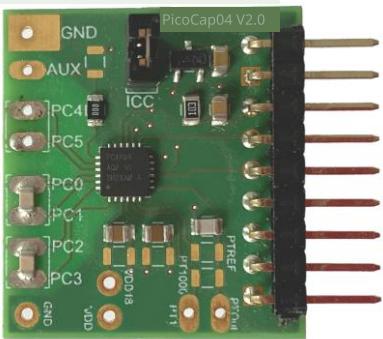
文档状态：生产内容指南

内容指南	2
1 引言	3
1.1 排序编码	3
2 快速入门指南	3
2.1 软件安装	3
2.2 硬件安装	4
2.3 初始测量快速指南	4
3 硬件描述	7
3.1 PCap04 Lite 板卡	7
3.1.1 电容测量	7
3.1.2 温度测量	7
1 软件描述	9
1.1 初始化	9
1.2 图形用户界面	9
1.2.1 前面板	9
3.1.3 前面板菜单	22
3.1.4 特殊窗口	25
3.1.5 线性化	31
3.2 缩放结果	37
3.3 缩放PDM输出	39
4 原理图、层次与物料清单	40
5 RoHS符合性与ScioSense绿色声明	42
6 版权与免责声明	42
7 版本信息	43

1 引言

PCap04-EVA-KIT V2.0 评估系统提供了一个完整的平台，用于全面评估PCap04芯片。该套件包括主板、插拔板、基于Windows的评估软件、汇编软件以及PicoProg Lite通信接口。套件包含以下组件：

PCap04 LITE V1.0 BGRP



PicoProg Lite V1.0



USB转USB-C数据线



图1：开发套件的组成元素

请从<https://downloads.sciosense.com/PCAP04>下载套件软件，并查找最新版本。

1.1 订购代码

表1：引脚说明

订购代码	零件编号	描述
PCap04-EVA-KIT V2.0	220300004	PCap04 LITE开发板 & PicoProg Lite & USB-C线缆
PCap04 LITE V1.0 BGRP	220300005	PCap04评估板

快速入门指南

在本节中，我们介绍了如何快速设置PCap04-EVA-KIT V2.0，建立基本操作并进行测量。

2.1 安装软件

在将评估套件连接到计算机之前，安装软件至关重要。操作系统的默认驱动程序加载可能会影响正确安装。

- 将最新的压缩软件安装包下载到目标目录。
<https://downloads.sciosense.com/PCAP04>
- 将压缩包解压到目标目录。
- 从解压目录中打开“setup.exe”。
- 按照屏幕上的指示操作。

2.2 硬件安装

- 用USB线将PicoProg Lite PCB连接到电脑。绿色LED应亮起。
- 将PCap04 LITE连接到PicoProg Lite。有两个接口，一个用于SPI通信，一个用于I2C通信，已相应标记。

2.3 初始测量快速入门

在开始菜单中搜索PCap04，或在ScioSense程序文件夹下找到PCap04软件并启动。软件会弹出如下窗口：



图2：起始页面

右侧的小图标显示设备是否已连接，以及使用的是SPI还是I2C。

点击“验证接口”按钮以确认与PicoProg Lite和PCap04的通信正常：



图3：验证

PCap04插件板预装陶瓷电容，用于模拟电容传感器。这些电容器，值均为10pF，连接到6个端口 PC0 至 PC5。

使用这些预装组件开始测量时，需要在“CDC前端”标签页进行以下调整：

- 1) “电容测量方案”部分应设置为“浮动 | 单端”。
- 2) 所有电容端口应通过“电容端口”选择按钮开启
- 3) 杂散补偿设置应设为“均为”。

在CDC标签下的设置应如下所示：

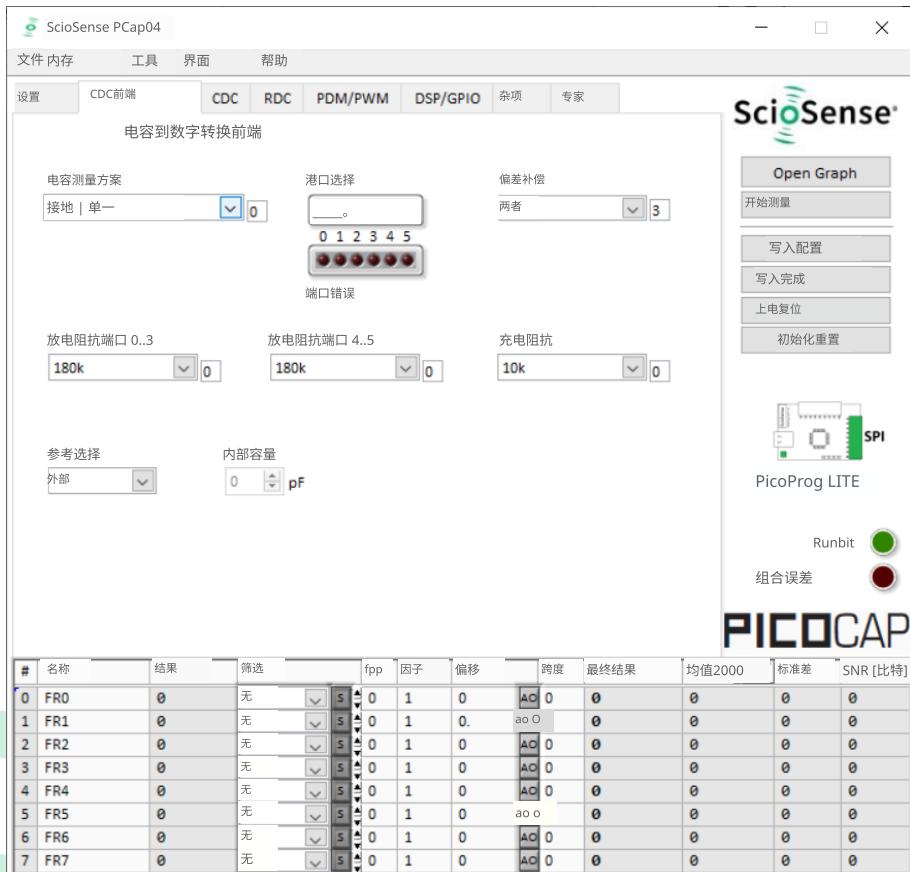


图4：CDC前端页面起始状态

开始测量前，在窗口右侧按顺序点击以下按钮：

- 1) “上电复位”
- 2) “写入完成”
- 3) “开始测量”

现在应开始测量，屏幕应类似如下：

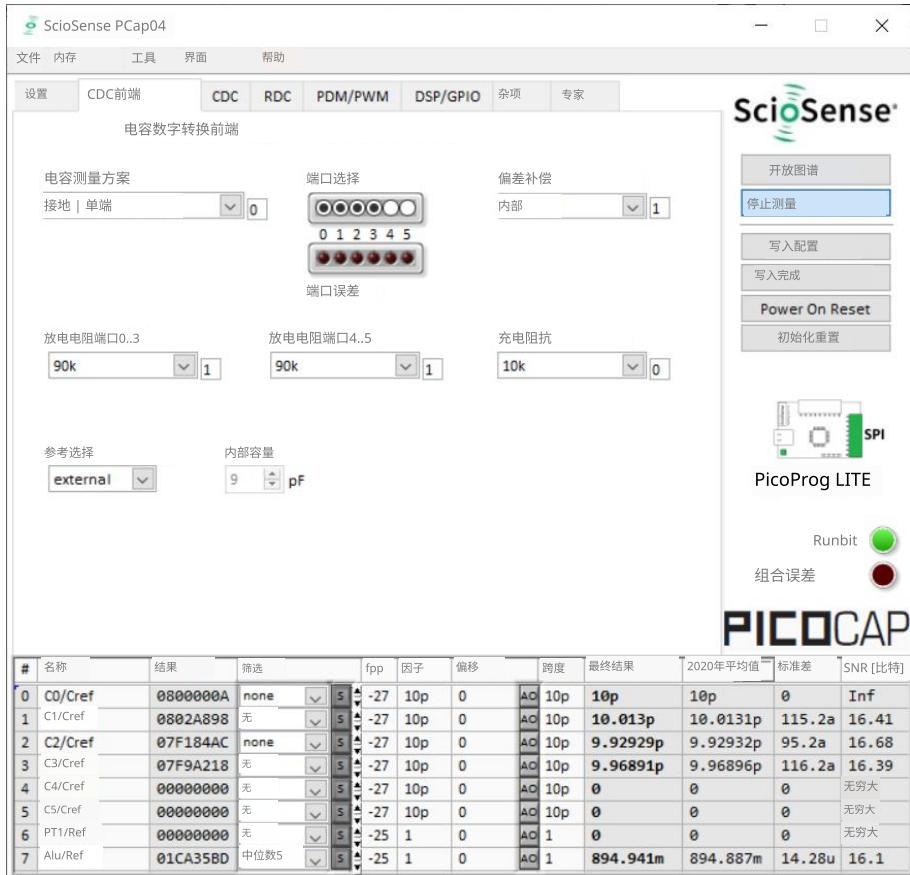


图5：带有运行测量的CDC前端页面

C1和C2值应持续更新，但保持在合理的小标准差范围内，如图所示。

至此，以上步骤已成功完成，可以进行EVA套件的操作。以下部分将详细介绍硬件和软件的高级操作方法。

3 硬件描述

3.1 PCap04 Lite板

3.1.1 电容测量

为了评估使用PCap04的电容测量，该板预装有陶瓷电容器，用于模拟电容传感器。这些电容器，每个 10pF 值，连接到6个端口PC0至PC5。它们作为浮动模式的单一传感器连接，即每个电容连接在两个端口之间，因此板上有 $3 \times 10\text{pF}$ 个电容器。有关如何将电容器连接到芯片的详细信息，请参阅PCap04数据手册第3节。如使用外部参考，连接在端口PC0和PC1之间的电容器被视为参考电容器。

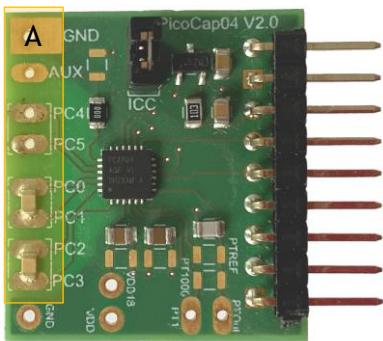


图6：插入板的详细信息（A=三个COG陶瓷电容器）

在评估过程中，当你能够理解芯片的测量结果后，可以将这些固定电容器替换为你实际应用中的电容传感器。

如果您希望将电容传感器连接为接地模式，则在电路板的两个角提供GND点，传感器的接地连接应焊接在这些点上。

可连接到评估套件的电容传感器的典型值范围为 30pF 到 3.5nF 。参考电容应与传感器的量级相当。根据传感器的数值，需选择合适的内部测量电阻。对于预装配的 10pF 电容器，内部放电电阻为 $90\text{k}\Omega$ 效果良好。有关如何选择内部放电电阻的值，请参阅PCap04数据手册的第3节。

3.1.2 温度测量

温度测量或其他电阻任务也可能对本套件用户感兴趣。评估套件通过RDC（电阻到数字转换器）端口提供此功能。片上热敏电阻与片上温度稳定参考电阻（由多晶硅制成）配合，足以观察PCap04芯片的温度测量能力。

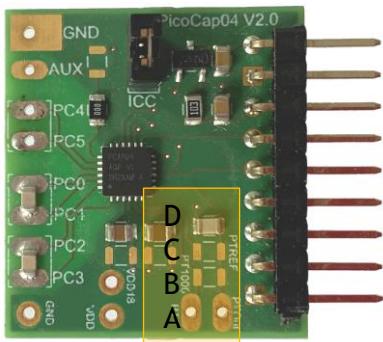


图7：温度传感器连接焊盘

第二个外部温度传感器的端口PT1（标准固件不支持）

外部温度传感器的端口PT0

外部参考电阻的端口PT2

10 nF COG

此外，也可以将参考电阻和热敏电阻外接到芯片上。对于外接电阻，应在插拔板的PT2REF端口连接温度稳定的参考电阻。该板允许在PT0端口（或PT1，标准固件尚不支持）连接外部热敏电阻，例如PT1000传感器。无论如何，温度测量时，必须将外部电容连接到芯片上；该电容已在板上预装。

1 软件描述

1.1 初始化

配置文件、固件、设置和校准数据包含在一个项目 (.prj) 文件中。打开项目文件时，配置和固件数据会自动传输到芯片，并初始化芯片。

步骤1：启动评估软件后首先要做的是通过按按钮读取芯片的设备版本，或在设置页面选择支持的PICOCAP设备。在初始阶段，使用我们的标准固件计算电容比和电阻比。它会自动识别操作模式，并处理设定的电容器数量和连接方式，但不进行其他处理。

步骤2：如果要将默认的SPI接口切换为I2C接口，请在接口菜单下选择 -> 总线 -> I2C。PicoProg Lite接口上的LED应变为红色。如果LED完全不亮，则表示接口存在故障。

步骤3：按下“标准”按钮，即可打开标准项目文件。

您也可以加载自己的项目文件。

第4步：打开图形窗口并点击“开始测量”。

1.2 图形用户界面

接下来，主前面板出现。总体而言，图形用户界面提供多个窗口，用于在线配置、参数和校准数据设置，以及测量数据的图形和数值显示。本章将对各个窗口进行说明。

1.2.1 前面板

这是主窗口。右侧的前面板显示六个通用按钮：

开放图形	打开用于测量数据图形显示的窗口
开始测量	开始或停止正在进行的测量
写入配置	再次传输评估软件中的当前设置到芯片（如有疑问）
写入完成	将完整的固件、校准数据和配置传输到芯片
上电复位	上电复位后，可能需要“写入配置”。
初始化复位	通过初始化复位，芯片的前端和处理器将重新初始化。

1.2.1.1 设置页面



图8 设置页面

“设置”页面的选项：

标准	打开<Selected Device>_standard.prj项目文件，包含配置和标准固件。
湿度	打开<Selected Device>_humidity.prj项目文件，包含配置和线性化固件。
压力	打开<Selected Device>_pressure.prj项目文件，包含配置和线性化固件。
验证界面	当一切正常时，按下此按钮将显示软件的版本号以及PicoProg Lite / PICOPROG V3.0固件的版本号。如果检测到支持的PICOCAP设备，还会显示“内存读写：OK”。

窗口下部用于实时数值显示测量结果，原则上显示读取寄存器的内容。内容取决于固件。图8显示的是标准固件下的内容。前六行显示电容比值，最后两行显示温度结果（电阻比或线性化温度）。

该标签包含12列信息，定义标签、数据格式、分辨率规格（白色背景）和结果（灰色背景）。白色字段中的信息增加了阅读的便利性，存储在项目文件 (*.prj) 中。所有数字可能带有字符，以表示已知的前缀，用于表示千的倍数 ('p'、'f'、'a'、'k'等)。

名称	寄存器内容的标签，取决于固件。
结果	结果寄存器内容的原始十六进制数据显示。前一列显示宽度，后一列按钮显示结果是有符号还是无符号。
过滤器	选择各种软件滤波器，如Sinc（滚动平均）和Median（非线性滤波器）
fpp	此列显示定点数的小数部分大小和所需的移位。取决于固件。
系数	系数是一个缩放因子，用于根据参考电容调整结果。系数为“1”时，返回“最终结果”列中的初始电容比。
偏移	在评估软件中需要添加或减去的偏移量。
自动偏移	按下[AO]后，软件重新计算“偏移”，将“最终结果”重置为0
跨度	定义传感器最大跨度的数值，仅在SNR[bit]列的分辨率计算中相关。
最终结果	显示最终结果，按“因子”缩放并加上“偏移”
平均值	显示平均值。可以选择样本大小。
标准差	“最终结果”的标准差。
SNR [比特]	比特信噪比，计算为“跨度”/“标准差”

1.2.1.2 CDC 前端页面

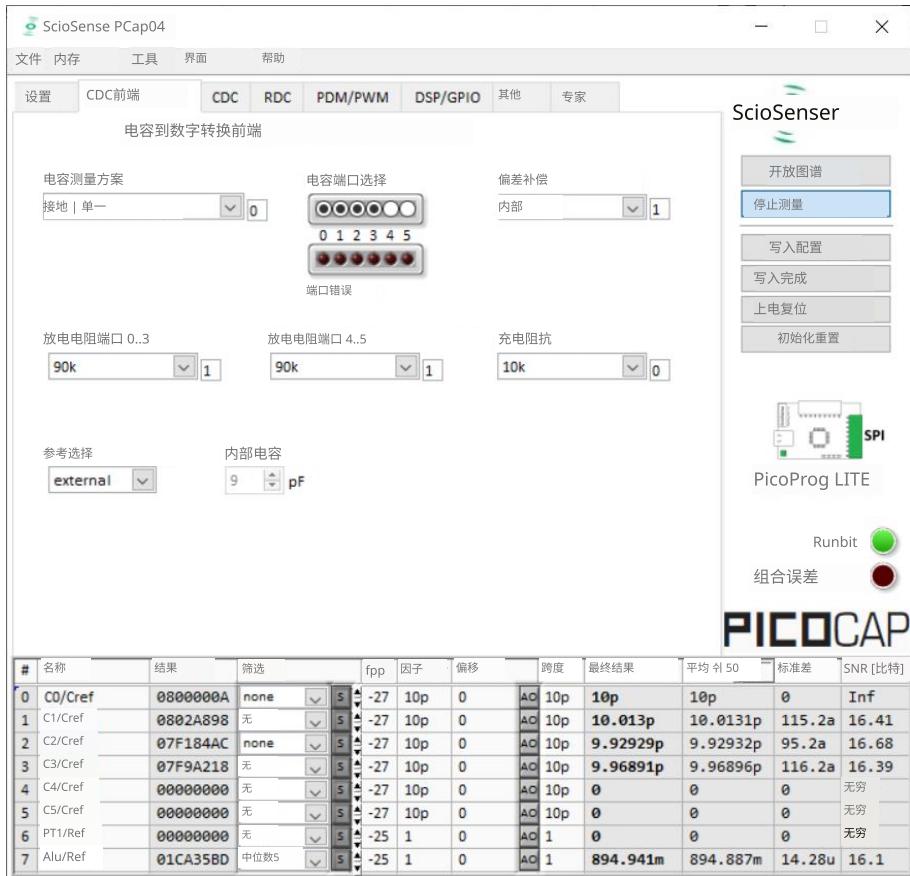


图9 CDC前端页面

“CDC前端”页面选项：

电容测量方案	接地 单端 - 单个电容传感器连接在端口与地之间。接地 差分 - 差分电容传感器连接在两个端口之间，传感器的中间抽头接地。浮空 单端 - 单个电容传感器连接在两个端口之间。浮空 差分 - 差分电容传感器连接在两个端口之间，传感器的中间抽头连接到另外两个端口
电容端口选择	选择需要测量的电容端口（端口0-5），即传感器在硬件中连接的端口位置。
杂散补偿	无 - 无补偿 内部 - 仅通过芯片内部寄生电容对地进行一次测量。外部 - 每个端口对进行一次测量，通过两端口寄生电容与地的并联连接。两者 - 内部和外部补偿同时进行。
放电电阻端口0.3	选择用于端口PC0到PC3的内部电阻值（180k, 90k, 30k, 10k），以进行测量期间的放电循环。该值须根据传感器的电容值进行选择。
放电电阻端口4.5	选择用于端口PC4到PC5的内部电阻值（180k, 90k, 30k, 10k），以进行测量期间的放电循环。该值须根据传感器的电容值进行选择。
充电阻抗	为CDC选择4个片上充电电阻中的一个（180k, 10k），以限制充电电流并避免瞬态。
参考电容选择	在外部和内部参考电容之间切换。
内部电容	选择内部参考电容值（0..31pF）。

1.2.1.3 CDC 页面

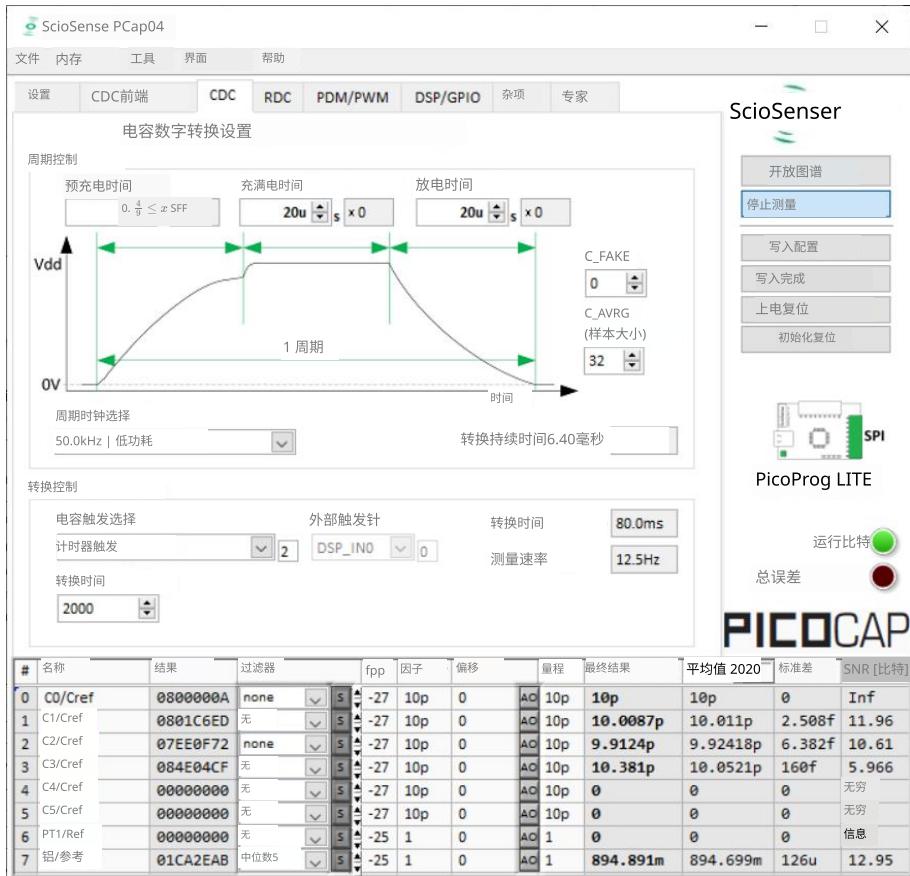


图10 CDC页面

“CDC”页面选项：

循环控制	
预充时间	通过电阻进行电流限制的充电时间，可设置为周期时钟的整数倍
完全充电时间	无电流限制的最终充电时间，可设置为周期时钟的整数倍
放电时间	放电电容的时间，可设置为周期时钟的整数倍
伪测量	每个测量周期的伪测量次数。进行伪测量可能有助于降低噪声。
平均值	启用多次测量周期的结果平均。设置为 1 → 表示不进行平均，设置为任何数字 N，将在 N 个测量周期内进行平均以生成一个测量结果。(0..8191)
周期时钟选择	50,0kHz 低功耗 - 单个电容传感器连接在端口与地之间。 500kHz 高速 /4 - 差分电容传感器连接在两个端口之间，传感器的中间抽头连接到地。 2,00MHz 高速 - 单个电容传感器连接在两个端口之间。

转换持续时间	显示每个周期的完整转换时间，用于平均和伪测量。
C_TRIG_SEL	选择触发电容测量开始的源。连续 - 连续测量，自触发。建议在并行进行温度测量时使用。读出触发 - 由读取操作触发。定时器触发 - 根据设置的“转换时间”。通常建议设置 →，以减少错误。定时器触发（拉伸） - 根据设置的 CONV_TIME 参数作为序列周期。引脚触发 - 由外部引脚触发，可从选项ext.Trigger-Pin中选择。指令触发 关闭 - 由 SPI 命令 0x8C 启动。连续（扩展） - （不推荐）
外部触发引脚	用于选择作为触发源的引脚，用于电容测量。注意：在交付的 EVA 板上，DSP_IN0 和 DSP_IN1 引脚是 SPI 通信接口的一部分，因此只有 DSP_IN2 和 DSP_IN3 的选择才相关。
转换控制	
CONV_TIME	设置转换时间为低频时钟周期的两倍倍数
转换时间	显示每次测量的完整转换时间
测量速率	显示电容测量数据从 DSP 传输到接口（SPI 或 I2C）的频率。

1.2.1.4 RDC 页面

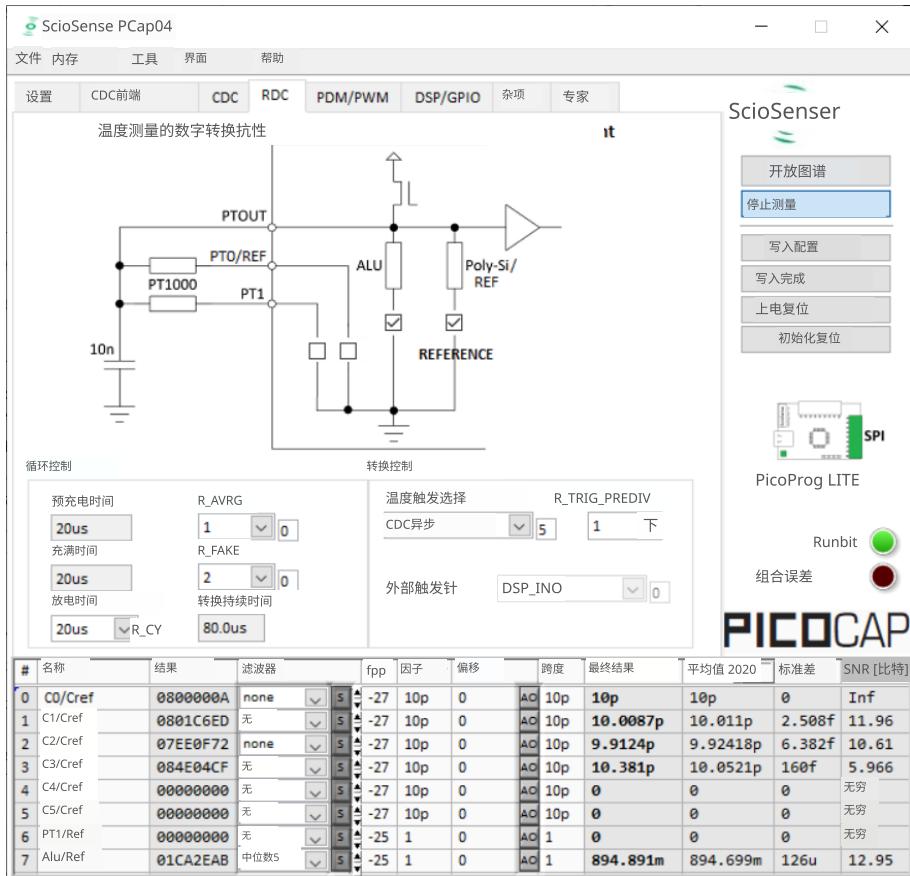


图11 RDC页面

“RDC”页面的选项：

温度传感器0	选择连接到端口PTO/REF的热敏电阻进行温度测量。例如，可以是外部的PT1000。
温度传感器1	选择连接到端口PT1的热敏电阻进行温度测量。
温度传感器2	选择内部铝（ALU）热敏电阻进行温度测量。
参考	选择内部多晶硅热敏电阻或端口PTO/REF的外部参考电阻进行温度测量。

循环控制	
预充电时间	显示预充电时间，取决于R_OLF_DIV。
充满电时间	显示充满时间，取决于R_OLF_DIV。
放电时间	设置放电时间，取决于R_OLF_DIV。
R_AVRG	设置温度测量的平均值。

伪测量	设置每个温度测量周期的伪测量次数。
转换持续时间	显示每个周期的完整转换时间，用于平均和伪测量。
转换控制	
温度触发选择	选择触发温度测量开始的源：Off：无温度测量时的默认设置。在此情况下，仍可通过SPI命令0x8E启动温度测量。OLF_CLK：由低频振荡器触发。引脚触发：由外部引脚触发，可在选项ext.Trigger-Pin中选择。CDC异步：取决于RDC页面中'T_TRIG_PREDIV'计数器的设置。DSP由RDC的转换结束触发。如果RDC速率低于CDC速率，DSP将直接由CDC触发以进行非活动RDC转换。CDC同步：取决于RDC页面中'T_TRIG_PREDIV'计数器的设置。DSP由RDC的转换结束触发。假设RDC速率低于CDC速率，非活动RDC转换将被延迟取代。
R_TRIG_PREDIV	对于CDC和OLF选项，可以通过设置分频器来降低RDC测量速率。
转换时间	显示每次测量的整个转换时间。
测量速率	显示电容测量数据从DSP传输到接口（SPI或I2C）的频率。
外部触发引脚	用于选择作为电容测量触发源的引脚。注意：在评估板上，DSP_IN0和DSP_IN1引脚属于SPI通信接口，因此只能选择DSP_IN2和DSP_IN3。

3.1.2.1 PDM / PWM 页面

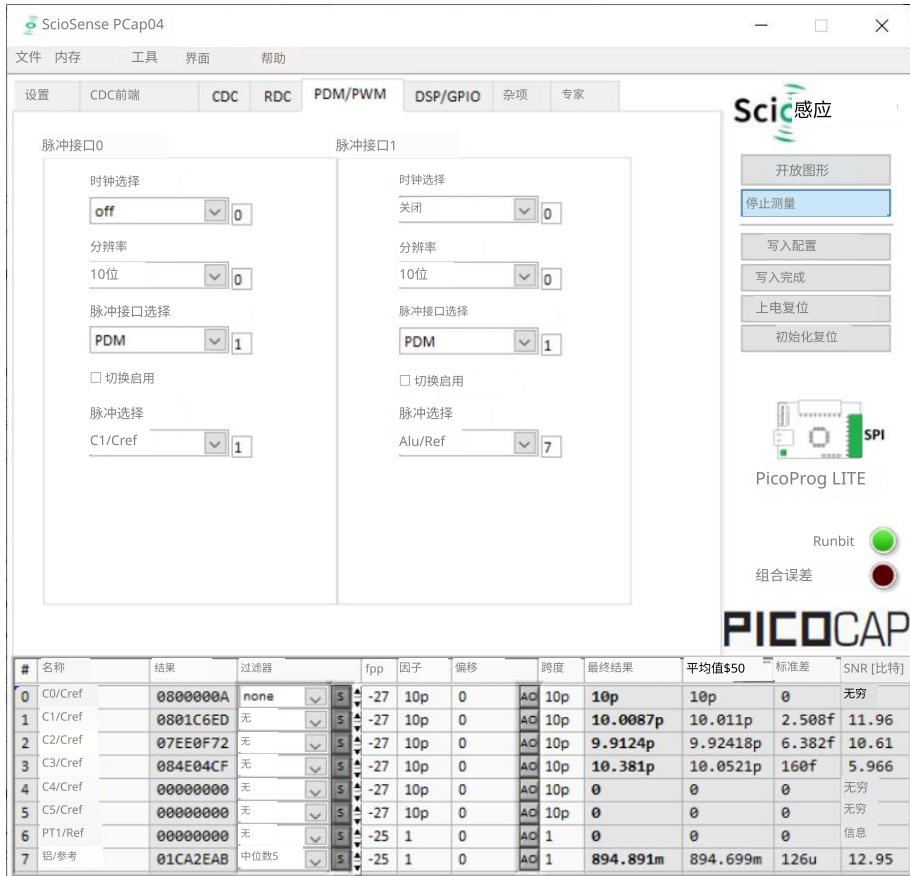


图12 PDM / PWM页面

“PDM / PWM”页面选项：

时钟选择	选择用于PWM/PDM生成的时钟频率。
分辨率	输出的比特分辨率。此分辨率还决定脉冲输出范围。
脉冲接口选择	选择脉冲接口——脉宽调制输出（PWM）或脉冲密度调制（PDM）输出。在两者中，推荐使用PDM接口。使用PWM选项，100 kHz时钟和10位分辨率，PWM输出频率为（100 kHz / 1024）约为100 Hz。
切换使能	在脉冲接口输出时激活切换触发器，特别是用于PDM以实现1:1占空比
脉冲选择	选择需要作为脉冲输出的测量结果——包括电容或温度测量结果中的任意一项。

3.1.2.2 DSP/GPIO 页面

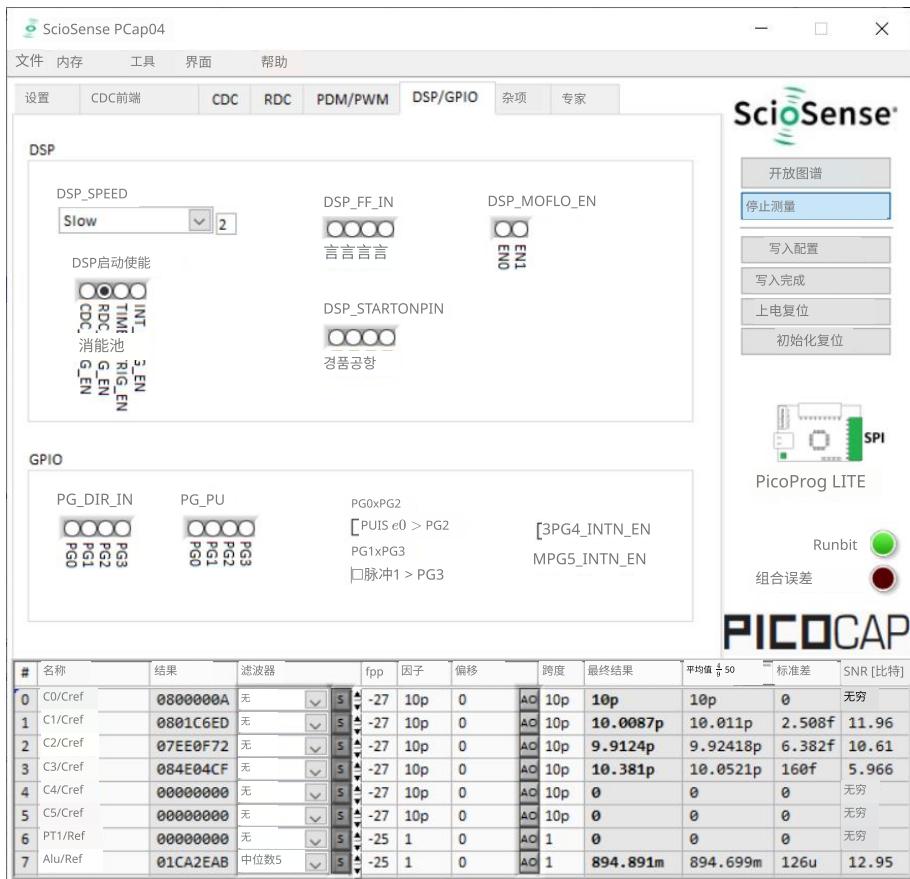


图13 DSP/GPIO页面

“DSP/GPIO”页面的选项：

DSP	
DSP_SPEED	选择DSP速度。 在最快、快速、慢速和最慢之间选择。
DSP_FF_IN	锁存触发器激活的引脚掩码（PG0到PG3）
DSP_MOFLO_EN	在PG0和PG1线上激活防反弹滤波器
DSP_STARTONPIN	标准固件不支持 DSP可以通过引脚上的信号外部启动；这些按钮选择要检测启动信号的引脚。
DSP_START_EN	用于激活各种触发源以启动DSP的掩码
GPIO	
PG_DIR_IN	配置端口PG0-PG3为输入（否则为输出）
PG_UP	启用端口PG0-PG3的内部上拉
PG0_X_PG2	仅在通信接口选择为IIC时适用。交换端口G0与G2。当需要在PG0端口输出脉冲而非PG2时，此设置非常有用。
PG1_X_PG3	仅在通信接口选择为IIC时适用。交换端口G1与G3。当需要在PG1端口输出脉冲而非PG3时，此设置非常有用。
PG4_INTN_EN	将芯片的中断输出INTN映射到PG4端口。 此设置适用于24引脚QFN封装，因为该版本没有专用的INTN引脚。
PG5_INTN_EN	将芯片的中断输出INTN映射到PG5端口。 此设置适用于24引脚QFN封装，因为该版本没有专用的INTN引脚。

3.1.2.3 杂项页面

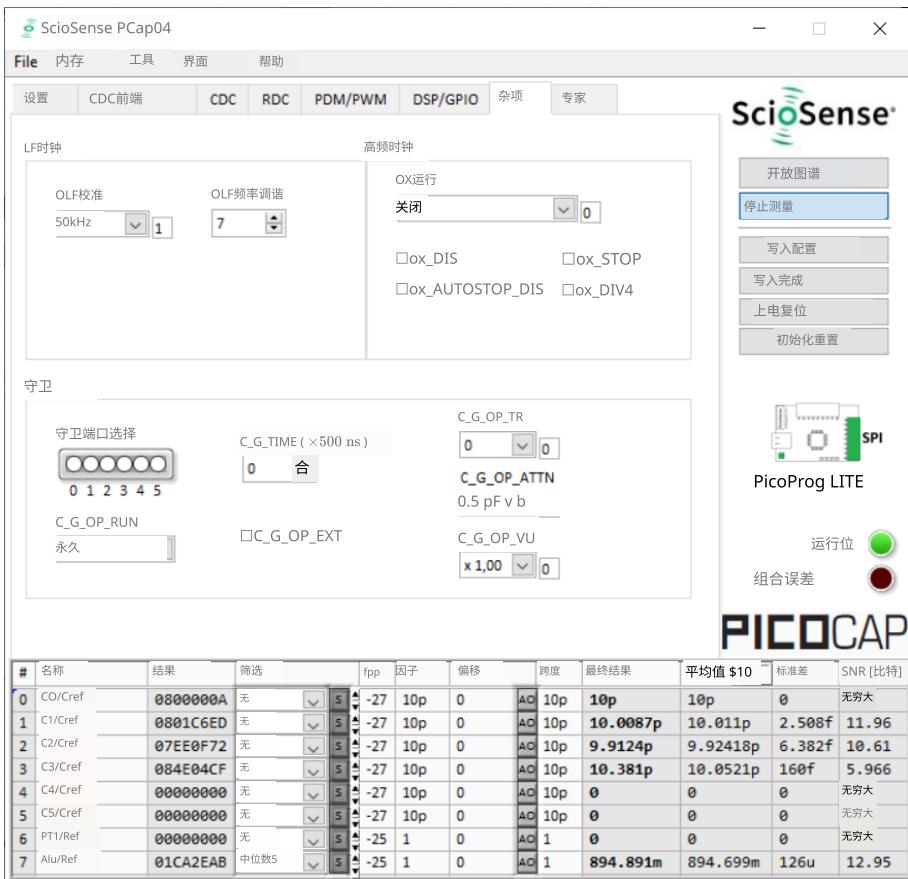


图14 杂项页面

“杂项”页面的选项：

LF时钟	
OLF_CTUNE	粗调低频时钟。(10kHz、50kHz、100kHz、200kHz)
OLF_FTUNE	细调低频时钟。(0..15)
HF时钟	
OX_RUN	控制氧化物发生器的持续时间或延迟。延迟指测量开始前振荡器的稳定时间。
OX_DIS	禁用氧化物时钟。
OX_AUTOSTOP_DIS	禁用OX发生器在各个测量序列之间的自动停止功能。
OX_STOP	停止OX发生器
OX_DIV4	OX时钟频率 := 原始频率/4

守卫

守卫端口选择	为每个端口PC0..PC5启用单独守卫
C_G_OP_RUN	永久 - 守卫操作永久激活（额外功耗）
	脉冲式 - 守卫操作在CDC转换间进入休眠模式
C_G_TIME	控制预充电阶段
C_G_OP_EXT	在内部保护操作和可选外部操作之间切换
C_G_OP_TR	降低保护操作的功耗
C_G_OP_ATTN	保护操作的电容衰减。
C_G_OP_VU	操作增益（从感应端口到保护端）。

3.1.2.4 专家页面 请仅在咨询ScioSense支持团队后修改专家页面上的设置。

3.1.3 前面板菜单

3.1.3.1 文件菜单

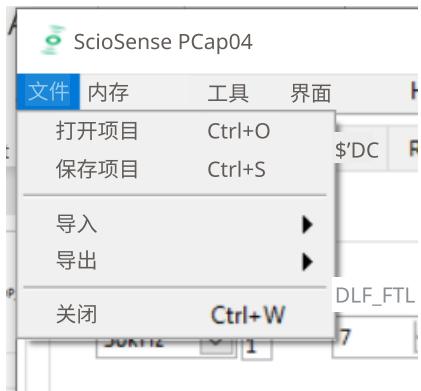


图15 文件菜单

打开项目	打开包含固件、配置文件名、设置和校准数据的项目文件 *.prj
保存项目	在此保存您的项目文件。
导入	导入配置文件 (*.cfg)、校准数据 (*.dat) 或固件。 注意：任何导入操作都会修改当前项目文件！请另存为新文件名。
导出	这里可以单独导出配置文件 (*.cfg)、校准文件 (*.dat)、内存文件 (*.dat) 或固件 (*.hex)

关闭

关闭评估软件

3.1.3.2 内存菜单

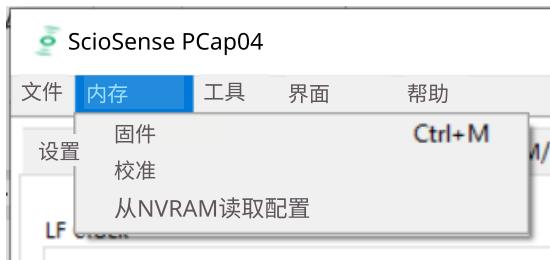


图16 内存菜单

固件	打开固件下载窗口。（第4.2.3.1节）
校准	打开校准窗口（第4.2.3.2节）
从NVRAM读取 配置	从NVRAM中读取配置信息并覆盖到GUI中。

3.1.3.3 工具菜单

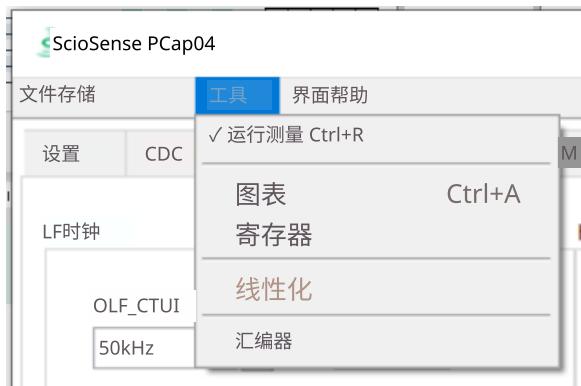


图17 工具菜单

运行测量	开始测量
图表	打开用于显示各种测量结果的图形界面（第4.2.3.4节）
寄存器	打开寄存器窗口（第4.2.3.5节）
线性化	打开线性化窗口
汇编器	打开汇编器

3.1.3.4 界面菜单



图18 界面菜单

总线	选择SPI或I2C接口
USB	打开带有PicoProg V3.0设置的USB通信窗口，并可发送操作码

3.1.3.5 帮助菜单



图19帮助菜单

帮助内容	打开帮助窗口
检查错误	在合理性检查后若发现不一致，则打开错误信息窗口。
关于	版本

每次更改设置后，评估软件会在后台自动进行合理性检查。如果某个设置不允许或与其他参数的设置不匹配，错误的设置会以红色突出显示。

3.1.4 特殊窗口

3.1.4.1 固件窗口

在“固件”窗口中，可以编辑写入数据。

如果读取NVRAM（“读取”按钮），内容会自动与“写入数据”窗口的内容进行比较。如果相同，将由一个绿色指示灯显示。

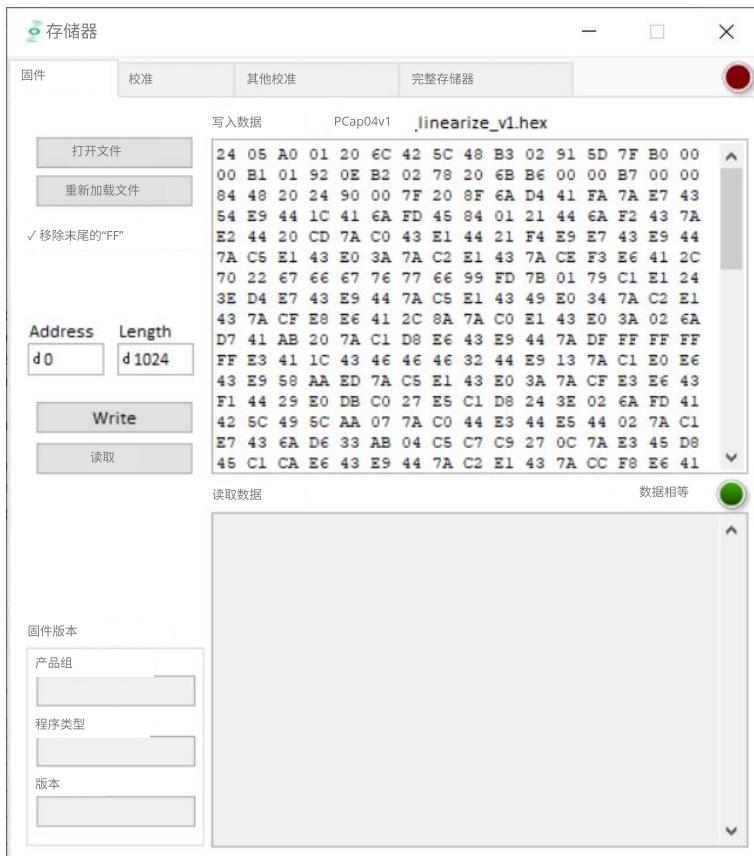


图20 固件窗口

打开文件	选择并打开固件文件 (.hex) 或从项目文件导入固件。内容显示在“写入数据”窗口中。
重新加载文件	重新加载上次打开的固件文件 (.hex)。内容会再次显示在“写入日期”窗口中。
读取	点击此按钮，NVRAM的内容将被读取并显示在“读取数据”窗口中。在“地址”和“长度”中可以指定要读取的字节数及起始地址。
写入	将固件写入芯片的NVRAM。写入状态由绿色进度条显示。成功完成后会弹出窗口提示。为确保正确性，建议之后读取NVRAM并与源数据进行比对。

固件版本	在固件中，预留一个特定地址用于存储关于应用程序和软件版本的3字节信息。编码方式在支持的PICOCAP设备的头文件中定义，例如：pcap_standard.h。该头文件位于汇编器的库目录中。
------	--

3.1.4.2 校准窗口

NVRAM提供存储线性系数、分割步长、警报级别等数据的功能。这样，同一固件可用于多种类型的传感器。

校准数据是项目文件的一部分。打开项目后，需手动写入校准数据。请打开“存储/校准”菜单，然后点击“写入”或使用“全部写入”按钮。



图21 校准窗口

导入线性化数据	从“线性化/脉冲”窗口导入线性化数据
写入	将数据写入芯片的NVRAM。
读取	按下此按钮，线性化数据将从NVRAM读取并显示在标签中。

3.1.4.3 杂项校准窗口

此窗口显示地址d'956-d'959（4字节）处的杂项校准位。内容的含义强烈依赖于固件。

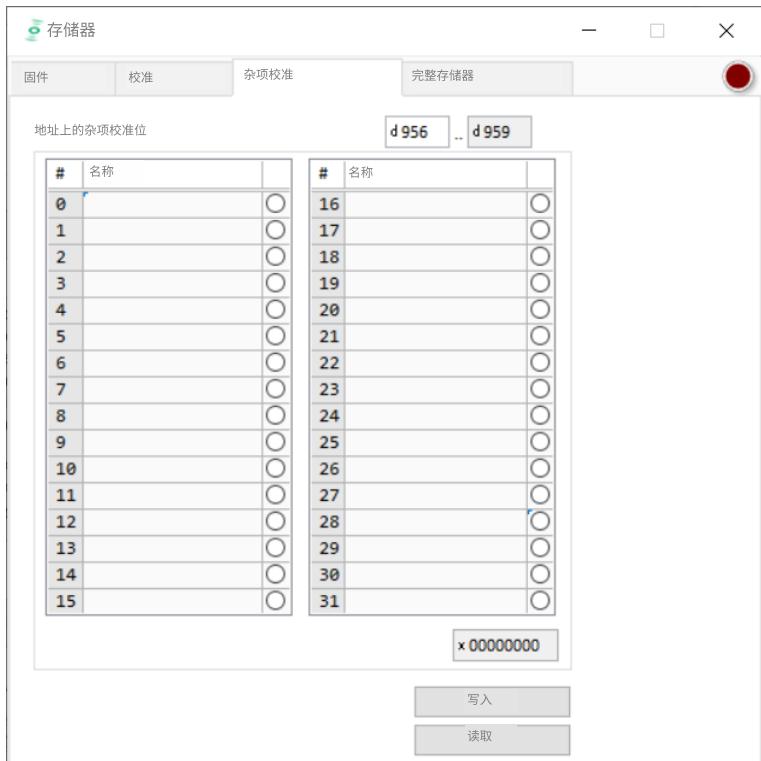


图22 其他校准窗口

写入	将数据写入芯片的NVRAM。
读取	按下此按钮，从NVRAM读取位并显示在标签中。

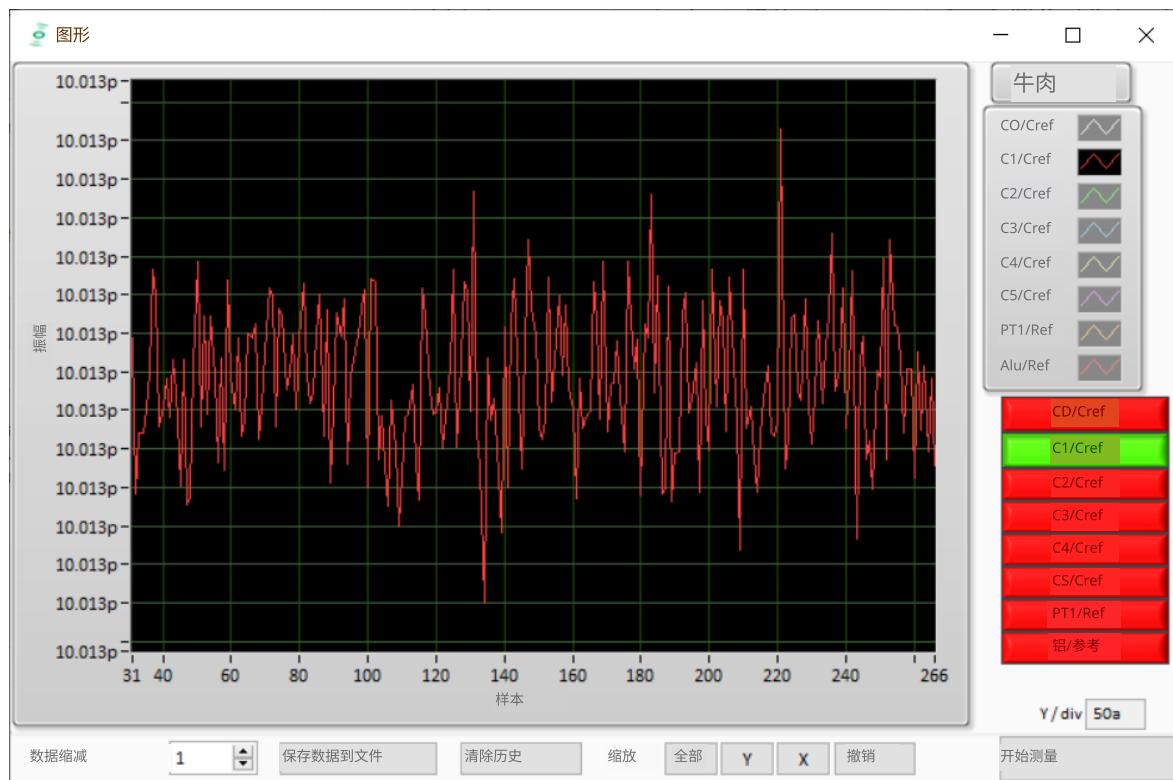
3.1.4.4 完整内存



图23 完整内存窗口

写入	写入完整的非易失性存储器
存储	从内存（易失）到FLASH（非易失）的完整数据传输由存储操作完成
擦除	在此擦除过程中，首先将整个NVRAM清零，然后清除MEM_LOCK位
读取	按下此按钮，整个NVRAM将被读取并显示在标签中
回忆	这意味着完整的存储器从闪存（非易失性）复制到内存（易失性）。在上电复位后，会进行一次调用。

3.1.4.5 图形窗口



图形窗口24

待显示的数据在右下角的字段中选择。按钮上的标签与诊断窗口中的相同。要显示数据，点击相应的按钮使其变为绿色。‘图形’窗口右上角提供各种自动缩放、居中或其他缩放选项。图下方有用于自动缩放X轴和Y轴的功能。

Y-Zoom 将通过 [+] 和 [-] 键进行调整，X-Zoom 将通过 [*] 和 [/] 键进行调整。使用光标控制键 [, , ,] 可以移动图形。

显示的数据可以存储到文本文件中。对于长期研究，可以减少显示和存储的数据量。“数据缩减”字段允许定义数据缩减的级别。

3.1.4.6 寄存器窗口

这些窗口以十六进制格式显示当前使用的配置信息。同时，结果寄存器的内容也以十六进制显示，但仅在按下按钮时更新。最后，显示各种状态位。

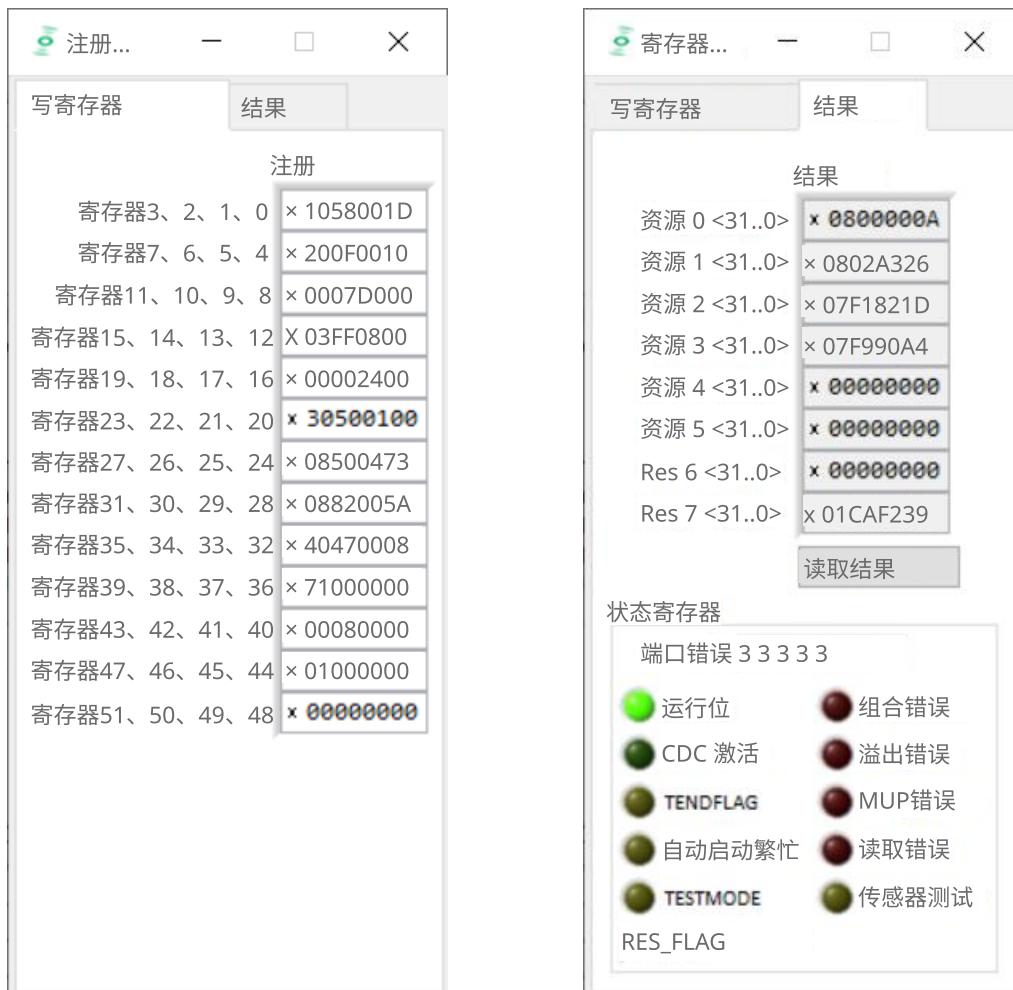


图25 写入寄存器和结果

3.1.5 线性化

3.1.5.1 传感器特性描述

第一步是对传感器进行特性描述。因此，需要在多个测量点和不同温度下收集数据。

如前所述，数据采集应包括至少12次测量，且至少在3个不同温度下进行。温度应覆盖最终设备的工作温度范围。校准点的数量设置在左上角。这是首先要做的，然后可以开始校准。用户可以逐行输入各校准点的参考值 Z 和 \square 。将光标放在此行，按下采集按钮即可获得实际的ci_ratio结果。当然，也可以手动输入数值。

左下方的图表显示校准点的 Z 、 θ 分布。理想情况下，应在覆盖传感器工作范围的三条不同线上有点。

左侧的表格显示计算得出的校准系数，下面的图表显示由数学逼近引起的偏差。

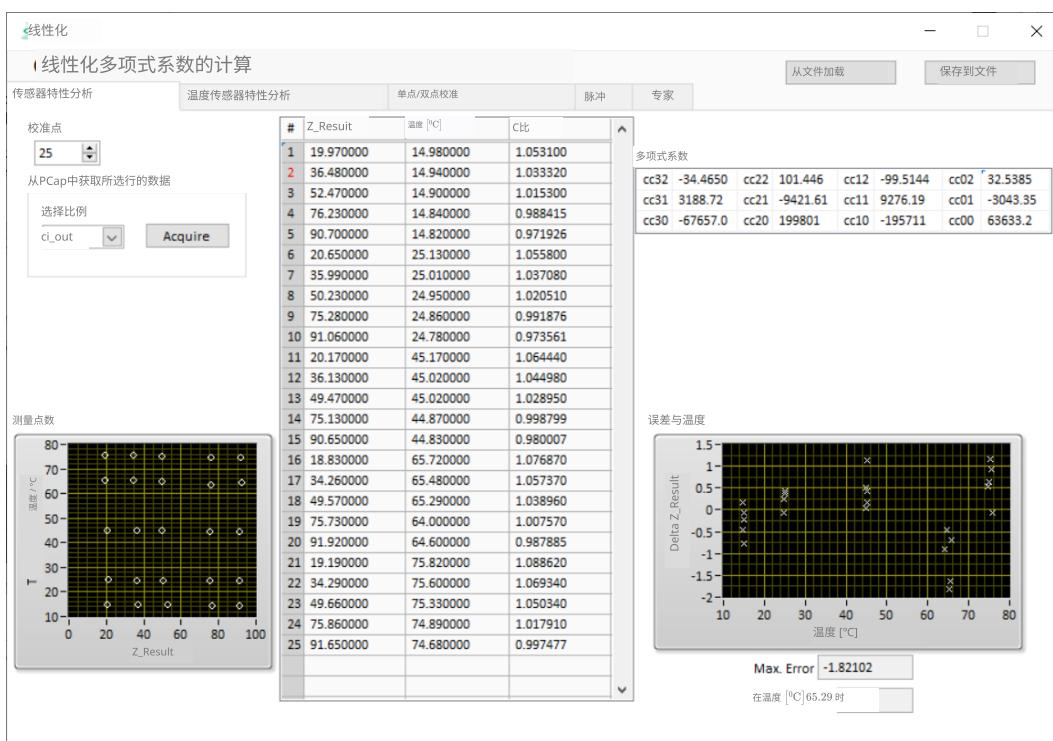


图26 传感器特性分析

3.1.5.2 温度传感器特性分析

除了校准电容传感器外，还必须对温度进行校准。无论使用内部铝传感器、外部铂传感器还是其他传感器，都需要进行校准以获得正确的温度信息，然后用作电容测量的多项式校正输入。

“温度传感器特性分析”标签（图27）提供了一个类似于电容传感器特性分析的工具。必须在多个温度点采集电阻比。为了最佳拟合，需使用4个校准点。若仅有2或3个校准点，则分别计算二次或三次多项式。

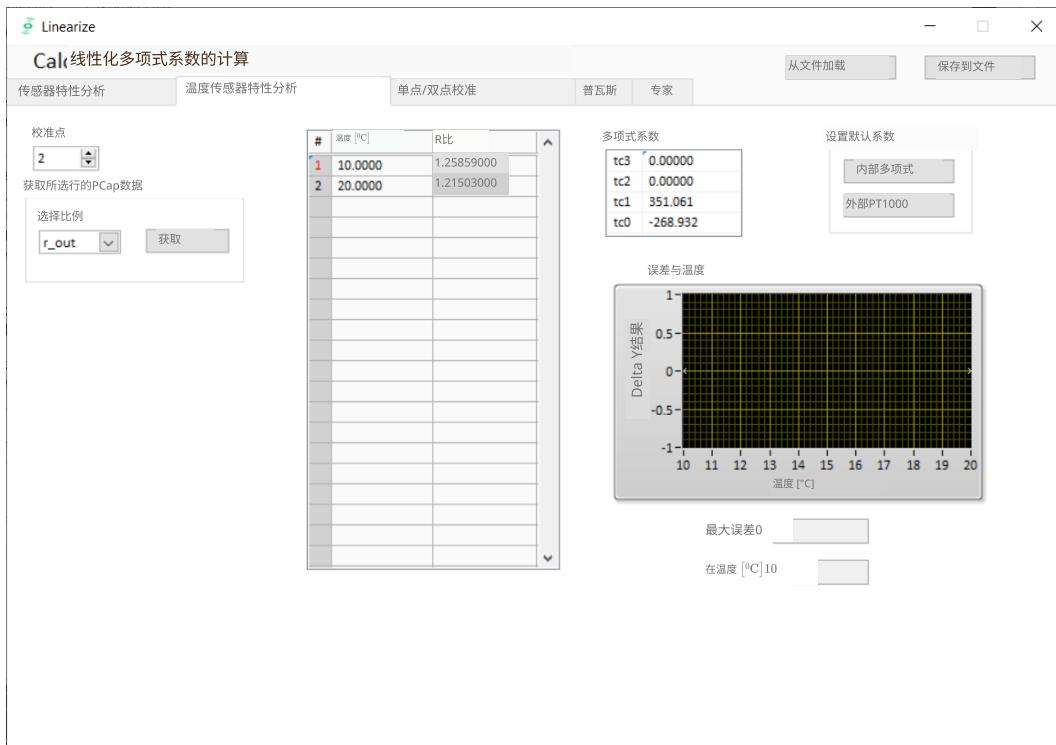


图27 温度传感器特性

在“温度传感器特性”标签的右侧，有两个按钮用于选择内部铝传感器和铂传感器的默认特性数据。铝传感器在 10°C 到 70°C 范围内假设为线性，因此只使用两个系数。

如果使用默认值，则需要对温度进行至少两点校准（见下一节）。

3.1.5.3 一点/两点校准

一旦对电容传感器和电阻温度传感器的批次进行特性描述，可能只需进行两点甚至一点校准即可应用于该批次的其他传感器。

“一点/两点校准”标签提供了一个简便的图形界面。在此页面，用户输入 Z 和 ϑ 的参考值。CCP1代表电容校准点1，依此类推。当达到校准条件时，点击采集按钮将读取实际比值，而理论比值则基于线性化系数计算。结合可编程的最小和最大限制，这为EEPROM写入提供了额外的12个参数集。



图28 一点/两点校准

3.1.5.4 脉冲



图29 脉冲

3.1.5.5 专家

顾名思义，此标签仅供专家使用。您在此设置结果Z的固定点位置。它还显示实现最大分辨率所需的分割步骤数和移位操作次数，涵盖所有计算过程。这些参数也存储在NVRAM中，但由DLL计算，仅供参考。



图30 专家

3.1.5.6 汇编器

•汇编器 - C:\Users\norbert.breyer\OneDrive - Sciosense\Documents\Products\PCap04\PCap04_standard_v1_gpio4.asm - □ ×

文件 编辑 查找 汇编器 帮助

[1998. 所 XI XI XI XI XII XII XII]

PCap04_standard_v1_gpio4.asm

```

1 ; 文件: PCap04_standard_vXX.asm
2 ; 描述:
3 ;
4 ;
5 ; 这是将TDC起始和停止值转换为CDC和RDC值的标准固件。
6 ;
7 ; 根据配置的不同, 电容和电阻比值将被计算。
8 ; 在9个可能的结果中, 8个结果会显示在结果寄存器RES0...7中。
9 ; 前提条件: 应确保可以计算内部或外部传感器的电阻比值。
10; 以及内部或外部参考。然而, 对于此固件, 应在R_PORT_EN_IREF中选择
11;
12; PTO - 外部传感器或外部参考
13; PT1 - 仅外部传感器
14; 内部或外部参考
15; 配置寄存器23的一部分。
16; 输出:
17; RES0 ... 5 : 电容端口PC0到5的电容比率
18; IRES6: 端口PT1外部传感器的电阻比, 相对于内部或外部参考
19; RESce: 内部传感器的电阻比, 相对于内部或外部参考
20; PULSE0 & PULSE1 : 脉冲输出
21;
22;
23; 日期: 2016年4月8日
24; 作者: VK/OH
25;
26;
27 #设备 PCap04v1
28;
29 常数 FPP_CRATIO      27          电容比的FPP结果
30 常数 FPP_RRATIO      25          电阻比的FPP结果
31 常数 C_REF_PORT_NUMBER 0          参考电容端口编号 (0....6, 适用于Gr(
32;
33; ----- Addresses in the NVRAM -----
34 常数 NV_PULSE0_CAL   800         电容脉冲0输出的校准值地址
35 常数 NV_PULSE1_CAL   NV_PIII    电容脉冲1输出的校准值寄存器 CAL + 12 . Address

```

输出

图31 汇编器

这是一个具有语法高亮、搜索与替换、复制粘贴功能的便捷编辑器。

在“汇编器”菜单项下，用户可以找到编译和下载选项。

这些功能调用是否成功由汇编器窗口底部的消息指示。

此软件版本不支持调试功能。

3.2 缩放结果

PCap04 通常计算电容比。测量的比值当然包括所有寄生电容的影响。然而，在许多情况下，用户可能希望直观理解显示值，而无需进行完整的校准。

以下通过示例说明如何设置因子和偏移以获得合适的显示效果。

起点：PC0与PC1之间为10 pF，PC2与PC3之间为12.2 pF，PC4与PC5之间为8 pF。

在接地配置中，芯片测量 10pF 参考与 10pF 在 PC1, 12.2pF 和 PC2, PC3 为参考，PC4和PC5为8 pF。在浮动配置中，10 pF参考与12.2 pF和8 pF进行测量。

a) 单端接地，无补偿

所观察到的电容包括端口寄生电容以及内部“寄生”电容（5pF 到 6pF），其中由比较器延迟（约 10pF）主导。

基准电容不是 10pF 而是 25pF。因此，15pF 存在偏移，可以减去。

#	名称	结果	滤波器	fpp	因子	偏移	跨度	最终结果	平均值	标准差	信噪比 [比特]
0	CO/Cref	08000013	无	✓	5 스 -27	25p	-15p	AO 10p	10p	0	无穷
1	C1/Cref	0808B6B7	无	✓	5 A -27	25p	-15p	AO 10p	10,1064p	234,5a	15,38
2	C2/Cref	08BF5F56	无	✓	5 ▲ -27	25p	-15p	AO 10p	12,3361p	225,2a	15,44
3	C3/Cref	08BA5E49	无	✓	5 ▲ -27	25p	-15p	AO 10p	12,275p	12,2748p	316,8a
4	C4/Cref	075FA4B4	无	✓	5 当 -27	25p	-15p	AO 10p	8,04252p	8,04221p	291,4a
5	C5/Cref	07688199	无	✓	5 当 -27	25p	-15p	AO 10p	8,15071p	8,15064p	257,6a
c	DT1 /nef	Corroache	意味着		90	4	0	A	A	A	时间

图32 接地单一，无补偿

b) 浮动单一，无补偿

寄生电容的影响相同，因此因子和偏置的设置也相同。

#	名称	结果	滤波器	fpp	因子	偏移	跨度	最终结果	均值 = $\sqrt[3]{50}$	标准差	SNR [比特]
0	CO/Cref	08000009	无	✓	55 ▲ -27	25p	-15p	AO 10p	10p	0	无穷
1	C1/Cref	08B81EAB	无	✓	5 A -27	25p	-15p	AO 10p	12,2476p	273,1a	15,16
2	C2/Cref	076008D8	无	✓	5 ▲ -27	25p	-15p	AO 10p	8,0473p	8,04729p	167,9a

图33 浮动单端，无补偿

c) 地单端，内部补偿

现在芯片只看到端口寄生电容，而非内部电容。其数量级为 5pF 到 6pF。因此，总基极电容为 15pF（系数），偏移量为 5pF。

#	名称	结果	筛选	fpp	因子	偏移	跨度	最终结果	均值	标准差	SNR [比特]
0	CO/Cref	08000021	无 ✓	5	-27	15p	-5p	AO 10p	10p	0	信息
1	C1/Cref	080E6BCE	无 ✓	5	-27	15p	-5p	AO 10p	10,1056p	10,1059p	219,2a 15,48
2	C2/Cref	0946D492	无 ✓	5	-27	15p	-5p	AO 10p	12,3938p	12,3935p	283a 15,11
3	C3/Cref	093E1B82	无 ✓	5	-27	15p	-5p	AO 10p	12,3299p	12,3295p	353,1a 14,79
4	C4/Cref	06ECA6E1	无 ✓	5	-27	15p	-5p	AO 10p	7,98329p	7,98315p	274,7a 15,15
5	C5/Cref	06FBDBDE2	无 ✓	5	-27	15p	-5p	AO 10p	8,09473p	8,09469p	214, 2a 15,51

图34 地面单端，内部补偿

d) 浮地单端，内部补偿

同样，芯片仅看到端口寄生电容。但由于端口布局不同，校正系数略高。

#	名称	结果	筛选	fpp	因子	偏移	跨度	最终结果	平均值	标准差	SNR [比特]
0	CO/Cref	08000000C	无 ✓	55 A -27	20p	-10p	AO 10p	10p	10p	1,632E-	52,44
1	C1/Cref	08E7E36C	none ✓	5 A -27	20p	-10p	AO 10p	12,2645p	12,2646p	301,6a	15,02
2	C2/Cref	0735B673	none ✓	当 -27	20p	-10p	AO 10p	8,02454p	8,02458p	252,1a	15,28
COMM-2	desconer			4 In			A		m	T_L	

图35 浮动单端，内部补偿

结合浮动和内部参考时会出现偏差，因为我们内部只有一个接地电容。此偏差测量两次，需将系数加倍。

e) 浮动，双重补偿

现已补偿所有寄生电容，可使用无偏移的初始基准电容值。

#	名称	结果	过滤器	fpp	因子	偏移	跨度	最终结果	均值	标准差	SNR [比特]
0	CO/Cref	0800001A	无 ✓	55 点 -27	10p	0	AO 10p	10p	10p	0	无穷
1	C1/Cref	09E81FB7	无 ✓	5 当 -27	10p	0	AO 10p	12,3834p	12,1831p	1,414p	2,822
2	C2/Cref	066773EF	无 ✓	当 -27	10p	0	AO 10p	8,00514p	6,40549p	3,703p	1,433
COMM-2	desconer	涉及		4 A			此外, n		m	m	因此

图36 浮动，双重补偿

3.3 缩放PDM输出

这里介绍在使用标准固件时如何缩放PDM输出。打开Memory窗口并选择校准标签：

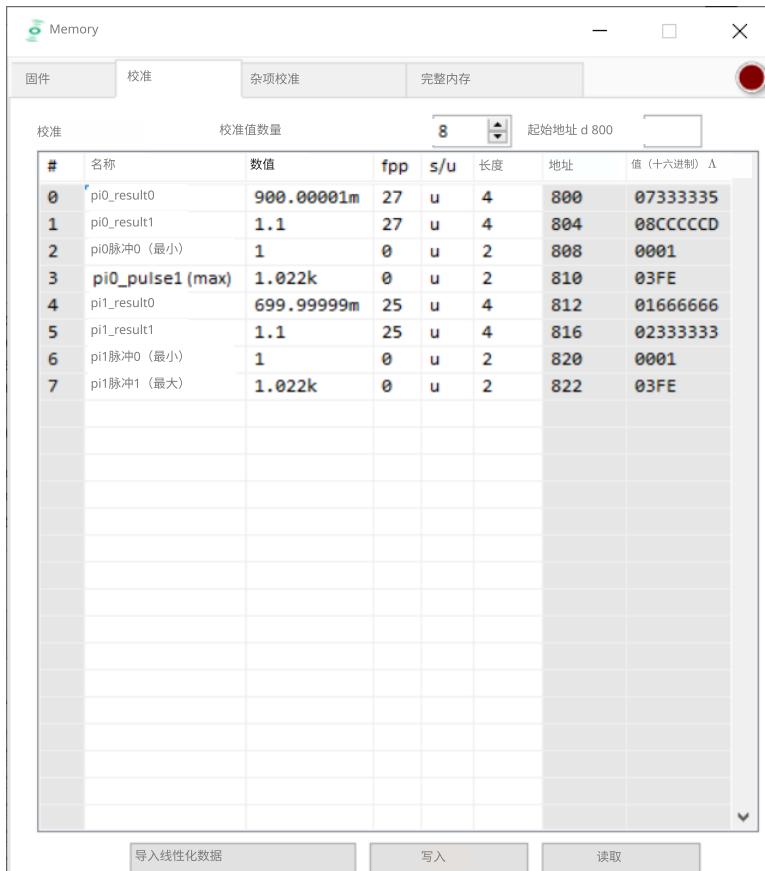


图37 缩放PDM输出

将fpp设置为27，s/u设置为S以表示有符号。在最小和最大传感器信号处输入电容比。将pix_pulse1 (最大值) 设置为根据PDM设定分辨率的值。10位为1023，16位为65535。

按“写入”将数据写入芯片。

4 线路图、层数与物料清单

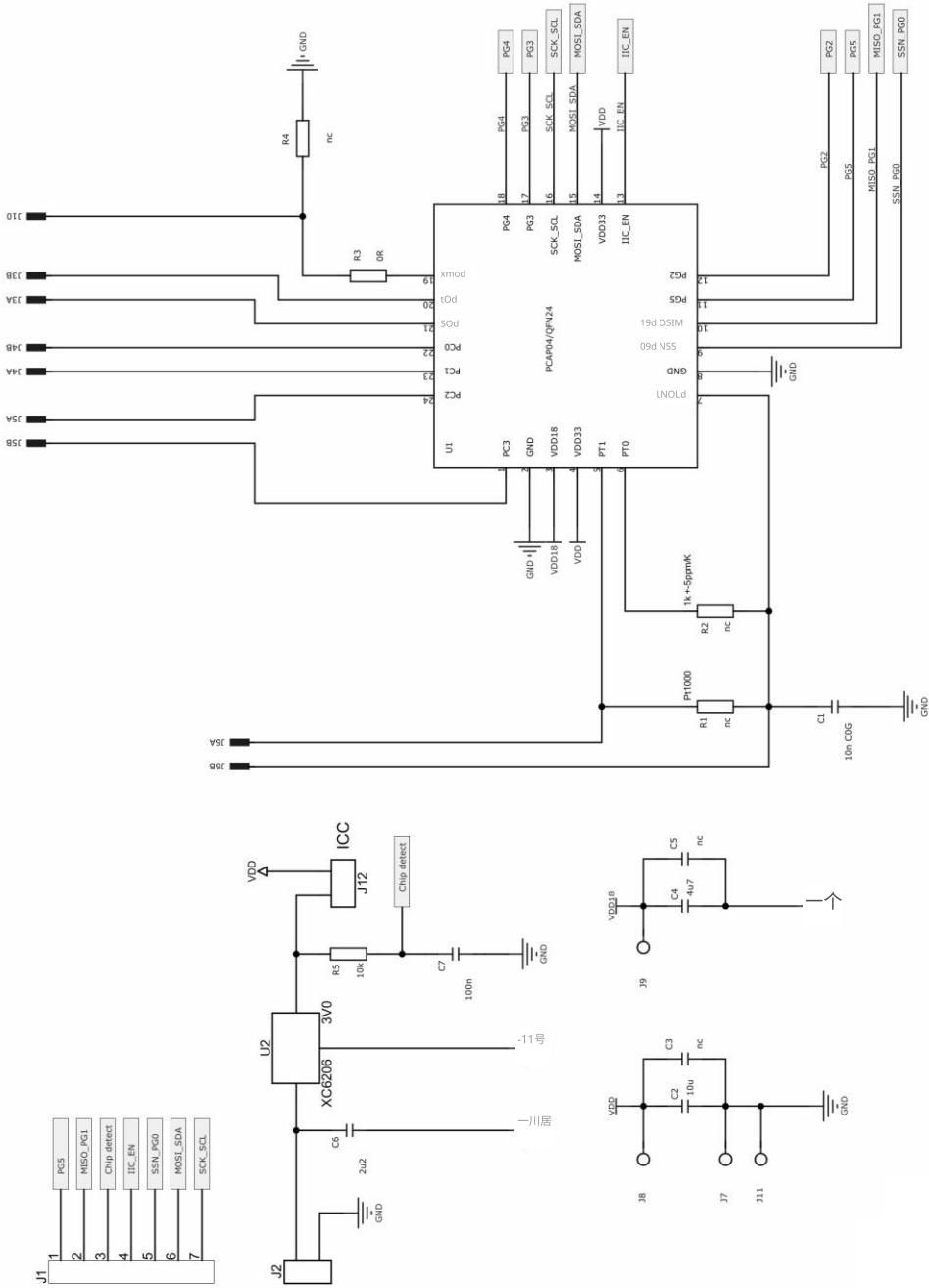


图38：PCap04 LITE BGRP 原理图

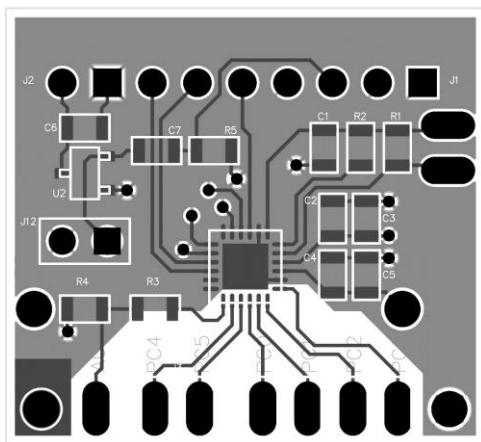


图39：PCap04 LITE布局 2:1t

表2：PCap04 LITE材料清单

数量	标识符	数值	注释	足迹
3	J3, J4, J5	10p	芯片电容 0805	
1	C1	10n/C0G	芯片电容 0805	
1	C7	100n	0805贴片电容	
1	C6	2u2	0805贴片电容	
1	C4	4u7	0805贴片电容	
1	C2	10u	0805贴片电容	
1	R3	0R	0805贴片电阻	
1	R5	10k	0805贴片电阻	
1	U1		PCap04 QFN24	
1	U2	3,0V	LDO XC6206 3.0V	

5 RoHS合规与ScioSense绿色声明

RoHS：RoHS合规意味着Sciosense B.V.的产品完全符合现行的RoHS指令。我们的半导体产品不含六类化学物质中的任何化学品，包括要求在均质材料中铅含量不超过0.1%的规定。对于设计为高温焊接的产品，符合RoHS的产品适用于指定的无铅工艺。

ScioSense绿色（RoHS合规且不含Sb/Br）：ScioSense绿色定义除了符合RoHS外，我们的产品还不含溴（Br）和锑（Sb）基阻燃剂（溴或锑在均质材料中的含量不超过0.1%）。

重要信息：本声明中提供的信息代表Sciosense B.V.截至提供之日的知识和信仰。Sciosense B.V.基于第三方提供的信息，未对其准确性作出任何声明或保证。公司正努力更好地整合第三方信息。Sciosense B.V.已采取并持续采取合理措施以提供具有代表性和准确性的信息，但可能未对输入材料和化学品进行破坏性测试或化学分析。Sciosense B.V.及其供应商认为某些信息属于专有，因此CAS编号及其他有限信息可能无法公开。

6 版权与免责声明

版权归Sciosense B.V.所有，地址：荷兰埃因霍温高科技园区10号，邮编5656 AE。商标已注册。保留所有权利。未经版权所有者事先书面同意，不得复制、改编、合并、翻译、存储或使用本资料。

由Sciosense B.V.销售的设备受其通用贸易条款中列明的保修和专利赔偿条款的保障。Sciosense B.V.对本文件中所述信息不作任何明示、法定、暗示或描述性保证。Sciosense B.V.保留随时更改规格和价格的权利，恕不另行通知。因此，在将本产品集成到系统中之前，需与Sciosense B.V.确认最新信息。本产品用于商业应用。对于需要扩展温度范围、特殊环境条件或高可靠性要求的应用，如军事、医疗生命支持或生命维持设备，未经过Sciosense B.V.的额外处理，特别不建议使用。本产品由Sciosense B.V.按“现状”提供，否认任何明示或暗示的保证，包括但不限于对适销性和特定用途适用性的暗示保证。

Sciosense B.V.对于接收方或任何第三方因提供、执行或使用本技术数据而引起的任何损害，包括但不限于人身伤害、财产损失、利润损失、使用损失、业务中断或间接、特殊、偶发或后果性损害，概不负责。Sciosense B.V.提供技术或其他服务不产生任何义务或责任。

7 修订信息

表3：修订历史

修订	日期	备注	页码
1.0.2	2017	包含旧版PICOPROG的最新版本	全部
2.0	2023年5月	配备PicoProg Lite的套件第二版发布	全部

注意事项和/或脚注：

1. 先前版本的页码和图号可能与当前修订版不同。
2. 未明确提及校正排版错误。

Sciosense B.V.

地址:

Sciosense B.V. 高科技园区
105656 AE 埃因霍温 荷兰

联系方式: www.sciosense.com
info@sciosense.com