

CC2530 数据手册

2.4-GHz IEEE 802.15.4 和 ZigBee 应用的真正片上系统解决方案

特征

● RF/布局布线

- 2.4 -GHz IEEE 802.15.4 兼容 RF 收发器
- 极高的接收灵敏度和抗干扰性能
- 可编程的输出功率高达 4.5dBm
- 只需极少的外接元件
- 只需一个晶体，即可满足网状网络系统需要
- QFN40 封装，6mm × 6mm
- 适用于遵守世界范围的无线电频率管理规定的系统目标: ETSI EN300 328 和 EN 300 440（欧洲），FCC CFR47 Part 15（美国）和 RF4CE ARIB STD-T-66（日本）

● 低功耗

- 主动模式 RX（CPU 空闲）：24mA
- 主动模式 TX 在 1dBm 输出功率（CPU 空闲）：29mA
- 电源模式 1（4us 唤醒）：0.2mA
- 电源模式 2（睡眠定时器运行）：1uA
- 电源模式 3（外部中断）：0.4uA
- 电源电压范围宽（2V ~ 3.6 V）

● 微控制器

- 高性能、低功耗的具有代码预取功能的 8051 微控制器内核
- 32-, 64-, 128-或 256-KB 在系统可编程 Flash
- 8 KB RAM，具备在各种供电方式下的数据保持能力
- 支持硬件调试

● 外围设备

- 强大的 5 通道 DMA 功能
- IEEE 802.15.4 MAC 定时器，3 个通用定时器（1 个 16 位，2 个 8 位）
- IR 发生电路
- 具有捕获功能的 32-kHz 睡眠定时器
- 硬件支持 CSMA/CA
- 支持精确的数字化的接收信号强度指示器（RSSI）/链路质量指示（LQI）
- 电池监视器和温度传感器
- 具有 8 路输入并可配置的 12 位 ADC
- 高级加密标准（AES）安全协处理器
- 2 个支持多种串行通信协议的强大 USART
- 21 个通用 I/O 引脚（19 个 4mA，2 个 20mA）
- 看门狗定时器

- 开发工具
 - CC2530 开发套件
 - CC2530 ZigBee®开发套件
 - 支持 RF4CE 的 CC2530 RemoTI™ 开发套件
 - SmartRF™ 软件
 - 数据包嗅探器
 - IAR Embedded Workbench™

应用

- 2.4-GHz IEEE 802.15.4 系统
- RF4CE 远程控制系统 (64-KB 或者更高的 Flash)
- ZigBee 系统 (256-KB Flash)
- 家庭/建筑自动化
- 照明系统
- 工业控制和监测
- 低功耗无线传感器网络
- 消费类电子
- 医疗保健



请注意关于是否可用、标准保修，德州仪器半导体产品的关键应用和免责条款在本数据手册的末尾。

RemoTI、SmartRF、Z-Stack 是德州仪器的商标。

IAR Embedded Workbench 是 IAR 系统公司的商标。

ZigBee 是 ZigBee 联盟的注册商标。

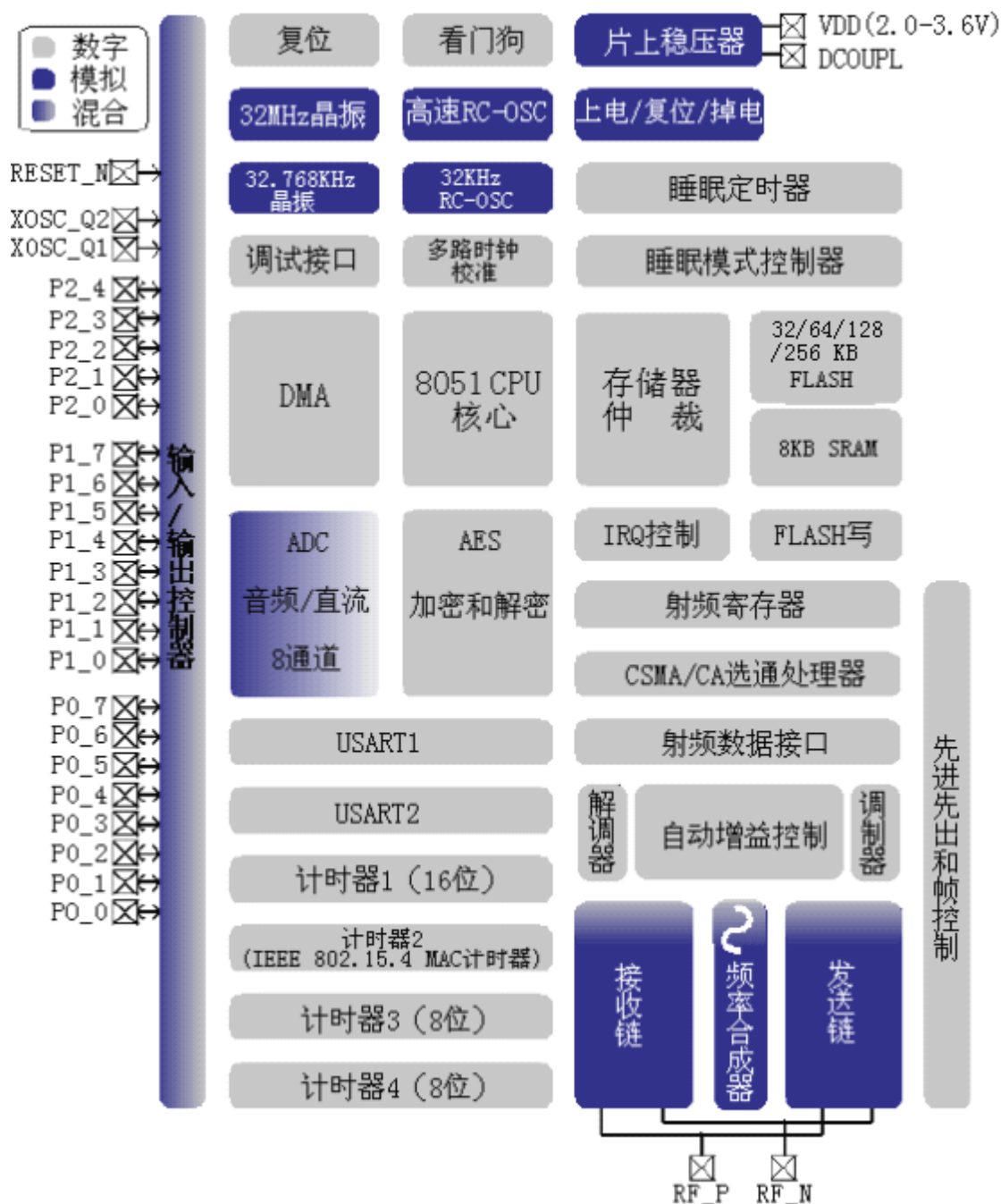
所有其它商标均为其所有者所有。

描述

CC2530 是一个真正的用于 IEEE 802.15.4, ZigBee 和 RF4CE 应用的片上系统 (SoC) 解决方案。它能够以非常低的总材料成本建立强大的网络节点。CC2530 集成了业界领先的 RF 收发器、增强工业标准的 8051 MCU, 在系统可编程 Flash 存储器, 8-KB RAM 和许多其它强大功能。CC2530 有四种不同的 Flash 版本: CC2530F32/64/128/256, 分别具有 32/64/128/256KB Flash 存储器。CC2530 十分适合需要超低功耗的系统。这由它的多种运行模式所保证。不同运行模式间的短的转换时间更加保证了它的低功率消耗。

结合德州仪器业界领先和联盟最高业内水平的 ZigBee 协议栈 (Z-Stack™), CC2530F256 提供了一个强大完整的 ZigBee 解决方案。

结合德州仪器联盟最高业内水平的 RemoTI 栈, CC2530F64 和 CC2530F128/256 提供了一个强大完整的 ZigBee RF4CE 远程控制解决方案。



静电 (ESD) 会损坏集成电路。德州仪器建议在获取和放置芯片时，必须采取预防措施。不进行适当的预防措施和正确的安装程序会导致器件损坏。

ESD 损坏可以造成细微的性能下降，也可以造成整个设备损坏。精密集成电路可能更易受到损坏，因极小的参数变化都可能导致设备不能满足其公布的规格。

极限参数⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
供电电压	所有供电引脚的电压必须相同	-0.3	3.9	V
任何数字引脚上的电压		-0.3	VDD+0.3, ≤3.9	V
输入 RF 级别			10	dBm
储存温度范围		-40	125	°C
ESD ⁽²⁾	所有焊盘, 根据人体模型, JEDEC STD22, method A114		2	kV
	根据被控器件模型, JEDEC STD22, method C101		500	V

⁽¹⁾ 超出极限参数所列出的范围可能导致器件永久性损坏。这些仅仅是极限参数, 并不适用于对于器件在下面的推荐运行条件或超过这些条件的功能操作。超时暴露在极限参数条件下可能会影响器件的可靠性。

⁽²⁾ 警告: CC2530 是静电 (ESD) 敏感器件。在获取和放置芯片时, 必须采取预防措施, 防止该芯片被永久损坏。

推荐运行条件

	最小值	最大值	单位
运行环境温度范围, T _A	-40	125	°C
运行供电电压	2	3.6	V

电气特性

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行, 若无其他规定, 则 T_A=25°C, VDD=3V。

黑体字仅适用于整个工作范围, T_A= -40°C 到 125°C, VDD=2V 到 3.6V, f_c=2394MHz 到 2507MHz。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{core} 内核电流消耗	数字稳压器接通, 16MHz RC 振荡器运行, 无 RF、晶振或外部设备。 CPU 活动中: 正常 Flash 存取 ⁽¹⁾ , 无 RAM 存取。		3.4		mA
	32MHz XOSC 运行, 无 RF 或外部设备。 CPU 活动中: 正常 Flash 存取 ⁽¹⁾ , 无 RAM 存取。		6.5	8.9	mA
	32MHz XOSC 运行, RF 处于接收模式, -50dBm 输入功率, 无外部设备活动, CPU 空闲。		20.5		mA

	32MHz XOSC 运行, RF 处于接收模式, -100dBm 输入功率 (等待信号), 无外部设备活动, CPU 空闲。		24.3	29.6	mA
	32MHz XOSC 运行, RF 处于发送模式, 1dBm 输出功率, 无外部设备活动, CPU 空闲。		28.7		mA
	32MHz XOSC 运行, RF 处于发送模式, 4.5dBm 输出功率, 无外部设备活动, CPU 空闲。		33.5	39.6	mA
	电源模式 1: 数字稳压器接通, 16MHz RC 振荡器和 32MHz 晶体振荡器关闭。 32.768kHz XOSC, 上电复位, 掉电检测和睡眠定时器有效。RAM 和寄存器保持。		0.2	0.3	mA
	电源模式 2: 数字稳压器关闭, 16MHz RC 振荡器和 32MHz 晶体振荡器关闭。 32.768kHz XOSC, 上电复位和睡眠定时器有效。RAM 和寄存器保持。		1	2	uA
	电源模式 3: 数字稳压器关闭, 无时钟; 上电复位有效。RAM 和寄存器保持。		0.4	1	uA
I _{peri}	外部设备电流消耗 (如果外设单元使能, 则添加到内核电流 I _{core})				
	定时器 1	定时器运行, 32MHz XOSC 启用		90	uA
	定时器 2	定时器运行, 32MHz XOSC 启用		90	uA
	定时器 3	定时器运行, 32MHz XOSC 启用		60	uA
	定时器 4	定时器运行, 32MHz XOSC 启用		70	uA
	睡眠定时器	包括 32.753kHz RC 振荡器		0.6	uA
	ADC	当转换时		1.2	mA
	Flash	擦除		1	mA
	Flash 擦除	突发写峰值电流		6	mA

⁽¹⁾ 正常 Flash 存取是指代码超过缓存存储容量, 所以缓存丢失会经常发生。

一般特性

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行, 若无其他规定, 则 T_A=25°C, VDD=3V。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
唤醒及时序					
电源模式 1→活动	数字稳压器接通, 16MHz RC 振荡器和 32MHz 晶体振荡器关闭。16MHz RC 振荡器启动。		4		us
电源模式 2 或 3→活动	数字稳压器关闭, 16MHz RC 振荡器和 32MHz 晶体振荡器关闭。稳压器		0.1		ms

	和 16MHz RC 振荡器启动				
活动→TX 或 RX	最初运行于 16MHz RC 振荡器， 32MHz 晶体振荡器关闭		0.5		ms
	32MHz 晶体振荡器初始开启。			192	us
RX/TX 和 TX/RX 转换				192	us
无线模块部分					
RF 频率范围	信道间可编程设置步长 1MHz 或者 5MHz，以适应 IEEE 802.15.4	2394		2507	MHz
无线比特率	与 IEEE 802.15.4 定义的相同		250		kbps
无线片码率	与 IEEE 802.15.4 定义的相同		2		MChip/s

RF 接收

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ ， $f_c=2440\text{MHz}$ 。

黑体字仅适用于整个工作范围， $T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 到 125°C ， $V_{DD}=2\text{V}$ 到 3.6V ， $f_c=2394\text{MHz}$ 到 2507MHz 。

参 数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
接收器灵敏度	根据 IEEE 802.15.4，PER=1%。IEEE 802.15.4 需求的灵敏度为 -85dBm。		-97	-92 -88	dBm
饱和度 (最大输入电平)	根据 IEEE 802.15.4，PER=1%。IEEE 802.15.4 需求的饱和度为 -20dBm。		10		dBm
相邻信道抑制 信道间隔 5MHz	要求信号强度 -82dBm，相邻的已调制信道间隔 5MHz，根据 IEEE 802.15.4，PER=1%。IEEE 802.15.4 需求的相邻信道抑制为 0dB。		49		dB
相邻信道抑制 信道间隔 -5MHz	要求信号强度 -82dBm，相邻的已调制信道间隔 -5MHz，根据 IEEE 802.15.4，PER=1%。IEEE 802.15.4 需求的相邻信道抑制为 0dB。		49		dB
交替信道抑制 信道间隔 10MHz	要求信号强度 -82dBm，相邻的已调制信道间隔 10MHz，根据 IEEE 802.15.4，PER=1%。IEEE 802.15.4 需求的相邻信道抑制为 30dB。		57		dB
交替信道抑制 信道间隔 -10MHz	要求信号强度 -82dBm，相邻的已调制信道间隔 -10MHz，根据 IEEE 802.15.4，PER=1%。IEEE 802.15.4 需求的相邻信道抑制为 30dB。		57		dB
信道抑制 $\geq 20\text{MHz}$ $\leq -20\text{MHz}$	要求信号强度 -82dBm，不需要的信号在 802.15.4 调制的信道中，逐步通过 2405~2480MHz 的整个信道。PER=1%。		57 57		dB

共信道抑制	要求信号强度-82dBm，不需要的信号在 802.15.4 调制的信道中，与所需信号的频率相同。PER=1%。		-3		dB
阻塞/钝化 距离带宽边缘 5MHz 距离带宽边缘 10MHz 距离带宽边缘 20MHz 距离带宽边缘 50MHz 距离带宽边缘-5MHz 距离带宽边缘-10MHz 距离带宽边缘-20MHz 距离带宽边缘-50MHz	要求信号强度高于灵敏度电平 3dB，等幅波干扰发射，PER=1%。根据 EN 300 440 class 2 测量。		-33 -33 -32 -31 -35 -35 -34 -34		dBm
杂散发射。每个频带只规定了最大杂散发射。 30MHz~1000MHz 1GHz~12.75GHz	测量时，单端负载 50Ω。遵循规程 EN 300 328，EN 300 440，FCC CFR47，Part 15 和 ARIB STD-T-66。		< -80 -57		dBm
频率误差 ⁽¹⁾	IEEE 802.15.4 要求最小为 80ppm。		±150		ppm
符号速率误差 ⁽²⁾	IEEE 802.15.4 要求最小为 80ppm。		±1000		ppm

⁽¹⁾ 收到的 RF 信号的中心频率与本地震荡频率之间的误差。

⁽²⁾ 收到的符号速率和内部产生的符号速率之间的误差。

RF 发送

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ ， $f_c=2440\text{MHz}$ 。

黑体字仅适用于整个工作范围， $T_A=-40^{\circ}\text{C}$ 到 125°C ， $V_{DD}=2\text{V}$ 到 3.6V ， $f_c=2394\text{MHz}$ 到 2507MHz 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
标称输出功率	通过不平衡变压器送到单端负载 50Ω，输出功率设置为推荐的最大值。IEEE802.15.4 需求的最小值为 -3dBm。	0 -8	4.5	8 10	dBm
可编程设置的输出功率范围			32		dB
杂散发射 根据既定的规则测量。每个频带内只规定了最大杂散发射。	最大推荐输出功率设置 ⁽¹⁾ 。 25MHz—1000MHz（限制频带之外） 25MHz—2400MHz（FCC 限制频带之内） 25MHz—1000MHz（ETSI 限制频带之内） 1800—1900MHz（ETSI 限制频带） 5150—5300MHz（ETSI 限制频带） 在 $2 \times f_c$ 和 $3 \times f_c$ （FCC 限制频带） 在 $2 \times f_c$ 和 $3 \times f_c$ （ETSI EN 300-440 和 EN300-328） ⁽²⁾		-60 -60 -60 -57 -55 -42 -31		dBm

	1GHz—12.75GHz（限制频带之外） 在 2483.5MHz 及以上（FCC 限制频带） $f_c=2480\text{MHz}^{(3)}$		-53		
			-42		
向量误差振幅（EVM）	根据 IEEE 802.15.4 的定义使用最大推荐输出功率设置测量。IEEE 802.15.4 需求最大的 EVM 为 35%。		2%		
最佳负载阻抗	差动阻抗，从 RF 口（RF_P 和 RF_N）到天线。		69+j29		Ω

⁽¹⁾ TI 公司的 CC2530 EM 参考设计，遵循规程 EN 300 328, EN 300 440, FCC CFR47 Part 15 和 ARIB STD-T-66。

⁽²⁾ 由一个连接在匹配的网络和 RF 连接器（1.8pF 并联 1.6nH）之间的带通滤波器，可以提高在第三次谐波上的传送进行请求；此滤波器必须连接到好的 RF 范围。

⁽³⁾ 当在 2480MHz 传送 2483.5MHz 及以上的 FCC 传递请求时，可以通过使用较低的输出功率设置或小于 100% 占空比来提高。

32MHz 晶体振荡器

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
晶振频率			32		MHz
所需晶振频率精度 ⁽¹⁾		-40		40	ppm
等效串联阻抗（ESR）		6		60	Ω
C_0 晶振并联电容		1		7	pF
C_L 晶振负载电容		10		16	pF
启动时间			0.3		ms
掉电保护时间	晶振必须在经过一段掉电保护时间之后才能重新使用。这一要求对所有工作模式有效。掉电保护时间的需求随晶振类型和负载而不同。	3			ms

⁽¹⁾ 包括老化和运行时的温度，由 IEEE 802.15.4 指定。

32.768kHz 晶体振荡器

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
晶振频率			32.768		kHz
所需晶振频率精度 ⁽¹⁾		-40		40	ppm
等效串联阻抗（ESR）			40	130	Ω
C_0 晶振并联电容			0.9	2	pF
C_L 晶振负载电容			12	16	pF
启动时间			0.4		s

⁽¹⁾ 包括老化和运行时的温度，由 IEEE 802.15.4 指定。

32kHz RC 振荡器

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
校准频率 ⁽¹⁾			32.753		kHz
校准后频率精度			$\pm 0.2\%$		
温度系数 ⁽²⁾			0.4		%/ $^{\circ}\text{C}$
供电系数 ⁽³⁾			3		%/V
校准时间 ⁽⁴⁾			2		ms

⁽¹⁾ 32kHz RC 振荡器频率校准为 32MHz XTAL 频率除以 977。

⁽²⁾ 校准后，当温度变化时的频率漂移。

⁽³⁾ 校准后，当供电电压变化时的频率漂移。

⁽⁴⁾ 当 32kHz RC 振荡器使能时，当从 16MHz RC 振荡器切换到 32MHz 晶体振荡器运行时，并且 SLEEP_CMD.OSC32K_CALDIS 位被清除的情况下，执行校准。

16MHz RC 振荡器

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
频率 ⁽¹⁾			16		MHz
未校准的频率精度			$\pm 18\%$		
校准后频率精度			$\pm 0.6\%$	$\pm 1\%$	
启动时间				10	μs
初始校准时间 ⁽²⁾			50		μs

⁽¹⁾ 16MHz RC 振荡器频率校准为 32MHz XTAL 频率除以 2。

⁽²⁾ 当 16MHz RC 振荡器使能时，当从 16MHz RC 振荡器切换到 32MHz 晶体振荡器运行时，并且 SLEEP_CMD.OSC_PD 位被清除的情况下，执行校准。

RSSI/CCA 特性

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
RSSI 范围			100		dB
绝对未校准 RSSI/CCA 精度			± 4		dB
RSSI/CCA 偏移值 ⁽¹⁾			73		dB
步长 (LSB 值)			1		dB

⁽¹⁾ 实际 RSSI=寄存器值—偏移值。

FREQUEST 特性

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
FREQUEST 范围			± 250		kHz
FREQUEST 精度			± 40		kHz
FREQUEST 偏移值 ⁽¹⁾			20		kHz
步长 (LSB 值)			7.8		kHz

⁽¹⁾ 实际 FREQUEST=寄存器值—偏移值。

频率合成器特性

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ ， $f_c=2440\text{MHz}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
相位噪声,未调制的载波	偏移载波 $\pm 1\text{MHz}$		-110		dBc /Hz
	偏移载波 $\pm 2\text{MHz}$		-117		
	偏移载波 $\pm 5\text{MHz}$		-122		

模拟温度传感器

测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
25℃时的输出电压	使用集成 ADC 测量，使用内部带隙基准电压和最大分辨率		1480		12 位 ADC
温度系数			4.5		/10℃
供电系数			1		/0.1V
未校准的初始精度			± 10		℃
使用 1 点校准的精度 (整个温度范围)			± 5		℃
使能时的电流消耗 (不包括 ADC 电流)			0.5		mA

ADC 特性

若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	VDD 是引脚 AVDD5 上的电压	0		VDD	V
外接基准电压	VDD 是引脚 AVDD5 上的电压	0		VDD	V
外接基准电压误差	VDD 是引脚 AVDD5 上的电压	0		VDD	V
输入电阻，信号	采用 4MHz 时钟速率		197		k Ω
完全信号 ⁽¹⁾	峰峰值，界定 0dB 帧同步		2.97		V
有效位数 (ENOB) ⁽¹⁾	单端输入，7 位分辨率		5.7		bits
	单端输入，9 位分辨率		7.5		
	单端输入，10 位分辨率		9.3		
	单端输入，12 位分辨率		10.8		
	差分输入，7 位分辨率		6.5		
	差分输入，9 位分辨率		8.3		
	差分输入，10 位分辨率		10.0		
	差分输入，12 位分辨率		11.5		
有用功率带宽	7 位分辨率，单端输入和差分输入		0—20		kHz
总谐波失真 (THD) ⁽¹⁾	单端输入，12 位分辨率，-6dB 帧同步		-75.2		dB
	差分输入，12 位分辨率，-6dB 帧同步		-86.6		
非谐波比信号 ⁽¹⁾	单端输入，12 位分辨率		70.2		dB
	差分输入，12 位分辨率		79.3		
	单端输入，12 位分辨率，-6dB 帧同步		78.8		
	差分输入，12 位分辨率，-6dB 帧同步		88.9		
共模抑制比 (CMRR)	差分输入，12 位分辨率，1kHz 正弦 (0dB 帧同步)，由 ADC 分辨率限制		>84		dB
串扰	单端输入，12 位分辨率，1kHz 正弦 (0dB 帧同步)，由 ADC 分辨率限制		>84		dB
偏移量	中比例		-3		mV
增益误差			0.68		%
微分非线性 (DNL) ⁽¹⁾	12 位分辨率，最小		0.05		LSB
	12 位分辨率，最大		0.9		
积分非线性 (INL) ⁽¹⁾	12 位分辨率，最小		4.6		LSB
	12 位分辨率，最大		13.3		
信号与噪声+失真比 (SINAD) ⁽¹⁾ (—THD+N)	单端输入，7 位分辨率		35.4		dB
	单端输入，9 位分辨率		46.8		
	单端输入，10 位分辨率		57.5		
	单端输入，12 位分辨率		66.6		
	差分输入，7 位分辨率		40.7		

	差分输入, 9 位分辨率		51.6		
	差分输入, 10 位分辨率		61.8		
	差分输入, 12 位分辨率		70.8		
转换时间	7 位分辨率		20		us
	9 位分辨率		36		
	10 位分辨率		68		
	12 位分辨率		132		
功率消耗			1.2		mA
内部基准电压			1.15		V
内部基准电压系数			4		mV/V
内部基准温度系数			0.4		mV/10°C

⁽¹⁾ 测量以 300MHz 正弦输入和 VDD 作为参考。

控制输入交流特性

如果没有其他规定, 则 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$, $V_{DD} = 2\text{V} \sim 3.6\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
系统时钟 f_{SYSCLK} $t_{\text{SYSCLK}} = 1/f_{\text{SYSCLK}}$	当使用晶体振荡器时, 未划分的系统时钟为 32MHz; 当使用校准 16MHz RC 振荡器时, 未划分的系统时钟为 16MHz	16		32	MHz
RESET_N 低宽度	见图 1 第 1 项。这是最短的脉冲, 用来确保识别完整的复位引脚的请求。注意, 短脉冲或许可以识别, 但将不会导致芯片内所有单元的完全复位。	1			us
中断脉冲宽度	见图 1 第 2 项。这是最短的脉冲, 用来确保识别中断请求。在电源模式 (PM) 2/3 中, 内部同步装置旁路, 因此在 PM2/3 中, 不提出该请求	20			ns

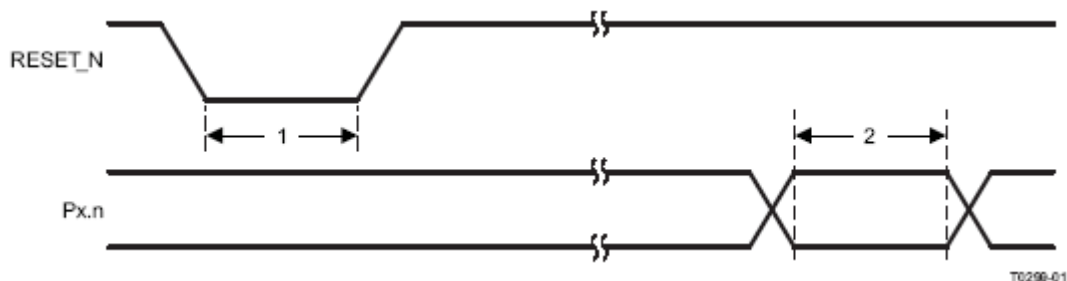


图 1 控制输入交流特性

SPI 交流特性

如果没有其他规定，则 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = 2\text{V} \sim 3.6\text{V}$ 。

表 16 SPI 交流特性

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_1 SCK 周期	主，RX 和 TX	250			ns
SCK 占空比	主		50%		
t_2 SSN 低到 SCK	主	63			ns
t_3 SCK 到 SSN 高	主	63			ns
t_4 MO 早期输出	主，负载=10pF			7	ns
t_7 MO 晚期输出	主，负载=10pF			10	ns
t_6 MI 设置	主	90			ns
t_5 MI 保持	主	10			ns
t_1 SCK 周期	从，RX 和 TX	250			ns
SCK 占空比	从		50%		
t_2 SSN 低到 SCK	从	63			ns
t_3 SCK 到 SSN 高	从	63			ns
t_6 MO 设置	从	35			ns
t_5 MO 保持	从	10			ns
t_5 MI 晚期输出	从，负载=10pF			95	ns
工作频率	主，只有 TX			8	MHz
	主，RX 和 TX			4	
	从，只有 RX			8	
	从，RX 和 TX			4	

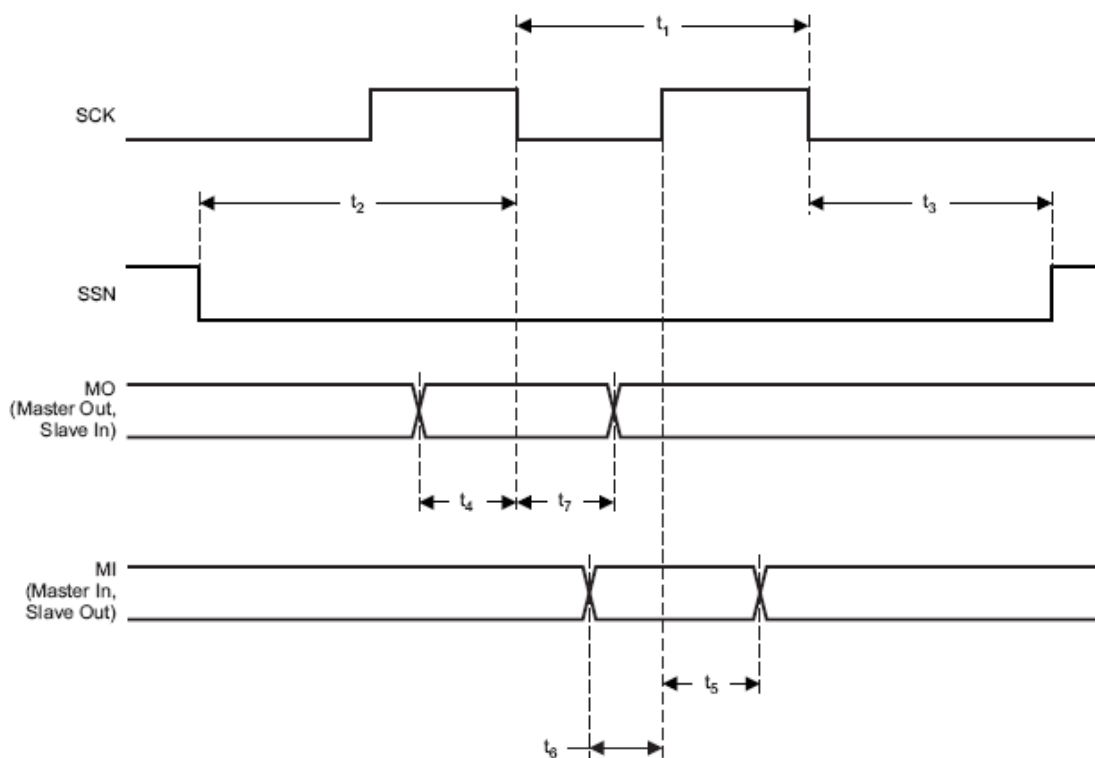


图 2 SPI 交流特性

调试接口交流特性

如果没有其他规定，则 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = 2\text{V} \sim 3.6\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{\text{clk_dbg}}$ 调试时钟频率 (见图 3)				12	MHz
t_1 时钟上允许的高脉冲 (见图 3)		35			ns
t_2 时钟上允许的低脉冲 (见图 3)		35			ns
t_3 EXT_RESET_N 低电平到调试时钟上的第一个下降沿 (见图 4)		167			ns
t_4 时钟上的下降沿到 EXT_RESET_N 高电平 (见图 4)		83			ns
t_5 EXT_RESET_N 高电平到第一个调试命令 (见图 4)		83			ns
t_6 调试数据设置 (见图 5)		2			ns
t_7 调试数据保持 (见图 5)		4			ns
t_8 时钟到数据的延迟 (见图 5)	负载=10pF			30	ns

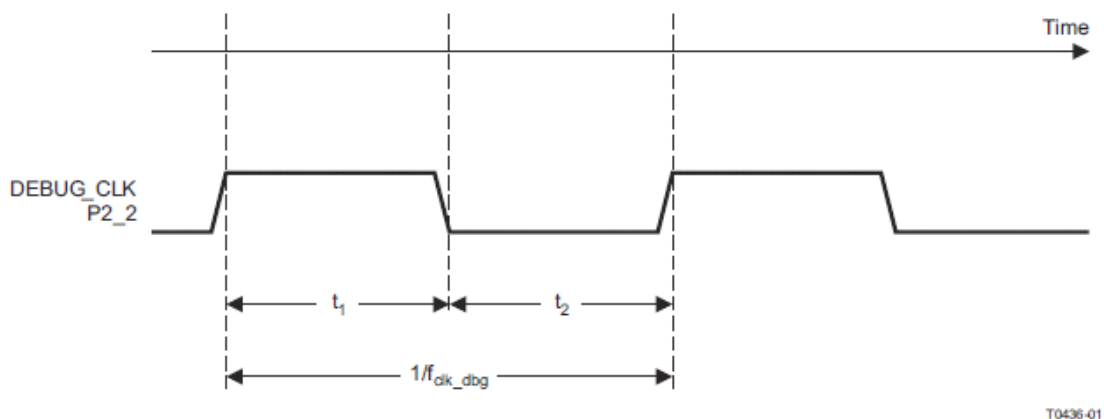


图 3 调试时钟—基本时序

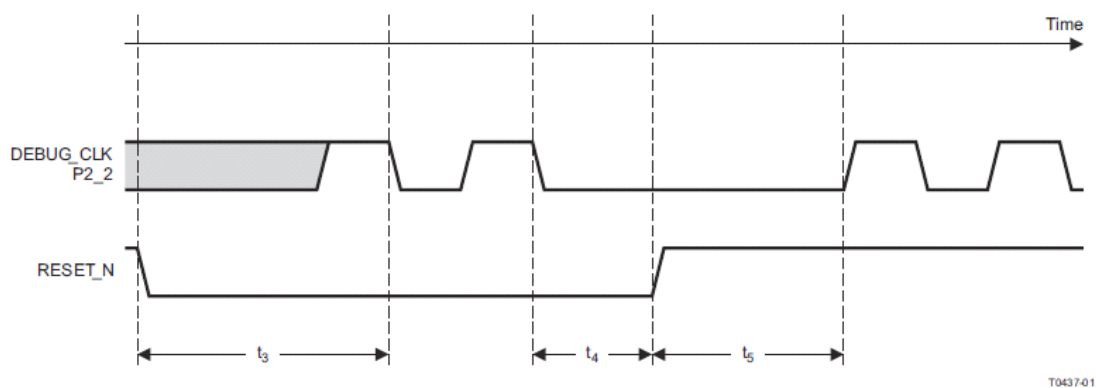


图 4 数据设置和保持时序

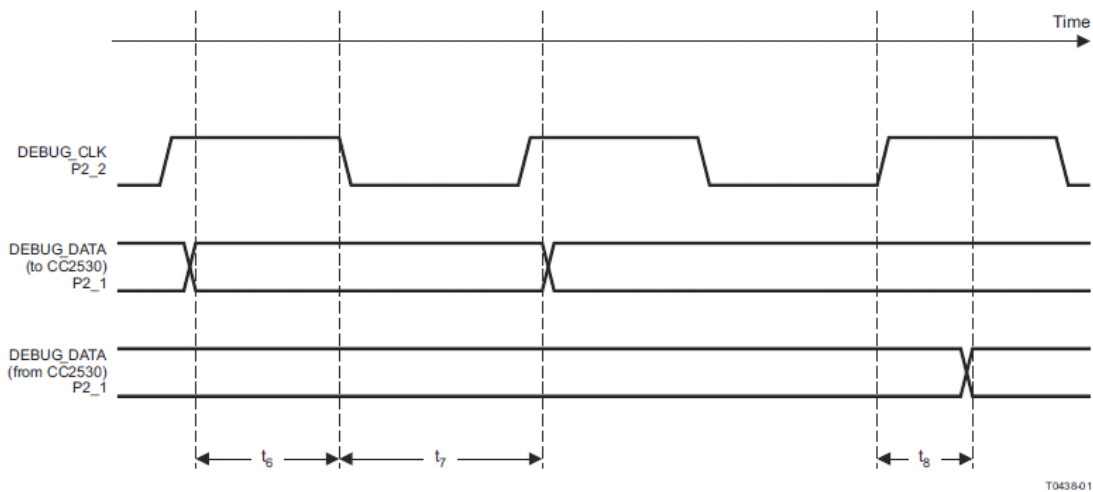


图 5 调试使能时序

定时器输入交流特性

如果没有其他规定，则 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD} = 2\text{V} \sim 3.6\text{V}$ 。

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入捕获脉冲宽度	可识别的输入脉冲的最短宽度由同步器决定。同步器运行于当前系统的时钟频率（16 或 32MHz）	1.5			t_{SYSCLK}

直流特性

如果没有其他规定，则 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{DD} = 3\text{V}$ 。

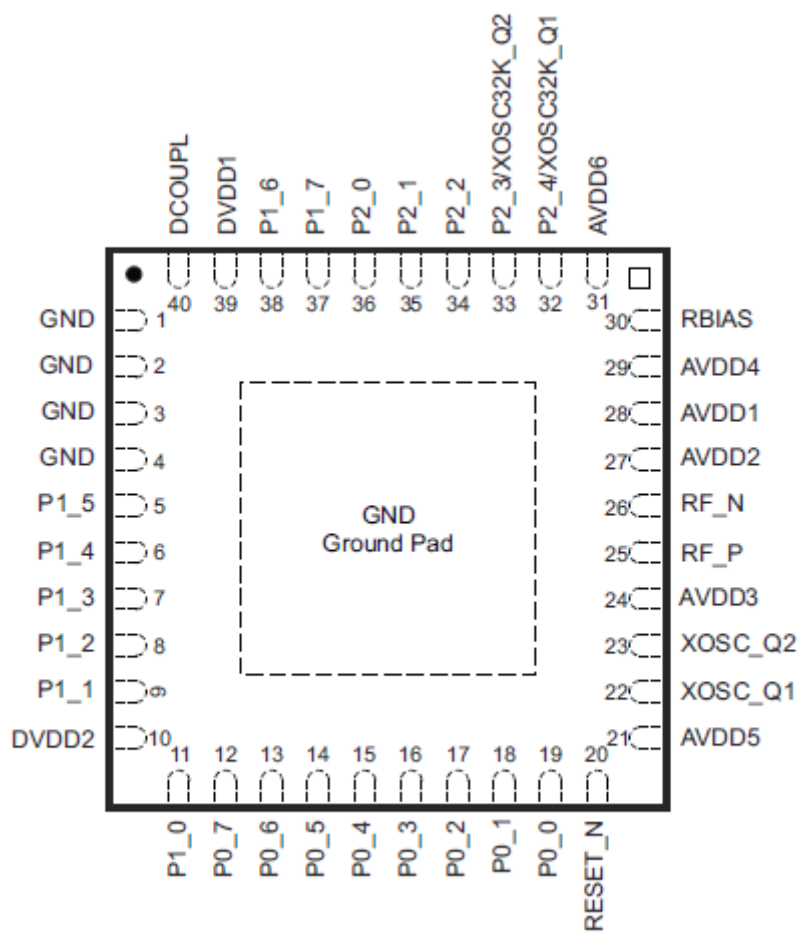
参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
逻辑“0”输入电压				0.5	V
逻辑“1”输入电压		2.5			V
逻辑“0”输入电流	输入等于 0V	-50		50	nA
逻辑“1”输入电流	输入等于 VDD	-50		50	nA
I/O 引脚上拉和下拉电阻			20		k Ω
逻辑“0”输出电压，4mA 引脚	输出负载 4mA			0.5	V
逻辑“1”输出电压，4mA 引脚	输出负载 4mA	2.4			V
逻辑“0”输出电压，20mA 引脚	输出负载 20mA			0.5	V
逻辑“1”输出电压，20mA 引脚	输出负载 20mA	2.4			V

器件信息

引脚描述

CC2530 引脚如图 6，每个引脚的简单描述如下。

CC2530 RHA 封装（顶视图）



P0076-02

注意：外露的芯片安装衬垫必须连接到 PCB 的接地层，芯片通过该处接地。

图 6 引脚顶视图

引脚描述

引脚名称	引脚号	引脚类型	描 述
AVDD1	28	电源（模拟）	2V—3.6V 模拟电源连接
AVDD2	27	电源（模拟）	2V—3.6V 模拟电源连接
AVDD3	24	电源（模拟）	2V—3.6V 模拟电源连接
AVDD4	29	电源（模拟）	2V—3.6V 模拟电源连接
AVDD5	21	电源（模拟）	2V—3.6V 模拟电源连接
AVDD6	31	电源（模拟）	2V—3.6V 模拟电源连接
DCOUP	40	电源（数字）	1.8V 数字电源退耦。不需要外接电路。
DVDD1	39	电源（数字）	2V—3.6V 数字电源连接
DVDD2	10	电源（数字）	2V—3.6V 数字电源连接
GND	—	接地	外露的芯片安装衬垫必须连接到 PCB 的接地层
GND	1, 2, 3, 4	未使用的引脚	连接到 GND
P0_0	19	数字 I/O	端口 0.0
P0_1	18	数字 I/O	端口 0.1
P0_2	17	数字 I/O	端口 0.2
P0_3	16	数字 I/O	端口 0.3



P0_4	15	数字 I/O	端口 0.4
P0_5	14	数字 I/O	端口 0.5
P0_6	13	数字 I/O	端口 0.6
P0_7	12	数字 I/O	端口 0.7
P1_0	11	数字 I/O	端口 1.0—具有 20mA 驱动能力
P1_1	9	数字 I/O	端口 1.1—具有 20mA 驱动能力
P1_2	8	数字 I/O	端口 1.2
P1_3	7	数字 I/O	端口 1.3
P1_4	6	数字 I/O	端口 1.4
P1_5	5	数字 I/O	端口 1.5
P1_6	38	数字 I/O	端口 1.6
P1_7	37	数字 I/O	端口 1.7
P2_0	36	数字 I/O	端口 2.0
P2_1	35	数字 I/O	端口 2.1
P2_2	34	数字 I/O	端口 2.2
P2_3/XOSC32K_Q2	33	数字 I/O, 模拟 I/O	端口 2.3/32.768kHz XOSC
P2_4/XOSC32K_Q1	32	数字 I/O, 模拟 I/O	端口 2.4/32.768kHz XOSC
RBIAS1	30	模拟 I/O	用于连接提供基准电流的外接精密偏置电阻器
RESET_N	20	数字输入	复位, 低电平有效
RF_N	26	RF I/O	接收时, 负 RF 输入信号到 LNA; 发送时, 来自 PA 的负 RF 输出信号
RF_P	25	RF I/O	接收时, 正 RF 输入信号到 LNA; 发送时, 来自 PA 的正 RF 输出信号
XOSC_Q1	22	模拟 I/O	32MHz 晶体振荡器引脚 1, 或外接时钟输入
XOSC_Q2	23	模拟 I/O	32MHz 晶体振荡器引脚 2

电路描述

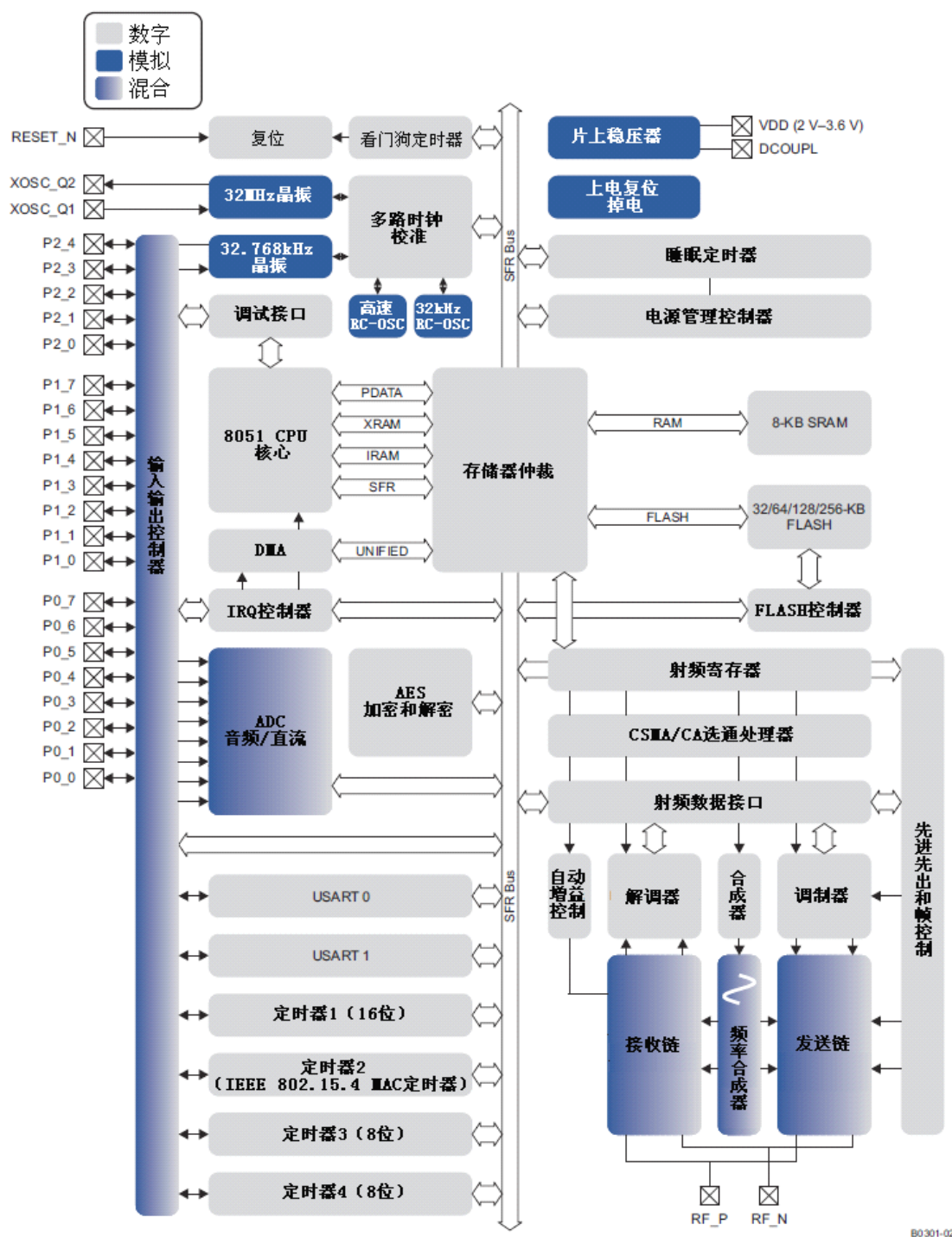


图 7 CC2530 部件框图

图 7 为 CC2530 的部件框图。可大致分为 3 类模块：CPU 和相关存储器模块，外设、时钟和电源管理模块，无线模块。在以下几个小节中，对出现在图 7 中的每个模块进行了简单描述。

更详细的关于模块及其用法的信息请见 CC253x 用户指南（SWRU191）的相应章节。

CPU 和存储器

CC253x 系列芯片中使用的 8051 CPU 核心是一个单周期的 8051 兼容核心。它有 3 个不同的存储器访问总线（特殊功能寄存器 SFR、数据 DATA 和代码/外部数据 CORE/XDATA），单周期访问 SFR、DATA 和主 SRAM，它还包含一个调试接口和扩展的 18 路输入中断单元。

中断控制器共有 18 个中断源，分为 6 个中断组，每个中断组赋值为 4 个中断优先级之一。当该设备处于空闲模式，任何的中断可以把 CC2530 恢复到主动模式。某些中断还可以将设备从睡眠模式（电源模式 1—3）唤醒。

存储器交叉开关/仲裁是位于系统核心，它通过 SFR 总线将 CPU、DMA 控制器、物理存储器和所有的外接设备连接起来。存储器仲裁有 4 个存储器访问点，访问可以被映射到 3 个物理存储器中的 1 个：1 个 8KB SRAM，Flash 存储器和 XREG/SFR 寄存器。存储器仲裁负责对访问到同一个物理存储器的同步存储器访问进行仲裁和排序。

8KB SRAM 映射到数据存储器空间和部分外部数据存储器空间。8KB SRAM 是一个超低功耗的 SRAM，甚至当数字部分掉电后（电源模式 2 和 3）它也能保持它的数据。对于低功耗应用，这是一个很重要的特性。

32/64/128/256KB Flash 块为设备提供了在电路可编程非易失性存储器，并且映射到代码和外部数据存储器空间。除了保持程序代码和常量以外，非易失性存储器允许应用程序保存必须保留的数据，以保证这些数据在设备重启后可用。使用此功能，可以实现诸如利用保存的具体网络数据，就不再需要经过完全启动、网络寻找和加入过程。

时钟和电源管理

数字内核和外部设备由一个 1.8V 低差稳压器供电。它提供了电源管理功能，可以实现使用不同的电源模式以达到低功耗运行，来延长电池寿命。复位设备有 5 种不同的复位源。

外部设备

CC2530 包括许多不同的外部设备，使得应用程序开发者可以进行高级应用程序开发。

调试接口实现了一个专有的两线串行接口来进行在电路调试。通过调试接口可以对 Flash 存储器进行全片擦除，控制启动哪一个振荡器，停止和开始执行用户程序，在 8051 内核上执行供电指示，设置代码断点，在代码中通过指令进行单步调试。利用这些特性可以完美地表现在电路调试和外部 Flash 编程。

CC2530 包含用于存储程序代码的 Flash 存储器。通过调试接口用软件可以对 Flash 存储器进行编程。Flash 控制器处理对嵌入式 Flash 存储器的写和擦除。Flash 控制器允许页擦除和 4 字节编程。

I/O 控制器负责所有通用 I/O 引脚。CPU 可以配置某些引脚是由外接设备模块控制或由软件控制，如果是的话，是否每个引脚配置为输入或输出，焊盘上的上拉或下拉电阻是否是连接的。可以在每个引脚上单独使能 CPU 中断。每个连接到 I/O 引脚的外接设备可以在两种不同的 I/O 引脚位置进行选择以确保在各种应用中的灵活性。

系统内有一个通用的 5 通道 DMA 控制器，并且使用外部数据存储器空间来访问存储器，因此可以访问所有物理存储器。每个通道可以在存储器的任何位置用 DMA 描述来配置（触

发, 优先顺序, 传输模式, 寻址方式, 源指针和目的指针, 传输计数)。很多硬件外接设备(AES 核心, Flash 控制器, USART, 定时器, ADC 接口)依靠 DMA 控制器在 SFR 或 XREG 地址和 Flash/SRAM 之间的数据传输来有效运行。

定时器 1 是一个 16 位定时器, 具有定时器/计数器/脉宽调制功能。它有一个可编程分频器, 1 个 16 位周期值和 5 个单独可编程计数器/捕获信道, 每个信道有一个 16 位比较值。每个计数器/捕获信道可以用来当作 PWM 输出或用来捕获输入信号的边沿时间。它还可以在 IR 产生模式里进行配置, 用来计算定时器 3 的周期, 输出是同定时器 3 的输出相与, 以产生具有最小 CPU 相互影响的已调制的用户 IR 信号。

MAC 定时器(定时器 2)是为支持一个 IEEE 802.15.4 MAC 或其他软件中的时间跟踪协议而特别设计的。该定时器具有一个可配置时间周期和一个可以用来记录已经发生的周期数轨道的 8 位溢出计数器。它还有一个 16 位捕获寄存器, 用来记录一个帧开始定界符接收/发送的精确时间或者传输完成的精确时间, 以及一个可以在特定时间对无线模块产生各种命令选通信号(开始接收, 开始发送等)的 16 位输出比较寄存器。

定时器 3 和定时器 4 是 8 位定时器, 具有定时器/计数器/PWM 功能。它们有一个可编程分频器, 一个 8 位周期值和一个具有 8 位比较值的可编程计数器信道。每一个计数器信道可以被用来当作 PWM 输出。

睡眠定时器是一个超低功耗定时器, 计数 32kHz 晶体振荡器或 32kHz RC 振荡器周期。睡眠定时器在所有运行模式下(除了电源模式 3)都可连续运行。睡眠定时器的典型应用是被当作一个实时计数器, 或者被当作一个唤醒定时器来离开电源模式 1 或 2。

ADC 在理想的 32kHz~40kHz 带宽下支持 7~12 位分辨率。直流和音频转换最多可达 8 个输入通道(端口 0)。输入可以被选择为单端输入或差分输入。参考电压可以是内部 AVDD, 或一个单端或差分外部信号。ADC 也有温度传感器输入通道。ADC 可以自动操作定期采样过程或通道序列转换过程。

随机数发生器使用一个 16 位线性反馈移位寄存器(LFSR)来产生随机数, 它可以被 CPU 读取或被命令选通处理器直接使用。随机数可以被用作安全机制所需要产生的随机密钥。

AES 加密/解密核心允许用户用 128 位密钥的 AES 算法来加密和解密数据。该核心可以支持 IEEE802.15.4 MAC 安全、ZigBee 网络层和应用层所要求的 AES 操作。

内置看门狗定时器允许 CC2530 在固件挂起时复位它自己。当通过软件使能时, 看门狗定时器必须被周期性擦除, 否则时间一到它就会复位设备。或者它可以被配置为作为一般 32kHz 定时器使用。

USART0 和 USART1 均可配置为一个主/从 SPI 或一个 UART。它们提供在接收和发送时的双缓冲和硬件流控制, 因而非常适合于大吞吐量全双工应用。每一个都有它自己的高精度的波特率发生器, 因此可以解放普通计时器出来作其他用途。

无线

CC2530 具有一个 IEEE 802.15.4 标准的无线收发器。RF 核心控制模拟无线模块。另外, 它为 MCU 和无线之间提供了一个接口, 以使得可以发送命令、读取状态、自动操作和对无线事件进行排序。无线部分还包括一个数据包过滤和地址识别模块。

典型特性

RX 电流 (-100dBm输入) 与温度的关系

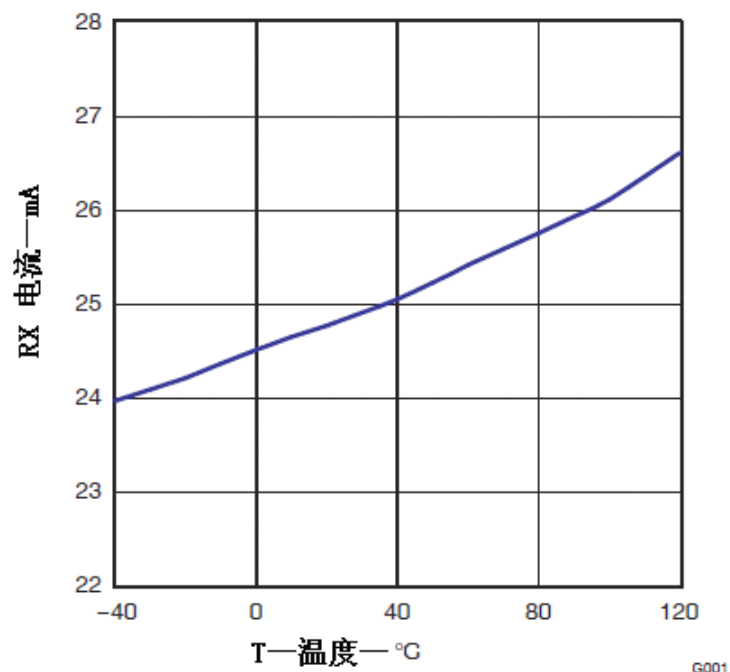


图 8

TX电流 (TXPOWER=0xF5)和温度的关系

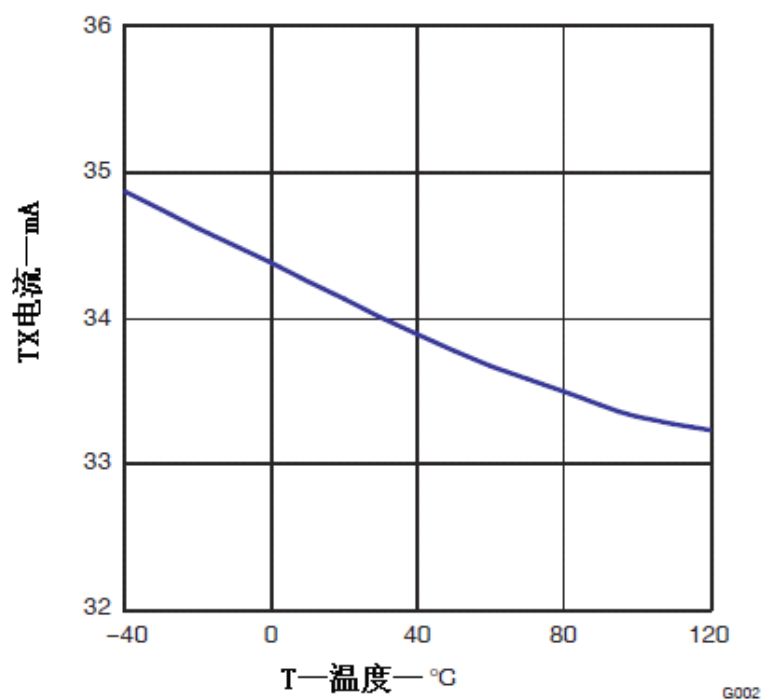


图 9

RX 电流 (-100dBm输入) 与电源电压的关系

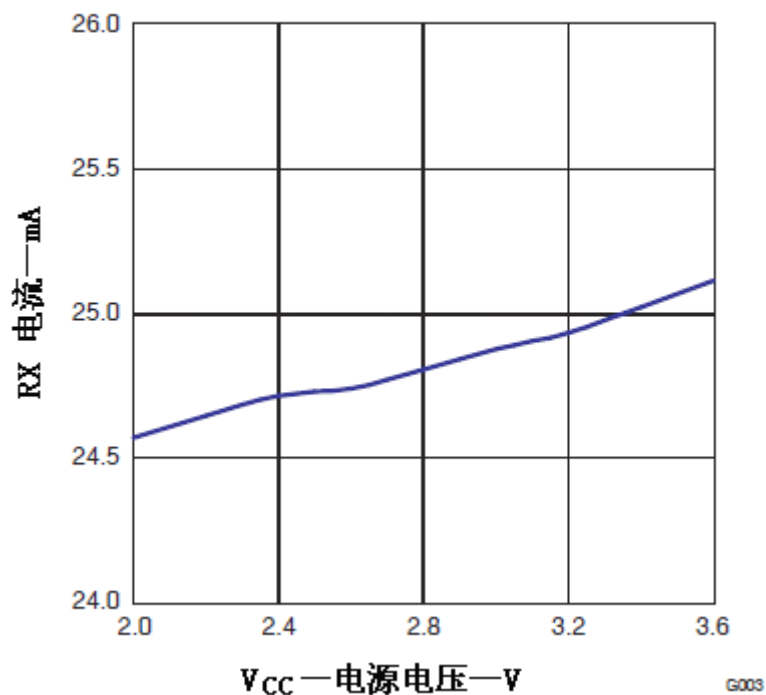


图 10

TX 电流 (TXPOWER=0xF5) 与电源电压的关系

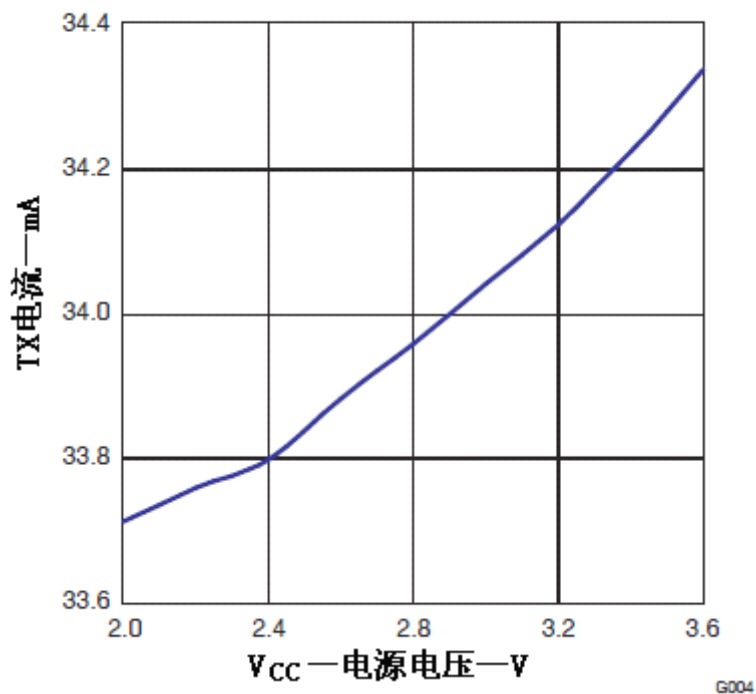


图 11

输出功率 (TXPOWER=0xF5)和频率的关系

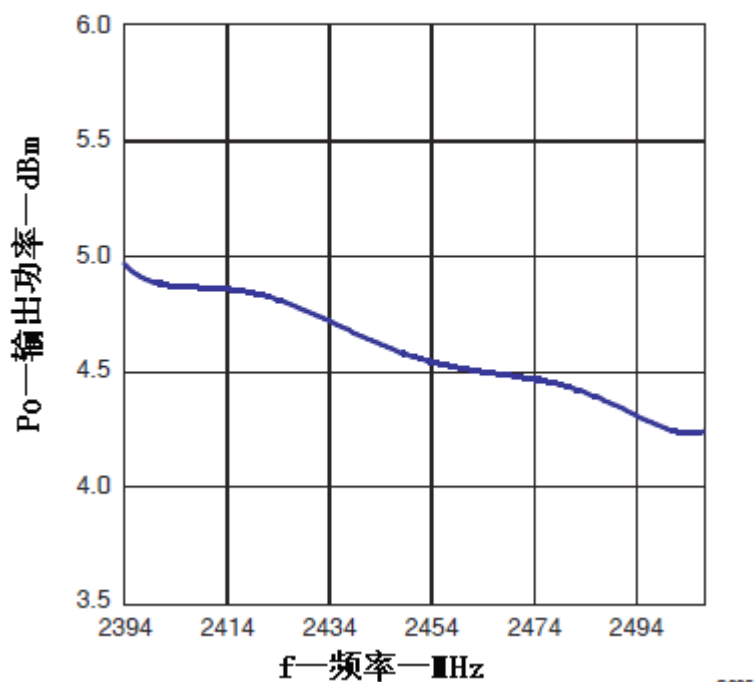


图 12

干扰抑制 (802.14.4干扰) 与
干扰频率 (载波-82dBm, 2440MHz) 的关系

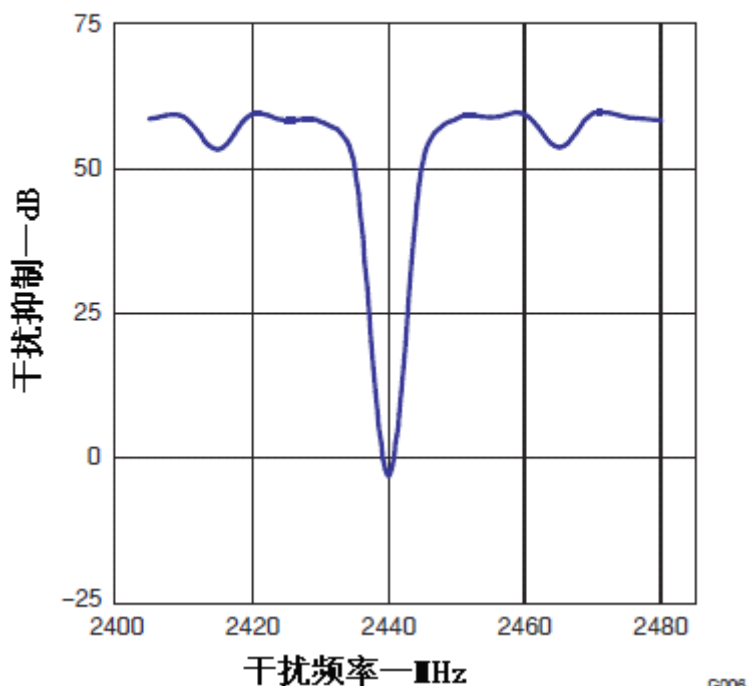


图 13

灵敏度与温度的关系

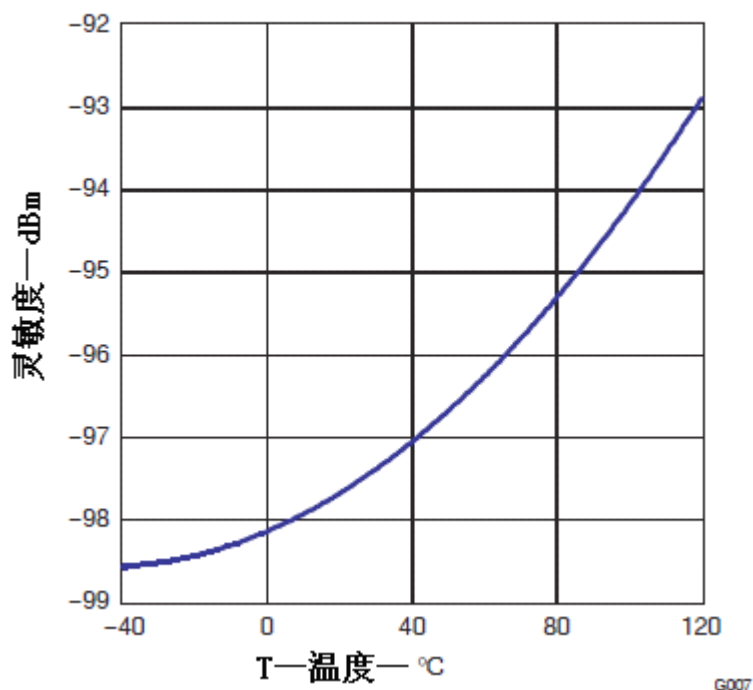


图 14

输出功率 (TXPOWER=0xF5) 与温度的关系

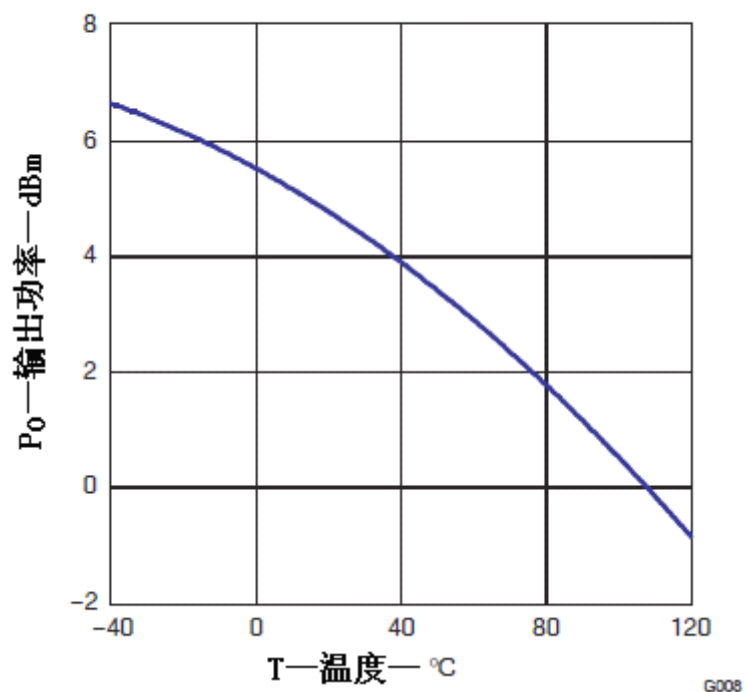


图 15

输出功率 (TXPOWER=0xF5) 与电源电压的关系

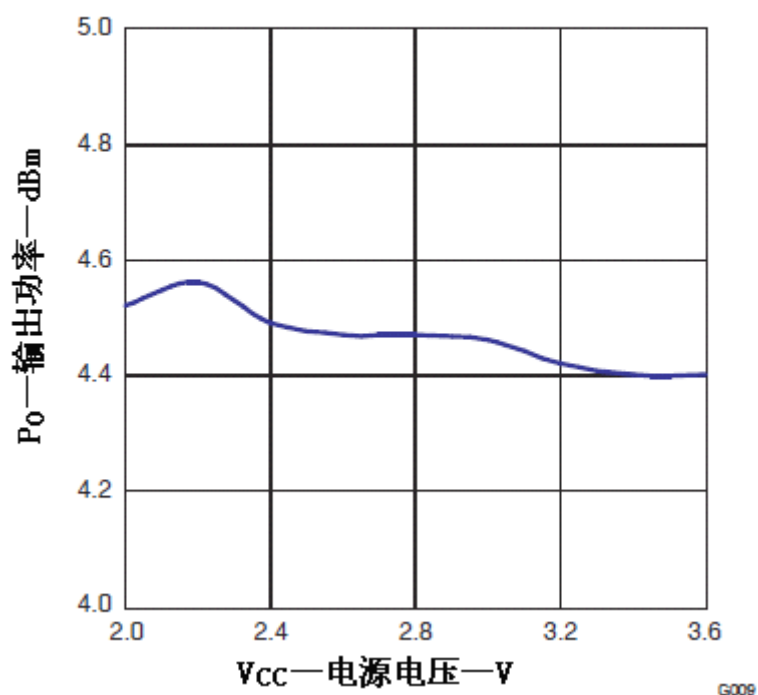


图 16

灵敏度与电源电压的关系

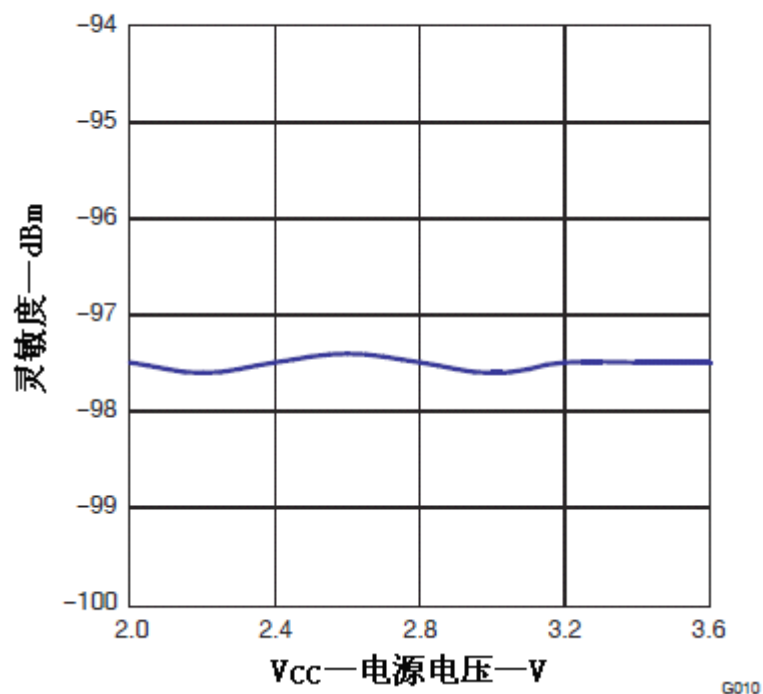


图 17

表 1 推荐输出功率设置⁽¹⁾

TXPOWER 寄存器设置	典型输出功率 (dBm)	典型电流消耗 (mA)
0xF5	4.5	34
0xE5	2.5	31
0xD5	1	29
0xC5	-0.5	28
0xB5	-1.5	27
0xA5	-3	27
0x95	-4	26
0x85	-6	26
0x75	-8	25
0x65	-10	25
0x55	-12	25
0x45	-14	25
0x35	-16	25
0x25	-18	24
0x15	-20	24
0x05	-22	23
0x05 和 TXCTRL=0x09	-28	23

⁽¹⁾ 测量按照 TI 公司 CC2530EM 设计参考进行，若无其他规定，则 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{DD}=3\text{V}$ ， $f_c=2440\text{MHz}$ 。

应用信息

CC2530 只需要很少的外接元件就可以运行了。典型的应用电路如图 18 所示。外接元件的典型值及其描述如表 2 所列。

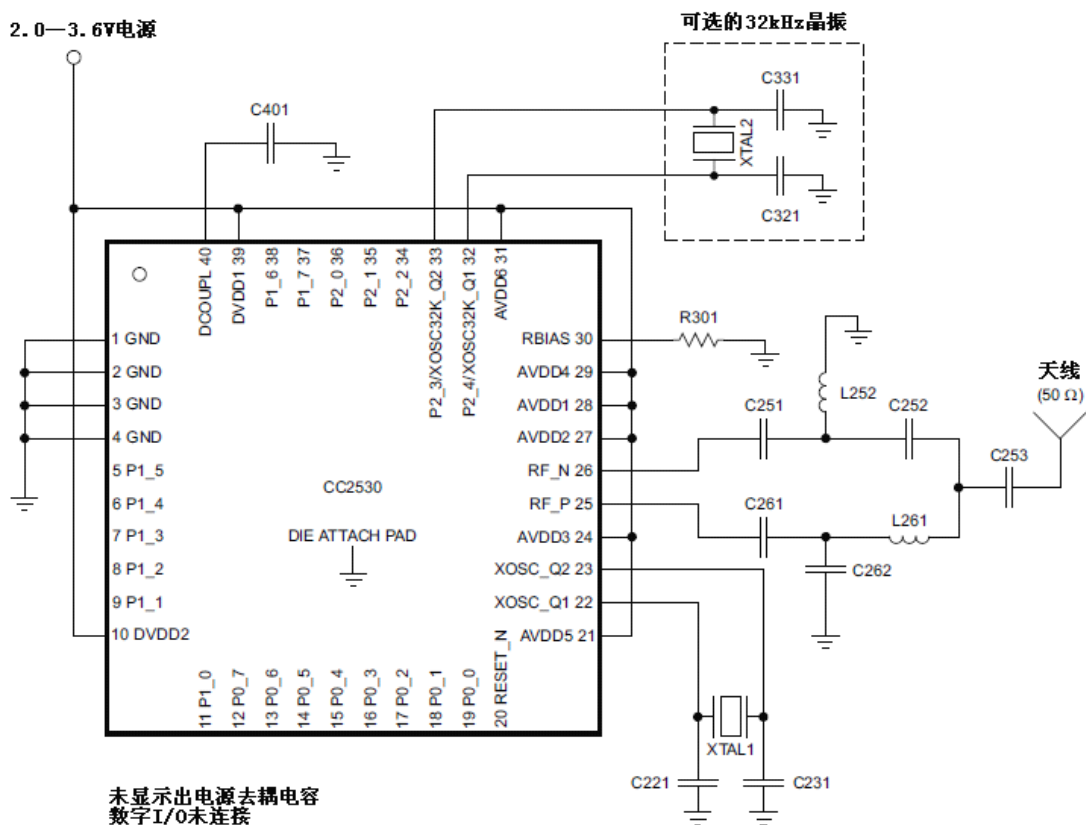


图 18 CC2530 应用电路

表 2 外接元件概况（不包括电源去耦电容器）

元件	描述	值
C251	RF 匹配网络部分	18pF
C261	RF 匹配网络部分	18pF
L252	RF 匹配网络部分	2nH
L261	RF 匹配网络部分	2nH
C262	RF 匹配网络部分	1pF
C252	RF 匹配网络部分	1pF
C253	RF 匹配网络部分	2.2pF
C331	32kHz 晶振负载电容	15pF
C321	32kHz 晶振负载电容	15pF
C231	32kHz 晶振负载电容	27pF
C221	32kHz 晶振负载电容	27pF
C401	内部数字稳压器的去耦电容	1uF
R301	内部偏置电阻	56k Ω

输入/输出匹配

当使用不平衡天线（例如单极天线时），为了优化性能，就应当使用不平衡变压器。不平衡变压器可以运行在使用低成本单独电感器和电容器的场合。推荐使用的不平衡变压器

及其配套元件有：C262，L261，C252 和 L252。

使用平衡天线，例如折叠式偶极天线，可以省略不平衡变压器。

晶振

外接的 32MHz 的晶振 XTAL1，与 2 个负载电阻器（C221 和 C231）一起用于 32MHz 晶体振荡器。详细信息请参见 32MHz 晶体振荡器小节。32MHz 晶振的负载电容由下式得出：

$$C_L = \frac{1}{\frac{1}{C_{221}} + \frac{1}{C_{231}}} + C_{parasitic} \quad (1)$$

可选项 XTAL2 是一个 32.768KHz 的晶振，与 2 个负载电容器（C321 和 C331）一起用于 32.768kHz 晶体振荡器。32.768kHz 晶体振荡器用在需要非常低的睡眠电流消耗和精确的唤醒时间的应用中。32.768kHz 晶振的负载电容由下式得出：

$$C_L = \frac{1}{\frac{1}{C_{321}} + \frac{1}{C_{331}}} + C_{parasitic} \quad (2)$$

为了遵守等效串联阻抗的要求可以使用一系列的电阻器。

片上 1.8V 电源稳压器去耦

1.8V 片上稳压器提供了 1.8V 数字逻辑。该稳压器要求一个去耦电容（C401）来保证稳定运行。

电源去耦和滤波

为了得到优良的性能，需要电源去耦。为了在应用中获得最佳性能，电源去耦电容器的尺寸、布局和电源的滤波极为重要。TI 公司提供了一个紧凑的参考设计，用户在开发应用的设计中，应该参照进行。