

CC2640 纽扣电池供电设计技巧

Daniel Fang

Sales and Marketing/East China

ABSTRACT

CC2640 是具有宽电压输入范围（1.8-3.8V）的低功耗蓝牙芯片，通过内部 DCDC 或 LDO 降压后再供给内部数字内核和电路。因为其宽电压输入的特点，可使用支持该电压范围内的电池直接供电，比如常用的 CR2032 纽扣电池，从而节省一颗外部电源芯片。本文通过实验分析纽扣电池的使用寿命后期因为电池的特性对 CC2640 的影响，提出一种用少量外部器件和软件代码来实现延长电池寿命的方法，并进行了实验验证。

Contents

1	CC2640 电池直接供电电路设计	Error! Bookmark not defined.
2	纽扣电池寿命后期的影响	3
3	硬件和软件优化方法	4
4	实验结果	7
5	参考文献	9

Figures

图 1.	CC2640 内部电源转换.....	Error! Bookmark not defined.
图 2.	VDDS 和 VDDR 波形.....	2
图 3.	纽扣电池电压和内阻对应曲线图	3
图 4.	电池电压降低触发 BOD 复位初期.....	4
图 5.	电池电压降低触发 BOD 复位后期.....	4
图 6.	电池 A 压降	5
图 7.	电池 B 压降	5
图 8.	实验连接示意图	7
图 9.	不加电容和 5 秒延时触发门限	8
图 10.	加 22uF 电容和 5 秒延时触发门限	8
图 11.	加 32uF 电容和 5 秒延时触发门限	9

1 CC2640 电池直接供电电路设计

CC2640 可以通过内部的 DCDC 或者 LDO 的方式直接连外部 1.8-3.8V 的电池供电，如图 1。通常，我们会用纽扣电池直接来供电。

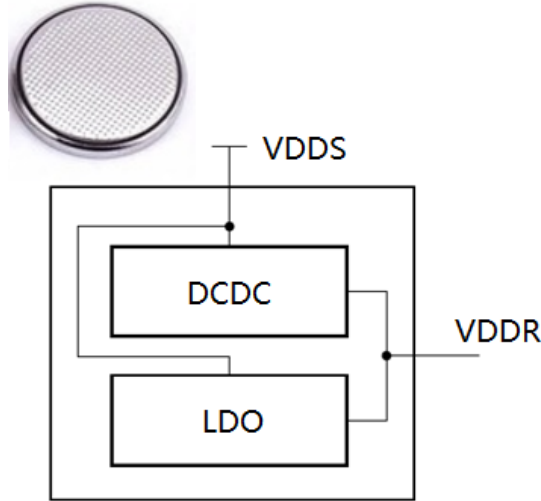


图 1 CC2640 内部电源转换

芯片代码默认使用的是内部 DCDC 的方式，这也是推荐的使用方式。相比内部 LDO，使用内部 DCDC 的功耗更低。下面是通过常用的 CR2032 纽扣电池直接供电，使用内部 DCDC 电压转换，在 VDD5 和 VDDR 上测得的波形图。

上面黄色的为 VDD5，可以看到电池电压上有间歇性的压降，从 standby 唤醒进入 active 电流消耗增大。

下面绿色的为 VDDR，为 CC2640 从 standby 状态唤醒并充电至 1.67V，充电的算法和时间控制由 RTOS 完成。



图 2 VDD5 和 VDDR 波形

2 电池寿命后期的影响

以 CR2032 锂锰纽扣电池为例，电池电压随着使用时间延长而逐步下降，同时也伴随着电池内阻的急剧上升。在电池满电或电压比较高的前期，电池的内阻比较小，基本可以忽略。但是在电池寿命的后期，电池内阻的影响是无法忽略的。如下图是其中一款 CR2032 纽扣电池在连续负载放电下的测试曲线，蓝色对应电池电压，绿色为电池内阻，我们在 A 点可以看到，此刻电池电压大概在 2.6V 左右，但是此时内阻已经达到 100 欧姆了。

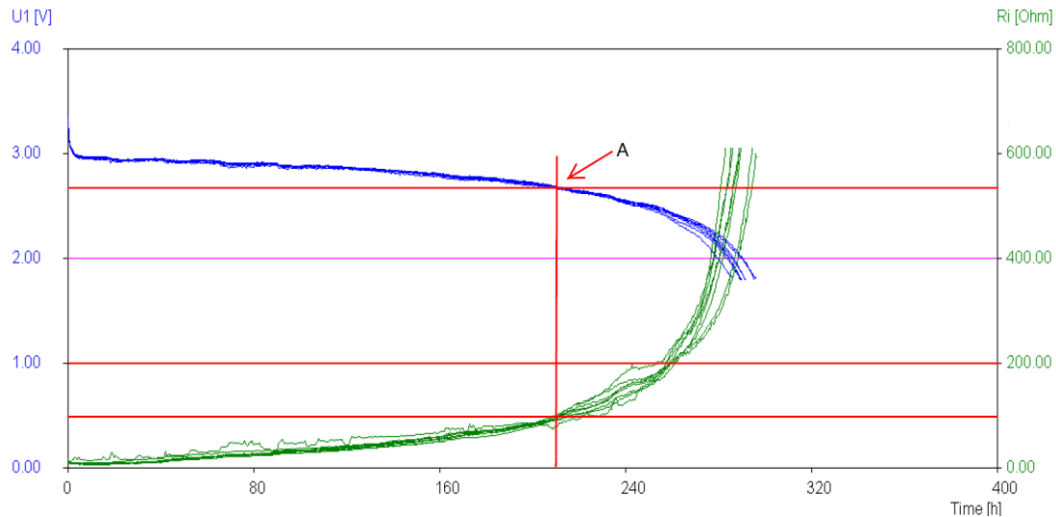


图 3 纽扣电池电压和内阻对应曲线图

当电池内阻增大，其带来的影响我们就不得不考虑了，其影响就是当电池电压低到某一个点的时候，电流会大于正常工作时的电流，从零点几毫安逐步增加到几个毫安，直到最后迅速把电池电量耗尽。其原因就是 CC2640 芯片内部有一个 Brown out 掉电检测的保护机制，在 active 和 idle 模式下，当供电的 VDD5 低于 1.8V，便会触发 CC2640 欠压复位保护，保证 CC2640 不会因为供电电压低内部数据变化而造成芯片运行出错。

以纽扣电池在 2.4V 为例，如果此刻内阻为 100 欧姆。从 CC2640 内部的主 MCU 运行切换到 0dBm 的 RF 发送状态，电流从不到 3mA 瞬间增大到 6.1mA，此刻电流经过 100 欧姆的电池内阻的压降超过 600mV，真正输出给到 CC2640 的实际电压小于 1.8V，从而触发 CC2640 BOD 复位。

复位期间电流下降，电池电压得以暂时性恢复并升高。CC2640 进入正常的复位启动顺序，M3 启动运行，然后进入 RF 发送和接收。CC2640 在进入 RF 的发送和接收，瞬间消耗电流再次增大，有可能再次把电池电压拉低并触发 BOD。如此，电流在复位过程中被消耗，使得平均电流增大。

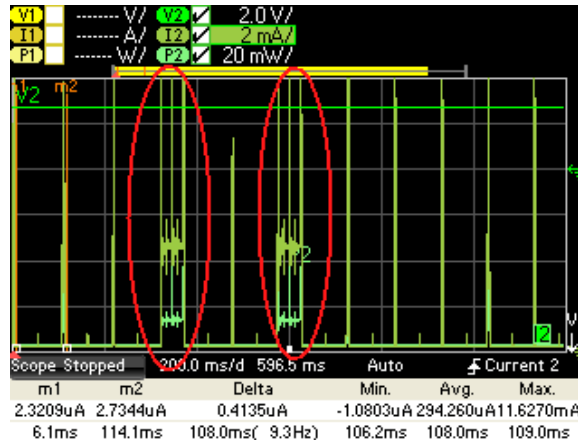


图 4 电池电压降低触发 BOD 复位初期

上图为用直流电源分析仪测 VDD5 上的电流消耗，当电池电压刚好低到某个点，刚刚能触发 BOD 复位的初期，红圈里的为 CC2640 在做 BOD 触发复位，并不会每次都发生，其他绿色部分为正常通信包，此时平均电流是 294uA，大于正常时候的 170uA，但蓝牙也能正常工作，只是带来额外的电流消耗。

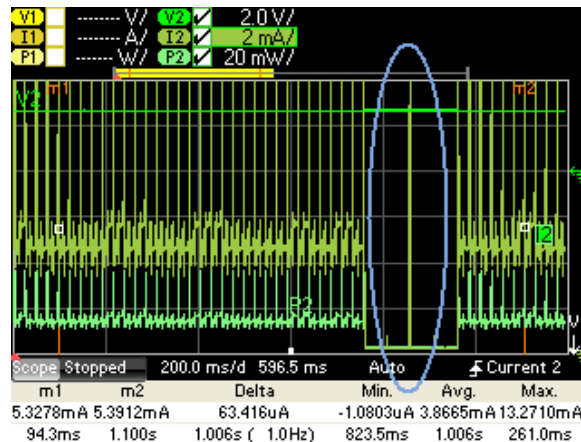


图 5 电池电压降低触发 BOD 复位后期

电池在经过一段时间后电压逐步下降，BOD 触发复位会变得越来越频繁，如上图可以看到蓝圈里的为偶尔一次正常的蓝牙通信包，其他的为 BOD 触发并复位，在复位的过程中因为电池电压的下降又再次触发 BOD 复位，造成复位失败，如此反复的复位并失败极大消耗了电池电量，使得此刻的平均电流增大到 3.8mA。

3 硬件和软件优化方法

1. 选用内阻小的纽扣电池

我们选用两个不同品牌同样规格的 CR2032 纽扣电池，同样连 CC2640 实际测试放电，当放电到相同的 2.9V 左右，此时电池 A 的压降已经达到 817mV，而电池 B 的压降却是 100mV。由此可见，不同品牌电池的内阻差异性很大，电池 B 可使用的电池电量会比电池 A 多很多。



图 6 电池 A 压降

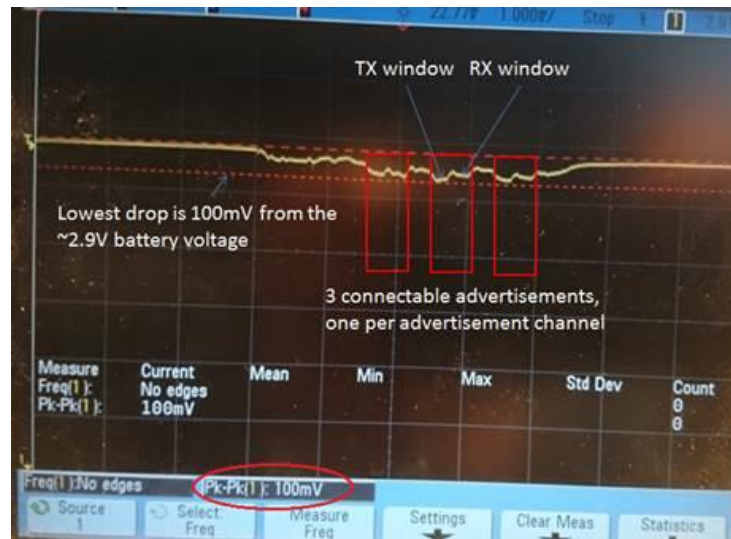


图 7 电池 B 压降

2. 硬件优化

在 VDD5 脚上接颗大的电容，比如 20-30uF，使得电池电压在被下拉的时候可以起缓冲作用。另外，在 VDD5 和 VDDR 上前后接的 10uF 电容接地脚最短距离接地，不要通过过孔再接地。

3. 软件优化

在初始化的启动代码里增加判断是否是 BOD 掉电引起的触发复位，如果是的话，增加一定时间延时，让 M3 运行后和进入 RF 收发中间有个时间缓冲，使得电池电压得以短暂恢复，以避免马上进入 RF 收发持续把电池电压拉的更低。而在 POR 上电复位和管脚复位的情况不做延时。

SDK2.1.0，做 5 秒延时。在 main.c 文件，增加相应头文件，修改和差异化部分见下面红色代码。

//在初始化 BLE 任务之前加延时

```
void delayTaskFxn(uintptr_t a0, uintptr_t a1)
{
    /* Get the reason for reset */
    uint32_t rSrc = SysCtrlResetSourceGet();
    if ((rSrc != RSTSRC_PWR_ON) && (rSrc != RSTSRC_PIN_RESET)) //排除按键和正常上电
    {
        Task_sleep(5000 * (1000 / Clock_tickPeriod)); //5 秒延时
    }

    Task_disable();

    /* Initialize ICall module */
    ICall_init();

    /* Start tasks of external images - Priority 5 */
    ICall_createRemoteTasks();

    /* Kick off profile - Priority 3 */
    GAPRole_createTask();

    SimpleBLEPeripheral_createTask();

    Task_enable();
}

Task_Struct delayTaskStruct;
uint8_t delayTaskStack[1024];

int main()
{
    /* Register Application callback to trap asserts raised in the Stack */
    RegisterAssertCbback(AssertHandler);

    PIN_init(BoardGpioInitTable);

#ifdef CC1350_LAUNCHXL
    // Enable 2.4GHz Radio
    radCtrlHandle = PIN_open(&radCtrlState, radCtrlCfg);

#ifdef POWER_SAVING
    Power_registerNotify(&rFSwitchPowerNotifyObj,
        PowerCC26XX_ENTERING_STANDBY | PowerCC26XX_AWAKE_STANDBY,
        (Power_NotifyFxn) rFSwitchNotifyCb, NULL);
#endif //POWER_SAVING
#endif //CC1350_LAUNCHXL
```

```

#ifndef POWER_SAVING
/* Set constraints for Standby, powerdown and idle mode */
Power_setConstraint(PowerCC26XX_SB_DISALLOW);
Power_setConstraint(PowerCC26XX_IDLE_PD_DISALLOW);
#endif // POWER_SAVING

Task_Params taskParams;
Task_Params_init(&taskParams);
taskParams.stack = delayTaskStack;
taskParams.stackSize = sizeof(delayTaskStack);

Task_construct(&delayTaskStruct, delayTaskFxn, &taskParams, NULL);

/* enable interrupts and start SYS/BIOS */
BIOS_start();

return 0;
}

```

4 实验结果

我们在稳压源的负端外部串一颗电阻来模拟电池内阻验证上述方法的实际效果，连接示意图如下，CC2640 工作在 100mS 广播。

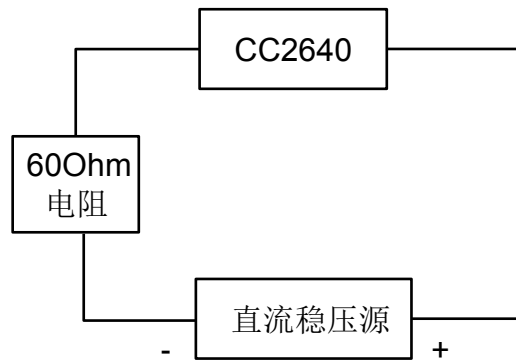


图 8 实验连接示意图

如下图，在示波器上分别测三个电压，黄色为稳压源两端的电压，恒定输出。绿色为 60Ohm 电阻两端的压降，模拟通过电池内阻上的电压损耗。紫色为加载到 CC2640 两端的电压。当我们把示波器上的电压逐步往下降，降到一定门限便会触发 BOD 复位，如示波器上的波形的前面和后面部分，可以看到 2.43V 刚好是该实验的 BOD 复位触发门限。



图 9 不加电容和 5 秒延时触发门限

在 VDD5 上增加 22uF 电容以及在代码里加入 BOD 触发 5 秒延时，触发门限下降到 2.33V，如下图，广播间隔已经从 100 毫秒变为 5 秒，证明延时代码也在起作用，避免电流消耗在复位的过程中。

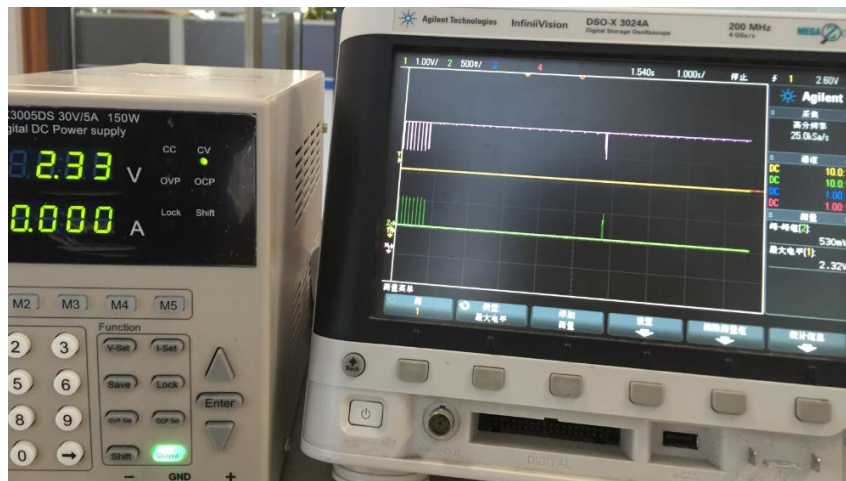


图 10 加 22uF 电容和 5 秒延时触发门限

进一步加大 VDD5 的电容从 22uF 到 32uF，此时的触发门限继续下降到 2.27V。

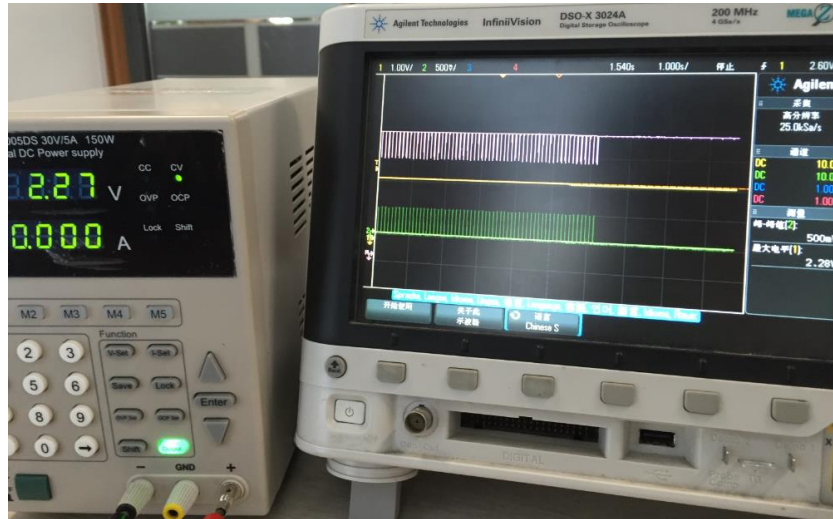


图 11 加 32uF 电容和 5 秒延时触发门限

总结：通过上面的实验，通过在 VDD5 上并一颗大的电容以及软件中加延时的方式，可以使电池的 BOD 触发门限电压更低，延时的加入也帮助减少复位过程中的电流消耗，从而可以使用更多的电池电量，延长产品的纽扣电池的使用寿命，增强产品的竞争力。

5 参考文献

1. CC2640 Datasheet (SWRS176B)
2. CC13x0, CC26x0 SimpleLink™ Wireless MCU Technical Reference Manual (SWCU117G)
3. BLE-Stack™: www.ti.com/ble-stack
4. CC2640 Wireless MCU DC Supply Evaluation (SWRA494)

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司