AN73034 - CY8CMBR2016

CapSense®设计指南

文档编号：001-78723 版本*C

赛普拉斯半导体公司
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709
电话（美国）：800.858.1810
电话（国际）：408.943.2600
http://www.cypress.com

版权所有

© 赛普拉斯半导体公司，2012–2016。此处所包含的信息可随时更改，恕不另行通知。除赛普拉斯产品内嵌的电路外，赛普拉斯半导体公司不对任何其它电路的使用承担任何责任。也不会根据专利权或其它权利以明示或暗示方式授予任何许可。除非与赛普拉斯签订明确的书面协议，否则赛普拉斯不保证产品能够用于或适用于医疗、生命支持、救生、关键控制或安全应用领域。此外，对于有可能因为发生运转异常和故障对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

商标

PSoC Designer™、Programmable System-on-Chip™和 SmartSense™是赛普拉斯半导体公司的商标，PSoC®和 CapSense®是赛普拉斯半导体公司的注册商标。此处引用的所有其他商标或注册商标均归其各自所有者所有。

源代码

所有源代码（软件和/或固件）均归赛普拉斯半导体公司（赛普拉斯）所有，并受全球专利法规（美国和美国以外的专利法规）、美国版权法以及国际条约规定的保护和约束。赛普拉斯据此向获许可者授予适用于个人的、非独占性、不可转让的许可，用以复制、使用、修改、创建赛普拉斯源代码的派生作品、编译赛普拉斯源代码和派生作品，并且其目的只能是创建自定义软件和/或固件，以支持获许可者仅将其获得的产品依照适用协议规定的方式与赛普拉斯集成电路配合使用。除上述指定的用途外，未经赛普拉斯明确的书面许可，不得对此类源代码进行任何复制、修改、转换、编译或演示。

免责声明

赛普拉斯不针对此材料提供任何类型的明示或暗示保证，包括（但不限于）针对特定用途的适销性和适用性的暗示保证。赛普拉斯保留在不做出通知的情况下对此处所述材料进行更改的权利。赛普拉斯不对此处所述之任何产品或电路的应用或使用承担任何责任。对于合理预计可能发生运转异常和故障，并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统中，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

产品使用可能适用于赛普拉斯软件许可协议的限制。

目录

1. 简介 5

1.1 摘要 5
1.2 赛普拉斯的 CapSense 文档体系 6
1.3 CY8CMBR2016 CapSense® Express 器件特性 7
1.4 文档规范 8

2. CapSense 技术 9

2.1 CapSense 基本原理 9
2.2 电容式感应方法 10
2.2.1 CapSense Sigma-Delta（CSD） 10
2.3 SmartSense 自动调校 12
2.3.1 过程差异 12
2.3.2 缩短了设计周期时间 13

3. CapSense 原理图设计 14

3.1 CY8CMBR2016 配置选项 14
3.1.1 CapSense 按键（CSx 引脚） 14
3.1.2 调制器电容（C_{MOD} 引脚） 14
3.1.3 侧翼传感器抑制（FSS Pin） 15
3.1.4 输出选择（OUT_SEL Pin） 15
3.1.5 按键扫描接口 15
3.1.6 真值表输出 17
3.1.7 编码 4 位输出 18
3.1.8 蜂鸣器信号输出（蜂鸣器引脚） 18
3.1.9 中断线（INT 引脚） 18
3.1.10 按键自动复位（ARST 引脚） 18
3.1.11 按键扫描速率（SCAN 引脚） 19
3.1.12 灵敏度控制（SENSITIVITY 引脚） 19
3.1.13 系统诊断 19
3.1.14 串行调试数据输出（DEBUG 引脚） 22
3.2 设计工具箱 25
3.2.1 通用布局指南 25
3.2.2 布局估计表 26
3.2.3 C_P、功耗以及响应时间计算器 27
3.2.4 设计验证 28

4. 电气和机械设计注意事项 30
4.1 覆盖层选择 30
4.1.1 将外覆层粘接至 PCB 31
4.2 ESD 保护 31
4.2.1 预防 31
4.2.2 重定向 31
4.2.3 钳制 31
4.3 电磁兼容性（EMC）的注意事项 32
4.3.1 辐射干扰 32
4.3.2 抗传导干扰和辐射 32
4.4 扫描线路波形要求（按键扫描接口） 32
4.5 PCB 布局指导方针 33
5. 低功耗设计的注意事项 34
5.1 系统设计的注意事项 34
5.2 计算平均功耗 34
5.2.1 按键扫描速率（T_R） 34
5.2.2 扫描时间（T_S） 35
5.2.3 “NO TOUCH”（无触摸）状态下的平均电流（I_{AVE_NT}） 35
5.2.4 “TOUCH”（触摸）状态下的平均电流（I_{AVE_T}） 35
5.2.5 平均使用电流（I_{AVE_U}） 36
5.2.6 平均电流（I_{AVE}） 36
5.2.7 平均功耗（P_{AVE}） 36
5.2.8 示例计算 36
5.3 睡眠模式 37
5.3.1 低功耗睡眠模式 37
5.3.2 深度睡眠模式 37
6. 资源 38
6.1 网站 38
6.2 数据手册 38
6.3 套件 38
6.4 设计工具箱 38
6.5 样本电路板文件 38
6.6 MultiChart 38
6.7 设计支持 38
7. 附录 39
7.1 原理图示例 39
7.1.1 原理图 1：按键扫描输出模式下的 16 个按键 39
7.1.2 原理图 2：真值表输出模式下的 16 个按键 41
术语表 43
修订记录 48

1. 简介

1.1 摘要

本文档介绍了如何执行采用赛普拉斯的 CapSense® Express™ CY8CMBR2016 器件的电容感应功能。本指南包含以下主题：

- CY8CMBR2016 的特性
- CapSense 的操作原理
- CY8CMBR2016 器件的配置选项
- 使用带有 CY8CMBR2016 的设计工具箱
- CY8CMBR2016 的系统电气和机械设计注意事项
- CY8CMBR2016 的低功耗设计注意事项
- 附加资源和支持予系统中设计 CapSense

1.2 赛普拉斯的 CapSense 文档体系

图 1-1 和表 1-1 汇总了赛普拉斯 CapSense 文档体系。这些资源有助于用户快速访问成功完成 CapSense 产品设计所需的信息。图 1-1 显示了利用电容式感应进行产品设计的典型流程；本指南中与该主题密切相关的信息用绿色文字高亮显示。表 1-1 提供了与图 1-1 中已标记的操作相对应的文档链接。

图 1-1. 典型的 CapSense 产品设计流程

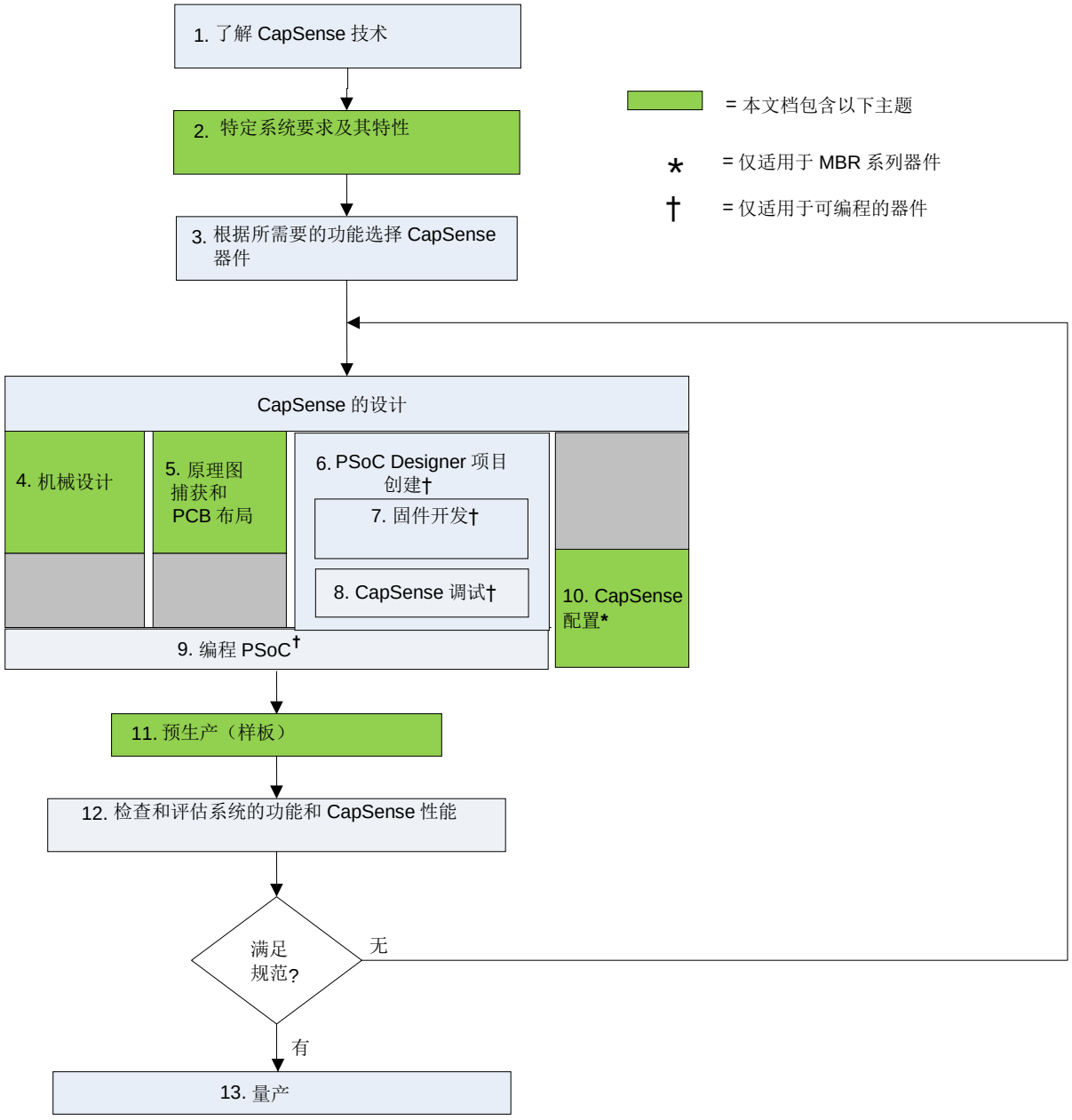


表 1-1. 图 1-1 中已标记的设计步骤及其对应的赛普拉斯的支持文档

图 1-1 中已编号的设计任务	相关的赛普拉斯 CapSense®文档
1	Capsense 入门
2	CY8CMBR2016 器件数据手册
3	Capsense 入门
4	本文档
5	本文档
6	不适用于 CY8CMBR2016
7	不适用于 CY8CMBR2016
8	不适用于 CY8CMBR2016
9	不适用于 CY8CMBR2016
10	本文档
11	本文档

1.3 CY8CMBR2016 CapSense® Express 器件特性

通过赛普拉斯的低功耗 CapSense 控制器可以很轻松地将电容式感应技术应用到您的用户界面中。该器件的功能包括：

- 硬件可配置矩阵 CapSense 控制器
  - 无需软件工具或编程
  - 可独立配置 16 个按键，或将其配置为一个矩阵
  - 支持 3x4 和 4x4 矩阵配置
- 矩阵主机接口通信
  - 工业标准的主机接口，现有的主机处理器固件无需更改
    - 按键扫描接口
    - 真值表接口
  - 编码 GPO 接口 — 最小化所需要的引脚数量
- SmartSense™自动调试
  - 即使在某个噪声环境中，仍然保持最佳的按键性能
  - CapSense 参数在运行时动态设置
  - 寄生电容（CP）的工作范围较广（5 到 40 pF）
  - 节省调试器件的时间和精力
- 抗噪能力
  - 高灵敏度、低噪声电容式感应算法
  - 强大的抗射频和交流噪声能力
  - 低噪声辐射
- 系统诊断
  - 按键短路
  - 错误的调制电容值（C_{MOD}）
  - 超出范围的寄生电容（C_P）

- 高级功能
  - 侧翼传感器抑制（FSS）功能，能够在间距紧密按键上实现稳定的采样
  - 蜂鸣器信号输出
  - 所有按键的灵敏度均可配置
  - 通过中断线提示主机，用于表示 CapSense 按键的状态更改
  - 串行调试数据输出
    - 简化生产线测试和系统调试的流程
- 宽工作电压范围
  - 1.71 ~ 5.5 V
  - 适用于稳压和非稳压的电池应用
- 低功耗
  - 运行模式下的供电电流仅为每个按钮 20 µA[1]
  - 深度睡眠电流：100 µA
- 工业级温度范围：–40 °C 到+85 °C
- 48 引脚 QFN 封装（6 × 6 × 0.6 mm）

1.4 文档规范

规范	使用说明
Courier New 字体	显示文件位置、用户输入的文本和源代码： `C:\ ...cd\icc\`
斜体字	用于显示文件名称和参考文档： 请阅读 *PSoC Designer 用户指南*中的 *sourcefile.hex* 文件。
[方括号、粗体]	用于显示程序中的键盘指令： [Enter]或[Ctrl] [C]
File（文件）> Open（打开）	表示菜单路径： File > Open > New Project
粗体字	用于显示操作过程中的各条指令、菜单路径和图标名称： 请点击 **File** 图标，然后点击 **Open**。
Times New Roman 字体	用于显示公式： 2 + 2 = 4
灰色框中的文本	用于说明警告或产品的独特功能。

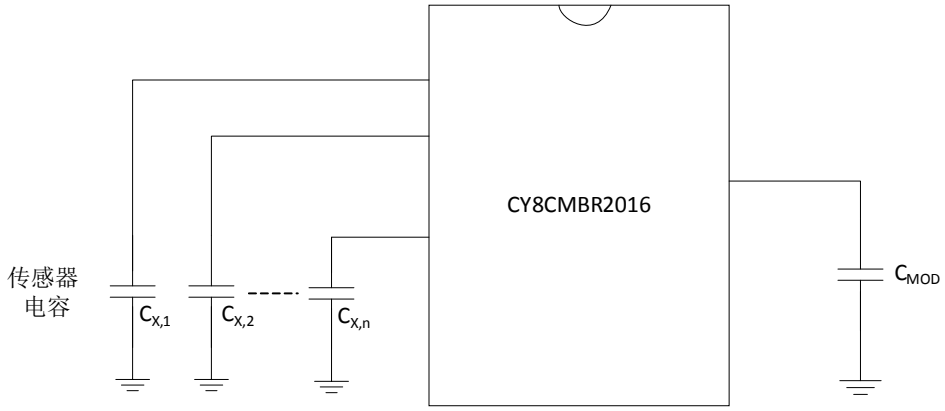
[1] 在下面条件下计算功耗：扫描时间为 250 ms，触摸时间为 2%以及每个按键的 Cp 小于 19 pF。

2. CapSense 技术

2.1 CapSense 基本原理

CapSense 是一种触摸式感应技术，它的工作方式是在 CapSense 控制器上测量每个传感器输入引脚的电容值。每个传感器引脚的总容值可以模拟为等效的一个总容值，从 $C_{X,1}$ 到 $C_{X,n}$，如图 2-1 所示。CY8CMBR2016 器件的内部电路将各个 C_X 的大小转换为数字代码进行保存，以供后期处理。CapSense 控制器内部电路使用的调制电容 C_{MOD} 将在电容式感应方法中详细讨论。

图 2-1. CapSense 在 CY8CMBR2016 器件中的实现



根据要求使用走线、过孔或同时使用二者将每个传感器输入引脚连接至传感器板。覆盖该传感器板的非导电性外覆层构成了该产品的触摸界面。当手指与外覆层接触时，人体组织的导电性会产生一个与传感器板并行的接地导电层。如图 2-2 所示。此操作构成了平行板电容器，其电容可通过以下公式得出：

$$C_F = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{D}$$ 公式 1

其中：

C_F = 手指与传感器覆盖层接触时所产生的电容值

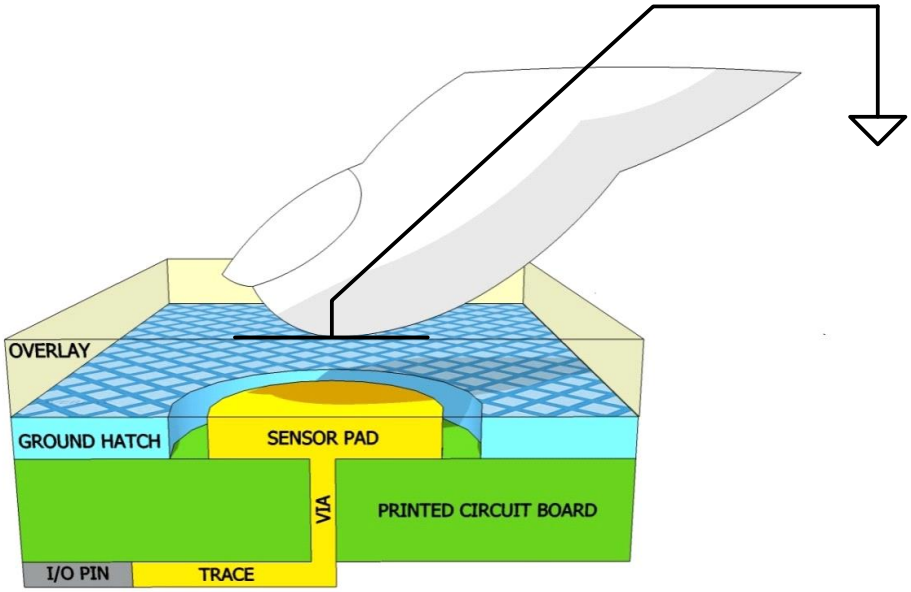
ε_0 = 空气介电常数

ε_r = 外覆层的绝缘常数（相对介电常数）

A = 手指与传感器板外覆层的接触面积

D = 覆盖层的厚度

图 2-2. 典型的 CapSense PCB 与通过手指激活的传感器之间的横截面图



除了平行板电容值，手指与覆盖层的接触也会在其自身与附近其他导体之间产生边缘电场。通常情况下，这些边缘电场很微弱，可以忽略不计。

即使手指未触摸外覆层，传感器输入引脚也会有一些寄生电容（C_P）。C_P 是由 CapSense 控制器内部寄生电容与耦合电场共同产生的，其中后者是在传感器板、走线和过孔以及系统中的其他导体（如接地层、其他走线、产品机壳或外壳中的任何金属）之间耦合产生的。CapSense 控制器可测量连接至传感器引脚的总电容（C_X）。

当手指未接触传感器时：

$$C_X = C_P$$ 公式 2

当手指在传感器板上时，C_X 等于 C_P 和 C_F 之和：

$$C_X = C_P + C_F$$ 公式 3

通常，C_P 比 C_F 大一个数量级以上。C_P 的范围值通常为 10 至 20 pF，但在极端情况下它的值会高达 40 pF。C_F 的取值范围通常为 0.1 至 0.4 pF。

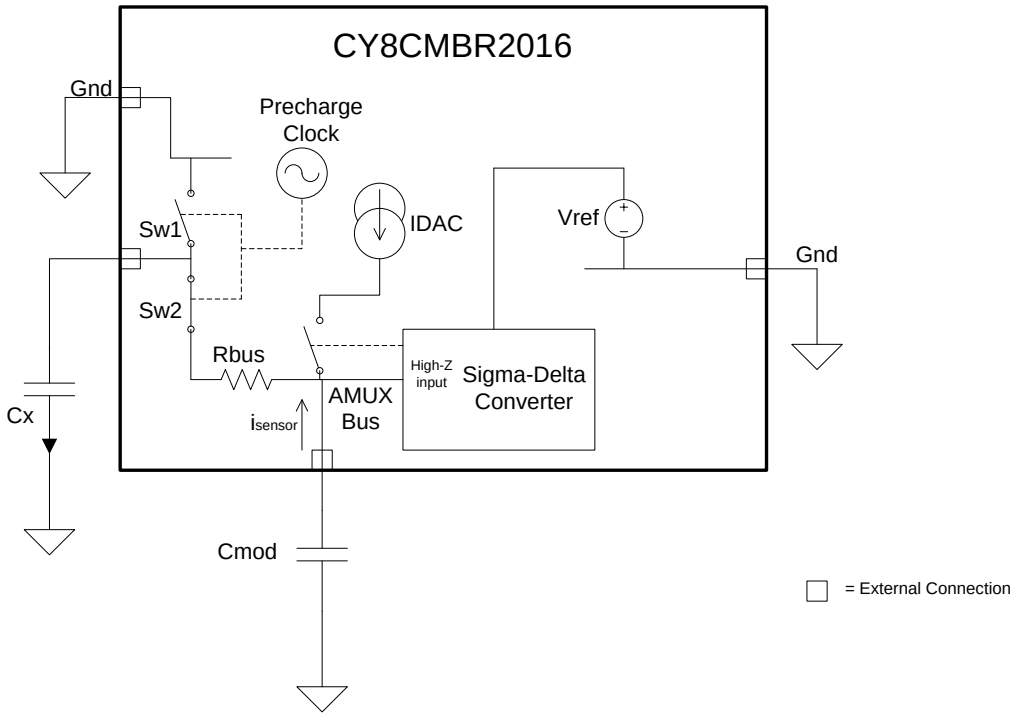
2.2 电容式感应方法

CY8CMBR2016 器件支持使用配有 SmartSense Auto-Tuning 的 CapSense Sigma Delta（CSD）将传感器电容（C_X）转换为数字值。此方法将在下列部分中讨论。

2.2.1 CapSense Sigma-Delta（CSD）

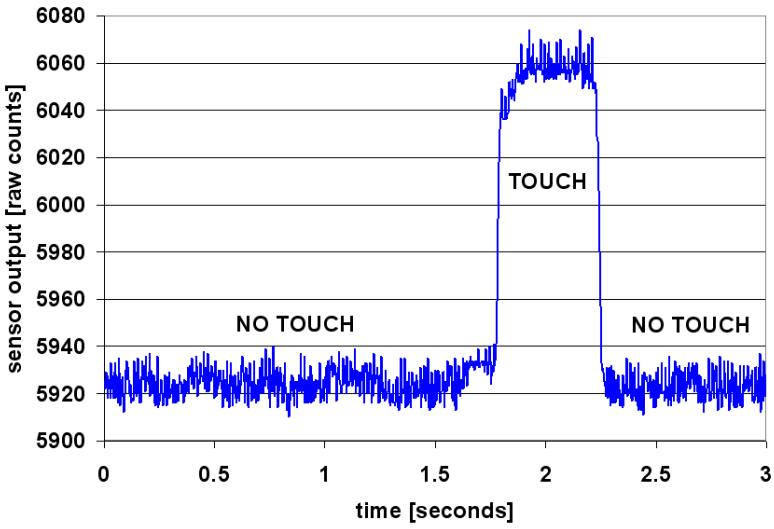
CY8CMBR2010 器件中的 CSD 方法将 C_X 整合至切换电容电路中，如图 2-3 所示。通过非重叠开关 Sw1 和 Sw2，选择性地将 C_X 连接到 GND 和 AMUX 总线。Sw1 和 Sw2 由预充电时钟驱动，通过模拟复用器总线泄放电流（i_{sensor}）。i_{sensor} 的大小与 C_X 的大小成正比。Sigma-Delta 转换器对 AMUX 总线电压进行采样，并产生一个调制的位流控制的恒流源，IDAC。IDAC 对 AMUX 充电，这样，AMUX 总线的平均电压便保持为 Vref。传感器释放 C_{MOD} 中的电荷 i_{sensor}。CMOD 与 Rbus 共同构成一个低通滤波器，该滤波器将消减 Sigma-Delta 转换器输入的预充电切换跃变电压。

图 2-3. CSD 框图



为了维持 AMUX 总线的电压为 Vref，Sigma-Delta 转换器通过控制比特流占空比将 IDAC 与 i_{sensor} 进行匹配。Sigma-Delta 转换器在传感器扫描期间内存储位流，累积结果为数字输出，原始计数，该值与 C_X 成正比。此原始计数由高级算法进行计算，以便求得传感器的状态。手指触摸然后释放传感器的过程中，得到若干连续扫描结果，由此绘制出 CSD 原始计数，如图 2-4。正如 CapSense 基本原理中的说明，手指触摸使 C_X 增大到 C_F，反过来原始计数也会成比例增长。通过将稳态下移入的原始计数与预定阈值作比较，高阶算法能够确定传感器是在 ON（触摸）还是 OFF（未触摸）状态。欲了解更多有关原始计数、手指阀值以及信噪比（SNR）的信息，请参考 CapSense 入门手册。

图 2-4. 手指触摸期间的 CSD 原始计数



2.3 SmartSense 自动调校

调试触摸感应用户界面对于确保系统正常运行和用户的良好体验非常重要。但不幸的是，调试非常费时，因为它是一个重复的过程。在典型的开发周期中，会在初始设计阶段时调试界面（即在系统集成过程中和在产品量产前）。SmartSense 自动调试性能用于简化用户界面开发周期。它易于使用，因为在原型和制造阶段通过消除手动调试缩短了设计周期。SmartSense 自动调试在加电时对每个 CapSense 按键进行自动调试，并维护运行时的最佳按键性能。SmartSense 自动调试适用解决 PCB、外覆层的制造误差，并且自动消除噪声源（如 LCD 反相器、交流电路和切换模式电源）噪声。

2.3.1 过程差异

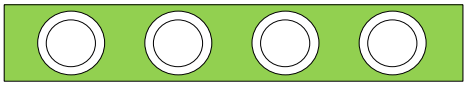
CY8CMBR2010 器件的 SmartSense Auto-Tuning 是专门用来控制 C_P 的值，使其取值范围为 5 ~ 40 pF。各个按键的灵敏度参数会根据自身的特性自动设置。该参数可以在大批量生产中提高良率，虽然各按键的 C_P 不同，但它们均保持了一致的响应。C_P 可能由于 PCB 布局和走线长度、不同的 PCB 制造流程或多源供应链中不同的 PCB 供应商，而有所差异。按键的灵敏度取决于 C_P 的大小；C_P 的值越高，灵敏度就越低，进而导致手指触摸信号振幅降低。C_P 值的变化，会使某个按键过于灵敏、灵敏度不够或者不能正常工作。当发生这种情况时，您必须重新调整系统，有时候需要重新认证用户界面子系统。CY8CMBR2016 器件通过将 SmartSense 和基于传感器大小及 C_p 的可配置灵敏度相集成的方式解决了这些问题。

通过 SmartSense 自动调试使平台化设计成为可能。例如，研究一下在笔记本电脑上的电容式接触感应多媒体按键。由于笔记本电脑大小和键盘布局的不同，因此在相同设计但不同机型的平台上，CapSense 按键的寄生电容值也会不一样。在本例中，按键间隔在宽屏笔记本电脑要比在标屏笔记本电脑的大。因此，宽屏机型上的每个按键与 CapSense 控制器间的走线相对较长，这样会使 C_P 的值增大。对于所有笔记本机型而言，虽然这些按键的功能都是相同的，但必须针对每种机型进行调试按键。使用建议的最佳实践（参见 CapSense 入门中的 PCB 布局），SmartSense Auto-Tuning 可以帮助您实现平台化设计。

图 2-5. 21 英寸笔记本电脑的多媒体按键设计



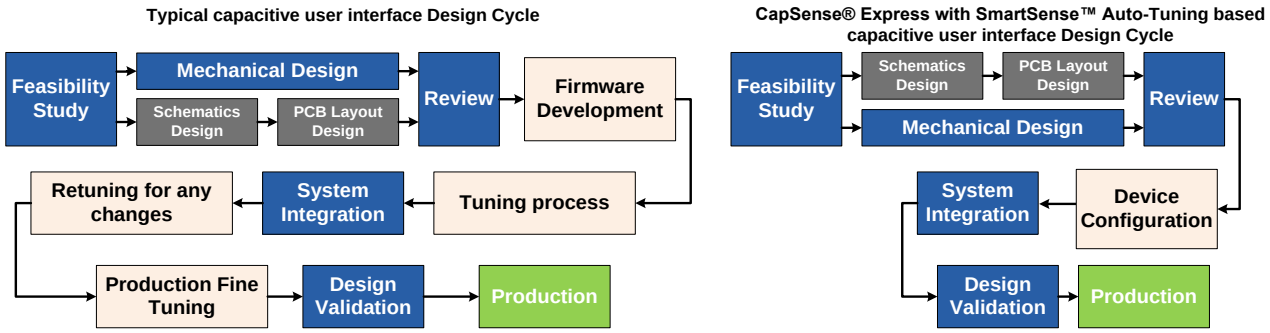
图 2-6. 15 英寸笔记本电脑的多媒体按键设计（该机型与 21 英寸机型有相同的功能和按键大小）



2.3.2 缩短了设计周期时间

设计电容式按键界面时，固件开发、布局和按键调整最耗时。一般典型的触摸感应式控制器，当相同的设计界面存在于不同机型时，或者机器的 PCB 尺寸或按键 PCB 布局发生变化时，均须重新调试按键。使用 SmartSense 自动调试进行设计可以解决这些难题，因为它不需要固件开发、手动调试或重新调试。另外，SmartSense 自动调试功能还可以缩短典型的设计周期。图 2-7 比较了典型的触摸感应式控制器和基于 SmartSense 自动调试的设计的周期。

图 2-7. 典型电容式界面设计周期的比较



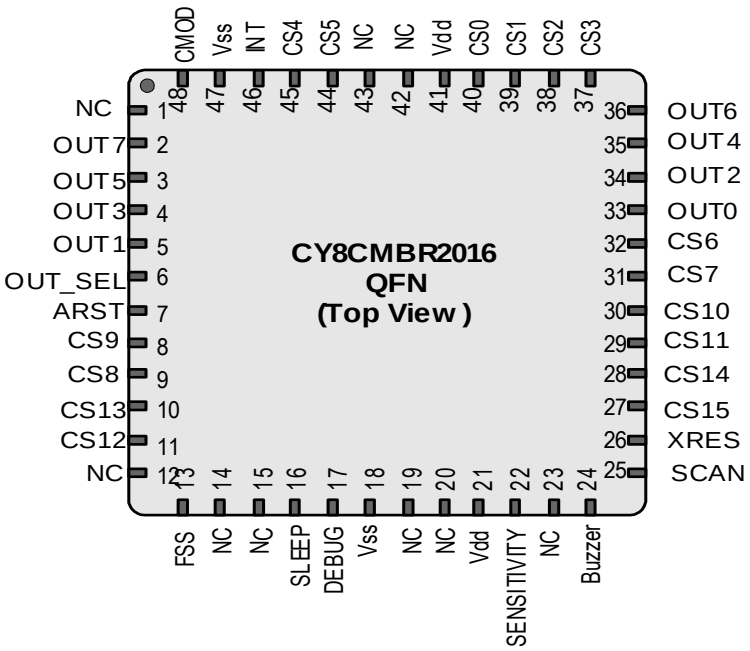
3. CapSense 原理图设计

3.1 CY8CMBR2016 配置选项

赛普拉斯的 CY8CMBR2016 允许您仅使用硬件便可实施电容式触摸感应功能。CY8CMBR2016 提供三种不同的主机接口通信模式。工业标准的按键扫描接口和真值表输出复用现有的主机处理器固件，这样用户便能够容易地将机械 按键转换为 CapSense 按键。带 4 位输出的编码 GPO 接口能最小化某一个按键输出所需要的引脚数量。这三个输出均可配置，这样能够在许多应用中以各种方式使用器件。

该节概述CapSense控制器引脚以及如何配置它们。

图 3-1. CY8CMBR2016 引脚图



3.1.1 CapSense 按键（CSx 引脚）

CY8CMBR2016 控制器具有十六个电容式感应输入，即 CS0 至 CS15。每个电容式按键都需要连接到一个电容式感应输入。您必须将所有未使用的 CapSense（CSx）输入引脚接地。

3.1.2 调制器电容（C_{MOD} 引脚）

将一个大小为 2.2 nF（±10%）的电容器连接到 CMOD 引脚。

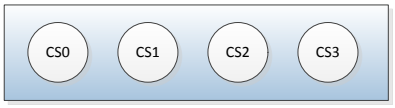
3.1.3 侧翼传感器抑制（FSS Pin）

在某一时间内，FSS 仅允许有一个 CSx 的状态为 TOUCH。这样，您可以区分紧密排列按键的 TOUCH 状态。如果手指触摸多个 CSx 按键，则只有第一个感应到“触摸”操作的按键被打开。

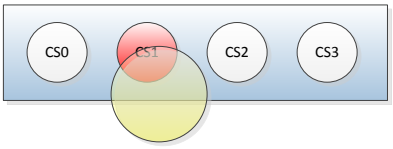
FSS 也适用于产生相反效果的相邻按键，如界面上具有两个亮度控制反向（UP 或 DOWN）的按键。

要使能该功能，可将 FSS 引脚连接至 V_{DD}。将引脚接地，可禁用它。

图 3-2. 只有一个按键被按下时的 FSS

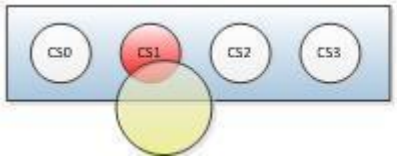


按下前无按键为 ON

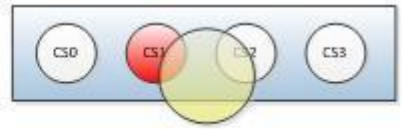


按下时，CS1 被报告为 ON

图 3-3. 有多个按键被按下时的 FSS（其中，只有第一个按键的状态为 ON）



CS1 被按下，并被报告为 ON



CS2 在 CS1 被按下后也被按下，只有 CS1 被报告为 ON

3.1.4 输出选择（OUT_SEL Pin）

CY8CMBR2016 提供三种不同的主机接口通信模式:

1. 按键扫描接口
2. 真值表输出
3. 编码 4 位输出

OUT_SEL 引脚会选择主机接口模式，如表 3-1 所示

表 3-1. OUT_Select 配置

OUT_SEL引脚	主机接口模式
接地	真值表输出
1.5 kΩ（±5%）电阻接地	编码4位输出
V_{DD}/悬空	按键扫描接口

3.1.5 按键扫描接口

请参考表 3-1 以了解如何选择主机接口模式。

按键扫描模仿旧式机械键盘，带有四个扫描线（I/P）和四个读取线（O/P）。主机在一个时间间隔内将器件扫描线从 SCAN0 驱动到 SCAN3。每个扫描线都被驱动在一个‘T’时间周期内，其中：

T = 30 µs，如果调试功能被禁用

T = 130 µs，如果调试功能被使能

有关“扫描线波形”的详细信息，请参考图 3-5。

器件会读取扫描线并根据按键状态更新读取线。主机读取器件的读取线，从而了解相应按键的状态。

按键扫描接口是机械键盘的即插即用式替换。要想了解按键扫描接口的示例，请参考图 3-4。

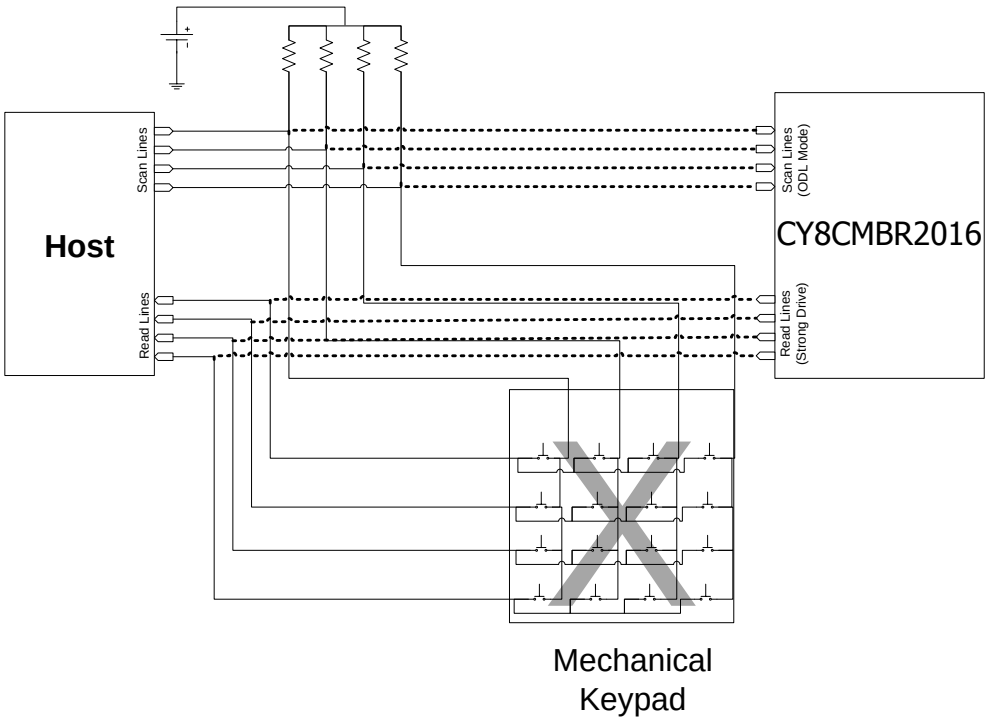
当按键被禁用或无效时，通过使用扫描和读取线，按键扫描接口可以识别被禁用或无效按键。如果未使用扫描线，应将其连接至 VDD。

在该输出模式下，OUT0 到 OUT3 等输出用作为扫描线，OUT4 到 OUT7 等输出则用作为读取线。

表 3-2. 基于按键数量的按键扫描接口选择

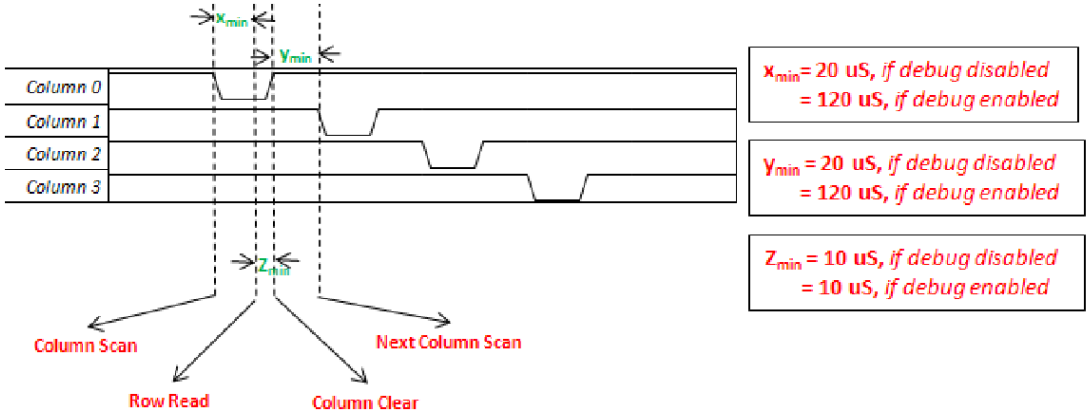
	“扫描”线路 x “读取”线路	“扫描”线
按键数量 >12	4x4	OUT0到OUT3
12 ≥ 按键数量 > 8	3x4	OUT0到OUT2
8 ≥ 按键数量 > 4	2x4	OUT0到OUT1
按键数量 ≤ 4	1x4	OUT0

图 3-4. 按键扫描接口（4x4 矩阵）的示例[1]



[1] 在开漏低电平（ODL）模式下的扫描线

图 3-5. 按键扫描线的波形



3.1.6 真值表输出

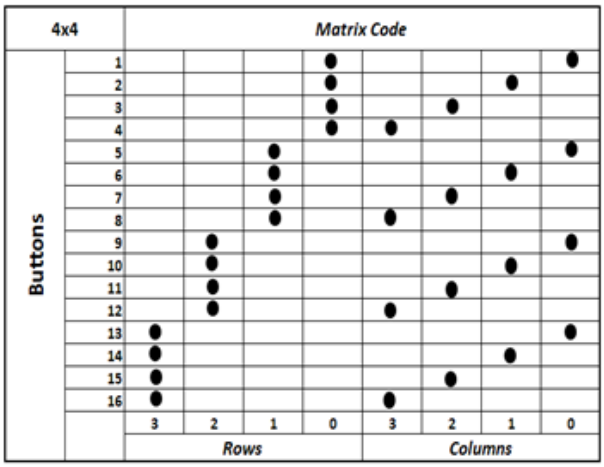
请参考表 3-1 以了解如何选择主机接口模式。

真值表输出是一个矩阵输出接口。所有输出引脚都被分为行线和列线。对于这种类型的输出接口，不能同时报告多个按键触摸，因此，当使用真值表输出，应该使能 FSS。

以“行/列”编码方式（如图 3-6 所示）报告按键状态。各个按键均有其各自的行/列代码。OUT_4 到 OUT_7 的输出组成行线，OUT_0 到 OUT_3 的输出则组成列线。

真值表输出可以轻松集成到一个要求具备单个按键的简单接口的系统内。

图 3-6. 按键状态报告



3.1.7 编码 4 位输出

请参考表 3-1 以了解如何选择主机接口模式。

在编码 4 位输出中，报告一个按键触摸需要四个引脚；报告 16 个按键触摸也只需要四个引脚。每个按键都有一个独特的代码，当某个按键被触摸时，输出引脚上会显示它的代码。每次只能通过该接口报告一个按键触摸，因此，当使用编码 4 位输出，应该是能 FSS。表 3-3 定义了给定的输出。

表 3-3. 编码输出

检测到的按键触摸	编码输出[3:0]	中断时间
按键#1	0000	1
按键#2	0001	1
按键#3	0010	1
按键#4	0011	1
…	…	1
按键#16	1111	1
未按下任何按键	XXXX	0

3.1.8 蜂鸣器信号输出（蜂鸣器引脚）

蜂鸣器信号输出可用于驱动 p 型晶体管（驱动了蜂鸣器）或直接驱动直流蜂鸣器达到 10 mA 的灌电流。

3.1.9 中断线（INT 引脚）

提供了连接主机控制器的中断线。当一个或多个按键被触摸时，该中断线会变为高电平并一直保持该状态，直到这些按键被释放为止。

中断线可以用作为主机端的栓锁输入，以读取 OUT 线路。它也可以用作为主机控制器的中断线，以读取 OUT 线路。

3.1.10 按键自动复位（ARST 引脚）

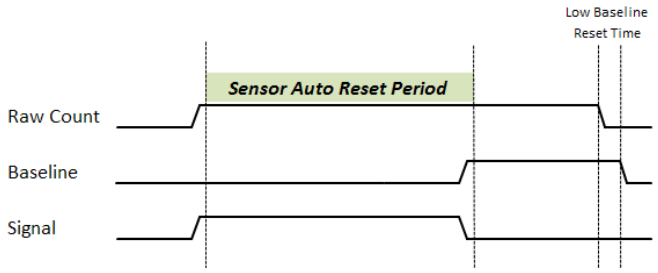
当持续触摸 CSx 时，按键自动复位决定了一个按键被确认为 ON 状态的最长时间。如果有一个导电物体靠近某个按键，该功能可阻止该按键被卡住。按键自动复位时间在表 3-4 中进行了定义，并显示在图 3-7 中。

按键自动复位导致输出被关闭并且释放按键后，在 440 ms 内不要触摸该按键。

表 3-4. ARST 引脚配置

ARST引脚	按键自动复位周期
接地	5秒
1.5 kΩ（±5%）电阻接地	20秒
5.1 KΩ（±5%）电阻接地	40秒
V_{DD}/悬空	无限制

图 3-7. 按键自动复位



3.1.11 按键扫描速率（SCAN 引脚）

按键扫描速率定义了器件在扫描所有按键后再进入低功耗睡眠模式时的速率。按键扫描速率被定义在表 3-5 中。

器件的功耗取决于按键扫描速率。按键扫描速率更高，功耗会更低。有关低功耗睡眠模式的更多信息，请参考睡眠模式。

表 3-5. 扫描引脚配置

扫描引脚	按键扫描速率
接地	低功耗，250 ms
1.5 kΩ（±5%）电阻接地	中等功耗，150 ms
5.1 kΩ（±5%）电阻接地	高功耗，40 ms
V_{DD}/悬空	连续

3.1.12 灵敏度控制（SENSITIVITY 引脚）

一个按键的灵敏度设置回决定触摸某个按键所需的最小手指电容（C_F）。影响到按键的灵敏度有下列因素：

1. 外覆层厚度：对于一个较厚的外覆层，触摸按键需要更高的灵敏度。因此，外覆层更厚，灵敏度必须更高。
2. 系统噪声：如果系统的噪声增加，则要求降低灵敏度以避免发生按键误触摸。
3. 设计的外形：要想支持一个低灵敏度（即较高的 C_F），则需要使用较大的按键。对于直径小的按键，则需要较高的灵敏度。
4. 功耗：按键的灵敏度提高，则功耗将增加。如果需要低功耗，灵敏度必须为低。

灵敏度的设置可分别为：“高”、“中”、“低”三个级别。表 3-6 定义了灵敏度。

表 3-6 SENSITIVITY 引脚配置

SENSITIVITY引脚	灵敏度
接地	低效率
1.5 kΩ（±5%）电阻接地	中
V_{DD}/悬空	高

3.1.13 系统诊断

内置的“加电自检” （POST）机制在加电复位（POR）时执行五种测试。该机制在生产测试中十分有用。

如果某个按键在其中一种测试中失败，相应位将被设置在按键屏蔽中，系统诊断数据则在OUT6（与OUT7上2 kHZ的时钟同步）上串行发送。

如果上电后再经过300 ms没有在OUT_7引脚上检测到任何时钟，那么所有的按键都通过系统诊断。

如果检测到了时钟，则代表从该时钟的第一个下降沿开始，每个按键占据着一个时钟间隙。在OUT7的下降沿期间，OUT6上的高电平输出表示某个按键（在该时钟间隔中被报告的按键）测试失败了一次或多次。最后一次失败被报告后，会停止时钟检测。

例如，如果CS1、CS3和CS5被短路接地，那么系统诊断数据将被传输如图3-8所示。CS1故障被标记为0.5 ms到1 ms间隔中OUT6上的高电平。CS3故障被标记为1.5 ms到2 ms slot中OUT6上的高电平。CS5故障被标记为2.5 ms到3 ms slot中OUT6上的高电平。报告CS5后，会停止时钟输出。

在另一个示例中，图3-9显示了CS1、CS3和CS15检测失败的场景。

图 3-8. CS1、CS3 和 CS5 的系统诊断输出

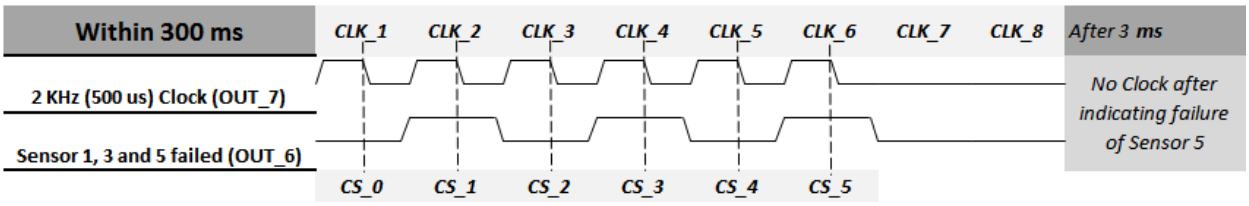
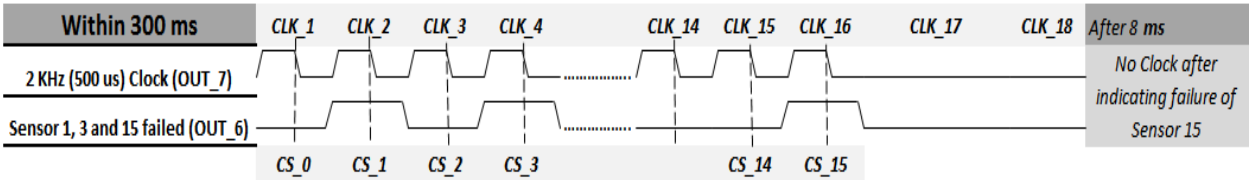


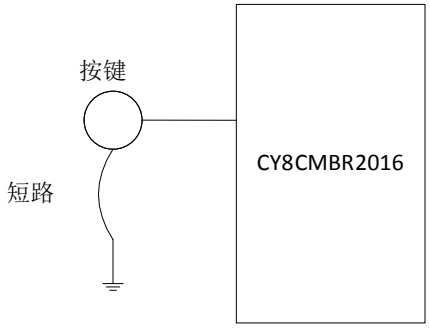
图 3-9. CS1、CS3 和 CS15 的系统诊断输出



3.1.13.1 按键短路接地

如果某个按键被禁用/短路接地，按键屏蔽中的相应位将被设置，系统诊断数据将被发送。

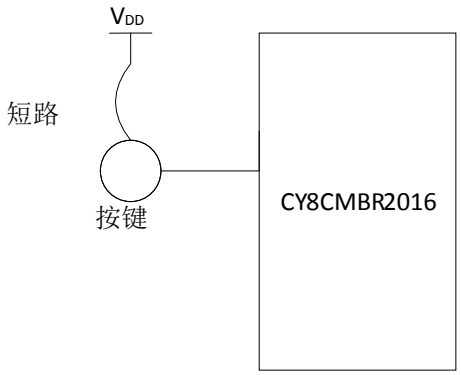
图 3-10. 按键短路接地



3.1.13.2 按键短路连接 V_{DD}

如果某个按键被短路连接V_{DD}，那么该按键将被禁用，并且按键屏蔽中的相应位将被设置，系统诊断信号将被发送。

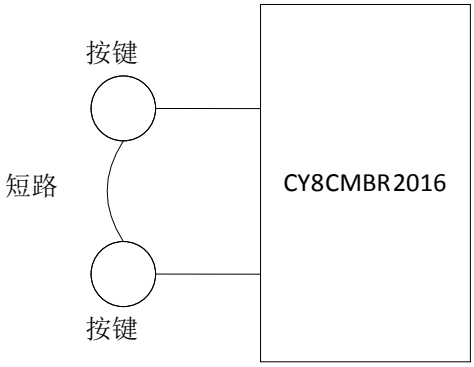
图 3-11. 按键短路连接 V_{DD}



3.1.13.3 按键与按键短路

如果某些按键被短路互连，那么这些按键将被禁用，并且按键屏蔽中的相应位将被置位，还将发送系统诊断信号。

图 3-12. 按键与按键短路



3.1.13.4 C_{MOD} 的错误值

C_{MOD}推荐值的范围为2 nF ~ 2.4 nF。

如果发现 C_{MOD} 的值小于 1 nF 或大于 4 nF，那么所有按键都被禁用，并且所有时钟间隙上的状态输出都为逻辑高电平。

3.1.13.5 按键 C_P > 40 pF

如果某个按键的C_P超过40 pF，那么该按键将被禁用，并且按键屏蔽中的相应位将被设置，系统诊断信号将被发送。

3.1.14 串行调试数据输出（DEBUG 引脚）

串行调试数据可报告固件版本、CapSense 状态、原始计数、基准线、差值计数以及所有按键的寄生电容。要使能该功能，需要使用5.6 KΩ的电阻将DEBUG引脚下拉。

可以使用赛普拉斯 MultiChart 工具查看每个按键的调试数据。器件按照表 3-7 所描述的顺序发送串行调试数据。MultiChart 工具按照表 3-8 所示的格式排列数据。

表 3-7. 由 CY8CMBR2016 发送的串行调试数据输出

字节	数据	注意
0	0x0D	MultiChart（多图工具）的虚拟数据
1	0x0A	
2	CS0_RawCount	CS0 原始计数，无符号的 16 位整数
3		
4	CS1_RawCount	CS1 原始计数，无符号的 16 位整数
5		
6	CS2_RawCount	CS2 原始计数，无符号的 16 位整数
7		
---	---	---
32	CS15_RawCount	CS15 原始计数，无符号的 16 位整数
33		
34	0x00	---
35	FW_REV	固件版本
36	0x00	---
37	CS0_Cp	十六进制格式的 CS0 寄生电容值（pF）
38	0x00	---
39	CS1_Cp	十六进制格式的 CS1 寄生电容值（pF）
40	0x00	---
41	CS2_Cp	十六进制格式的 CS2 寄生电容值（pF）
42	0x00	---
43	CS3_Cp	十六进制格式的 CS3 寄生电容值（pF）
44	0x00	---
45	CS4_Cp	十六进制格式的 CS4 寄生电容值（pF）
46	CS0_Baseline	CS0 基准线，无符号的 16 位整数
47		
48	CS1_Baseline	CS1 基准线，无符号的 16 位整数
49		
50	CS2_Baseline	CS2 基准线，无符号的 16 位整数
51		
---	---	---

字节	数据	注意
76	CS15_Baseline	CS15 基准线，无符号的 16 位整数
77		
78	CS_Status	CapSense 状态，无符号的 16 位整数
79		
80	0x00	–
81	CS5_Cp	十六进制格式的 CS5 寄生电容值（pF）
82	0x00	–
83	CS6_Cp	十六进制格式的的 CS6 寄生电容值（pF）
84	0x00	–
85	CS7_Cp	十六进制格式的 CS7 寄生电容值（pF)
86	0x00	–
87	CS8_Cp	十六进制格式的 CS8 寄生电容值（pF）
88	0x00	–
89	CS9_Cp	十六进制格式的 CS9 寄生电容值（pF）
90	CS0_DiffCount	CS0 差值，无符号的 16 位整数
91		
92	CS1_DiffCount	CS1 差值，无符号的 16 位整数
93		
94	CS2_DiffCount	CS2 差值，无符号的 16 位整数
95		
---	---	---
122	CS15_DiffCount	CS15 差值，无符号的 16 位整数
123		
124	0x00	–
125	CS10_Cp	十六进制格式的 CS10 寄生电容值（pF）
126	0x00	–
127	CS11_Cp	十六进制格式的 CS11 寄生电容值（pF）
128	0x00	–
129	CS12_Cp	十六进制格式的 CS12 寄生电容值（pF）
130	0x00	–
131	CS13_Cp	十六进制格式的 CS13 寄生电容值（pF）
132	0x00	–
133	CS14_Cp	十六进制格式的 CS14 寄生电容值（pF）
134	0x00	–
135	CS15_Cp	十六进制格式的 CS15 寄生电容值（pF）

字节	数据	注意
136	0x00	MultiChart 工具的虚拟数据
137	0xFF	
138	0xFF	

表 3-8. MultiChart 中的串行调试数据

#	原始计数阵列		基准线阵列		信号阵列	
	MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB
0	CS0_RawCount		CS0_Baseline		CS0_DiffCount	
1	CS1_RawCount		CS1_Baseline		CS1_DiffCount	
2	CS2_RawCount		CS2_Baseline		CS2_DiffCount	
3	CS3_RawCount		CS3_Baseline		CS3_DiffCount	
4	CS4_RawCount		CS4_Baseline		CS4_DiffCount	
5	CS5_RawCount		CS5_Baseline		CS5_DiffCount	
6	CS6_RawCount		CS6_Baseline		CS6_DiffCount	
7	CS7_RawCount		CS7_Baseline		CS7_DiffCount	
8	CS8_RawCount		CS8_Baseline		CS8_DiffCount	
9	CS9_RawCount		CS9_Baseline		CS9_DiffCount	
10	CS10_RawCount		CS10_Baseline		CS10_DiffCount	
11	CS11_RawCount		CS11_Baseline		CS11_DiffCount	
12	CS12_RawCount		CS12_Baseline		CS12_DiffCount	
13	CS13_RawCount		CS13_Baseline		CS13_DiffCount	
14	CS14_RawCount		CS14_Baseline		CS14_DiffCount	
15	CS15_RawCount		CS15_Baseline		CS15_DiffCount	
16	0x00	FW_Rev	CS_Status		0x00	CS10_Cp
17	0x00	CS0_Cp	0x00	CS5_Cp	0x00	CS11_Cp
18	0x00	CS1_Cp	0x00	CS6_Cp	0x00	CS12_Cp
19	0x00	CS2_Cp	0x00	CS7_Cp	0x00	CS13_Cp
20	0x00	CS3_Cp	0x00	CS8_Cp	0x00	CS14_Cp
21	0x00	CS4_Cp	0x00	CS9_Cp	0x00	CS15_Cp

3.2 设计工具箱

设计工具箱有助于设计一个 CY8CMBR2016 CapSense 解决方案。它提供了有关电路板布局和功能设置的基本信息，并对设计是否适合批量生产提出了建议。

3.2.1 通用布局指南

表 3-9 总结了 CY8CMBR2016 的布局指南。这些指南在电气和机械设计注意事项一节中进行了说明。有关该材料的详情，可以在 CapSense 入门手册的 3.7 节中找到。

表 3-9. 设计布局建议

Sl. No.	Category	Min	Max	Recommendations/Remarks
1.	Button Shape			Solid round pattern, Round with LED hole, rectangle with round corners
2.	Button Size	5mm	15mm	Given in Layout Estimator sheet
3.	Button-Button spacing	equal to button ground clearance		8 mm
4.	Button Ground Clearance	0.5mm	2mm	Given in Layout Estimator sheet
5.	Ground Flood - Top layer			Hatched ground 7 mil trace and 45 mil grid (15% filling)
6.	Ground Flood - Bottom layer			Hatched ground 7 mil trace and 70 mil grid (10% filling)
7.	Trace Length from Sensor pad to device pin		450	Given in Layout Estimator sheet
8.	Trace Width	0.17 mm	0.20 mm	0.17 mm (7 mil)
9.	Trace Routing			Traces should be routed on the non sensor side. If any non CapSense trace crosses CapSense trace, ensure that intersection is orthogonal.
10.	Via Position for the sensors			Via should be placed near the edge of the button to reduce trace length thereby increasing sensitivity.
11.	Via Hole Size for sensor traces			10 mil
12.	No. of via on sensor trace	1	2	1
13.	CapSense series resistor placement		10mm	Place CapSense series resistors close to the device for noise suppression .CapSense resistors have highest priority compared to LED ressitors place them first.
14.	Distance between any CapSense trace to Ground Flood	10 mil	20 mil	20 mil
15.	Device placement			Mount the Device on the layer opposite to sensor. The CapSense trace length between the Device and sensors should be minimum (see trace length above)
16.	Placement of Components in two layer PCB			Top layer-Sensors and bottom layer-device, other components and traces.
17.	Placement of Components in four layer PCB			Top layer-Sensors, 2nd Layer – CapSense traces & Vdd and avoid the Vdd traces below the sensors, 3rd Layer-hatched ground, Bottom layer- device other components and non CapSense traces
18.	Overlay Thickness	0 mm	5mm	Use layout Estimator sheet to decide on overlay, given maximum limit is for plastic overlay.
19.	Overlay material			Should be non-conductive material. Glass, ABS Plastic, Formica, wood etc. No air gap should be there between PCB and overlay. Use adhesive to stick the PCB and overlay.
20.	Overlay Adhesives			Adhesive should be non conductive and dielectrically homogenous. 467MP and 468MP adhesives made by 3M are recommended.
21.	LED Back Lighting			Cut a hole in the sensor pad and use rear mountable LEDs.
22.	Board Thickness			Standard board thickness for CapSense FR4 based designs is 1.6 mm.

3.2.2 布局估计表

布局估计表根据预期终端系统的要求和工业设计提供了最小的按键尺寸和最大的走线长度。输入包括外覆层材料、外覆层厚度及电路板材料的走线电容。图 3-13 中的列表 B 列出了不同覆层材料的绝缘常量，以及不同 PCB 上每单位长度的走线电容。表 A 根据三个系统噪声条件，计算了设计的最小按键直径和最大走线长度。“低”、“中”和“高”噪声条件是有助于按键开发的相关质量指标。根据终端系统环境，噪声条件可能因按键而异。如果噪声条件未知，请使用“Medium”（中）作为起点。每个传感器上看到的实际噪声会在设计验证一节中介绍的设计验证步骤中确定。

使用该表的输出可以了解按键板布局过程，然后在进行原型设计之前使用 C_P、功耗和响应时间计算器检查该设计。

图 3-13. 布局估计

TableA- Estimator

Input Parameters	Value	Units	Comments
Overlay Thickness	5	mm	
Overlay - Dielectric constant	8	farad/m	
Capacitance of trace per inch	2	pF	
Minimum Recommended Button Diameter (based on minimum 0.25pF Finger response)			
Noise Conditions - Low (0.05 pF Noise)	7	mm	
Noise Conditions - Medium (0.075 pF Noise)	8	mm	
Noise Conditions - High (0.1 pF Noise)	10	mm	
Maximum Trace length			
Noise Conditions - Low (0.05 pF Noise)	400	mm	
Noise Conditions - Medium (0.075 pF Noise)	393	mm	
Noise Conditions - High (0.1 pF Noise)	381	mm	
Button to Ground clearance	2	mm	

	input cells, edit with actuals
	output cells, based on inputs

Note: Button diameter of all the buttons CS0 to CS3 will be same with respect to overlay thickness, but can differ with respect to noisy conditions

TableB - Reference values

Overlay Material	Dielectric constant
Plastic	2.8
Plexi glass	8
Formica	4.6-4.9
Glass (Standard)	7.6-8.0
Glass (Ceramic)	6
Mylar	3.2
ABS Plastic	3.8 – 4.5
Wood	1.2-2.5
Trace and board type	**Capacitance per inch in pF**
Copper trace , PCB, 2 layer, 64mil, FR4	2
Copper trace, flex PCB, 2 layer	8

输入：

- 覆盖层厚度
- 覆盖层介电常数
- 电路板每英寸走线的电容

输出：

- 不同噪声条件下所建议的最小按键直径和最大走线长度
- 按键离地间隙

根据不同的按键噪声，每个按键的直径也不一样。

3.2.3 C_P、功耗以及响应时间计算器

在完成电路板布局后，请在构建原型前使用功耗和响应时间计算器检查您的设计，如图 3-14 所示。要验证每个按键的 C_P 值，请在表 A 中输入按键的直径以及走线长度。然后，工具箱会确认各个按键的 C_P 值是否都在指定的范围（5 pF 至 40 pF）内。

表 B 中的功耗计算用于优化功耗。功耗是一个由按键扫描速率、抗噪能力等级以及手指触摸按键的时间百分比组成的函数。通过下拉菜单了解详细信息。

表 C 基于表 A 和 B 中的输入来输出按键响应时间。

图 3-14. C_P、功耗以及响应时间计算表

Table A: Cp Calculator

Sensor	Button diameter		Trace length		Parasitic capacitance (Cp) of sensors (Approx)		Comments
CS0		mm		mm	0	pF	
CS1		mm		mm	0	pF	
CS2		mm		mm	0	pF	
CS3		mm		mm	0	pF	
CS4		mm		mm	0	pF	
CS5		mm		mm	0	pF	
CS6		mm		mm	0	pF	
CS7		mm		mm	0	pF	
CS8		mm		mm	0	pF	
CS9		mm		mm	0	pF	
CS10		mm		mm	0	pF	
CS11		mm		mm	0	pF	
CS12		mm		mm	0	pF	
CS13		mm		mm	0	pF	
CS14		mm		mm	0	pF	
CS15		mm		mm	0	pF	
Total No of buttons	0	Buttons					

Table B: Power calculator

Select Output Interface	Truth Table	
Select Button Scan Rate	Low	
Approximate Button Scan Rate value	250	ms
% of time finger is on the sensors	20	%
Max Sleep Current	0.0015	mA
Max Active Current	4	mA
Average Current without Finger	0	mA
Average Current with Finger	0	mA
Actual average current consumption	0	mA
Actual average current consumption per butto	0	mA

Table C: Response time calculator

First button press	290	ms
consecutive button press	40	ms

	input cells, edit with actuals
	output cells, based on inputs

Note: The power values given here are worse case, the actual power values will be lower.

输入：

- CS0 到 CS15 的按键直径和走线长度，如布局中的设计。
- 输出接口
- 使用在设计中的按键扫描速率
- 手指接触按键的时间百分比。

输出：

- 每个按键的 C_P 值。确认 C_P 值是否处于 5 pF 到 40 pF 的指定范围内
- 每个按键的功耗
- 按键响应时间

3.2.4 设计验证

构建并测试完原型电路板后，您可以使用串行调试数据输出测试模式捕捉每一个按键的原始信号、基准线、差值和 C_P 值。这时您可以将该信息输入到图 3-15 所显示的设计验证表 C 中，以验证您的设计。

图 3-15. 设计验证

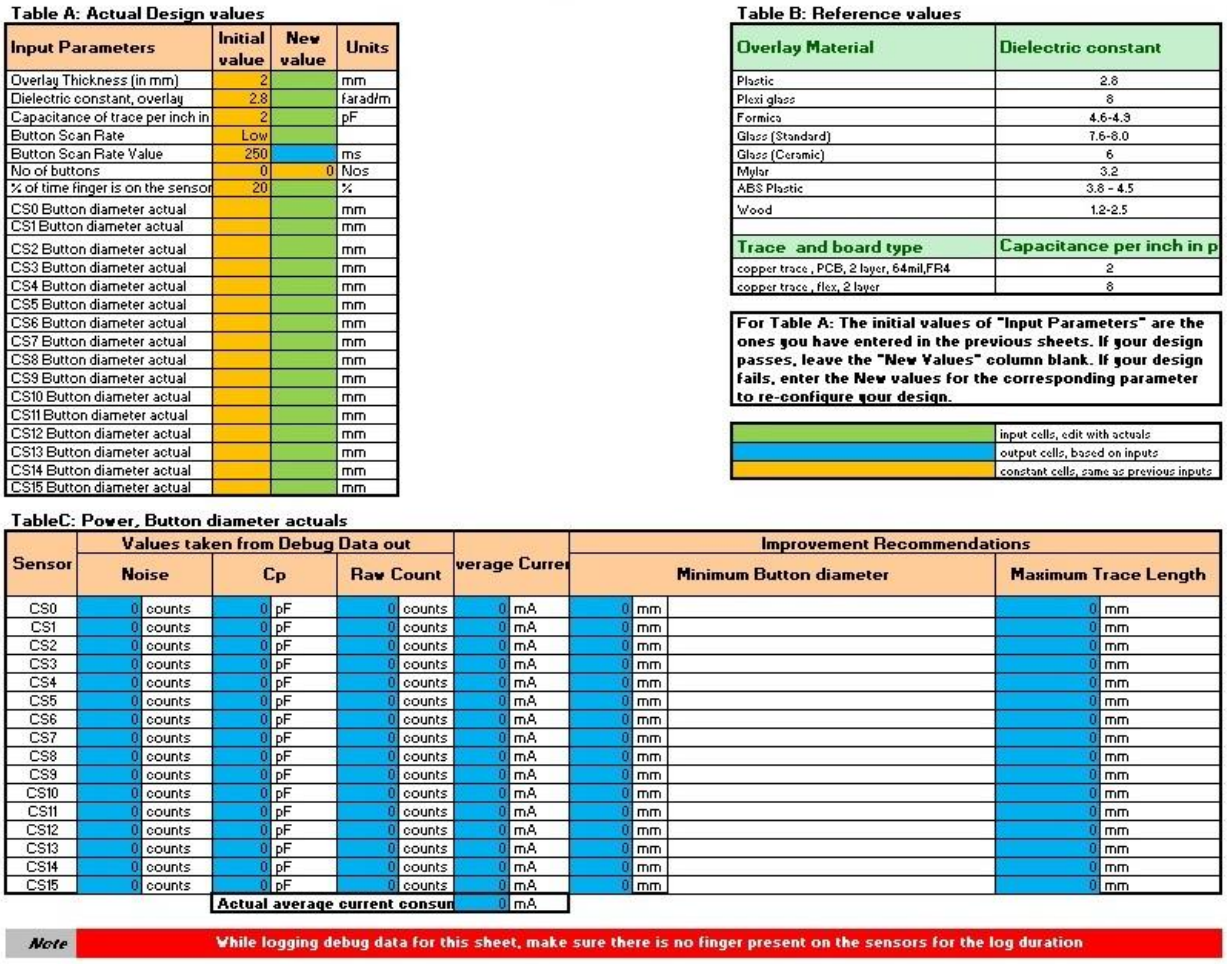


Table A: Actual Design values

Input Parameters	Initial value	New value	Units
Overlay Thickness (in mm)	2		mm
Dielectric constant, overlay	2.8		farad/m
Capacitance of trace per inch in	2		pF
Button Scan Rate	Low		
Button Scan Rate Value	250		ms
No of buttons	0	0	Nos
% of time finger is on the sensor	20		%
CS0 Button diameter actual			mm
CS1 Button diameter actual			mm
CS2 Button diameter actual			mm
CS3 Button diameter actual			mm
CS4 Button diameter actual			mm
CS5 Button diameter actual			mm
CS6 Button diameter actual			mm
CS7 Button diameter actual			mm
CS8 Button diameter actual			mm
CS9 Button diameter actual			mm
CS10 Button diameter actual			mm
CS11 Button diameter actual			mm
CS12 Button diameter actual			mm
CS13 Button diameter actual			mm
CS14 Button diameter actual			mm
CS15 Button diameter actual			mm

Table B: Reference values

Overlay Material	Dielectric constant
Plastic	2.8
Plexi glass	8
Formica	4.6-4.9
Glass (Standard)	7.6-8.0
Glass (Ceramic)	6
Mylar	3.2
ABS Plastic	3.8 - 4.5
Wood	1.2-2.5
Trace and board type	**Capacitance per inch in p**
copper trace , PCB, 2 layer, 64mil,FR4	2
copper trace , flex, 2 layer	8

For Table A: The initial values of "Input Parameters" are the ones you have entered in the previous sheets. If your design passes, leave the "New Values" column blank. If your design fails, enter the New values for the corresponding parameter to re-configure your design.

	input cells, edit with actuals
	output cells, based on inputs
	constant cells, same as previous inputs

TableC: Power, Button diameter actuals

Sensor	Values taken from Debug Data out						verage Curre		Improvement Recommendations			
	Noise		Cp		Raw Count				Minimum Button diameter		Maximum Trace Length	
CS0	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS1	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS2	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS3	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS4	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS5	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS6	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS7	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS8	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS9	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS10	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS11	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS12	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS13	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS14	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
CS15	0	counts	0	pF	0	counts	0	mA	0	mm	0	mm
			Actual average current consun				0	mA				

Note While logging debug data for this sheet, make sure there is no finger present on the sensors for the log duration

根据下面各步骤捕获并输入数据：

1. 通过将 DEBUG 引脚上 5.2 kΩ 的电阻接地，可以使能串行调试数据输出功能。
2. 给器件上电并通过一个 COM/RS232 端口将 DEBUG 引脚连至电脑。
3. 打开 MultiChart（参见 AN2397，CapSense 数据查看工具）并配置下面各项：
   a. 选择 PORT - <指定端口编号>
   b. 端口速度 – 115200
   c. 可见点 – 1000
   d. 日志文件名称 — “1.csv”（存储在设计工具箱的同一个文件夹内）
4. 再次点击 **Enable/disable log-file**。它会自动将数据存储到日志文件内。最少记录 300 个采样数据。
5. 再次点击 **Enable/disable log-file**，将会停止记录数据。
6. 只需打开日志文件一次，以后该工具箱会自动更新相应的数据。

表 A 显示的是从上表中提取的不同设计参数值，因此您不需要向该表中输入任何数据。该表显示了原型电路板的通过/失败评级。如果您的设计失败，您可以通过向表 A 输入新的数值来修改系统，并且提供建议/结果。如果您的设计得到通过，使表 A 中的 **New value**（新值）列为空。

输入：

- 原始信号
- 噪声信号
- 按键 C_P
- 如果设计失败，请注意下面的内容：
  - 每个按键新的外覆层厚度、外覆层材料介电常数和按键直径，以及走线电容
  - 使用在设计中的按键扫描速率
  - 手指接触按键的时间百分比

输出：

- 每个按键的功耗
- 设计更改建议：如果按键大小或走线长度超出最佳设计的范围，则设计工具箱会根据设计的实际值提供建议。

如果按键电路板未通过，则设计工具箱将提供建议以指导您实现可通过的结果。您可以通过更改以下四个因素来纠正失败设计：按键大小、走线长度、外覆层材料和外覆层厚度。更改按键大小或走线长度需要重做电路板，而更改外覆层材料或厚度（或两者）则可能通过设计完成。最好的解决方案取决于您当前处于设计周期的阶段，以及您的终端系统要求。

4. 电气和机械设计注意事项

在您的应用中设计电容式触摸感应技术时，一定要将 CapSense 器件配置在较大规模的框架中，这一点至关重要。要认真考虑到所有的细节，包括 PCB 布局、用户界面以及终端用户工作环境，以实现强劲可靠的系统性能。更多详细信息，请参见 CapSense 入门手册中的内容。

4.1 覆盖层选择

在 CapSense 基本原理这部分，使用公式 1 计算手指电容，如下所示：

$$C_F = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{D}$$

其中：

ε_0 = 空气介电常数

ε_r = 覆盖层的介电常数

A = 手指与传感器垫块的接触面积

D = 覆盖层的厚度

想提高 CapSense 的信号强度，请选择介电常数较高的外覆层材料，降低外覆层的厚度，并增加按键的直径。设计工具箱有助于设计一个既稳定又可靠的 CY8CMBR2016 解决方案，如 CapSense 原理图设计章节所述。

表 4-1. 外覆层材料绝缘强度

材料	击穿电压（V/mm）	12 kV 时的覆盖层最小厚度（mm）
空气	1200 – 2800	10
木材 – 干	3900	3
玻璃 – 普通	7900	1.5
硼硅酸盐玻璃（Pyrex®）	13,000	0.9
PMMA 塑料（Plexiglas®）	13,000	0.9
ABS	16,000	0.8
聚碳酸酯（Lexan®）	16,000	0.8
福米卡	18,000	0.7
FR-4	28,000	0.4
PET 薄膜 – （Mylar®）	280,000	0.04
聚酰亚胺薄膜 – （Kapton®）	290,000	0.04

传导材质不能用做覆盖层，因为它会与电场模式相干扰。因此不要使用包含金属微粒的颜料。

4.1.1 将外覆层粘接至 PCB

因为空气的介电常数很低，外覆层和按键之间的气隙会降低按键的性能。为了消除气隙，请使用不导电的粘合剂将外覆层粘贴到 CapSense PCB 上。3M™有一种产品号为 200MP 的透明丙烯酸粘合膜，可用于 CapSense 应用。这种特殊的粘合剂是从纸作胶带卷抽取（3M™编号为 467MP 和 468MP 的产品）的。

4.2 ESD 保护

考虑周全的系统设计自然会具有强大的抗 ESD 能力。考虑到终端产品的接触放电情况，特别是用户界面上的接触放电，18 kV 的放电事件不会对 CapSense 控制器造成任何损坏。

CapSense 控制器引脚 ESD 承受电压能力是 12 kV。在大多数情况下，外覆层材料能为控制器引脚提供充分的 ESD 保护。表 4-1 列出了保护 CapSense 传感器避免 12 kV 放电所需的不同覆盖层材料的厚度，符合 IEC 61000-4-2 标准。如果覆盖层材料未提供充分的 ESD 保护，则按照以下的顺序采取防静电措施：预防、重定向并钳制。

4.2.1 预防

确保触摸表面上的所有路径的击穿电压都大于潜在高电压接触。此外，设计系统时，使 CapSense 控制器和可能的 ESD 源之间保持合适的距离。如果无法保持合适的距离，请在 ESD 源与 CapSense 控制器之间放置一个耐高击穿电压的材料作为保护层。厚度为 5 mil 的一层 Kapton®胶带可以承受 18 kV 的电压。

4.2.2 重定向

如果您的产品空间密集，则可能无法防止放电事件。在这种情况下，可以通过控制发生放电的位置来保护 CapSense 控制器。在连接到底盘接地的电路板周界上放置一个保护环。按照 PCB 布局指导方针中的建议，在按键周围提供网格接地层可重新定向 ESD 事件，使其远离按键和 CapSense 控制器。

4.2.3 钳制

由于故意将 CapSense 传感器放置在靠近触摸表面的位置，所以重定向放电路径的可行性比较小。在这种情况下，要考虑添加串联电阻或专用的 ESD 保护器件。建议系列电容值为 560 Ω。

更有效的方法是在易受影响的走线上提供专用的 ESD 保护器件。请注意：用于 CapSense 的 ESD 保护器件必须是低电容的。表 4-2 列出了可用于 CapSense 控制器的推荐组件。

表 4-2. 为 CapSense 推荐的低电容 ESD 保护器件。

ESD 保护器件		输入电容	漏电流	接触放电的最大限制	空气放电的最大限制
制造商	器件编号				
Littlefuse	SP723	5 pF	2 nA	8 kV	15 kV
Vishay	VBUS05L1-DD1	0.3 pF	0.1 µA <	±15 kV	±16 kV
NXP	NUP1301	0.75 pF	30 nA	8 kV	V

4.3 电磁兼容性（EMC）的注意事项

4.3.1 辐射干扰

辐射电能可以影响系统测量并可能会影响处理器内核的运行。这种影响可能会通过 CapSense 按键的走线和任何其他数字或模拟输入进入 CY8CMBR2016 CapSense Express 芯片的 PCB 层。最大限度降低射频干扰影响的布局指南：

- **接地层**：在 PCB 上提供一个接地层。
- **串联电阻**：在 CapSense 控制器引脚的 10 mm 内安装串联电阻
- 推荐的 CapSense 输入线路串联电阻值为 560 欧姆。
- **走线长度**：所以要尽量缩短走线长度。
- **电流环路区域**：尽量减少电流的返回路径。应在按键和走线的 1 cm 内提供网格接地（而不是实体填充）来降低寄生电容的影响。
- **RF 源位置**：隔离带有噪声源（如 LCD 反相器和切换模式电源（SMPS））的系统，以使此干扰与 CapSense 输入相分隔。屏蔽电源是另一种防止干扰的常见方法。

4.3.2 抗传导干扰和辐射

通过与其他系统的互连而进入系统的噪声称为传导噪声。这些互连包括电源和通信线。因为 CapSense 控制器是低功耗器件，所以必须避免传导辐射。以下指南可帮助减少传导辐射和干扰：

- 按照数据手册的建议使用去耦电容器。
- 在系统电源的输入上添加双向滤波器。这非常有助于抗传导辐射和干扰。PI 滤波器可以防止电源噪声影响敏感器件，同时防止器件的开关噪声反耦合到电源层。
- 如果 CapSense 控制器 PCB 通过电缆连接到电源，请尽量减小电缆长度并考虑使用屏蔽电缆。
- 可在电源或通信线路周围放置一个铁氧体磁珠，以过滤掉高频噪声。

4.4 扫描线路波形要求（按键扫描接口）

当使用 CY8CMBR2016 器件设计一个机械键盘系统时，应当完成一项可行性研究。

图 4-1 描述了典型键盘扫描系统中的基本“扫描”线输出。图 4-2 显示的是 CY8CMBR2016 的特定时序详细信息。

图 4-1. 扫描输出

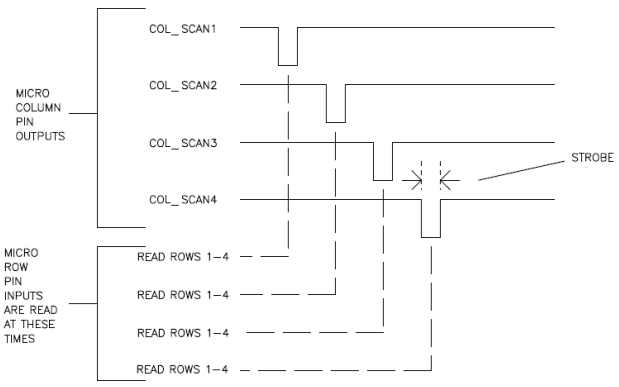
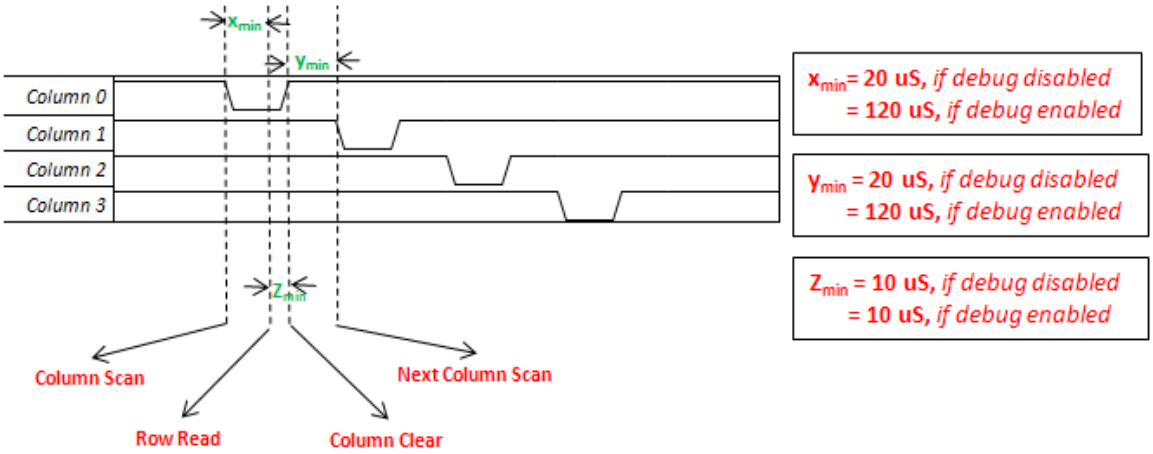


图 4-2. 扫描/列波形详细信息



设计可行性研究的第一个阶段是检查您的设计是否满足图 4-1 和图 4-2 所示的轮询波形，以及是否满足图 4-2 中提及的时序详细信息。

该研究的下一个阶段是检查系统的扫描方法。如果您采用的是基于轮询的方法，那么您的设计能够通过检查，可以执行下一个阶段。如果您采用的是基于中断的方法，则需要使用 CY8CMBR2016 的中断线触发“扫描”线上的轮询波形。中断线为有效高电平，因此，当存在任何有效按键时，该线将变为高电平，并在释放所有按键之前一直保持为高电平。在主机中，该线应配置为高电平有效中断，并且无论何时触发中断，主机均应轮询扫描线并读取按键状态。

4.5 PCB 布局指导方针

赛普拉斯创建了一个交互式的电子表格，又称为设计工具箱，它有助于设计一个强大的 CY8CMBR2016 CapSense PCB 布局，如 Layout Guidelines（布局指南）中讨论的内容。

CapSense 入门手册中的 3.7 节提供了详细的 PCB 布局指南。

5. 低功耗设计的注意事项

5.1 系统设计的注意事项

赛普拉斯 CY8CMBR2016 的设计可满足电池供电应用的低功耗要求。按照下面步骤最小化功耗：

- 将所有未使用的 CapSense 输入（CSx）接地
- 按照 CapSense 入门手册中 3.7.1 节的设计指南最小化 C_P。
- 降低供电电压（有效范围：1.71 V 到 5.5 V）
- 使用较高的按键扫描速率或深度睡眠操作模式，请参考按键扫描速率一节中的内容
- 将未使用的扫描线连接至 V_{DD}

5.2 计算平均功耗

设计工具箱（工具的首选）自动计算本节中所描述的电源优化。CY8CMBR2016 的平均功耗通过计算下面各参数来确定：

1. 按键扫描速率，T_R
2. 扫描时间，T_S
3. “NO TOUCH”（无触摸）状态下的平均电流，I_{AVE_NT}
4. “TOUCH”（接触）状态下的平均电流，I_{AVE_T}
5. 平均使用电流，I_{AVE_U}
6. 平均电流，I_{AVE}
7. 平均功耗，P_{AVE}

5.2.1 按键扫描速率（T_R）

使用一个外部电阻来设置按键扫描速率，具体如表 3-5 所定义。

5.2.1.1 响应时间

响应时间是按下 CSx 按键并且被器件视为有效按键触摸，然后生成一个输出的最短时间。

公式 4

$$RT_{FBT} = Button\ Scan\ Rate + 40\ ms$$

$$RT_{CBT} = 40\ ms$$

其中：

RT_{FBT} 是第一个按键接触的响应时间

RT_{CBT} 是在第一次按键接触后连续的按键接触的响应时间

5.2.2 扫描时间（TS）

可以使用以下公式来计算近似扫描时间：

$$T_S = [0.325\ ms \times (K_{CS0} + K_{CS1} + K_{CS2} + \cdots + K_{CS15})] + T_{FW}$$ 公式 5

其中：

KCSX = CSx 的按键灵敏度常量，如表 5-1 所示。

TFW = 固件执行时间，如表 5-2 所示。

表 5-1. 按键灵敏度常量

CP（pF）	按键灵敏度常量（K）
按键接地	0
5 pF ≤ CP ≤ 11 pF	1
11 pF < CP ≤ 22 pF	2
22 pF < CP ≤ 40 pF	4

表 5-2. 平均电流参数

参数	典型值	最大值
TFW	–	5.00 ms
ISLEEP	1.07 µA	1.5 µA
TS	公式 5	典型值加上 5%
TR	表 3-5	值的±10
IACTIVE	3.4 mA	4.0 mA

5.2.3 “NO TOUCH”（无触摸）状态下的平均电流（IAVE_NT）

$$I_{AVE_NT} = \left(\frac{T_R - T_S}{T_R} \times I_{SLEEP}\right) + \left(\frac{T_S}{T_R} \times I_{ACTIVE}\right)$$ 公式 6

其中：

TR = 按键扫描速率

TS = 扫描时间

ISLEEP = CY8CMBR2016 在低功耗睡眠模式期间消耗的电流，如表 5-2 所示

IACTIVE = CY8CMBR2016 在有效工作期间所消耗的电流，如表 5-2 所示

5.2.4 “TOUCH”（触摸）状态下的平均电流（IAVE_T）

公式 7

$$I_{AVE_T} = \left(\frac{40\ mS - T_S}{40\ mS} \times I_{SLEEP}\right) + \left(\frac{T_S}{40\ mS} \times I_{ACTIVE}\right) \qquad Output\ mode \neq Key\ Scan\ Interface$$

$$I_{AVE_T} = 4\ \mu A \qquad Output\ mode = Key\ Scan\ Interface$$

其中：

TS = 扫描时间

ISLEEP = CY8CMBR2016 在低功耗睡眠模式期间消耗的电流，如表 5-2 所示

I_{ACTIVE} = CY8CMBR2016 在有效工作期间所消耗的电流，如表 5-2 所示

5.2.5 平均使用电流（I_{AVE_U}）

$$I_{AVE_U} = \left(\frac{100-P}{100} \times I_{AVE_NT}\right) + \left(\frac{P}{100} \times I_{AVE_T}\right)$$ 公式 8

其中：

P = CapSense 按键 CSx 处于“触摸”状态的时间与 CY8CMBR2016 处于“ON”状态所占总时间相比较的百分比

I_{AVG_NT} = “NO TOUCH”（无触摸）状态下的平均电流

I_{AVG_T} = 处于“TOUCH”（触摸）状态时的平均电流

5.2.6 平均电流（I_{AVE}）

$$I_{AVE} = \left[I_{AVE_U} \times \left(\frac{T_{SA}}{T_{DS}+T_{SA}}\right)\right] + 0.1\ \mu A$$ 公式 9

其中：

T_{SA} = 器件并非处于深度睡眠模式下的时间

T_{DS} = 器件处于深度睡眠模式的时间

5.2.7 平均功耗（P_{AVE}）

$$P_{AVE} = V_{DD} \times I_{AVE}$$ 公式 10

其中：

I_{AVE} = 平均电流

VDD = 电源电压

5.2.8 示例计算

作为如何计算平均功耗的示例，请考虑一个带有九个设计良好的按键的 CapSense 用户界面。九个按键的 C_P 值处于 10 到 20 pF 的范围内。选用编码 4 位输出接口。按键扫描速率设为 150 ms（中等）。

扫描时间可通过公式 5 计算得到，其中按键灵敏度常量可从表 5-1 获得，另外固件执行时间的典型值可从表 5-2 获得。

$$T_S = [0.325\ ms \times (9 \times 2)] + 5.00 = 10.85\ ms$$

使用公式 6 以及表 5-2 中 I_{SLEEP} 和 I_{ACTIVE} 的最大值计算“NO TOUCH”（无触摸）状态下的平均电流。

$$I_{AVE_NT} = \left(\frac{150-10.85}{150} \times 1.50\ \mu A\right) + \left(\frac{10.85}{150} \times 4.0\ mA\right) = 290.72\ \mu A$$

按照如下所示，使用公式 7 计算“TOUCH”（触摸）状态下的平均电流：

$$I_{AVE_T} = \left(\frac{40-10.85}{40} \times 1.50\ \mu A\right) + \left(\frac{10.85}{40} \times 4.0\ mA\right) = 1086.1\ \mu A$$

要想计算该平均电流，假设用户每分钟触摸某个 CapSense 按键三秒钟。这表示设计在“触摸”状态下工作的时间占每天时间（器件处于打开状态的时间）的 5%。使用公式 8 如下计算设计的平均电流消耗：

$$I_{AVE_U} = (0.05 \times 1086.1\ \mu A) + (0.95 \times 290.72\ \mu A) = 330.5\ \mu A$$

假设该设计没有使用深度睡眠模式并且它在 1.71 V 下工作，则使用公式 10 来计算平均功耗，如下所述：

$$P_{AVE} = 1.71 \times 330.5\ \mu A = 565.2\ \mu W$$

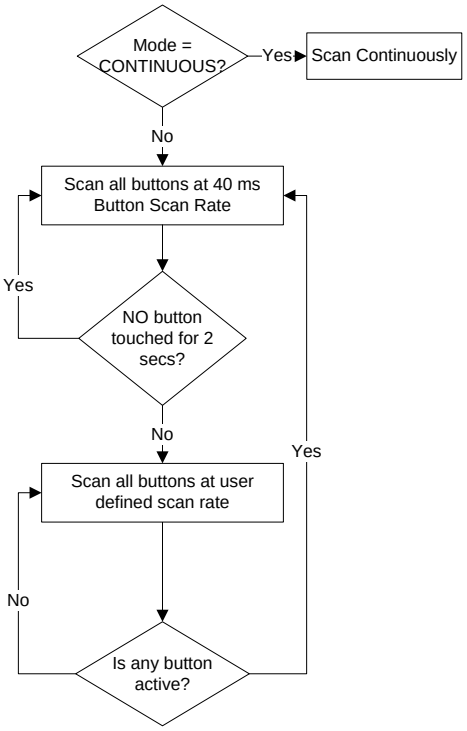
5.3 睡眠模式

赛普拉斯的 CY8CMBR2016 既可配置为在低功率睡眠模式下工作，也可配置为在深度睡眠模式下工作。这些模式可以降低器件的功耗。

5.3.1 低功耗睡眠模式

在低功耗睡眠模式下工作时，CY8CMBR2016 器件在不扫描 CS 输入的情况下电流为 1 µA。扫描速率决定器件处于睡眠状态的时间。CY8CMBR2016 控制器在低功耗睡眠模式下的行为如图 5-1 所示。

图 5-1. 低功耗睡眠模式



因为低功耗睡眠模式无需主机处理器工作，则也称为独立模式。

5.3.2 深度睡眠模式

如果 CY8CMBR2016 在具有主机处理器的系统中使用，则使用 Sleep 引脚可以使器件在深度睡眠模式下工作。

当主机处理器为 Sleep 引脚提供逻辑高电平时，CY8CMBR2016 将进入深度睡眠模式。在该模式下，所有正在进行的通信被暂停，并且器件消耗~ 0.1 µA 的电流。

当主机处理器将 GND 信号输出到 Sleep 引脚时，CY8CMBR2010 将从睡眠状态唤醒，并在低功耗睡眠模式下运行。当器件退出深度睡眠模式时，CapSense 系统将重新初始化。重新初始化的时间一般为 8 ms。在这段时间内触摸任何按键均不会进行报告。

6. 资源

6.1 网站

访问赛普拉斯的 CapSense Express 控制器网站可获取本节所述的全部参考资料。

访问 CY8CMBR2016 的网页可查找有关 CY8CMBR2016 CapSense Express 器件的各种技术资源。

6.2 数据手册

此处提供有关 CapSense CY8CMBR2016 器件的数据手册。

6.3 套件

访问我们的合作伙伴网站可获取 CY8CMBR2016 的支持评估工具包。

6.4 设计工具箱

赛普拉斯创建了一个交互式的电子表格（设计工具箱）来帮助设计强大且可靠的 CY8CMBR2016 CapSense 解决方案。

6.5 样本电路板文件

赛普拉斯提供原理图和电路板样本文件，您可将其用作参考以快速完成您的 PCB 设计流程。

6.6 MultiChart

MultiChart 是一种用于实时 CapSense 数据查看和记录的简单 PC 工具。借助此应用，您可以查看来自多达 48 个传感器的数据、保存和打印图表、保存数据以便日后在电子表格中进行分析。

6.7 设计支持

赛普拉斯具有各种设计支持渠道，以确保 CapSense 解决方案成功。

知识库文章 — 参见产品系列的技术文章或搜索各种 CapSense 相关主题。

CapSense 应用笔记 — 参见本文档中说明信息所涉及的广泛应用笔记。

白皮书 — 了解电容式触摸接口的高级主题。

赛普拉斯开发社区 — 与赛普拉斯技术社区联系并交换信息。

CapSense 产品选择器指南 — 参见赛普拉斯 CapSense 产品系列的全部产品。

视频资料库 — 通过教程视频快速掌握相关知识

质量和可靠性 — 赛普拉斯承诺满足客户的要求。在我们的质量网站上，可以找到可靠性和产品资质报告。

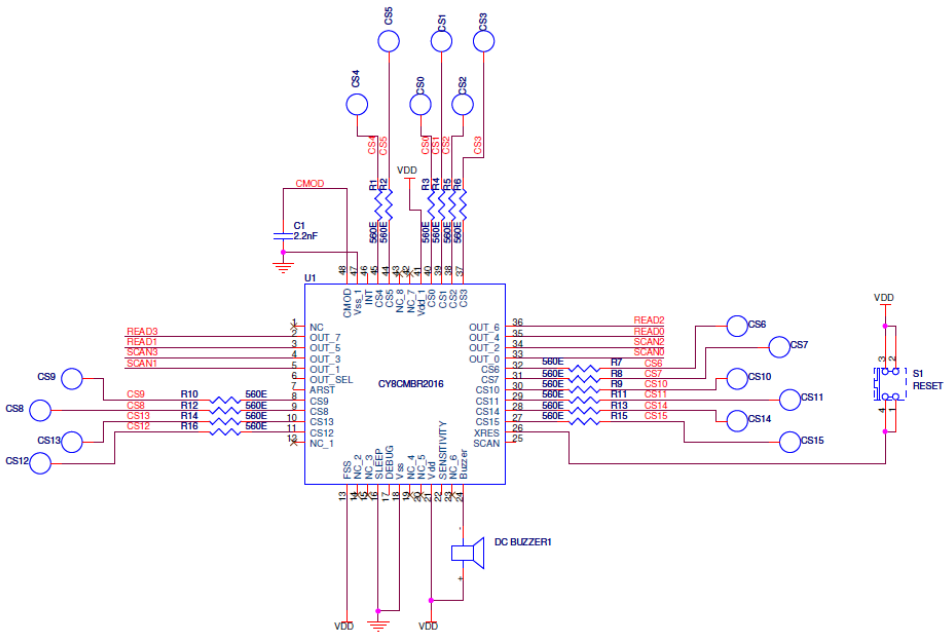
技术支持 — 在线提供一流的技术支持。

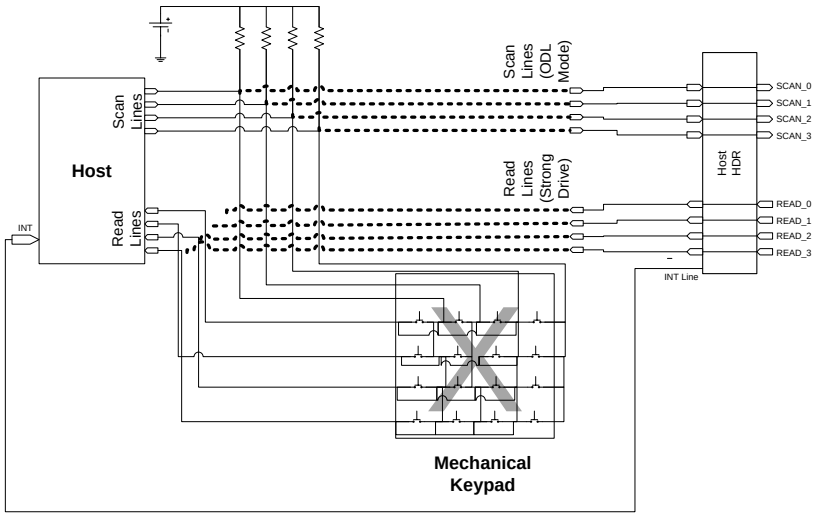
7. 附录

7.1 原理图示例

7.1.1 原理图 1：按键扫描输出模式下的 16 个按键

图 7-1. 原理图 1



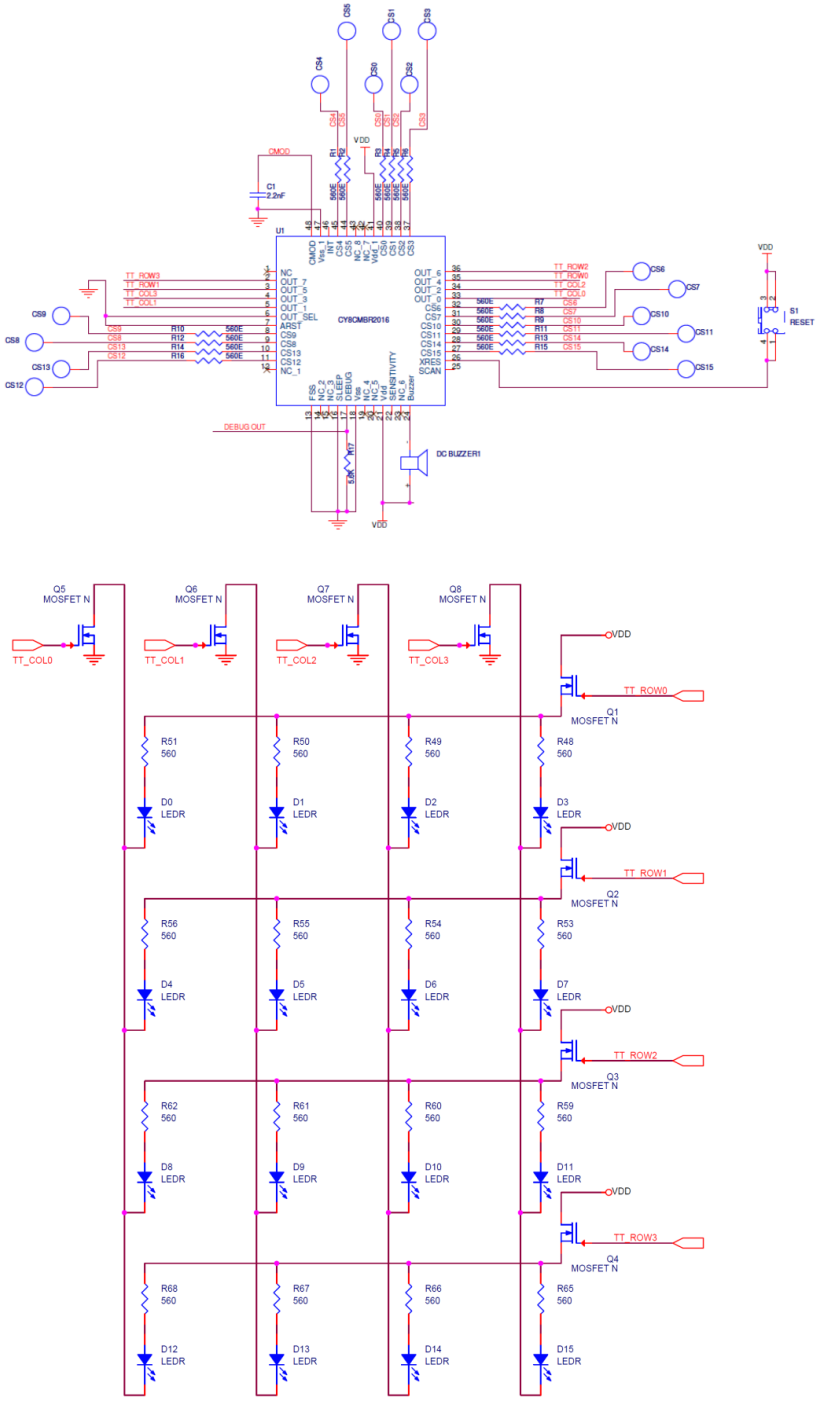


在原理图 1 中，CY8CMBR2016 的配置情况如下：

- 16 个 CapSense 按键
- 按键扫描接口
- 连续扫描模式
- 所有按键均有较高的灵敏度
- FSS 被使能
- 按键自动复位被禁用
- 串行调试数据输出被禁用
- 直流蜂鸣器输出
- 复位按键
- 中断信号线输出

7.1.2 原理图 2：真值表输出模式下的 16 个按键

图 7-2. 原理图 2



在原理图 2 中，CY8CMBR2016 的配置情况如下：

- 16 个 CapSense 按键
- 配置真值表输出，以驱动 LED
- 连续扫描模式
- 所有按键均有较高的灵敏度
- FSS 被禁用
- 按键自动复位被使能，其周期为 5 秒
- 串行调试数据输出被使能
- 直流蜂鸣器输出
- 复位按键
- 中断信号线输出

术语表



AMUXBUS

指的是 PSoC 中的模拟复用器总线，通过它可将 I/O 引脚连接至多个内部模拟信号。

SmartSense™ 自动调校

设计阶段结束后，CapSense 算法自动设置各个感应参数以得到最佳性能，然后连续补偿由于系统、生产过程和环境不同引起的变化。

基准线

指的是从固件算法得到的数值。当传感器上没有手指触摸时，该算法将估计原始计数的值。基准线对原始计数突变的灵敏度较低，另外它还为计数差值的计算提供了参考点。

按键或按键 widget

指的是带有相关传感器的 widget，它会报告传感器的活动或非活动状态（即仅两种状态）。例如，它可以检测到传感器上是否有手指触摸。

计数差值

指的是原始计数与基准线间的差值。如果该差值为负，或如果它低于噪声阈值，则计数差值总是被设置为‘0’。

电容传感器

导体和基板（如印刷电路板（PCB）上的铜质按键）会对触摸事件或接近电容变化物体作出反应。

CapSense®

赛普拉斯的触摸感应用户界面的解决方案这是行业排名第一的解决方案，销量是排名第二的方案的四倍。

CapSense 机械按键替换（MBR）

将机械按键升级到电容式按键的赛普拉斯可配置解决方案仅需要很少的工程功耗，并且不需要固件开发。这些器件包括 CY8CMBR3XXX 和 CY8CMBR2XXX 系列。

中心或中心位置

是指在滑条分辨率所给定的范围内，表示滑条上的手指位置的数字。该数字由 CapSense 中心计算算法计算得出。

补偿 IDAC

指的是可编程的恒流源，CSD 通过使用该恒流源补偿多余的传感器 C_P。与调制 IDAC 不同，该 IDAC 没有受 CSD 模块中 Sigma-delta 调制器的控制。

CSD

CapSense Sigma Delta（CSD）是赛普拉斯专利方法，用于测量电容式感应应用的自电容。

在 CSD 模式下，感应系统测量电极的自电容，且检测自电容的变化，从而确定是否有手指触摸。

去抖动

用于定义连续扫描样本数量，其中应存在触摸事件，以使它变成有效的参数。该参数有助于抑制假的触摸信号。

对于连续扫描样本的去抖动数量，仅在计数差值大于手指阈值+迟滞时，手指触摸才被报告。

驱动屏蔽（Driven-Shield）

指的是 CSD 所使用的一种技术，用于使能防水功能，其中屏蔽电极由一个信号驱动，该信号的相位和幅度与传感器开关信号的相等。

电极

指的是导电材料，如 PCB 板、ITO 或 FPCB 板上的垫片或物理层。电极连接到 CapSense 器件的端口引脚，并作为 CapSense 传感器使用或用于驱动与 CapSense 功能相关的特定信号。

手指阈值

与 Hysteresis（迟滞）一起使用的参数，旨在确定传感器的状态。如果计数差值高于手指阈值+迟滞，传感器状态将显示‘ON’；如果计数差值低于手指阈值-迟滞，则传感器状态将显示‘OFF’。

组合传感器

这是将多个传感器连接在一起，并将它们作为单个传感器进行扫描的方法。该方法用于扩大接近感应的传感器面积，并降低功耗。

当系统处于低功耗模式时，为了降低功耗，需要将所有传感器连接在一起并将其作为单个传感器进行扫描（而不是单独扫描所有传感器），这样可以缩短扫描时间。当用户触摸任何传感器时，系统会进入活动模式，在该模式中，它会单独扫描所有传感器，以检测哪个传感器被激活。

PSoC 通过固件支持传感器组合，这意味着，可以将多个传感器同时连接到 AMUXBUS，以进行扫描。

手势

手势是一个由用户执行的动作，如滑动和线捏/缩放等等。CapSense 具有手势检测功能，即根据预定义的触摸格式来识别不同的手势。在 CapSense 组件中，只有触摸板 widget 支持手势功能。

保护传感器

指的是 PCB 板上围绕所有传感器的铜线，它类似于按键传感器并用于检测水流。触发保护传感器时，固件会禁用对所有其他传感器进行的扫描，以防止误触摸。

填充或网格地填充或网格布的铺设

当设计一个拥有电容式感应功能的 PCB 板时，应将铜制接地层放置在传感器周边，以获取良好的抗噪能力。但是实心接地层会使传感器的寄生电容增加（这种电容是不需要的）。因此，应以特殊网格方式填充接地层。紧密地放置网格地，十字交叉线像丝网一样，线宽度和两条线间的距离确定填充百分比。具有防水功能时，将通过屏蔽信号（而不是接地层）驱动该网格填充（作为屏蔽电极使用）。

迟滞

用于防止由系统噪声产生随机切换造成传感器状态的参数，它与手指阈值一起使用，以确定传感器状态。请查看手指阈值。

IDAC（电流输出的数模转换器）

PSoC 中的可编程恒流源，用于 CapSense 和 ADC 操作。

防水功能

存在水滴、水流或薄雾时，电容感应系统仍能够正常工作的能力。

线性滑条

指的是包含一个传感器以上的 widget。这些传感器以特殊的线性方式安排以检测手指（在单轴内）的物理位置。

低基准线复位

表示扫描样本最大数量的参数，其中原始计数异常低于负噪声阈值。如果超过了低基准线复位值，基准线将被复位到当前的原始计数。

手动调校

指的是手动设置（或调校）CapSense 参数的过程。

矩阵按键

指的是包含两个传感器以上（这些传感器以矩阵方式安排）的 widget。通过使用它可以在各个传感器（这些传感器以垂直方向和横向安排）的交点上检测是否有手指（触摸）。

如果 M 是横轴上的传感器数量，且 N 是纵轴上的传感器数量，那么矩阵按键 Widget 只需要使用 M + N 端口引脚就可以监控 M x N 总交叉点。

使用 CSD 感应方法（自电容）时，该 Widget 一次只能检测一个交叉点位置上的有效触摸。

调制电容（CMOD）

在自电容感应模式下 CSD 模块操作所需要的外部电容。

调制器时钟

指的是一个时钟源，在传感器扫描过程中用于采样从 CSD 模块输出的调制器。该时钟还为原始计数计数器提供时钟。扫描时间（不包括前处理和后处理时间）的计算公式为$(2^N – 1)$/调制器的时钟频率，其中 N 是扫描分辨率。

调制 IDAC

调制 IDAC 是可编程的恒流源，它的输出由 CSD 模块中的 Sigma-delta 控制器输出控制（ON/OFF），以保持 AMUXBUS 电压始终为 V_{REF}。该 IDAC 提供的平均电流等于传感器电容引出的平均电流。

互电容

一个电极（假设为 TX）与另一个电极（假设为 RX）间的相对电容被称为互电容。

负噪声阈值

用于区分通常噪声与不想要的杂散信号的阈值。该参数与低基准线复位参数结合使用。

通过更新基准线，可以跟踪原始计数和负噪声阈值范围内的原始计数的变化，也就是基准线与原始计数之差（基准线–原始计数）小于负噪声阈值。

负方向的杂散信号可被触发的场合包括：上电时传感器上有手指触摸，除去传感器附近的金属物体，移除带有防水功能的 CapSense 产品上的水滴，以及突然发生其他的环境变化。

噪声（CapSense 噪声）

传感器处于‘OFF’状态（无触摸）时原始计数的变量，使用峰至峰计数来测量。

噪声阈值

用于区分传感器的信号和噪声的参数。如果原始计数–基准线的值大于噪声阈值，该参数将表示信号可能有效。如果差值小于噪声阈值，则该原始计数仅包括噪声。

覆盖层

指的是覆盖电容式传感器，并用作触摸表面的非导电材料（如塑胶和玻璃）。将带有多个传感器的 PCB 直接放置在覆盖层下面，或通过弹簧连接。产品的外壳常作为覆盖层使用。

寄生电容（C_P）

寄生电容是由 PCB 走线、传感器垫片、过孔以及气隙组成的传感器电极的内部电容。这是不想要的情况，因为它会使 CSD 的灵敏度降低。

接近感应传感器

指的是不需要物理接触却能够检测到附近的物体的传感器。

辐射滑条

指的是包含多于一个传感器的 widget。这些传感器以特殊的圆形方式安排以检测手指的物理位置。

原始计数

代表传感器物理电容的 CapSense 硬件模块的未处理数值输出。

刷新间隔

传感器两次连续扫描间的时间。

扫描分辨率

由 CSD 模块生产的原始计数分辨率（单位为位）。

扫描时间

完成传感器的扫描过程所需要的时间。

自电容

与电路接地和电极相关的电容。

灵敏度

指的是原始计数随传感器电容的变化，用计数/pF 来表示。传感器灵敏度取决于电路板布局、覆盖层属性、感应方法以及调校参数。

感应时钟

用来实现 CSD 感应方法的开关电容前端的时钟源。

传感器

请参见电容传感器。

传感器自动复位

用于防止传感器无限期地报告由系统故障或金属物体连续显示在传感器附近时造成的误触摸状态的设置。

使能传感器自动复位时，即使计数差值大于噪声阈值，也可以更新基准线。这样将防止传感器无限期地报告‘ON’状态。禁用传感器自动复位时，只有计数差值小于噪声阈值时才能更新基准线。

传感器组合

请参见组合传感器。

屏蔽电极

传感器周围填充铜，以便防止水滴或其他液体引起的误触摸。屏蔽电极由 CSD 模块输出的屏蔽信号驱动。请参见驱动屏蔽（Driven-Shield）。

屏蔽槽电容（C_{SH}）

指的是（当有一个带有高的寄生电容的大屏蔽层时，）用于增强 CSD 屏蔽的驱动能力的可选外部电容（C_{SH} 槽电容）。

信号（CapSense 信号）

计数差值还被称为信号。请参见计数差值。

信噪比（SNR）

有手指触摸时的传感器信号与无手指触摸时的传感器信号间的比例。

滑条分辨率

表示滑条上需要处理的手指位置总数的参数。

触摸板

指的是包含多个传感器的 Widget（这些传感器以特殊的横向和纵向安排），用于检测一个触摸的 X 和 Y 位置。

触摸板

请参见。

调校

“调校”是使 CapSense 操作中所需的各种硬件和软件或阈值参数达到最佳值的过程。

V_{REF}

PSoC 中的可编程参考电压模块，用于 CapSense 和 ADC 操作。

Widget

指的是 CapSense 组件中包括一个传感器或一组类似传感器的用户界面元素。受支持的 widget 包括按键、接近感应传感器、线性滑条、辐射滑条，矩阵按键和触摸板。

修订记录

文档修订记录

文档编号：AN73034 — CY8CMBR2016 CapSense®设计指南 文档编号：001-78723			
版本	**提交日期**	**变更者**	**变更说明**
**	01/02/2012	MSUR	新设计指南。
*A	05/07/2015	ZALC	本文档版本号为 Rev*A，译自英文版 001-73034 Rev*C。
*B	06/25/2015	ZALC	本文档版本号为 Rev*B，译自英文版 001-73034 Rev*D。
*C	06/22/2016	JCUI	本文档版本号为 Rev*C，译自英文版 001-73034 Rev*E。