99 美分无线 SoC 中的六项隐性成本

在无线模块和无线 SoC 之间进行选择时的考虑因素

99 美分无线 SoC 中的六项隐性成本

关于在电路板上安装无线 SoC 时您所不知道的那些事可能会导致产品延迟上市。

目录

您想通过使用无线 SoC 省钱吗？ 2
盈亏平衡分析 3
隐性成本 1：RF 工程师和设计 4
隐性成本 2：实验室设备和设施 5
隐性成本 3：PCB 布局与天线选择 6
隐性成本 4：监管批准和无线标准认证 6
隐性成本 5：因上市时间延迟而造成产品收益减少 7
隐性成本 6：供货管理和保证 7
从无线模块到无线 SoC 8
无线模块和无线 SoC 的单一供应源 8
总结 8
附录 1：盈亏平衡计算 9
附录 2：在产品板上设计无线 SoC 并投入生产的成本 10
附录 3：监管认证和无线标准认证的成本估算 11

您想通过使用无线 SoC 省钱吗？

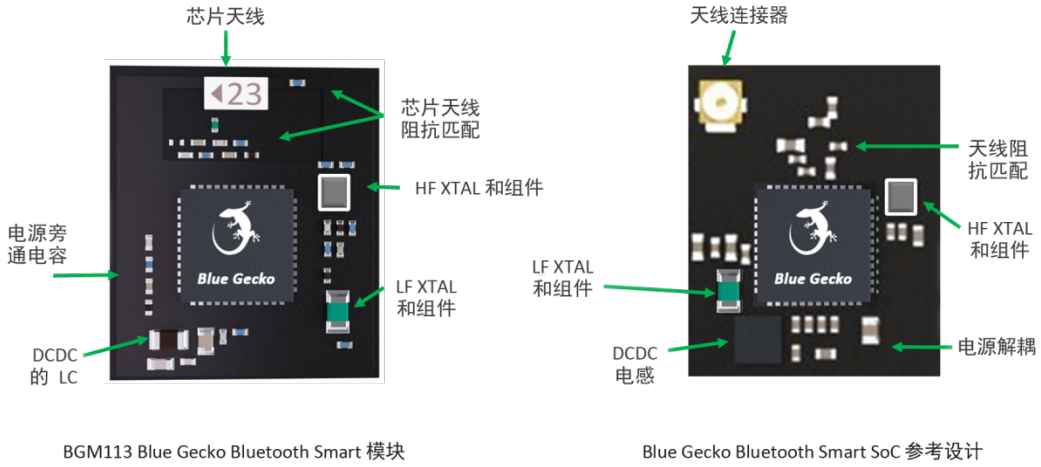
有两个主要方案：

方案 1：在产品印刷电路板 (PCB) 上使用无线片上系统 (SoC) 与无线模块相比，它更加小巧和便宜。但其设计可能有些昂贵。

方案 2：使用内置方案 1 中 SoC 的无线模块。大部分设计已经完成，包括带有 RF 优化和天线布局的完全表征的 PCB、屏蔽、定时组件（晶体）、外部物料清单 (BOM)、监管部门的批准、以及标准认证。但通常它们比 SoC 更贵，尺寸也更大。

Silicon Labs 发布 Blue Gecko *Bluetooth*® Smart 模块和 SoC

- Blue Gecko Bluetooth Smart BMG113 模块价格 = $3.07（量产 100,000 件）
- Blue Gecko Bluetooth Smart SoC 价格 = $0.99（量产 100,000 件）



无线模块和无线 SoC 布局示例

那么，哪种方案最简单，成本效益最高呢？ 这会随着产品、设计师、上市时间等因素的不同而变化。此外，最佳方案还会随着数量的变化而变化。

盈亏平衡分析

模块比同等的 SoC 成本更高，但很多公司广泛使用模块。为什么？ 可以更换的方案的盈亏平衡量是多少？

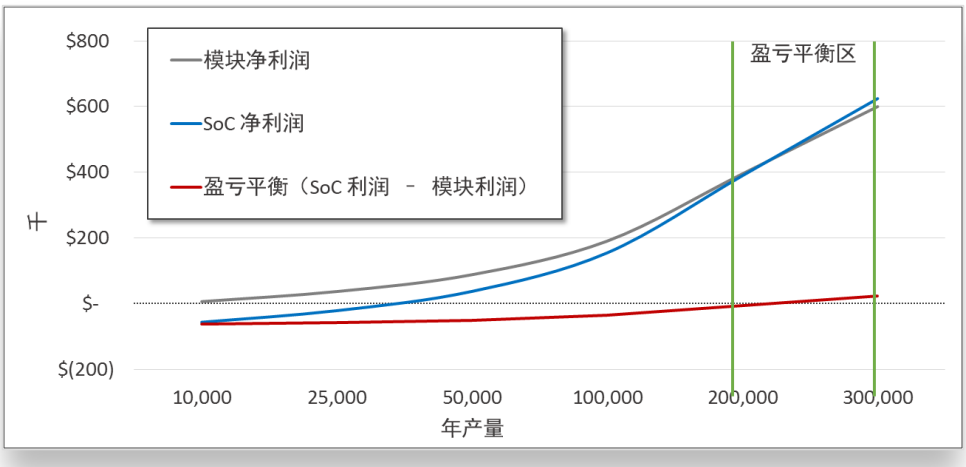
成本分类（用于单一产品）	无线模块	无线 SoC
电路板设计工作（天线、布局、匹配、PCB、调试）	低	高
资源和实验室设备成本	低	高
监管认证成本	低	高
标准认证成本	低	中
上市时间风险	低	高
10 万件价格（见上文介绍/示例）	每件 $3.07	每件 $0.99

无线模块与无线 SoC 成本比较概述

盈亏平衡假设

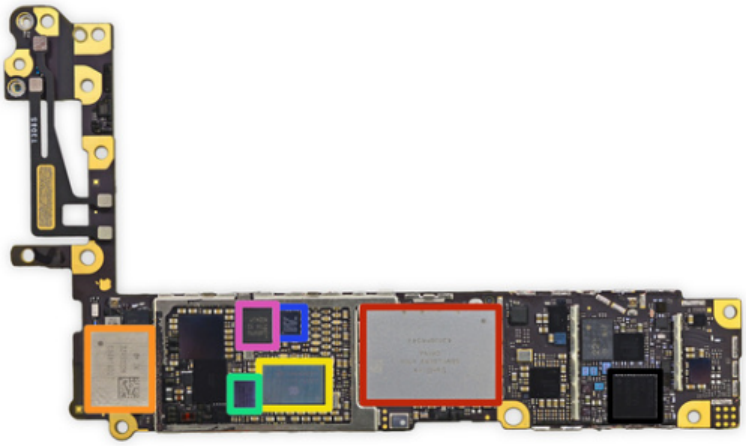
1. 年产 1 万 - 30 万件无线模块时的固定价格为 $3.07；
2. 年产 1 万 - 30 万件无线 SoC 时的固定价格为 $0.99；
3. SoC 物料清单 (BOM) 的固定价格为 $0.50；
   - 模块价格含 BOM。SoC 不含。
4. 毛利润 = $5.12 或比模块价格高 40%。假设 SoC 和模块的售价都使用此值；
5. 鉴于 SoC 的设计、认证和监管批准更为复杂，还需要三个月的额外开发时间。

基于以上假设，年盈亏平衡量在 20 万到 30 万之间。



使用无线模块和无线 SoC 的盈亏平衡示例

此盈亏平衡数据看似有些高，但产量超高的 iPhone 6 也使用 Murata Wi-Fi 模块，因此这仍然不能成为使用 SoC 的充分理由。



- 逻辑板背面：
  - SanDisk SDMFLBCB2 128 Gb (16GB) NAND 闪存
  - Murata 339S0228 Wi-Fi 模块
  - Apple/Dialog 338S1251-AZ 电源管理集成电路
  - Broadcom BCM5976 触摸屏控制器
  - NXP LPC18B1UK ARM Cortex-M3 微控制器（也称为 M8 运动协处理器）
  - NXP 65V10 NFC 模块 + 安全元件（可能含有 NXP）PN544 内置 NCF 控制器）
  - Qualcomm WTR1625L RF 收发器

iPhone 6 Murata Wi-Fi 模块拆解

来源 - ifixit.com/Teardown/iPhone+6+Teardown/29213

那么，为什么盈亏平衡如此复杂？ 因为这些模块消除了设计使用无线 SoC 所伴随的未知风险，而这些未知风险很难以金钱或时间量化。

隐性成本 1：RF 工程师和设计

进行 SoC 设计需要一名 RF 工程师。或者，至少要能够从 SoC 供应商那里获取 RF 设计的专业技术。RF 工程师十分昂贵。Glassdoor.com RF 工程师的薪水达 $8 万-15.2 万/年，这还没有计入相关管理费用（办公室、福利等）。在美国，管理费用一般需在薪水上再加 33%。

聘用一名 RF 工程师的费用 = $8 万-15.2 万/年 + 33% 管理费用 = $10 万-20 万/年

RF 应用说明 – 并不总是像 123 那么简单

SoC 供应商会提供与 Silicon Labs AN930 类似的应用说明 (AN)，以帮助确定 RF 布局。说明中包括推荐使用的天线、印制线、电路板产品和匹配网络，以便在控制成本和尺寸的同时实现最佳的性能。

然而，由于每种设计都不同，这些推荐意见也总是—*总是*—难以实施。事实上，业内专家可以作证，即使产品设计师“照搬”应用说明中的推荐意见，但达不到数据表规范和/或产品预期性能的情况也会时有发生。

模块公司的产品定价更高，部分原因就是其产品已经经过 RF 优化，降低了尺寸和 BOM 费用。整个“系统”可以在几小时内（甚至几分钟内）布置在产品板上。

当然，这也决非易事。但在基本情况下，将模块放置到电路板上显然要比放到 SoC 中更为简单。下表列出了影响 RF 性能的一些问题。

RF 性能因素	潜在的 RF 影响
天线的类型、供应商和布置	天线的布置、类型、材料组成、制造商和成本会改变对匹配网络的信号增益，从而导致不匹配或性能降低。
天线印制线的形状和长度	长度和形状的微小变化都会改变期望的信号能量，从而改变推荐的匹配网络。
电路板制造商	各层之间不同的距离或绝缘材料、PCB 导孔材料、印制线宽度、螺孔等都会有影响。
组件供应商	不同供应商的组件表现也会有所不同，从而导致不同的性能。当设计师使用了“现有库存产品”而没有向推荐供应商采购、或为了省钱而选择了更便宜的其他品牌时，就会出现这种情况。
组件类型	不同的组件技术会影响接收功率和电压（如绕线电容器和薄膜电容器）。
塑料和螺钉位置	螺钉的位置可能会对辐射能和接收能产生双重影响。
电池位置	电池的位置和技术会影响信号功率。充电电池也是一个未知因素。
显示器位置	与电池一样，显示器也会对天线造成干扰。

RF 布局问题及其影响

隐性成本 2：实验室设备和设施

RF 工程需要专用的设备、软件和设施对 RF 设计进行调试。

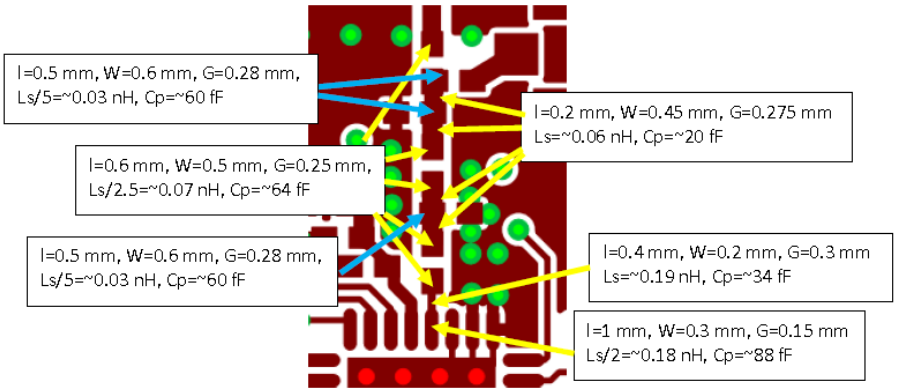
实验室设备	购买成本	租赁成本/天
经校准的可追踪增益喇叭天线	~$2,500	包含在测试设施的日租金中。通常在 $1,000-$3,000/天之间。
双锥天线	~$2,000	
3D 定位器	~$2,000	
频谱分析仪	~$6,000	
带所需调制功能的无线测试软件	~$1,500	
隔离 RF 的消声室 (5m x 5m)	~$20,000	
无线标准模拟器、嗅探器及其调试	~$20,000	

无线实验室设备和设施

隐性成本 3：PCB 布局与天线选择

这有多难？ 许多工程师认为按照应用说明进行布局理应比较简单。虽然有些情况下确实如此，但天线的应用说明往往都很复杂。

AN930 是 Silicon Labs Blue Gecko Bluetooth Smart (BLE) 2.4GHz 天线的应用布局指南，其中给出了天线布局涉及的细微差别的一些很好的例子。该应用说明旨在提供详细的 RF 帮助信息，让客户可以自己动手设计近乎“完美”的布局。



AN930 中关于 Blue Gecko Bluetooth Smart 天线匹配的图片

但仍然有很大可能需要对 PCB 进行调整，以优化天线性能。这些都需要时间——可能需要几天确定调整哪些内容，然后还需要一周在当地 PCB 制造商处完成对电路板的调整。典型的开发可能会需要 16 周至 20 周的时间，而上述调整又需要两周。如前所述，通常借助简单的指南就可以把无线模块成功布置到产品板上。此后仍然需要测试设计的 RF 性能，但很有可能更加难以预测。

隐性成本 4：监管批准和无线标准认证

在非授权频段内运行的产品需要获得监管部门的“型式批准”。很多产品还需要无线标准认证（如：蓝牙）。

有些无线模块已经通过型式批准和无线标准的预认证。将这些模块装入产品时这些批准和认证仍然有效，尽管产品设计师必须申请成为这些标准机构的成员并进行一些产品级的监管测试。无线 SoC 则没有产品型式批准或预认证。

认证机构	预计成本	模块预认证适用（是/否）	无线 SoC 认证适用（是/否）
FCC	~$7,900	是	否
IC（加拿大）	~$7,900	是	否
ETSI / CE（欧洲）	~$7,900	是；需要进行有限的一些测试/再测试	否
韩国	~$4,500	是	否
日本	~$8,600	是	否
Bluetooth®	~$8,000	是，需要额外的会员费	否，需要额外的会员费
ZigBee®	~$4,000	是，需要额外的会员费	否，需要额外的会员费

预计监管和认证费用

监管测试费用和型式批准随国家而不同。有些国家认可其他国家的批准。例如，加拿大认可美国 FCC 第 15 部分批准和文件，无需再进行测试，但需要单独提出申请并获得批准和认证标志。

每项无线标准都要求认证并获得标准机构的付费会员资格。每个认证机构都是独立的，不认可其他机构的认证。有咨询公司提供针对这些批准和认证过程的服务。此类公司熟悉这些过程的要求内容、测试方法、报告编制要求、以及何时需要批准或认证。附录 3 提供了一份认证机构、指南、预计费用和相关咨询公司的清单。

隐性成本 5：因上市时间 (TTM) 延迟而造成产品收益减少

与使用模块相比，使用无线 SoC 最大的隐性成本之一就是因其设计、测试、调试、型式批准、认证所花费的额外时间而存在失去市场机遇的风险。

产品推迟一天上市就会造成一天的收入损失。上市时间可能推迟几周，也可能推迟数月。正如从 iPhone 6 上看到的，为什么明知模块成本更高，而仍有大产量公司继续使用模块，消除上市时间风险就是一项主要原因。

隐性成本 6：供货管理和保证

对于生产线产量低的公司，模块可以降低供货风险。一家模块供应商代表所有客户进行 SoC （用于模块中）供货谈判。这样，他们就把需求整合到了一起，可以防止小公司因 SoC 缺货而停产。另外，采购一种模块要比采购所有组件再把 SoC 安装到电路板上简单得多。

从无线模块到无线 SoC

当一家使用模块的公司决定转向无线 SoC 时，所面临的问题是如何再利用其过去用模块开发的软件。模块公司通常会为其模块提供一个独特的软件应用编程接口 (API)。API 简单易用，让客户能在不同 SoC 版本和/或无线标准条件下实现不同模块之间的转换。

这样还能帮助模块公司留住其通过软件投资获得的模块客户；客户也并不想抛弃一个可靠、固化且成熟的无线模块，而改用新出的、未经验证也不熟悉的无线 SoC。

无线模块和无线 SoC 的单一供应源

有些供应商同时销售模块和 SoC。如此就能支持模块和 SoC 之间的软件移植。

Silicon Labs 就是这样一家公司。Silicon Labs 是无线 SoC 的先驱，在这个领域耕耘 20 年，并与模块公司有着悠久的合作历史。近年来，公司收购了两家战略性模块供应商：BlueGiga 是一家专业从事蓝牙和 Wi-Fi 模块的设计、支持和制造的公司，Telegesis 是 ZigBee 和 Thread 模块的领先供应商。

Silicon Labs 已成为无线 SoC 和无线模块的一站式供应商，同时还供应通用软件、协议栈、支持和开发工具。

总结

选择无线模块还是无线 SoC？这个问题的答案很复杂，取决于产量、上市时间的紧迫性、风险承受能力和可用的资源。
只要选择一家能同时供应模块和 SoC 且能保护软件投资的供应商，当盈亏平衡分析确认需要进行转换时，客户能非常简单地实现模块至 SoC 的迁移。

查看 Silicon Labs 无线解决方案

查看 Silicon Labs 蓝牙解决方案

附录

附录 1：盈亏平衡计算

	SoC 成本	模块成本				
无线标准机构认证（单项）	$ (4,000)	$ -				
无线会员资格（单项）	$ (4,000)	$ (4,000)				
注册 批准（美国、IC、欧盟、韩国、日本）	$ (36,800)	$ (5,000)				
开发使用的实验室设备或租金（按比例分配，SoC 开发需要 3 个月）	$ (15,000)	$ (5,000)				
RF 专业技术（用于 SoC 设计和调试，需 3 个月）	$ (20,000)	$ -				
RF、开发、认证和监管批准成本	$ (79,800)	$ (14,000)				
SoC 与模块的上市时间差异（3-6 个月）	3	-				
	100KU 定价					
模块成本 (BGM113)	$ 3.07					
SoC 成本（EFR32 32 QFN， 256 闪存）	$ 0.99					
SoC BOM 成本	$ 0.50					
SoC 总成本	$ 1.49					
SoC 相对于模块节省的成本	$ 1.58					
产品零售 ASP 无线溢价 @ 模块价格加 40% 的毛利润	$ 5.12					
年产量	**10,000**	**25,000**	**50,000**	**100,000**	**200,000**	**300,000**
总收入	$ 51,167	$ 127,917	$ 255,833	$ 511,667	$ 1,023,333	$ 1,535,000
模块开发成本	$ (14,000)	$ (14,000)	$ (14,000)	$ (14,000)	$ (14,000)	$ (14,000)
模块成本	$ (30,700)	$ (76,750)	$ (153,500)	$ (307,000)	$ (614,000)	$ (921,000)
模块净利润	$ 6,467	$ 37,167	$ 88,333	$ 190,667	$ 395,333	$ 600,000
SoC 开发成本	$ (79,800)	$ (79,800)	$ (79,800)	$ (79,800)	$ (79,800)	$ (79,800)
SoC 上市时间收益损失	$ (12,792)	$ (31,979)	$ (63,958)	$ (127,917)	$ (255,833)	$ (383,750)
SoC+ BOM 成本	$ (14,900)	$ (37,250)	$ (74,500)	$ (149,000)	$ (298,000)	$ (447,000)
SoC 净利润	$ (56,325)	$ (21,113)	$ 37,575	$ 154,950	$ 389,700	$ 624,450
盈亏平衡（SoC 利润 - 模块利润）	$ (62,792)	$ (58,279)	$ (50,758)	$ (35,717)	$ (5,633)	$ 24,450

附录 2：在产品板上设计无线 SoC 并投入生产的成本

成本分类	模块成本	置信水平 (%)？ 备注？	SoC 成本	置信水平 (%)？ 备注？
选择天线	零	100%	中	50% – 供应商可能有天线推荐清单。即便如此，作出有信心的选择仍需进行仔细分析。
天线布局	低	90% – 作为一体化系统，模块不容易混乱。不过，模块布置仍然会有限制，也可能存在*可能*导致混乱的“禁区”。也有可能模块包中包含了防止这些意外发生的预防措施，因此发生的概率事实上很低。	高	90% – 出现“试验-误差-调整-重复”循环的可能性很高。即使是经验丰富的 RF 工程师，为了提高 Rx/Tx 性能*和*降低 BOM 成本，也需要数周的时间进行天线优化。优化内容包括严密关注“禁区”、有效隔离感应回路、组件选择和布置等。还可能需要 RF 专业技术、实验室设备和隔离 RF 的测试环境。
优化天线布局	低		高	
减少对天线输入的干扰	低		高	90% – 极有可能有不可预知的和/或意外的辐射源发出耦合噪声进入 RF 前端。
减少对天线输出功率的干扰	低		中	50% – 次优布局很可能会降低输出性能；还可能有意外干扰信号降低输出功率。
引脚分配的复杂性	标准	模块公司能以不改变模块尺寸的处理方式处理 SoC 引脚分配变化。	标准	SoC 引脚分配在测试硅和产品硅时可能会有不同。同理，这些引脚在后续版本中也可能会有变化。
软件复杂性	低/中	50% – 模块公司有可能拥有“SoC 抽象层”开发软件和 API。因供应商不同而异。	低/中	50% – 取决于 SoC 公司的设计理念，其软件 API 可能极为简单，也可能极为复杂。因供应商不同而异。
监管认证 标准认证	无/低	100% – 模块在供货时可能已在各地区按照不同无线标准通过了预认证。可能需要提供一些模块供应商不具备的产品级认证，会因此增加一些费用。	高	100% – 每个产品必须在每个目标监管区按照每项支持的无线标准通过认证。这是一项耗时且昂贵的任务，而且总是无法一次性通过，而需“重新再来”。

附录 3：监管认证和无线标准认证的成本估算

认证机构	链接/备注	预计成本	适用于模块（是/否）
监管			
无执照的射频适用 US FCC 第 15B 和 15C 部分	https://en.wikipedia.org/wiki/Title_47_CFR_Part_15 该页面提供了简易指南。	~$7,900	对于第 15B 部分，是
加拿大工业部 (IC)	http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf01698.html 测试指南：http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf01130.html FCC 第 15 部分认证适用于提供有书面报告声明跨国合规性的 IC 认证。	~$7,900	是
欧洲 ETSI 和 CE	覆盖欧洲、亚洲、中东和亚洲部分地区。 http://www.etsi.org/standards/looking-for-an-etsi-standard/list-of-harmonised-standards 对于无执照的射频，EN 300 328、EN 301 489 和 EN 60950 都很重要。	~$7,900	是
韩国	http://rra.go.kr/eng2/cas/introduction.jsp	~$4,500	是
日本 MIC / Telec	http://www.tele.soumu.go.jp/e/sys/equ/tech/	~$8,600	是
Sub-GHz /专有无线	通常只需遵守法规。		是
Bluetooth®			
会员费	https://www.bluetooth.org/en-us/members/membership-benefits	$0 - $8,000 （或更高）	否
资格概述	https://www.bluetooth.org/en-us/test-qualification/qualification-overview		是
入会费概述	https://www.bluetooth.org/en-us/test-qualification/qualification-overview/fees	$4,000 - $8,000	是
关于资格的常见问题	https://www.bluetooth.org/en-us/test-qualification/qualification-overview/listing-process-updates		
ZigBee®			
会员费	http://www.zigbee.org/zigbeealliance/join/#levels http://www.zigbee.org/Join/HowtoJoin.aspx http://www.zigbee.org/Join/MembershipFAQ.aspx	$4,000 - $9,000 （或更高）	否
资格概述	http://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/zigbeecertified/		是
入会费概述	每个测试站	~$4,000	是
关于资格的常见问题	https://docs.zigbee.org/zigbee-docs/dcn/05/docs-05-3594-04-0zqg-zigbee-certification-testing-faq.pdf		
帮助站点			
Northwest EMC	http://www.nwemc.com/		

TUV	http://www.tuv.com/en/corporate/business_customers/product_testing_3/product_testing.html
NTS	https://www.nts.com/services/certification_services
7Layers	http://www.7layers.com/#!/type-approval/

使电子产品更智能、更具连接性、更节能

Silicon Labs (NASDAQ: SLAB）是面向物联网、网络基础设施、工业控制、消费和汽车市场中硅、软件和系统解决方案的领先提供商。我们为电子产业解决最棘手的问题，在性能、节能、连接性和设计简洁性方面为客户带来显著的优势。以卓越软件和混合信号设计专业知识为基础的世界级设计团队为后盾，Silicon Labs 提供所有必要的工具和技术，帮助开发人员快速简单地将最初的创意转变成最终的产品。

® Copyright 2015，Silicon Laboratories Inc. 版权所有。Silicon Laboratories、Silicon Labs、 SiLabs 和 Silicon Labs 标志、 CMEMS®、EFM、EFM32、EFR、Energy Micro、Energy Micro 标志以及其组合、"the world's most energy friendly microcontrollers"、Ember®、EZLink®、EZMac®、EZRadio®、EZRadioPRO®、DSPLL®、ISOmodem ®、Precision32®、ProSLIC®、SiPHY®、USBXpress® 等均为 Silicon Laboratories Inc. 的商标或注册商标。此处提及的所有其他产品或商标名称为其各自持有人的商标。