

MSP430 Day

超低功耗 | 高集成度 | 简单易用



嵌入式产品系列 2012

议程

- 介绍 MSP430
- 粗略了解 MSP430 支持的应用
- MSP430 价值命题
 - MSP430，超低功耗技术的业界领先者
实验1： ULP advisor 助您轻松开始使用MSP430 LaunchPad和超低功耗设计。
 - 深入研究：模拟与数字外设的高集成度
演示： MSP430FR57XX给您独特的FRAM体验
 - 如何启动开发工作： MSP430 硬件和软件开发生态系统
实验2： 使用Grace轻松编码
演示： 使用touch booster pack玩转cap touch

MSP430

超低 功耗 MCU



超低功耗

世界上最低功耗的 MCU 系列

- 超低功耗运行模式
- 7 种低功耗模式
- 即时唤醒
- 所有的 MSP430 器件均为超低功耗

集成

智能模拟与数字外设

- 外设工作于低功耗模式
- 最大限度地缩减了 PCB 面积和 BOM 成本
- 具有 USB、RF、电容式触摸 I/O、计量模块、LCD、ADC、DAC 等等

丰富齐全的产品线，低成本选项

找到适合您需要的理想 MCU

- 400 多款器件
- 高达 256kB 闪存、18kB RAM、超过 25 种封装选项
- 超值系列 (*Value Line*) 可提供低成本器件
- 不同的性能水平和集成度

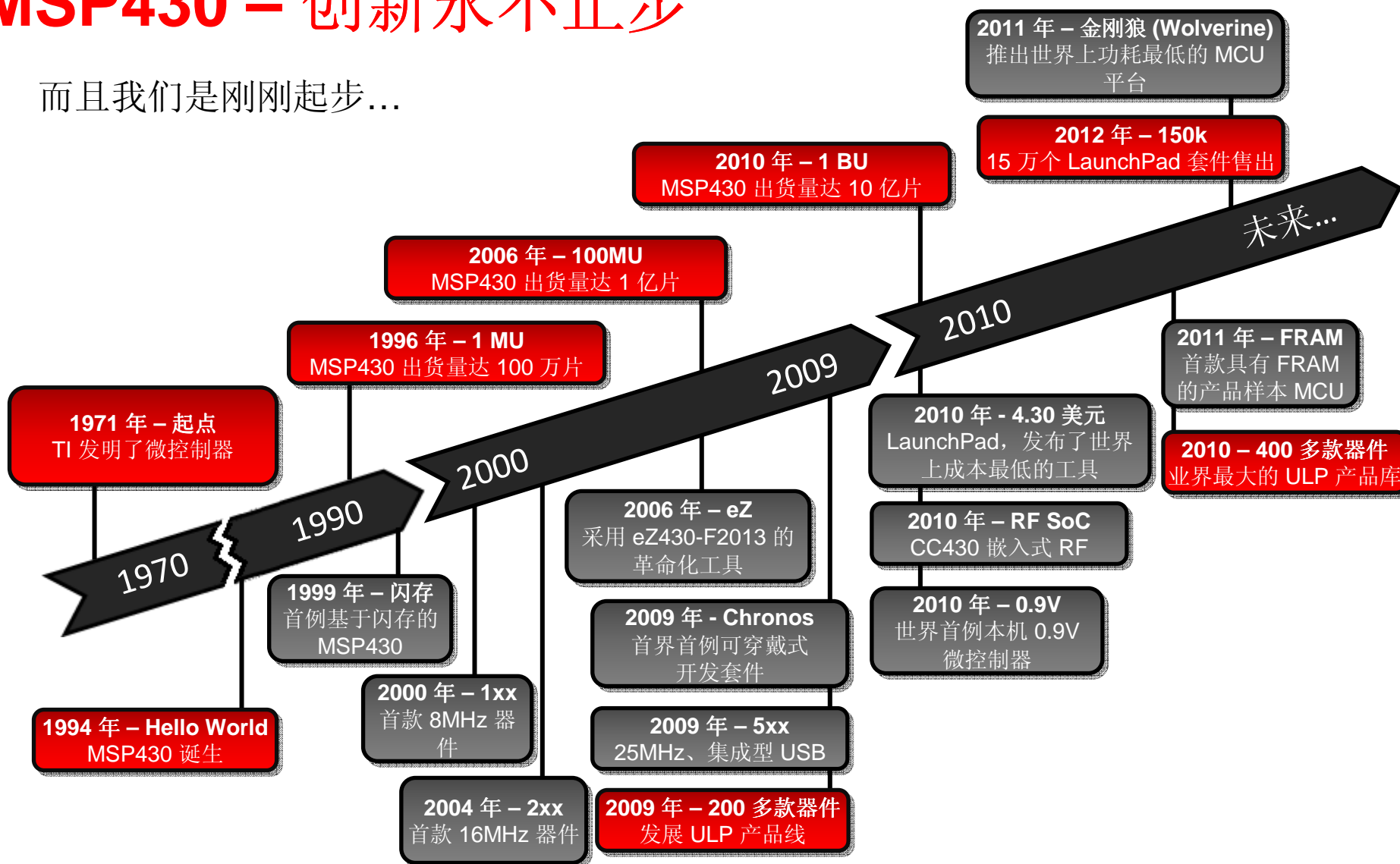
易于启动开发工作

低成本和简单的进入点

- 完整的套件（起售价 4.30 美元）
- 一款工具可适用所有的 MSP430 器件
- 可提供基于 GUI 的编码与调试工具
- 代码、文档及其他在线资源

MSP430 – 创新永不止步

而且我们是刚刚起步...



MSP430 的荣誉和获奖情况



《Design News》金捕鼠器 (Golden Mousetrap) 奖
2011 年度最佳新产品



《ECN》2010 年度读者选择奖
电路板、模块和嵌入式系统



《EDN》2010 年度百大热门产品奖
开发套件 – MSP430 LaunchPad



2010 年度嵌入式计算设计奖
编辑的选择 - MSP430 Value Line



《EDN》第 20 届年度创新奖
软件/嵌入式工具 – 2010 年度

MSP430 正在为超低功耗与易用型开发铺平道路。

2011 年度 《Wired》杂志十大快乐父亲节礼物

MSP430 LaunchPad 开发套件

2007 年度最佳制造商奖

全球设计链精英 (Global Design Chain Excellence)

2007 年度 《EDN》创新奖

开发套件

嵌入式系统设计

AdPower 奖

2005 年度 《Electronic Products》杂志

年度最佳产品奖

2005 年度 《EE Times》杂志

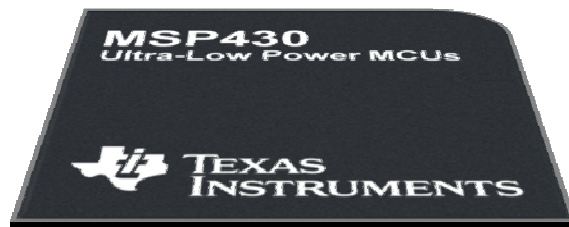
最佳产品奖

持续创新...

MSP430 支持的应用

公用事业计量

电能表
燃气表
流量计
智能仪表



便携式医疗

血糖仪
体温计
心率监测仪
可移植式设备



无线应用

远程传感器
通信控制器
RFID



MSP430 MCU 可支持 数以千计的应用

利用 MSP430 MCU 的超低功耗性能、高的模块与数字外设集成度以及简单易用的工具链，可实现最终产品的差异化。

传感器和安全

烟雾探测器
运动探测器
振动探测器
智能传感器



消费电子

便携式电子产品
遥控器
个人护理
PC 外设



能量收集

可再生能源
无电池设备
太阳能、热、
振动等



个人健康与健身

运动手表
计步器
运动消耗卡路里计
潜水手表



MSP430 支持的应用

公用事业计量

电能表
燃气表
流量表
智能仪表



MSP430 在计量中的应用

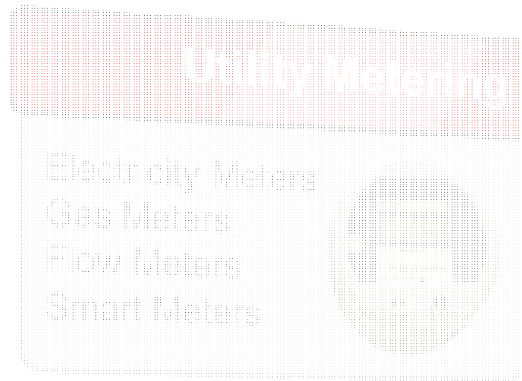
•独特的集成

- 集成型运算放大器、24 位 $\Sigma \Delta$ 转换器
- 专用于计量的嵌入式信号处理器 (ESP) 降低 CPU 负荷
- 专用于电子计量、流量表和医疗设备的集成型器件
- 具有用于实现低功耗性能 of 的集成型 FRAM 的新型平台

•主要的器件系列:

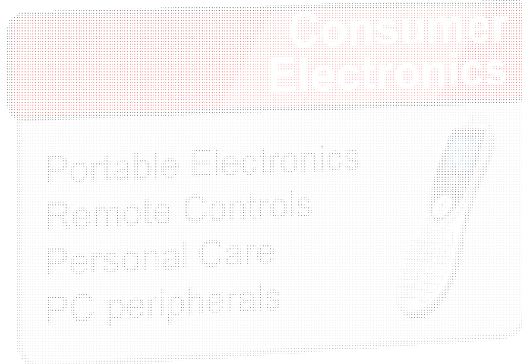
- MSP430AFE2xx – 具有集成型模拟前端 (AFE) 的 MSP430
- MSP430FG4xx – 专为医疗设备而集成的 MSP430
- MSP430FE4xx – 专为电子计量设备而集成的 MSP430
- MSP430FW4xx – 专为流量计量设备而集成的 MSP430
- MSP430F471xx – 具有 7 个集成型 24 位 $\Sigma \Delta$ 转换器的 MSP430
- 新型超低功耗 (ULP) 金刚狼 (Wolverine) 平台 – 非常适合超低功耗计量应用

MSP430 支持的应用



无线应用

远程传感器
通信控制器
RFID



MSP430 在无线领域中的应用

•超低功耗性能

- 所有的 MSP430 器件从一开始就都是针对超低功耗 (ULP) 而精心设计的。这使得所有 MSP430 器件在与一个无线协议处理器或无线收发器配合使用时，均非常适合无线应用。

•集成型器件

- 集成型外设（如 ADC、定时器和串行通信）使 MSP430 成为适合无线传感器网络的理想 MCU
- 运用独特的集成型 FRAM 存储器技术的新型器件可实现几乎不受限制的重写次数，非常适合数据记录应用
- CC430 微控制器是一款具有集成型 RF 收发器的独特 MSP430 MCU

•完整的 RF 生态系统

- MSP430 得到了一个用于创建无线应用的完整软硬件工具库的支持
- 当与 TI 及第三方无线特定模块配合使用时，可支持多种协议：RFID & NFC、低于 1 GHz、2.4GHz、蓝牙、wifi 等等
- MSP430FR57xx 和 金刚狼 (Wolverine) 平台提供集成型 FRAM

MSP430 支持的应用

MSP430 在消费电子产品中的应用

• 超低功耗性能

- 所有的 MSP430 器件从一开始就都是针对超低功耗 (ULP) 而精心设计的。这意味着 MSP430 可为消费类电子产品提供更长的电池使用寿命。

• 高集成度

- MSP430 提供了独特的电容式触摸感测 I/O 端口，可在无需使用外部组件的情况下直接连接至触摸按钮、滑块和滚轮
- 可提供独特的触感（振动反馈）解决方案
- 还可实现近距离和手势感测
- 器件还集成全速 USB2.0
- 还可提供内置 LCD 驱动器
- MSP430 能通过 I2C 或 SPI 以及模拟输入与各种传感器实现集成，可读取加速计、陀螺仪等的数据

• 特色器件：

- MSP430G2xx: 具有电容式感测 I/O 的 Value Line 系列
- MSP430F552x: 内置 USB 驱动器
- MSP430F6xx: 内置 LCD 驱动器
- MSP430L092: 可在单节电池 0.9V 电压下操作

消费电子产品

便携式电子产品
遥控器
个人护理
PC 外设



MSP430 支持的应用

MSP430 在便携式医疗设备中的应用

• 超低功耗性能

- 所有的 MSP430 器件从一开始就都是针对超低功耗 (ULP) 而精心设计的。这意味着 MSP430 可为便携式医疗设备提供更长的电池使用寿命。

• 高集成度

- MSP430 提供了高性能、高分辨率的模拟与数字外设，非常适合血糖仪、心率监测仪、体温计等等

• 特色器件:

- MSP430FG4xx: 非常适合医疗测量设备，具有高分辨率的模拟与集成型 LCD 驱动器
- MSP430F6xx: 具有用于支持 RTOS 的较大容量存储器、集成 USB 和 LCD 驱动器、25MHz CPU 速度和集成型外设
- 由 TI 和第三方合作伙伴（如 Micrium 等）提供的 RTOS 解决方案还提供了稳健的软件解决方案

便携式医疗

血糖仪
体温计
心率监测仪
可移植设备



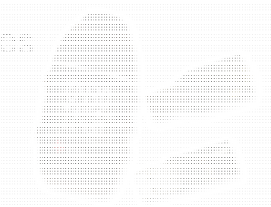
Sensors & Security

Smoke Detector
Motion Detector
Vibration Detector
Smart Sensors



Industrial Machine

Sports Watches
Pedometers
Calorimeters
Dive watches



MSP430 支持的应用

MSP430 在工业、安全和传感器中的应用

•超低功耗性能

- 所有的 MSP430 器件从一开始就都是针对超低功耗 (ULP) 而精心设计的。这意味着 MSP430 可为设备提供更长的电池使用寿命。
- 可中断的低功耗模式意味着能够在节省电池电量的同时周期性地检查传感器以获取新的数据

•高集成度

- 集成定时器、串行通信接口 (I2C、UART 和 SPI) 使其非常适合与传感器、10 位和 12 位 ADC 以及 24 位 $\Sigma \Delta$ 转换器进行通信
- 某些器件具有 5V I/O 端口
- 某些器件具有 128 位 AES 加密功能

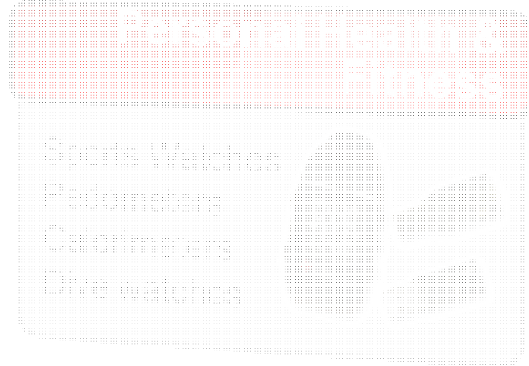
•特色器件:

- MSP430G2xx: 面向低功耗应用 (如玻璃破碎探测器、运动探测等) 的 Value Line 系列
- MSP430F51x2: 具有 5V I/O 和高分辨率 4ns PWM
- CC430 MCU 和新型金刚狼 (Wolverine) 平台集成了 AES 加密功能



传感器和安全

- 烟雾探测器
- 运动探测器
- 振动探测器
- 智能传感器

An image showing a smoke detector and a security camera.

MSP430 支持的应用

MSP430 在个人保健与健身中的应用

• 超低功耗性能

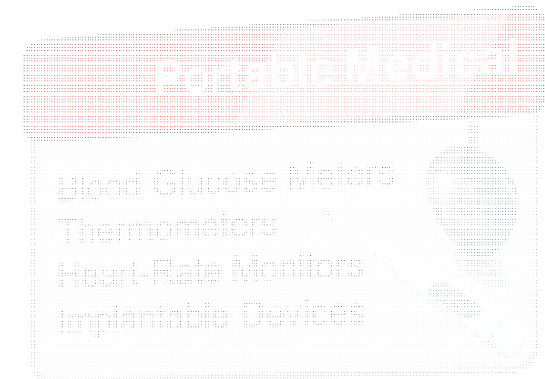
- 所有的 MSP430 器件从一开始就都是针对超低功耗 (ULP) 而精心设计的。这意味着 MSP430 可为设备提供更长的电池使用寿命。
- 可实现能量收集人体局域网

• 高集成度

- MSP430 提供了高性能、高分辨率的模拟与数字外设，非常适合诸如加速计和陀螺仪等传感器
- MSP430FR57xx 和新型金刚狼 (Wolverine) 平台具有集成型 FRAM，此类存储器可提供前所未有的重写次数，是数据记录的理想选择

• 无线集成

- 具有集成型 RF 的 CC430 (或将一个 MSP430 MCU 与一个 RF 收发器配合使用) 可提供超低功耗人体局域网
- 收集数据直到与基站实现无线同步为止



MSP430 支持的应用

MSP430 在能量收集中的应用

• 超低功耗性能

- 所有的 MSP430 器件从一开始就都是针对超低功耗 (ULP) 而精心设计的。这意味着 MSP430 能够实现 **无电池** 操作
- 下一代 FRAM 存储器技术可实现速度更快和功耗更低的存储器访问

• 下一代金刚狼 (Wolverine) 平台

- 打造业界功耗最低的微控制器平台

• 新型软件工具可帮助您编写更加高效的代码!

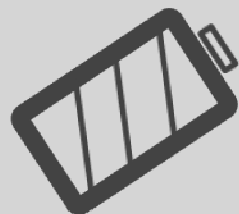
- ULP Advisor™ 软件可根据超低功耗检查清单查验您的代码
- 可提供设计小贴士、技巧、代码范例等等，以帮助您的应用达到超低功耗 (ULP) 的标准

能量收集

可再生能源
无电池设备
太阳能、热、
振动等



MSP430 的主要价值



超低功耗

利用 **MSP430 MCU** 可延长电池使用寿命

- 超低功耗运行模式
- 7 种灵活的低功耗模式
- 即时唤醒
- 智能与自主型外设

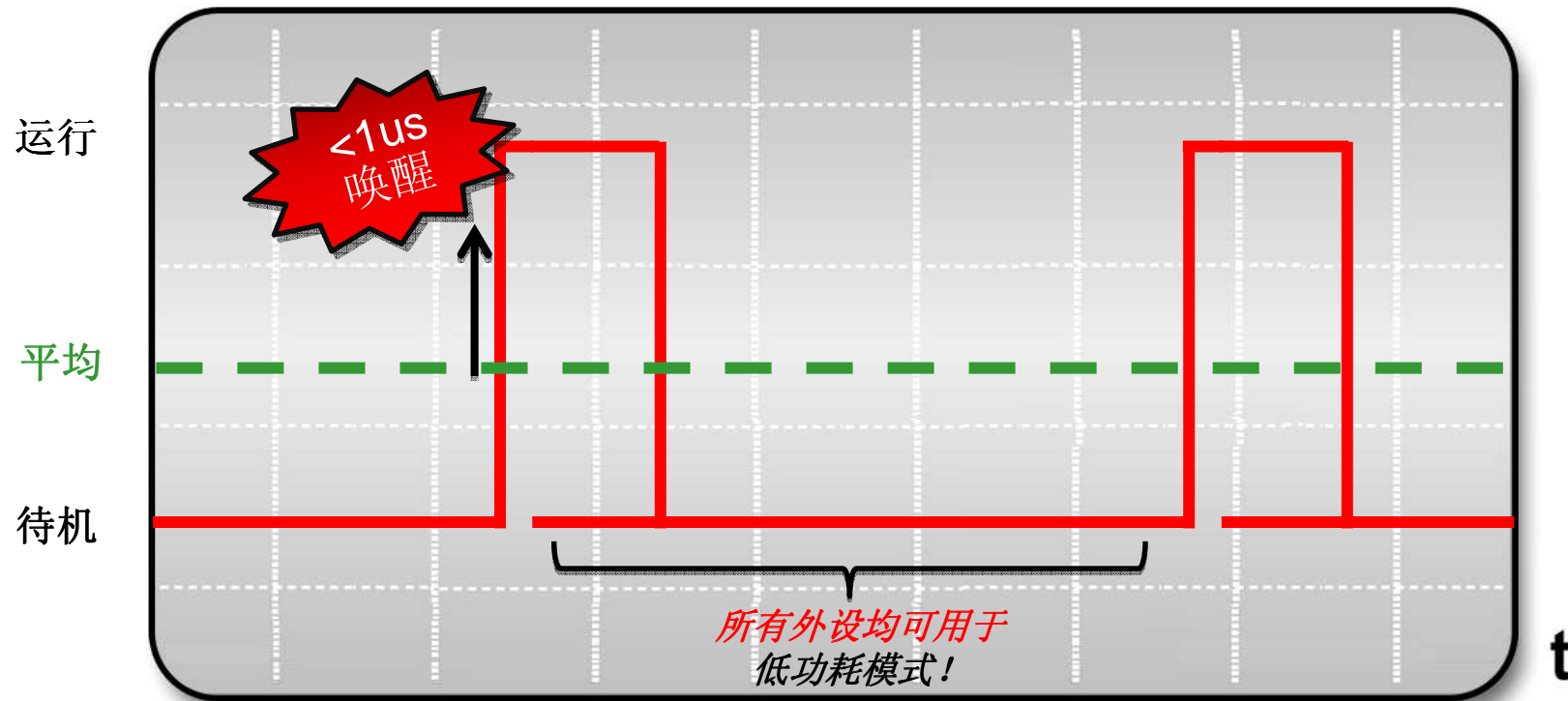
ULP Advisor

- 帮助开发人员编写面向 **ULP** 性能的代码

代号: **金刚狼 (Wolverine)**

- 推出 **最低功耗的 MCU** 平台

超低功耗模式



- ✓ 低功耗运行模式
- ✓ 7 种灵活的低功耗模式
- ✓ $<1\mu\text{s}$ 唤醒时间
- ✓ 能自主工作的集成型外设

MSP430 从一开始就是针对超低功耗 (ULP) 性能而精心设计的

超低功耗运行模式

超低功耗运行模式

在 2.2V、1MHz、闪存操作

F2xx (通用, 最大运行频率 16MHz)

- 220uA

F4xx (带 LCD, 最大运行频率 16MHz)

- 200uA

F5xx (通用 + USB, 最大运行频率 25MHz)

- 160uA

具有 **FRAM** 的 **MSP430** 器件

- <100uA

毫无隐瞒! 基线电流包括:

- 零功耗欠压复位
- 所有外设均可定时和访问
- 所有外设均可用于低功耗模式
- 端口被启用
- 定时器、看门狗定时器 (WDT)
- 所有中断信号源

uA/MHz 性能随着 CPU 速度的提升而有所改善

低功耗运行模式技术的领先者



7种可配置低功耗模式

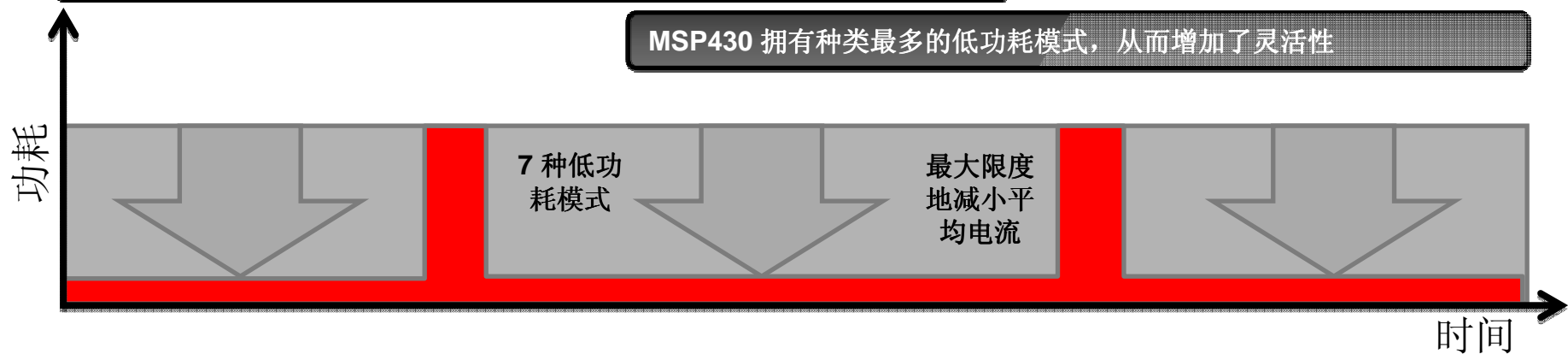
优化功耗模式并最大限度地减小平均功耗

MSP430	运行	LPM0	LPM1	LPM2	LPM3	LPM3.5	LPM4	LPM4.5
CPU	✓	-	-	-	-	-	-	-
SMCLK (高频外设时钟)	✓	✓	✓	-	-	-	-	-
ACLK (低频外设时钟)	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-
自主型外设	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-
RAM 保持	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-
欠压复位	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
实时时钟	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-

零功耗欠压复位 (BOR)

大多数应用处于低功耗模式的时间均占到了 99% 至 99.9%

MSP430 拥有种类最多的低功耗模式，从而增加了灵活性



同类产品最佳的唤醒时间

可从 MSP430 的任意低功耗模式快速唤醒

F2xx (通用, 最大运行频率 16MHz)

- $<1\mu\text{s}$ @ $1\mu\text{A}$

F4xx (带 LCD, 最大运行频率 16MHz)

- $<5\mu\text{s}$ @ $1\mu\text{A}$

F5xx (通用 + USB, 最大运行频率 25MHz)

- $<6\mu\text{s}$ @ $2\mu\text{A}$

FR5xx (通用 + FRAM, 最大运行频率 24MHz)

- $<7\mu\text{s}$ @ 360 nA



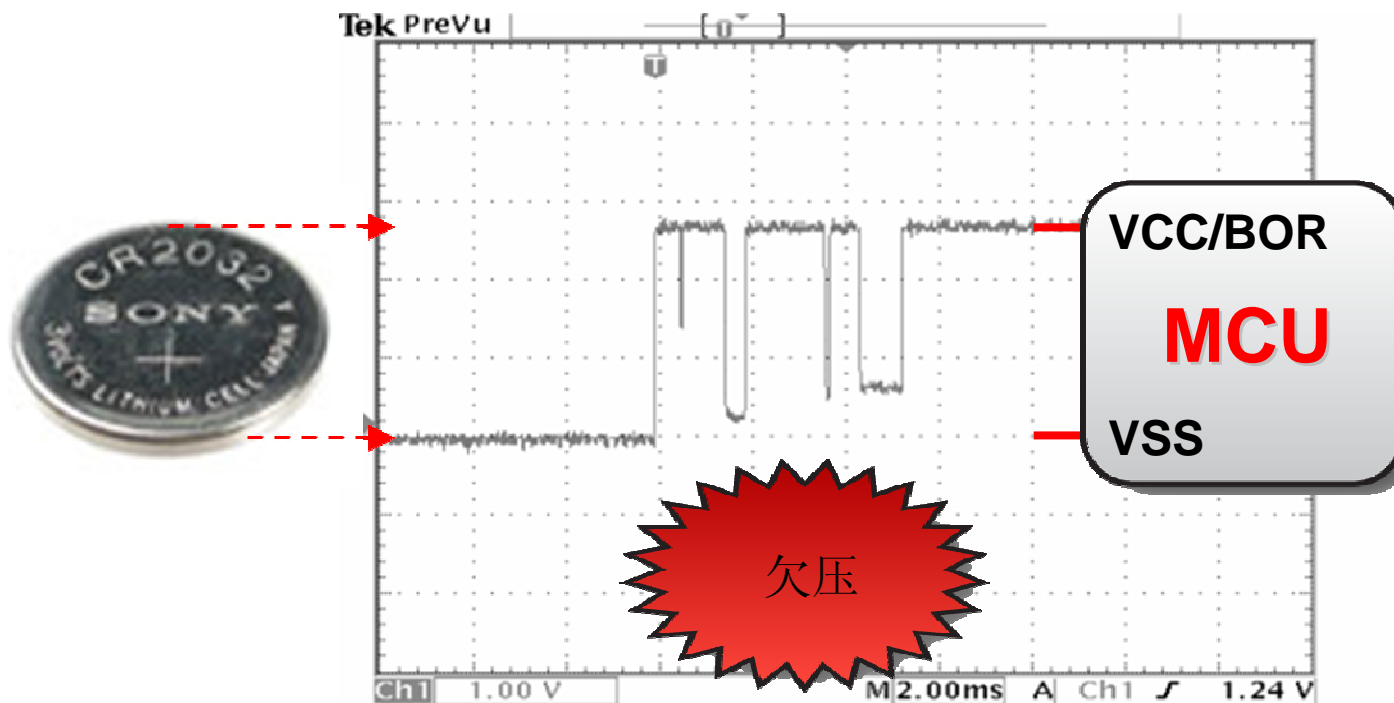
利用 MSP430 的即时唤醒功能可以更快地返回低功耗模式!



始终保持工作的欠压复位功能电路

BOR 在所有的操作模式中均保持接通和运行状态以实现稳健的解决方案。

- 在上电和断电时，欠压复位 (BOR) 均可强制 MCU 复位
 - 当 V_{CC} 上升和 V_{CC} 降至正常操作范围以下时，POR 被触发。这可实现稳健的解决方案，并确保器件在执行代码之前具有稳定的电源。
 - 零功耗欠压复位



ULP 可轻松实现!

只需编写一行代码即可进入低功耗模式!

- 我们的低功耗模式简单易用

```
void main(void)
{
    WDT_init(); // initialize Watchdog Timer
    while(1)
    {
        __bis_SR_register(LPM3_bits + GIE); // 进入 LPM3, 启用中断
        activeMode();                       // 运行模式.!
    }
}

#pragma vector=WDT_VECTOR
__interrupt void watchdog_timer (void)
{
    __bic_SR_register_on_exit(LPM3_bits); // 至唤醒的时间! 从 0(SR) 清除 LPM3 位, 退出 LPM3,
    // 进入运行模式
}
}
```

演示间歇 | “葡萄”演示

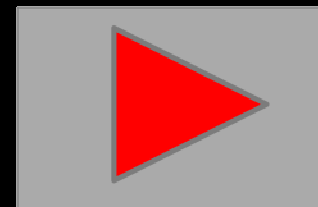
葡萄能为微控制器供电吗？

能！利用 MSP430 就可以

MSP430 是世界上功耗最低的 MCU 系列，从一开始就是专为实现超低功耗 (ULP) 而设计的。

- 超低功耗运行模式
- 7 种灵活的低功耗模式
- 即时唤醒
- 集成型智能外设

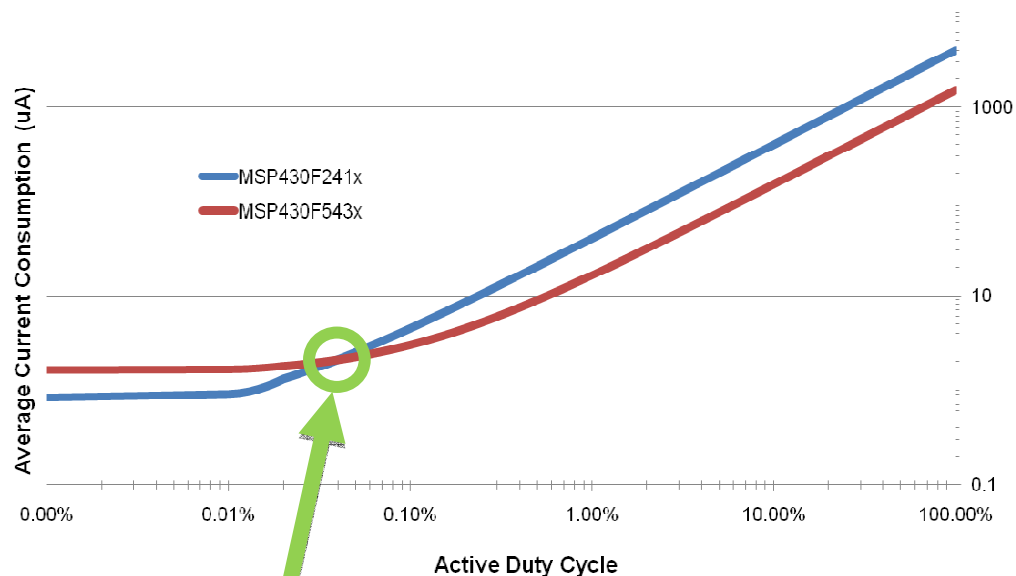
MSP430 能够依靠几颗葡萄提供的能量来运行一个实时时钟和驱动一个 7 段 LCD！



通过以下网址了解更多详情：
www.ti.com/ulp

哪个更重要 - 待机还是运行

这取决于您的应用！



	F241x	F543x
运行于8MHz	4.25 mA	1.32 mA
LPM3	0.8 uA	1.1 uA

- MSP430x2xx 具有较低的 LPM3 功耗
- MSP430F5xx 具有较低的运行功耗

交叉点位于约 0.04% 的运行占空比

即：每天大约 35 秒的运行时间

这意味着：假如 CPU 处于运行时间所占的比例 $>0.04\%$ （即每天的运行时间超过 35 秒），那么 F5xx 较低的运行模式功耗将胜过 F2xx 器件所拥有的较低 LPM3 功耗优势。

运行时间达到总时间 1% 时的电池寿命

相比于性能最接近的同类竞争产品，MSP430 可使电池寿命延长 2 年!

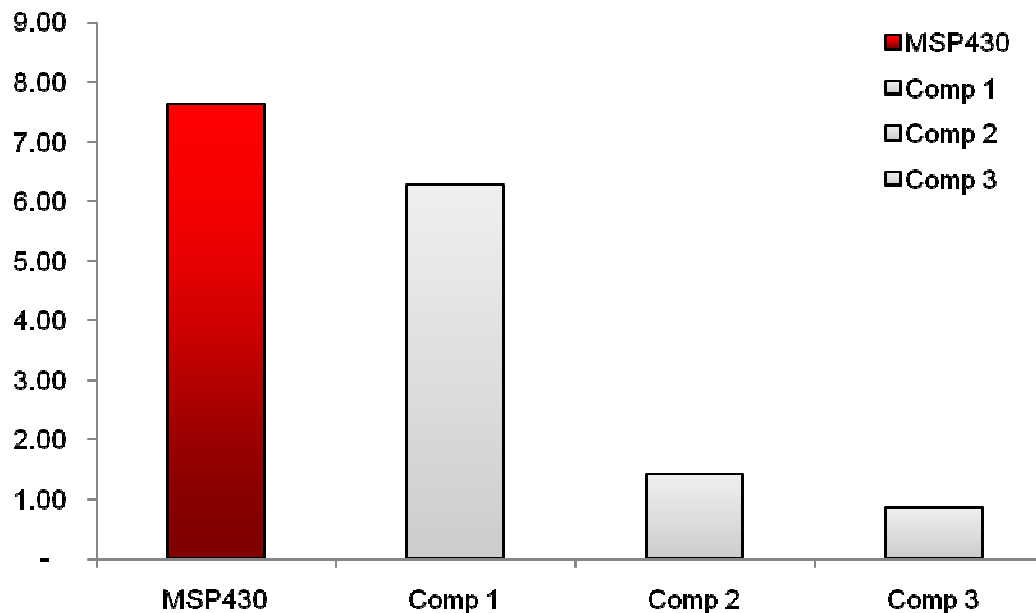
在把平均流耗保持于最低水平方面，MSP430 的超低功耗运行模式起到了重要的作用。

- 1% 的运行时间大约相当于每天 14.4 分钟
- 应用实例：便携式医疗、血糖仪、体温计等

MSP430 的超低功耗运行模式可最大限度地延长客户的电池寿命!



电池寿命 (年)



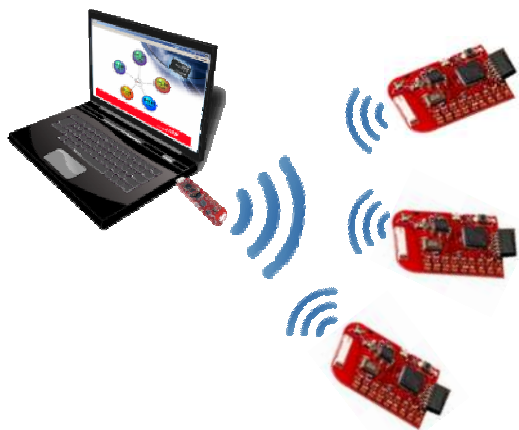
0.1% 运行占空比时的电池寿命

相比于性能最接近的同类竞争产品，MSP430 可使电池寿命延长 33%!

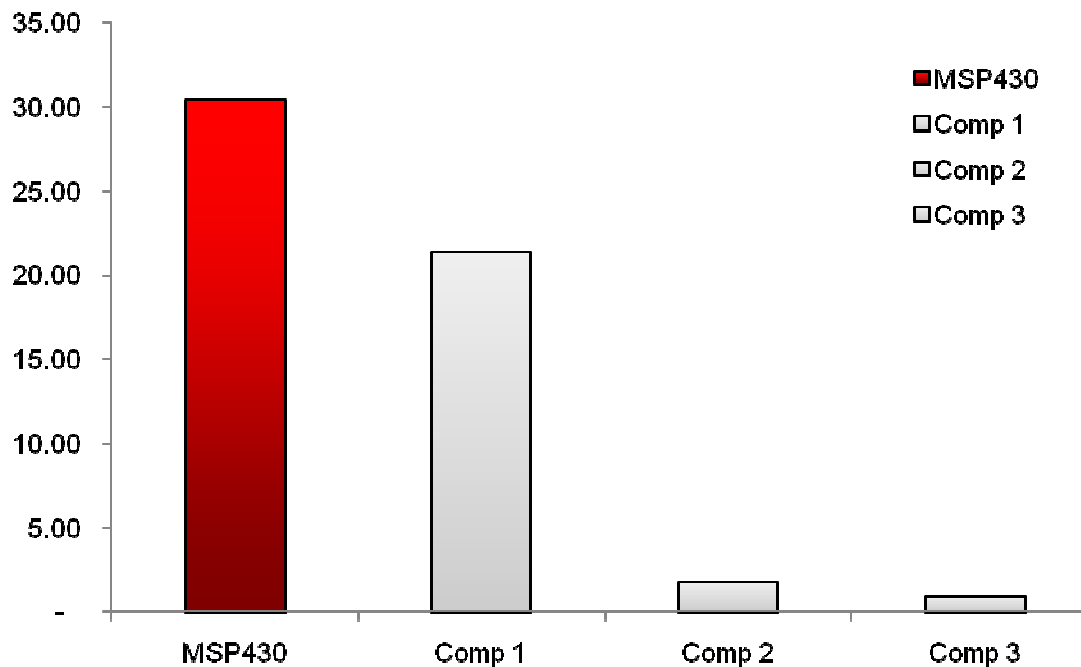
低功耗模式在抑制平均电流方面起着重要的作用。

- 0.1% 运行时间大约相当于每天 1.4 分钟
- 应用实例：无线传感器网络、烟雾探测器
- 比电池自然漏电持续的时间更长!

MSP430 灵活的低功耗模式可最大限度地延长客户的电池寿命!



电池寿命 (年)



MSP430 用于能量收集

“自供电或永久供电”应用

- 能量收集是一个藉以捕获和存储能量的过程
- 可替代维护成本昂贵的电池并能延长系统正常运行时间
- 只有采用超低功耗组件方可实现
- 可使用太阳能、动能、热量、RF、盐度梯度、酸碱度差和其他环境能源



由体热、运动供电的体佩监测装置



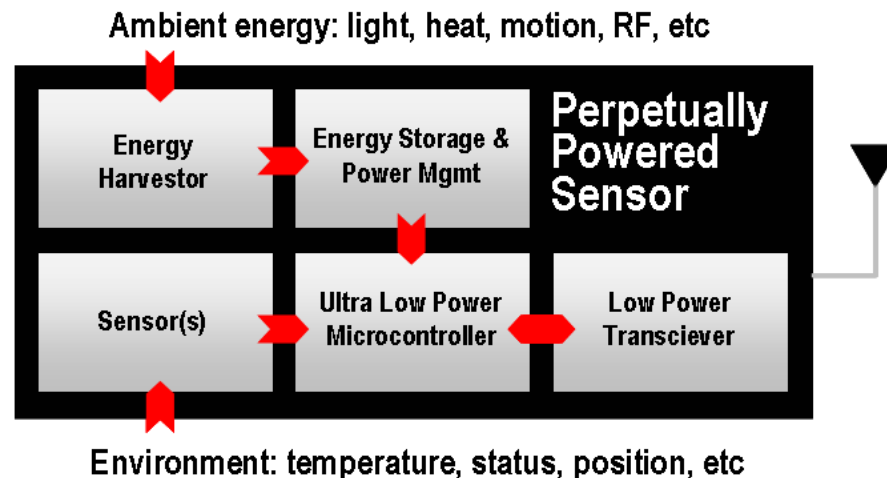
监视农场、酿酒厂等环境的状况



用于环境监测（例如：森林火情检测）的网状网



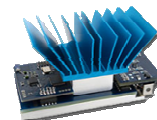
汽车监测（例如：由振动供电的轮胎压力表）



能量收集变得容易 – 借助 MSP430 解决方案



CYMBET™
CORPORATION



micropelt
Thin film thermoelectrics.



PMG perpetuum



AdaptivEnergy



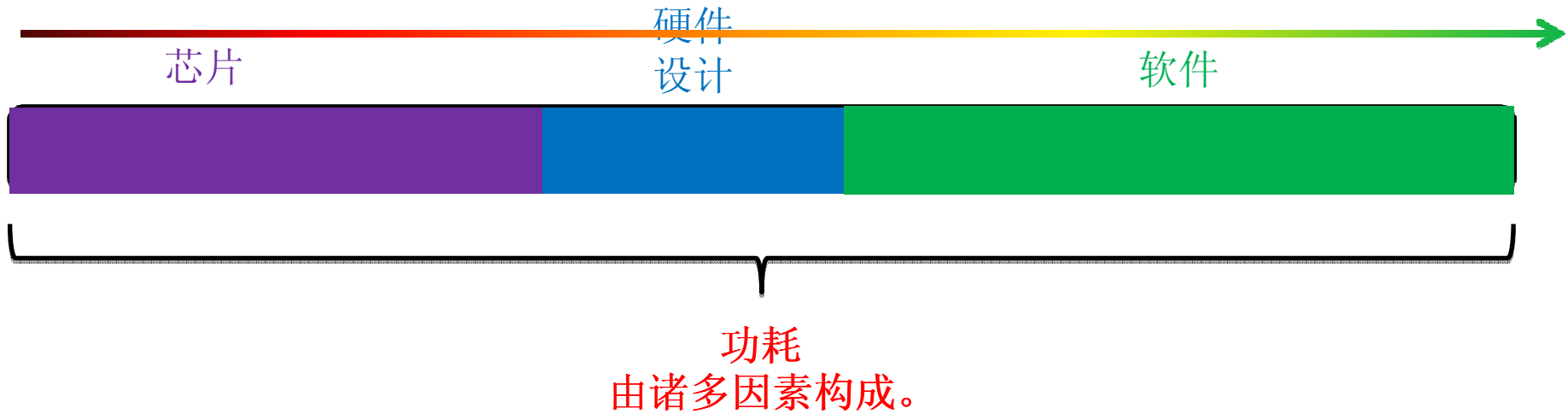
Infinite Power Solutions



POWERCAST

TEXAS
INSTRUMENTS

不过，您的应用的 **ULP** 如何呢？



硬件只是等式的一半。我们还需要优化的软件。

ULP Advisor™ 软件可助您一路实现目标

ULP “核对表”

由专家们精心选择

- 结合了 10 多年的 MSP430 经验
- 设计小贴士与技巧可确保超低功耗性能
- 在功耗指标方面实现了高达 100 倍的改进
- 成为您未来项目的超低功耗专家!
- 在线 wiki 可促进 ULP 专家与初学者之间的合作交流!
- **可立即提供!** 对于 CCS、IAR 及其他集成型开发环境 (IDE)!

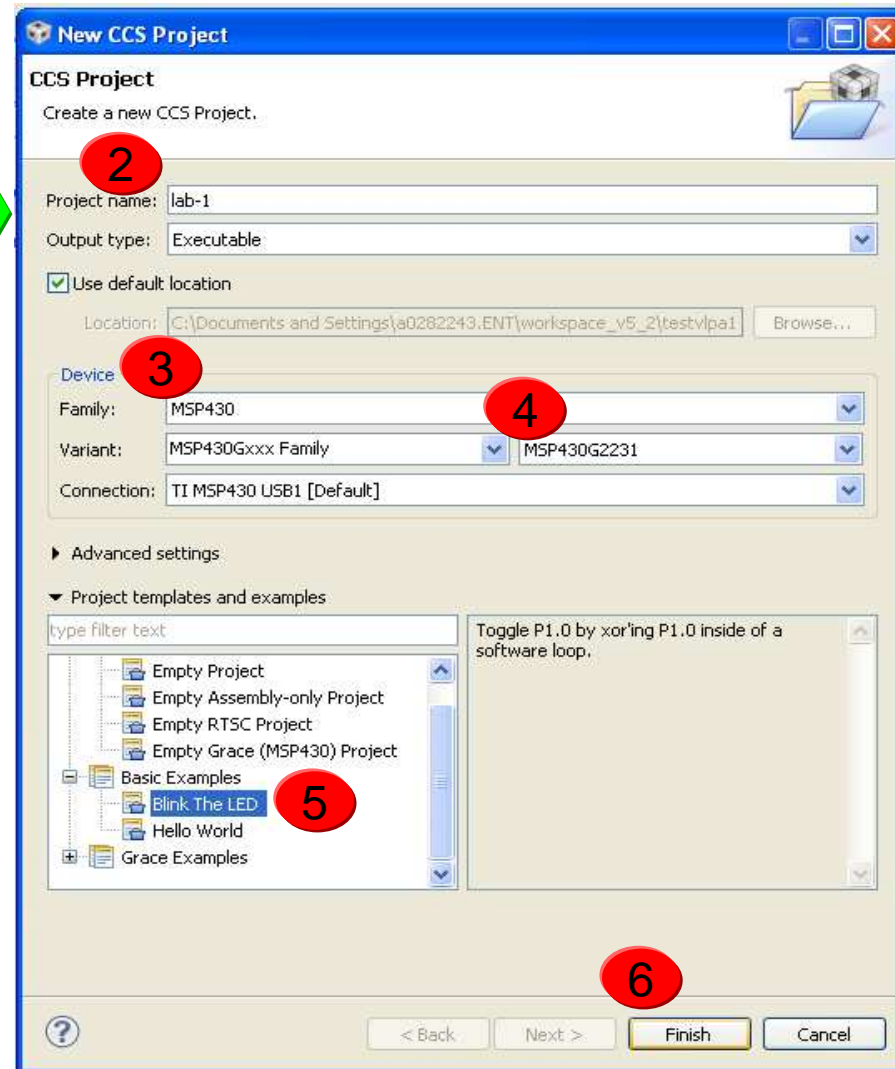
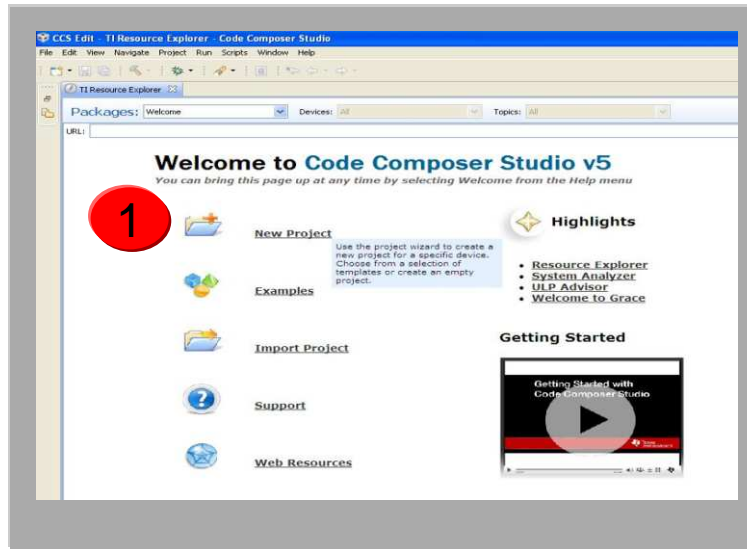
ULP（超低功耗）Advisor wiki

- 指导开发人员编写更高效的代码以充分利用 MSP430 独特的 ULP 特性。
- 业界首例真正基于软件的教学工具，可使客户在编写代码时始终顾及超低功耗。
- 提供了独特且轻易发现不了的 ULP 设计小贴士和技巧。
- 该 wiki 提供了每条 ULP 规则的说明。
- 提供了文档、代码范例、视频短片及其他资源，可帮助您的应用达到 ULP 标准！
- 任何人都可以投稿！



www.ti.com/ulpadvisor

LAB -1 使用 ULP Advisor – 新项目设置



LAB -1 使用 ULP Advisor CCS 窗口 - C/C++ 视角概要

单击项目调试

独立的调试与 C/C++ 项目视角

项目视图

- 所有项目的清单

项目大纲

- 了解项目组成部分的捷径

控制台

- 建立信息

代码窗口

- 实时断点、语法高亮显示

问题视图

- 信息、报警、误差

LAB -1 使用 ULP Advisor CCS 窗口 - 调试视角概要

单击项目调试

独立的调试与 C/C++ 项目视角

高度可配置的窗口布局

- 用户的喜好
- 插入程序支持

实时、系统内 MSP430 信息

- 寄存器访问
- 闪存、RAM、信息段访问
- 反汇编视图

目标控制

- 起动
- 停止
- 暂停
- 步进
- 堆栈跟踪

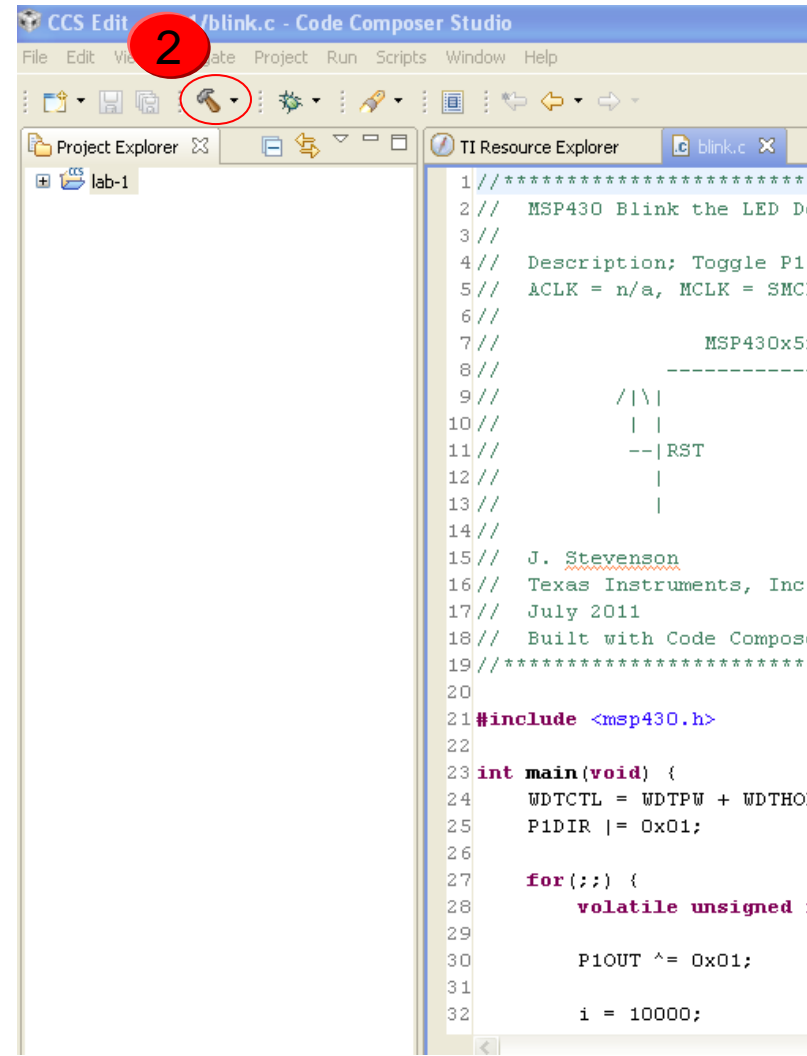
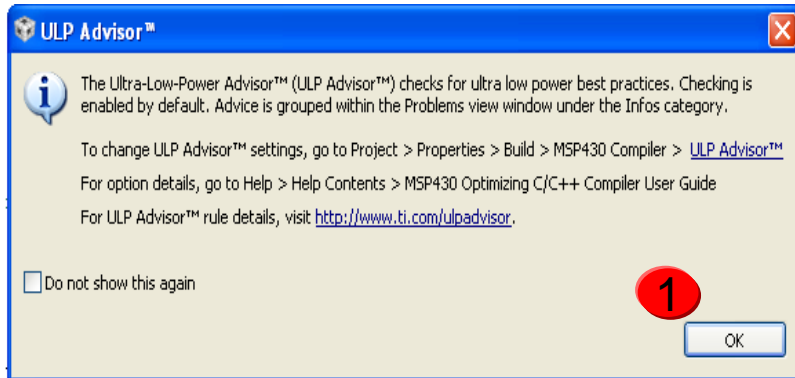
程序长度信息

代码窗口

- 实时断点、语法高亮显示

LAB -1 使用 ULP Advisor

- 编译项目



LAB -1 使用 ULP Advisor

查看 ULP Advisor 提供的警告！

```
1 #include <msp430.h>
2
3 int main(void) {
4     WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD;           // Stop watchdog timer
5     P1DIR |= 0x01;                     // Set P1.0 to output direction
6
7     for(;;) {
8         volatile unsigned int i;       // volatile to prevent optimization
9
10        P1OUT ^= 0x01;                  // Toggle P1.0 using exclusive-OR
11
12        i = 10000;                       // SW Delay
13        do i--;
14        while(i != 0);
15    }
16 }
```

i Infos (2 items)		
i	#10371-D (ULP 1.1) Detected <u>no uses of low power mode state changes</u> using LPMx or _bis_SR_register() or __low_power_mode_x() in this project.	lab-1
i	#10372-D (ULP 4.1) Detected <u>uninitialized Port 2</u> in this project. Recommend initializing all unused ports to eliminate wasted current consumption on unused pins.	lab-1

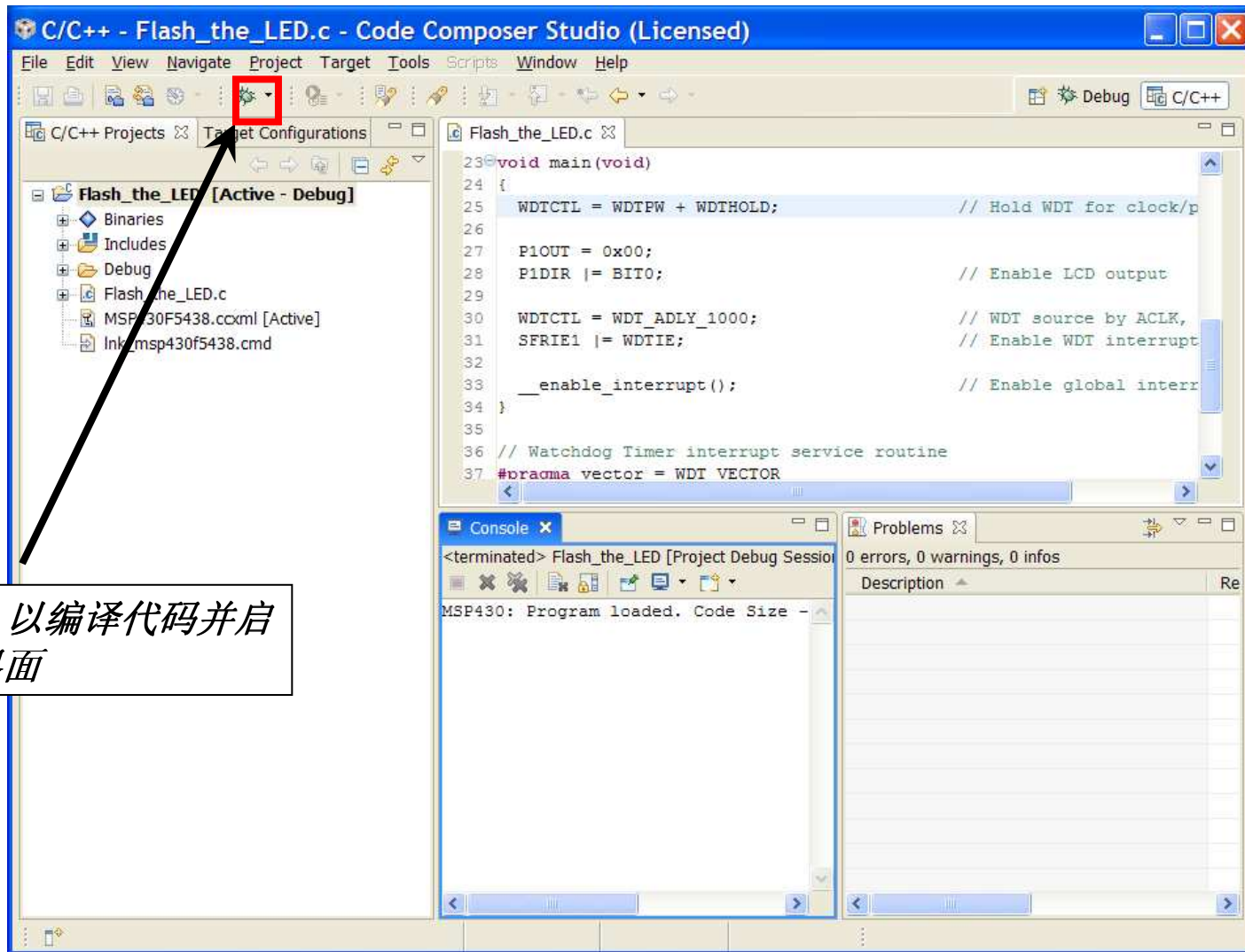
LAB -1 使用 ULP Advisor

消除 ULP 报警以使功耗下降 100 倍!

用“lab-1-ULP advisor.c”替换“main.c”代码

```
21#include <msp430.h>
22
23int main(void) {
24    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD;          // Stop watchdog timer
25    P1DIR |= BIT0;                     //P1.0 set as output
26    BCSCCTL3 |= LFXT1S_2;              // LFXT1 = VLO
27
28    P1DIR |= 0xFF;                      //configure unused pins to save power
29    P1OUT = 0x00;
30    P2DIR |= 0xFF;
31    P2OUT = 0x00;
32
33    WDTCTL = WDT_ADLY_250;
34    IE1 |= WDTIE;
35
36    __enable_interrupt();
37    LPM3;
38
39 }
40
41#pragma vector = WDT_VECTOR
42__interrupt void WDT_ISR(void)
43{
44    P1OUT ^= 0x01;                      // Toggle P1.0 using exclusive-OR
45 }
```

LAB -1 使用 ULP Advisor 建立和调试一个 CCS 项目



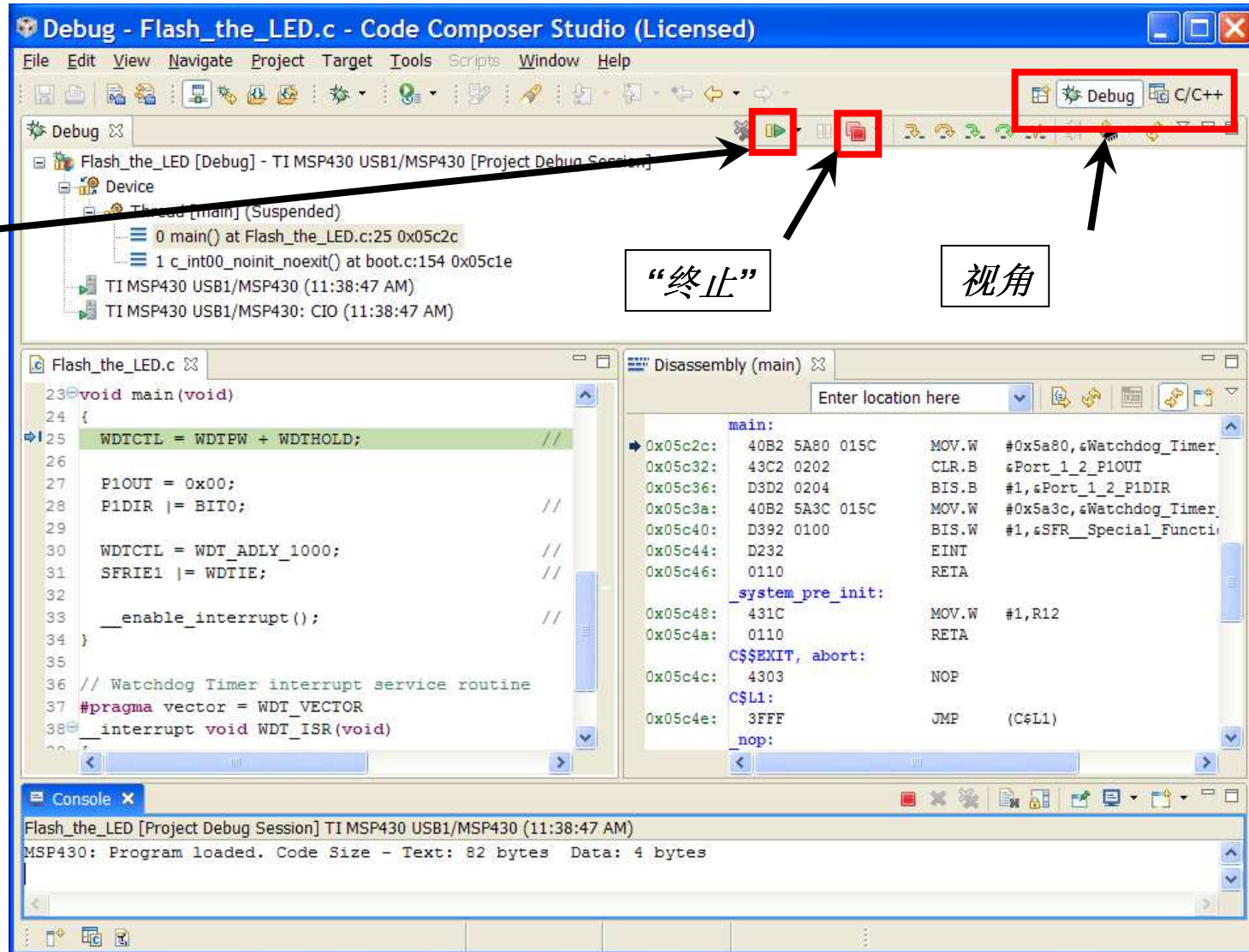
单击“BUG”以编译代码并启动调试界面

LAB -1 使用 ULP Advisor -运行、终止一个 CCS 项目

“运行”

“终止”

视角



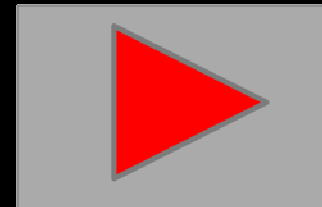
演示间歇 | **ULP Advisor™** 软件

ULP Advisor 根据一个详尽的 **ULP** 核对表检查代码！

突出显示改进的方面

提供了至一个包含各种资源、代码范例和视频短片等丰富信息的 **wiki** 的链接

了解如何在顾及 **ULP** 的情况下编写代码！



通过以下网址了解更多详情：
www.ti.com/ulpadvisor

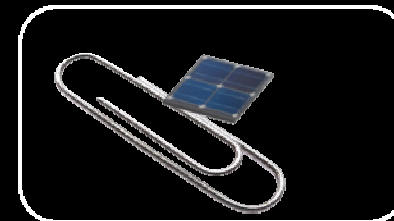
超低功耗的未来：金刚狼 (**Wolverine**)



前所未有的超低功耗“金刚狼”(Wolverine) MCU 可助力打造更智能和更环保世界



取消电池...



能量采集



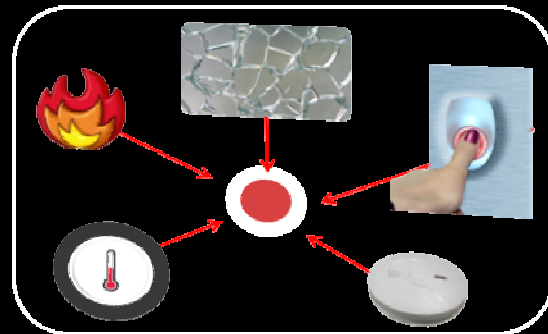
迈向无线...



直观的界面与控制



增添功能...



无限的集成

MSP430™
Ultra-Low Power MCUs



“金刚狼 (Wolverine):” 业界功耗 最低的 MCU 平台



超低漏电流工艺
技术

- 独特的混合信号超低漏电流工艺技术
- 可实现众多的新型低功耗外设
- 在任何温度下均始终如一地保持低功耗特性

采用统一 FRAM
实现了无与伦比
的性能

- 世界上功耗最低的存储器类型，其每位能耗下降了 250 倍
- 不失传统 RAM 的速度与灵活性
- 几乎不受限制的可擦写次数及 100% 非易失

发展了
MSP430™ 的
原生优势

- 继续引领低功耗技术的未来发展
- 在整个系统架构上具有领先的功率效率
- 业界领先的模拟集成
- 完整的软件库可最大限度地简化开发工作

最低的
存储器
功耗

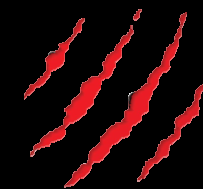
最低的
待机
功耗

最低的
运行
功耗

最低的
外设
功耗



TI 展现其在工艺技术创新方面的优势



- TI 重新设计了 130nm 工艺节点
 - 在 180 nm 工艺节点以下，物理性质阻碍了在设计中根据性能高低来调整低功耗优化漏电流
- 开发了一种混合信号工艺，其具有：
 - 10 倍以上的漏电流指标改善幅度
 - 15% 的运行功耗降幅
- 在任何温度下均始终如一地保持低功耗特性
 - 最差的设计也能使基于“金刚狼” (Wolverine) 的器件的功耗较之同类竞争产品降低 5 倍以上

FRAM: 世界上功耗最低的存储器

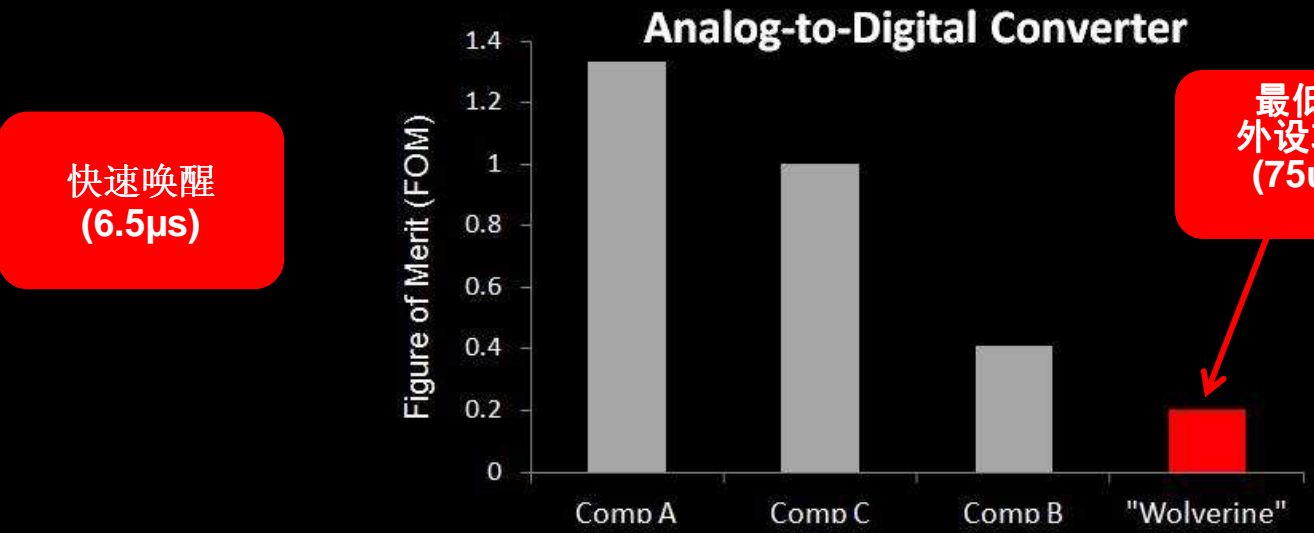
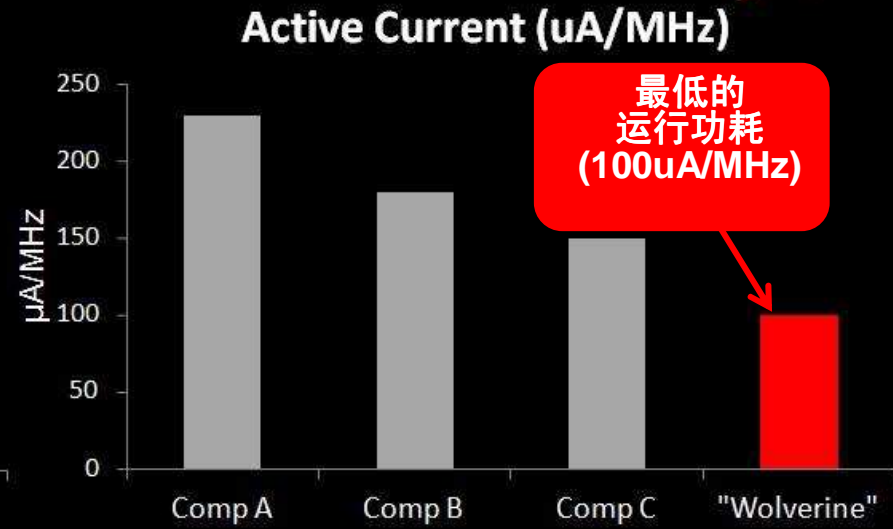
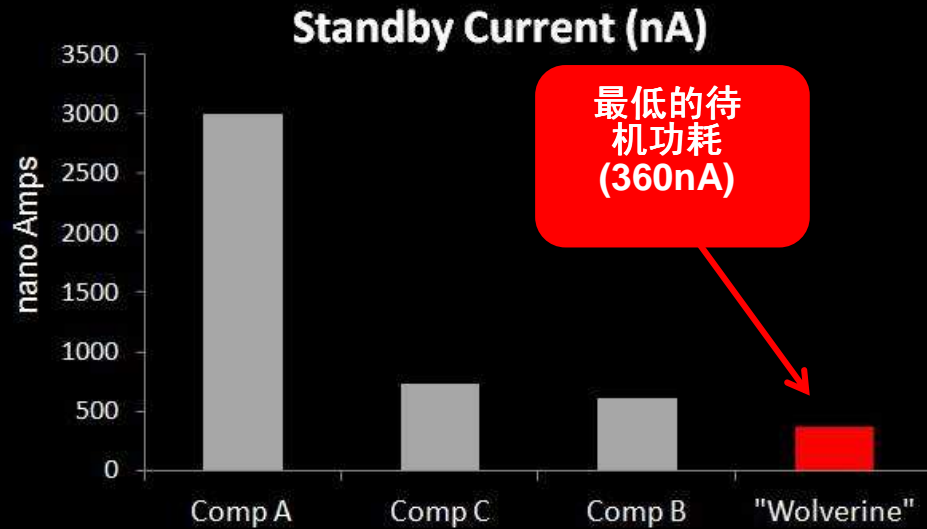
例如：写入 13kB 数据时

闪存需要消耗
6600 μ W

FRAM 仅消耗
27 μ W

功耗下降
250 倍

TI “金刚狼” (Wolverine) 可提供最低的功耗 — 无人能及



资料来源: TI 公布的数据及各自公司的网站

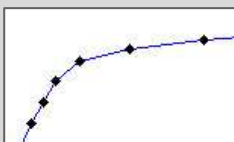
FRAM 可解决实际难题

传感器数据记录

难题

功耗限制了传感器的安放地点，增加了维护工作量

有限的更新/写入速度

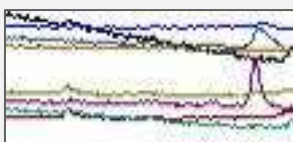


选择性监测

FRAM 解决方案

能量收集技术可将更多的传感器安放在更多的地点

可提供连续和可靠的监测、存储和 RF 发送



连续监测



资产跟踪

流量计



运动与健身



地震监测

空中更新

难题

消耗长达 1 个月的电池寿命

块级擦除和烧写

需要冗余（镜像）存储区

FRAM 解决方案

耗用的电池寿命不足 6 小时

位级访问

可在电源缺失的情况下提供写操作保证



家庭自动化



安保



计量

演示间歇 | 金刚狼 (Wolverine) 在行动

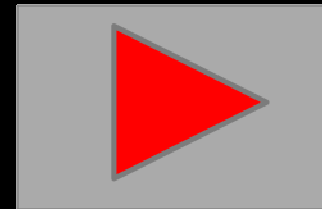
了解超低功耗的未来

<100uA 的运行模式

360nA 待机模式 (具有 **RTC** 和 **BOR**)

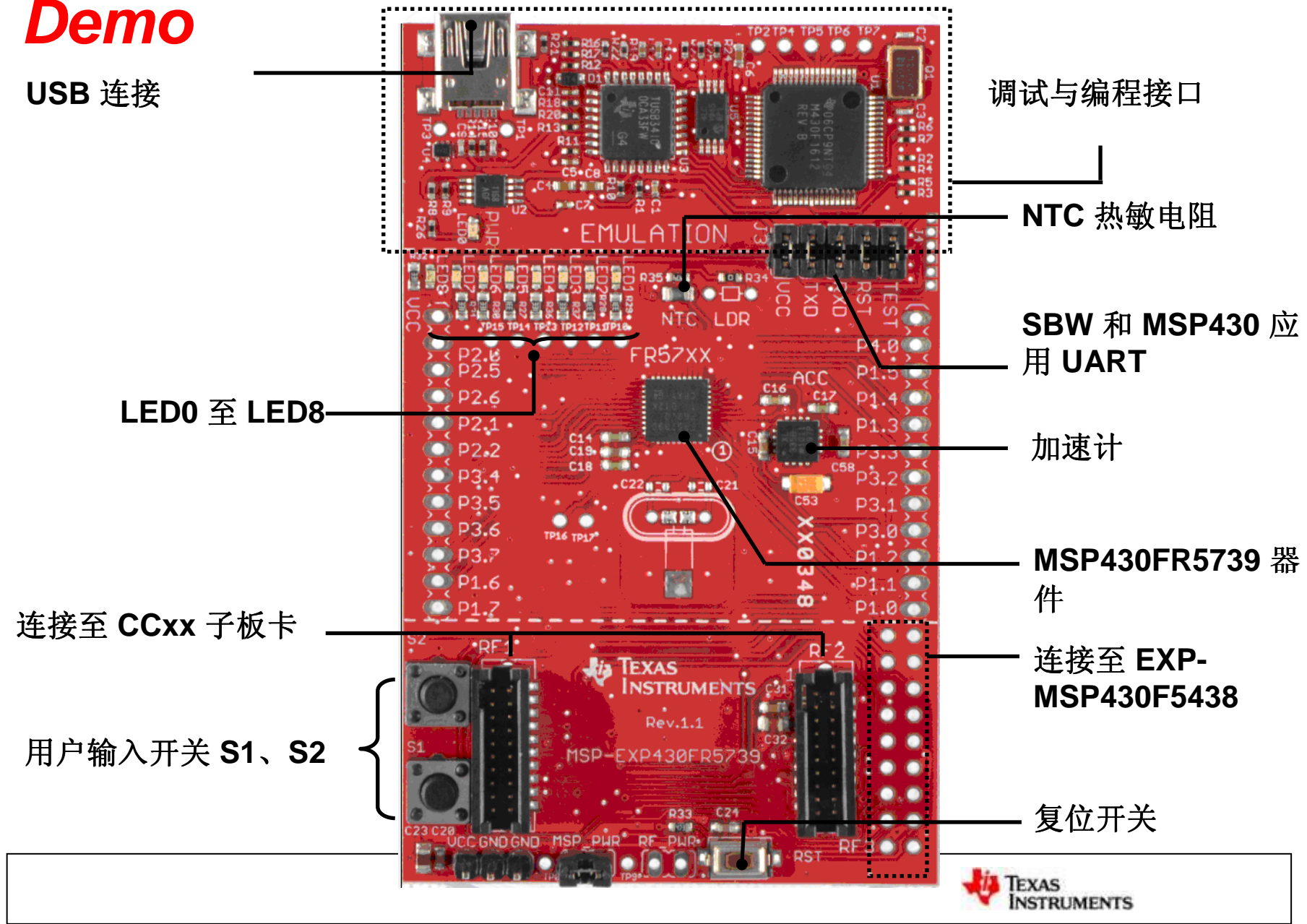
几乎不受限制的可擦写次数

无电池型操作



通过以下网址了解更多详情：
www.ti.com/wolverine

LAB -2 使用 *MSP-EXP430FR5739 OBE* Demo



LAB -2 使用 *MSP-EXP430FR5739 OBE Demo*

扩展板：开箱即用型体验

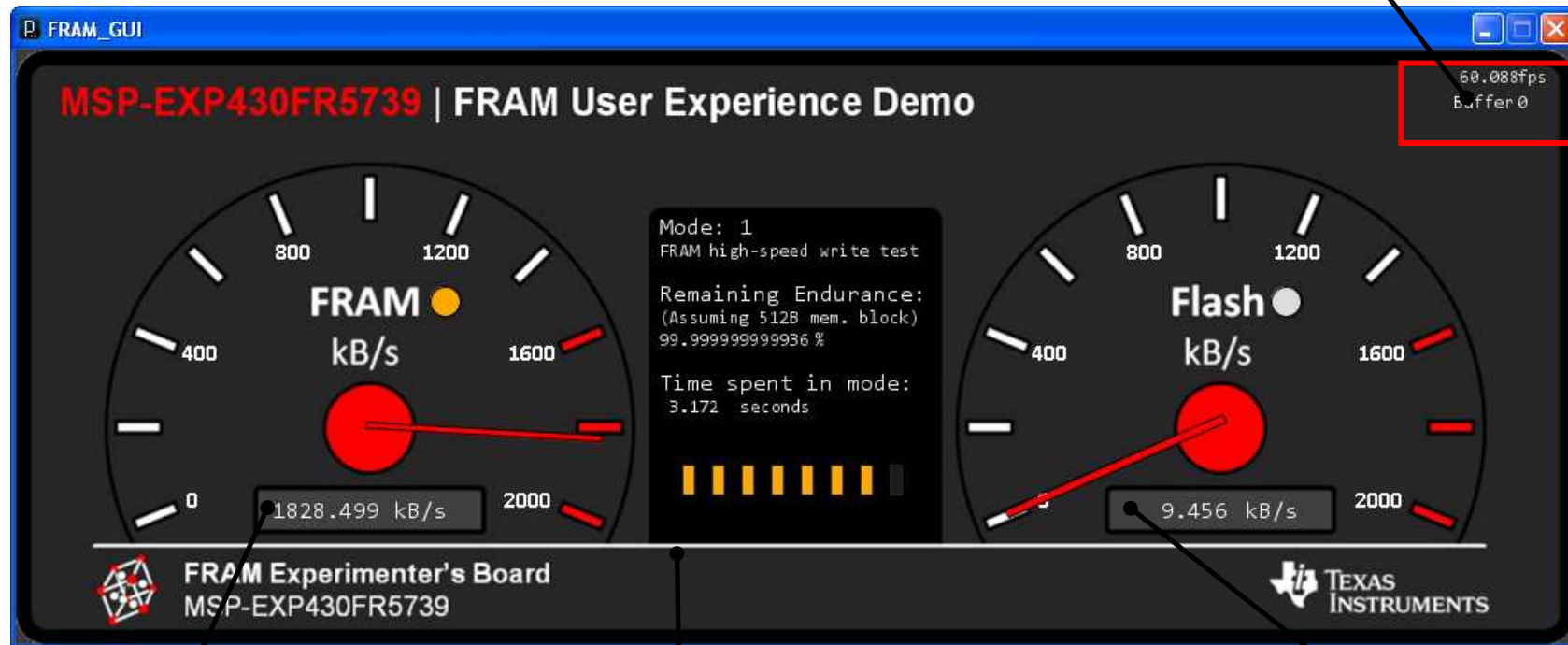
- 4 种演示模式：
 - 高速 FRAM 写入模式
 - 闪存仿真模式
 - 加速度计采样和存储模式
 - 温度传感器采样和存储模式
- 使用 S1 选择一种模式，并使用 S2 以进入该模式
- 当处于某种模式时，触发 S2 以接通/关断显示器/ UART
- 如需退出并返回菜单，则揿压 S1
- 演示软件包具有一个图形用户界面
 - ...OBE\FRAM_GUI\FRAM_GUI.exe

LAB -2 使用 MSP-EXP430FR5739 OBE Demo

扩展板：开箱即用型体验

MCUTTTFRAM \ FRAM_GUI\FRAM_GUI.exe

PC 调试数据



FRAM 写入速度

LED 跟踪

仿真的闪存写入速度

LAB -2 使用 *MSP-EXP430FR5739 OBE Demo*

扩展板：开箱即用型体验

第一步：双击以打开 FRAM_GUI.exe

第二步：将扩展板插入计算机

第三步：选择扩展板上的 Mode 1。观测 FRAM 速度（单位：kB/s）

第四步：选择 Mode 2。观测仿真的闪存速度（单位：kB/s）

第五步：选择 Mode3。将扩展板置于一个水平面上，以在进入 mode 3 之前对其进行校准。

第六步：当 FR5739 在运行中记录采样数据时，观测电路板倾斜情况下的 GUI 轨迹

第七步：选择 Mode 4。观测基于温度上升/下降的 LED 序列

LAB -2 使用 *MSP-EXP430FR5739 OBE Demo* 利用 GUI 进行故障检修

- GUI 是非功能性的，并不启动
 - 从 www.java.com 网站下载最新的 Java 版本
 - 下载只需几分钟的时间！
- GUI 不跟踪扩展板（LED/ 数据不更新）
 - PC 的速度会影响 GUI 的刷新率
 - 查看屏幕的右上角了解刷新率 (FPS) 的情况
 - 任何低于 25fps 的刷新率都意味着有其他进程占用了 CPU 资源

5 分钟

