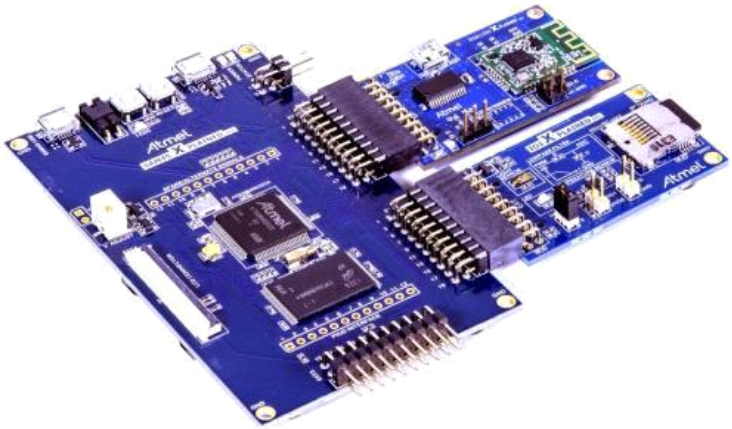
AN2479

WINC1500 Wi-Fi® 模块上的功率测量

简介

本应用笔记提供了有关对WINC1500 Wi-Fi模块进行电流测量的实用信息。



准备工作

硬件准备工作：

- 支持的Xplained Pro评估工具包
- WINC1500扩展
- USB Micro线缆（Type A/Micro-B）
- 示波器
- 差分探头
- 数字万用表

软件准备工作：

- 带有最新ASF的Atmel Studio 7.0
- 固件更新项目

WINC1500功率测量设置

硬件设置

使用差分探头测量WINC1500的不同时序和功率参数。图1为连接示意图。如果电流在大多数测量时间内保持恒定，则可以通过DMM进行某些电流测量。

© 2020 Microchip Technology Inc.

图1：　用于测量WINC1500上各种参数的差分探头设置示例

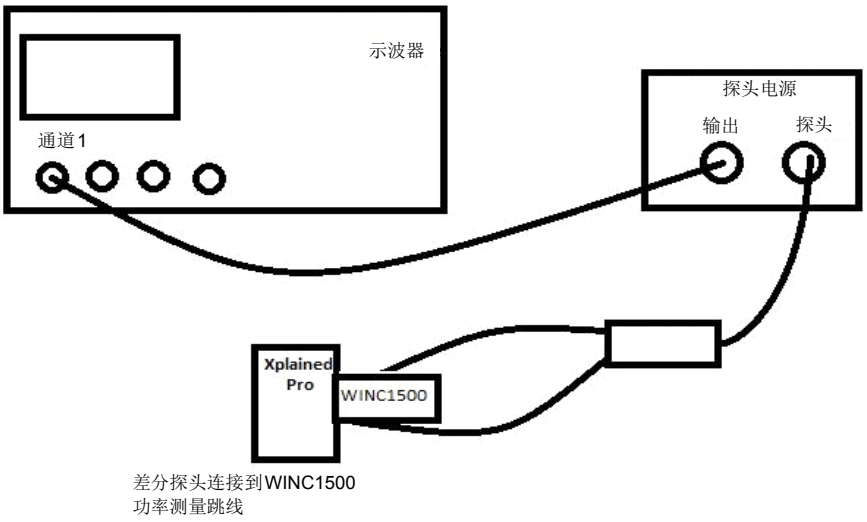
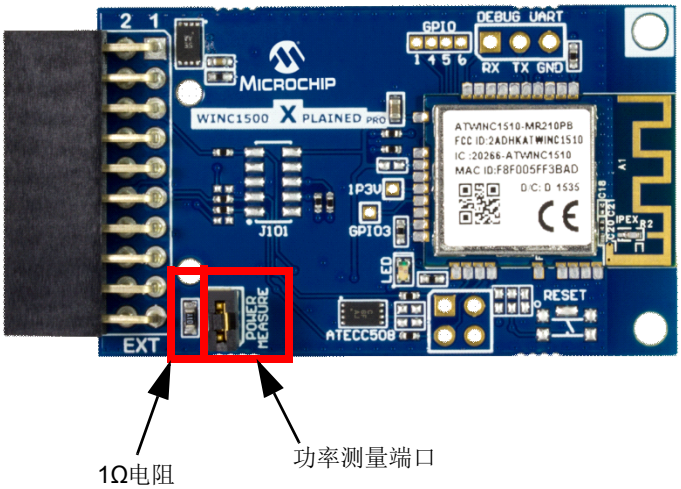


图2：　用于电流测量和性能分析的WINC1500功率测量端口

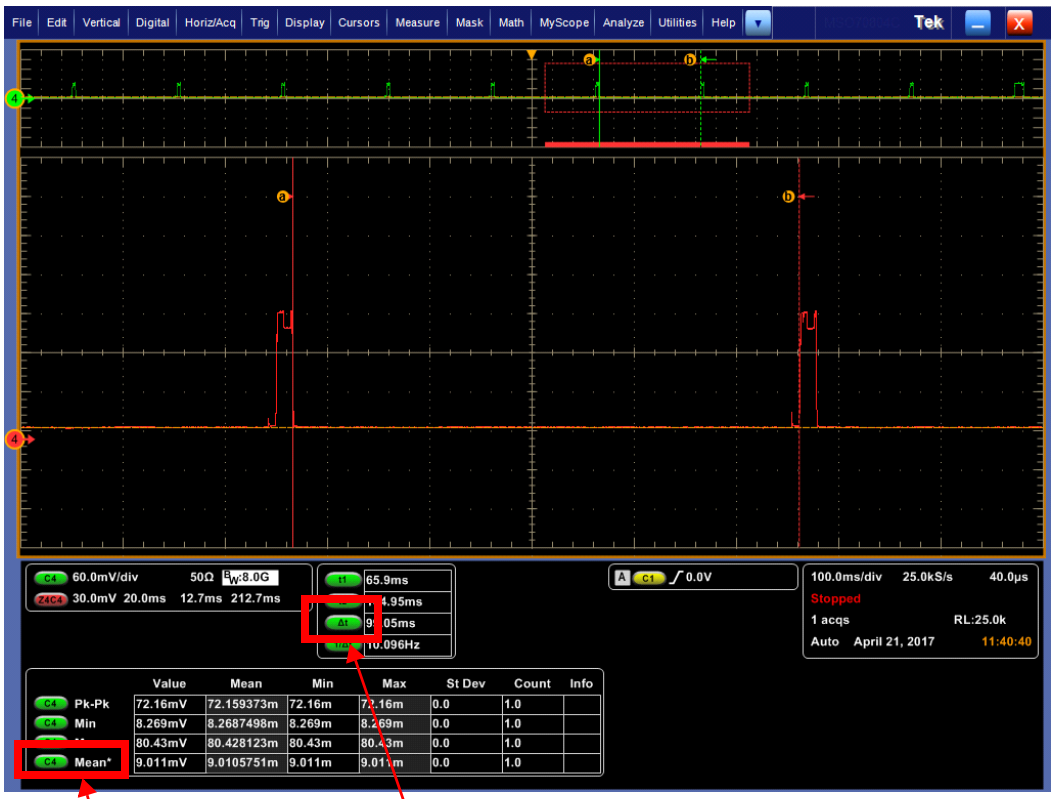


在将WINC1500 Xplained Pro板插入到SAMD21 Xplained Pro扩展板后，将探头连接到WINC1500 Xplained Pro板上的功率测量跳线。应使用功率测量应用程序对Xplained Pro板和WINC1500进行编程。WINC1500应升级到最新固件。有关对WINC1500和Xplained Pro板进行编程的信息，请参见“Getting Stared Guide”[1]。

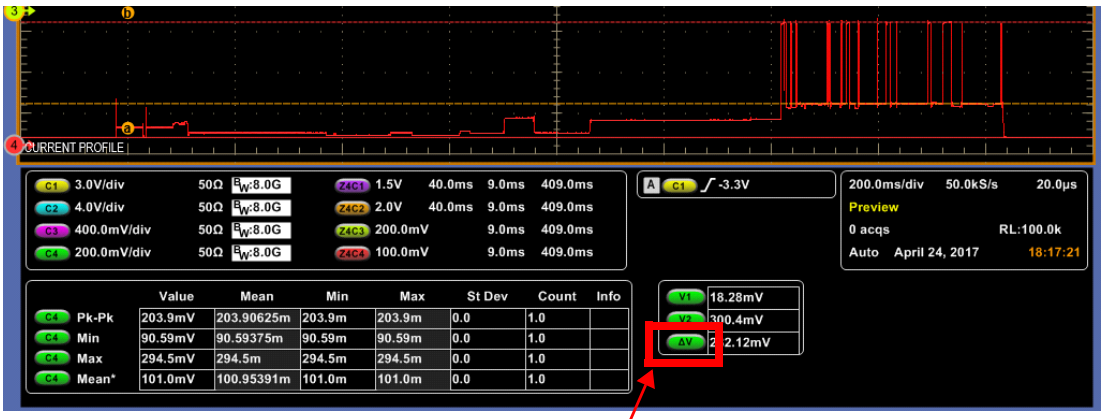
为使用DMM进行静态电流测量，需要去除用于功率性能分析的1Ω电阻，以便串联DMM并置于电流测量模式。

© 2020 Microchip Technology Inc.

图3： 测量结果说明



两个光标之间的间隔时间内平均电流　　光标 A 与光标 B 之间的时间差



光标 A 与光标 B之间的电压差

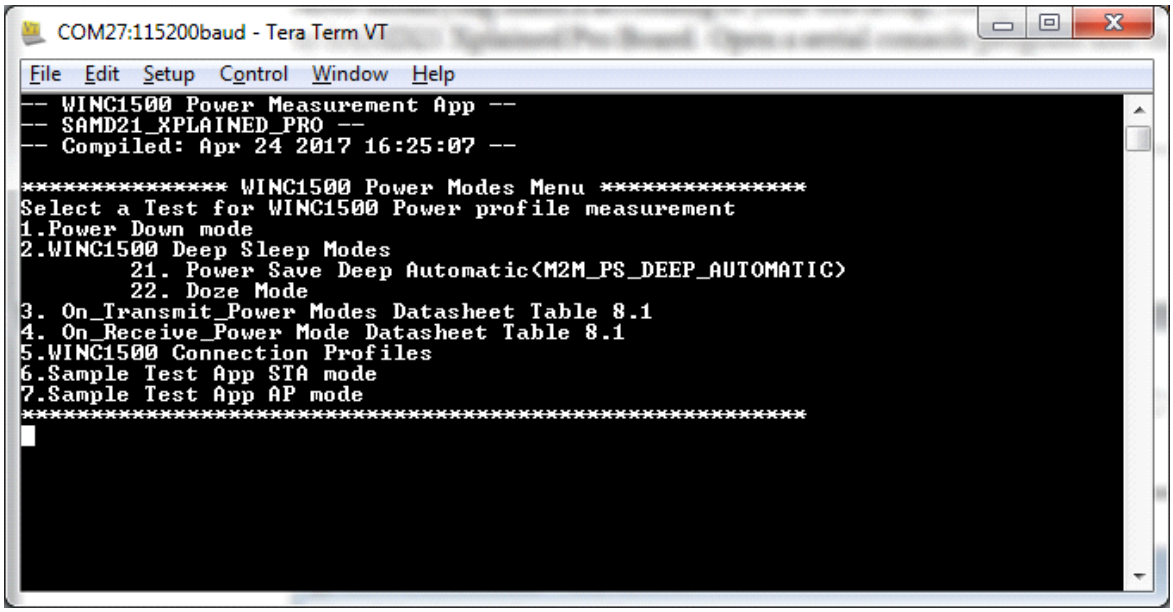
注： 如果示波器只显示一个通道，则对应WINC1500 Xplained Pro上的电压读数。如果显示其他通道数据，则根据需要对信号进行说明。

电流和时间测量

编程之前，请确保已根据测试设置在项目的main.h中更改了以下设置。TCP和UDP服务器随测试应用程序一起提供，如果要对TCP、SSL或UDP进行性能分析，则必须在连接到同一网络的PC上运行测试应用程序。

```
#define TEST_WLAN_SSID "ATMELSSID" /*目标SSID */
#define TEST_WLAN_AUTH M2M_WIFI_SEC_WPA_PSK /*安全类型*/
#define TEST_WLAN_PSK "atmelpass" /*SSID的密码 */
/*服务器或客户端IP设置*/
#define TEST_WINC_RECEIVE_BUFFER 1460 /*WINC1500的接收缓冲区*/
#define TEST_WINC_SERVER_PORT 6666 /*使用UDP时的WINC1500侦听端口或目标端口*/
#define TEST_WINC_SERVER_IP "255.255.255.255" /*WINC1500侦听IP地址*/
#define TEST_SSL_TCP_IP "192.168.1.138" /*服务器的SSL或TCP IP地址*/
#define TEST_SSL_SERVER_PORT 443 /*SSL服务器端口编号*/
#define TEST_TCP_SERVER_PORT 6666 /*TCP服务器端口编号*/
/*默认性能分析设置*/
#define TX_PACKET_SIZE 64 /*性能分析中使用的数据包大小*/
#define TX_DELAY_MS 100 /*TX性能分析中两个数据包之间的延时*/
#define DEFAULT_TX_POWER TX_PWR_HIGH /*测试中的默认TX功率模式*/
#define TEST_SSL_UPLOAD_SIZE 1 /*“TX_PACKET_SIZE”字节的发送次数*/
//一次只能使能一个，在SAMD21 Xplained Pro的PB30上进行探测
#define AP_CONNECTION_TOGGLE 1
#define TCP_CONNECTION_TOGGLE 0
#define TCP_UPLOAD_TOGGLE 0
```

根据测试设置修改main.h后，编译项目并将其烧写到SAMD21 Xplained Pro板上。打开串行控制台程序，随后会出现以下画面：



浏览每个菜单项并分析WINC1500的功率和时序参数。每次运行SAMD21 Xplained时只能使用一个菜单项。要选择其他测试，必须复位SAMD21 Xplained Pro。

禁止WINC1500上的上拉电阻以减少泄漏电流

任一端（主机或WINC1500）驱动的任何I/O均应禁止上拉电阻。但是，如果主机正在驱动WINC1500的某个引脚并且可能在某一时刻使该引脚悬空，则需要更改主机驱动程序以始终驱动该引脚，或者只要引脚悬空就使能上拉电阻。这些引脚已在应用示例中正确设置。

使用的关键API：`m2m_periph_pullup_ctrl`

© 2020 Microchip Technology Inc.

掉电模式

复位SAMD21 Xplained。选择1。

可使用DMM测量WINC1500跳线两端的电压以测量电压。

在这种模式下，WINC1500从接入点断开。这是WINC1500的最低功耗模式。WINC1500芯片使能被禁止。

测得的电流：1.56 µA

使用的关键API：

```
socketDeinit();
m2m_wifi_deinit(NULL);
nm_bsp_deinit();
```

深度休眠模式

M2M_PS_DEEP_AUTOMATIC

在该模式下，必须使用高分辨率万用表或差分探头来测量电流：

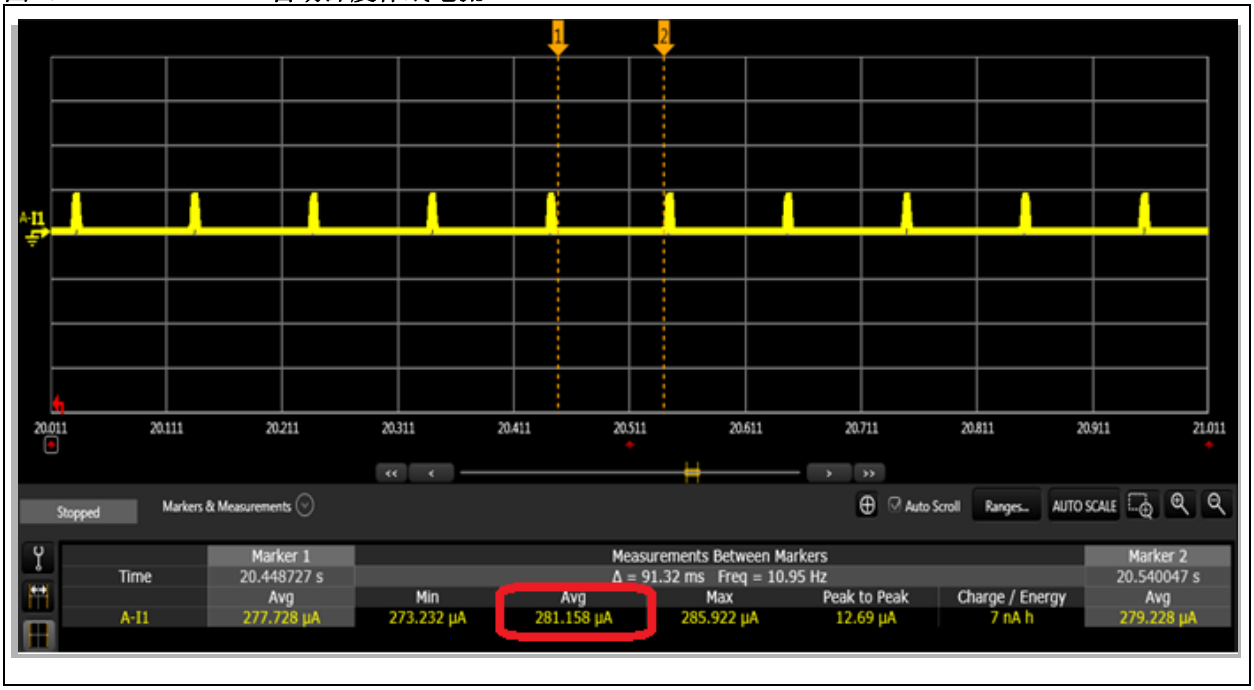
1. 复位SAMD21 Xplained。选择21。选择21后输入侦听间隔。
2. 选择侦听间隔：1（本次运行示例中使用侦听间隔1）
3. 输入需要测试的侦听间隔。
4. （可选）接下来，唤醒WINC来侦听DTIM信标
5. 是否希望WINC侦听DTIM（1：是；0：否）。选择1：
   - 选择1时，如果AP的DTIM间隔短于侦听间隔，则WINC1500在每个DTIM间隔唤醒。如果输入0，则WINC1500将忽略AP发送的DTIM帧。
   - 设置后，WINC1500将连接到AP，并打开UDP套接字以侦听传入的数据包。应看到类似以下内容的输出：

```
Putting WINC in (M2M_PS_DEEP_AUTOMATIC)
wifi_cb: M2M_WIFI_RESP_CON_STATE_CHANGED:
CONNECTED wifi_cb: M2M_WIFI_REQ_DHCP_CONF: IP
is 192.168.1.140 socket_cb: bind success!
```

这是WINC1500的最低功耗模式，此时继续保持与AP的连接。在此模式下，WINC1500采用Wi-Fi标准节能方法。

如图4所示，如果没有数据要发送或接收，WINC1500会进入自动深度休眠模式。两个光标之间的周期内平均休眠电流为281 µA。

图4：　WINC1500自动深度休眠电流



前面的屏幕截图是借助功率分析仪工具捕捉的。

测得的电流：280-380 µA（在侦听间隔为1、DTIM为1（空闲连接）的条件下测得）

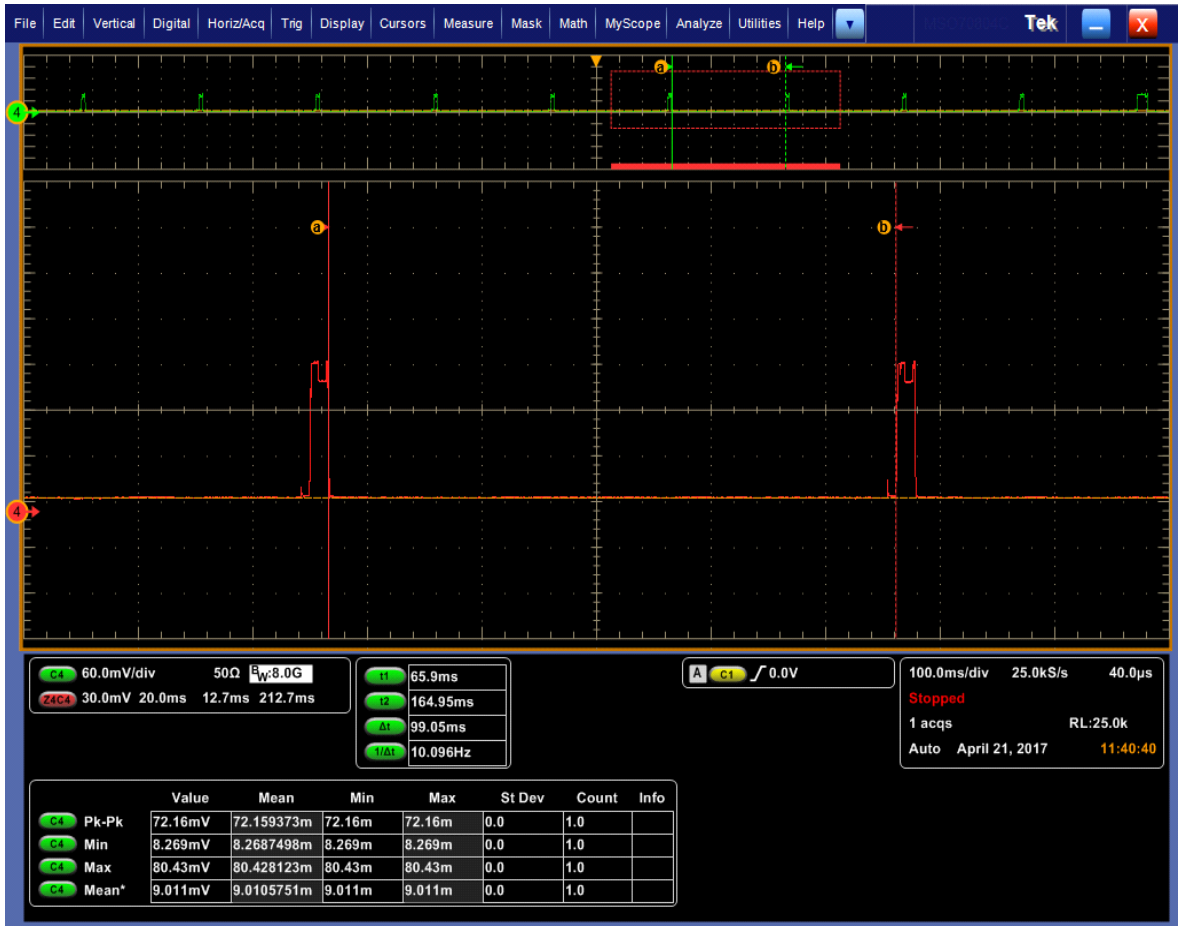
在此模式下，通过选择不同的侦听间隔和DTIM配置，可以执行以下测试。但是，对于每种不同的配置，必须复位SAMD21 Xplained，并且必须重新复位参数。

使用的关键API：`m2m_wifi_set_lsn_int (&strM2mLsnInt);`

`m2m_wifi_set_sleep_mode (ps_mode,dtim);`

侦听间隔 = 1，无数据接收或发送（空闲连接）

图5： WINC1500在每个信标间隔唤醒



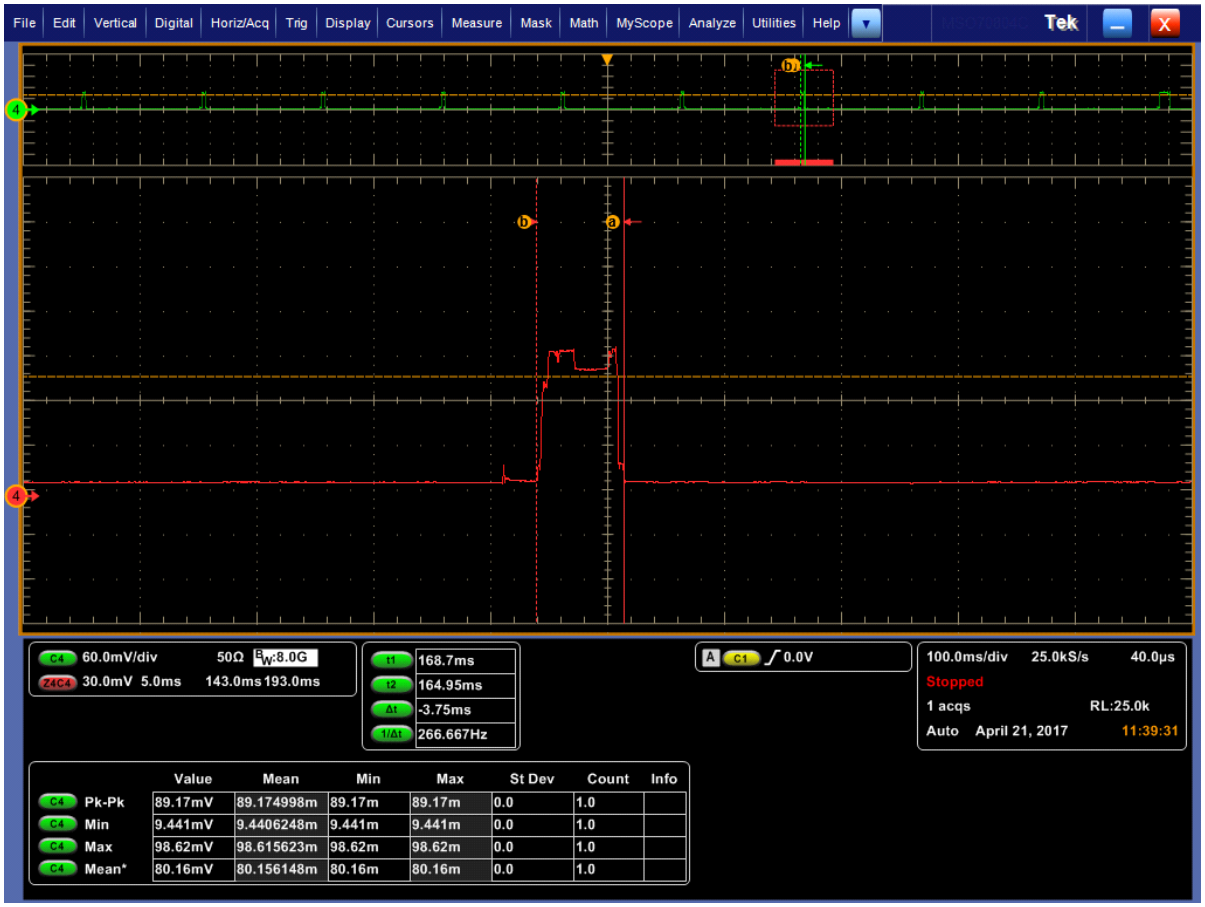
WINC1500在每个信标间隔唤醒以侦听信标。在前面的图5中，WINC1500在信标间隔时间（100 ms）内处于深度休眠状态。

如果WINC1500有任何数据来自AP，它将保持唤醒状态以接收数据。如果AP和WINC1500之间没有数据发送或接收，它将尽快进入休眠状态。

根据WINC1500侦听到信标帧的频率，唤醒时间会有所不同。在本例中，我们观察到的唤醒时间为3.75 ms（如图6所示）；但是，如果WINC1500丢失信标，则最坏情况下的唤醒时间可能长达26 ms。如果WINC1500连续丢失三个信标，它将在一个完整的信标间隔内保持唤醒以侦听下一个信标。WINC1500可能会由于其休眠时钟上的同步错误而丢失信标。由于WINC1500翼板使用精度为10,000 ppm的内部低功耗时钟，因此信标监视模式下的唤醒时间增量必须为休眠时间的1%以补偿振荡器误差。如果应用的目标功耗低于此功耗，则应使用外部32 kHz RTC时钟。

© 2020 Microchip Technology Inc.

图6： WINC1500唤醒以侦听信标



侦听间隔设置为1的UDP单播接收

每100 ms发送一次长度为1024字节的单播数据包。

图7： WINC1500在每个信标间隔唤醒以从AP接收数据帧

© 2020 Microchip Technology Inc.

图8： **WINC1500接收1024字节的UDP单播数据包，此处所示的▲t是从WINC唤醒到发送NULL帧之间的时间**

图9： **WIRESHARK跟踪从UDP单播到WINC接收和返回休眠状态的过程**

6569	7.261512	192.168.1.122	192.168.1.128	UDP	1132 49963 → 6666 Len=1024
6603	7.298386	NewportM_f4:31:3c	D-LinkIn_5b:d4:7e	802.11	54 Null function (No data), SN=328, FN=0, Flags=...P...TC
6604	7.298764		NewportM_f4:31:3c (f8:f0:0…	802.11	40 Acknowledgement, Flags=.....C
6639	7.337190	LiteonTe_4b:ed:1c	NewportM_f4:31:3c	802.11	1132 QoS Data, SN=523, FN=0, Flags=.p..R..TC
6715	7.364503	NewportM_f4:31:3c	D-LinkIn_5b:d4:7e	802.11	54 Null function (No data), SN=329, FN=0, Flags=.....TC
6716	7.364823		NewportM_f4:31:3c (f8:f0:0…	802.11	40 Acknowledgement, Flags=.....C

在图9中，MAC地址为NewportM_f4:31:3C的器件是被测器件。数据包6569是使用脚本从笔记本电脑发起的UDP传输。WINC1500通过在7.298386秒发送一个NULL帧（数据包6603）向AP指示它处于唤醒状态，然后在7.337190秒接收UDP数据包（数据包6639）并发送一个NULL帧，指示它将返回休眠状态。

M2M_PS_MANUAL模式

在手动模式下，主机MCU控制WINC1500休眠周期。WINC1500在收到主机MCU的休眠请求后，将WLAN NULL帧（打盹状态）发送到AP。收到针对NULL帧的ACK后，WINC1500将关闭所有系统时钟并停止其CPU。在经过主机应用程序确定的一段时间后，WINC1500将自动唤醒并发送另一个NULL帧，然后立即休眠。此循环以`m2m_wifi_request_sleep` API中传递的休眠周期的倍数重复。当主机要发送数据时，会唤醒WINC1500，此外任何从WINC1500发送数据的API都可以将其唤醒。如果主机决定设置可能会导致与AP断开连接的休眠值（如较长的休眠周期），则主机必须定期发送数据包以维持与AP的连接。商用AP通常会在设备休眠几十秒后断开连接（时间取决于AP的实现方式，具体因AP而异）。

另请注意，由于在此模式下WINC1500不会与来自AP的信标帧同步，并且在向其发送数据时可能处于休眠状态，因此该模式可能会导致数据帧丢失。此模式的典型应用是偶尔发送数据，但要求保持与AP的连接以便尽快发送数据，而不必在发送数据前建立连接的场景。如果连接丢失，则会在发送数据之前额外增加200 ms的延时来建立连接。请参见菜单项6（可以在此模式下运行的应用示例）。

使用的关键API：`m2m_wifi_set_lsn_int (&strM2mLsnInt);`

`m2m_wifi_request_sleep (sleep_time);`

打盹模式电流

复位SAMD21 Xplained。选择22。

在此模式下，与AP建立连接后，WINC1500将保持休眠模式一分钟。此时可以使用DMM测量电流。

测得的电流：270 µA-380 µA。

打盹模式电流因器件而异。

使用的关键API：`m2m_wifi_request_sleep (sleep_time);`

传输电流

在Wi-Fi STA模式下，没有API可以控制WINC1500的编码速率。WINC1500将根据链路质量和其他因素自动选择编码速率，因此该模式下的电流将根据WINC1500传输所采用的数据速率而变化。如果需要更精确的测量，则可以在ATE模式下配置WINC1500数据速率。

在这些测试中，将发送大小为`TX_PACKET_SIZE`、延时为`TX_DELAY_MS`的UDP数据包。

发送输出功率

复位SAMD21 Xplained。选择3。

测得的电流：不同数据速率下为266 mA-316 mA。

使用的关键API：`m2m_wifi_set_tx_power();`，用于控制发送功率

连接时序和功率曲线

复位SAMD21 Xplained。选择5。

然后系统会要求选择SSL、TCP或UDP连接。根据要测试的配置选择参数。

选择1=SSL使能，0=TCP，2=UDP：

然后系统会要求设置侦听间隔。

选择侦听间隔：

然后系统会要求提供DTIM配置。

是否希望WINC1500侦听DTIM（1：是；0：否）：

输入DTIM配置后，便可开始对WINC1500 AP连接、TCP或SSL服务器连接以及TCP、SSL或UDP上传进行性能分析。

按下SAMD21上的SWO按钮，第一次按下按钮时，WINC1500将连接到AP。

第二次按下按钮时，将建立TCP或SSL连接（如果已选择其中一种模式）；否则，它将设置一个UDP套接字。下一次按下按钮时，TCP、SSL或UDP数据包将上传到服务器。

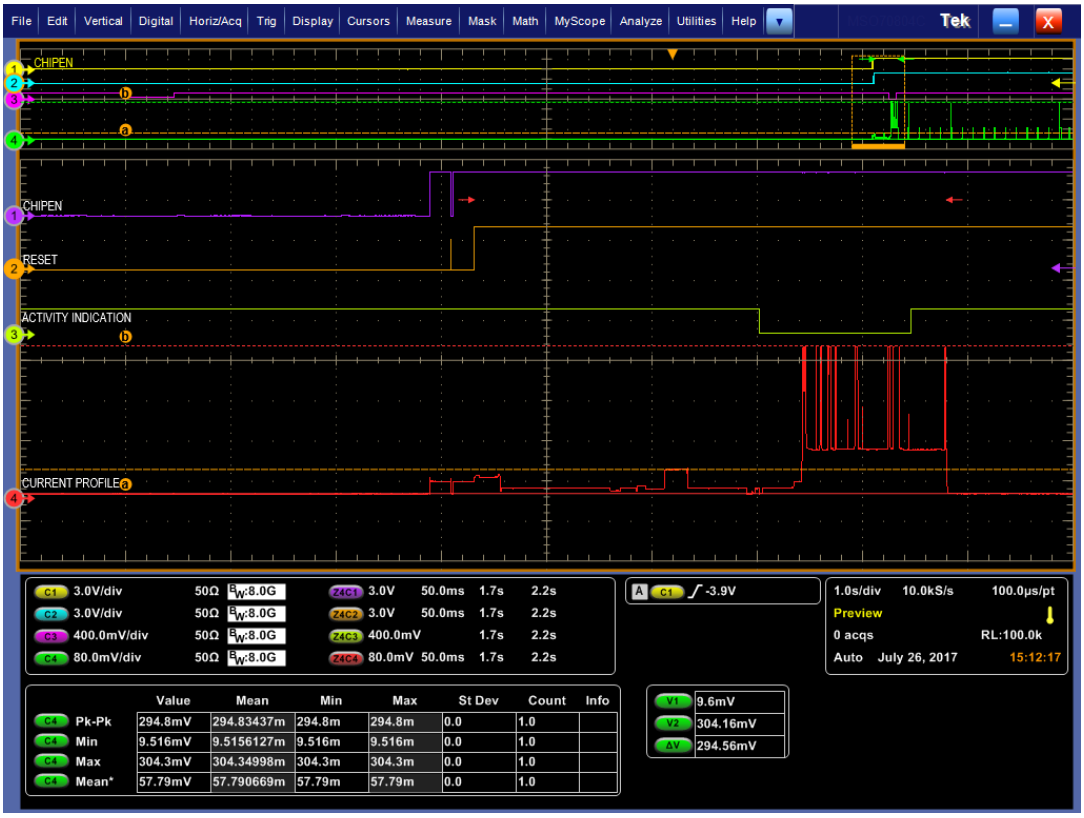
WINC1500连接到AP期间的时间和功率曲线

图10中的连接曲线是在侦听间隔为1且WINC1500侦听DTIM的条件下生成的。

© 2020 Microchip Technology Inc.

图10： 从引导到与AP连接期间的WINC时间和功率曲线

图11： 从引导到与AP连接期间的峰值电流



图中的绿色波形（通道3）表示主机MCU上应用层的连接事件。

图中的红色波形（通道4）表示通过功率测量跳线在WINC1500上测得的电压。

图中的黄色波形（通道2）表示从主机MCU向WINC1500发出的复位。

图中的紫色波形（通道1）表示从主机MCU向WINC1500发出的芯片使能信号。

以下情况下，图10中的通道3变为低电平：

- 向WINC发出`m2m_wifi_connect`命令，直到DHCP ACK完成后调用回调函数

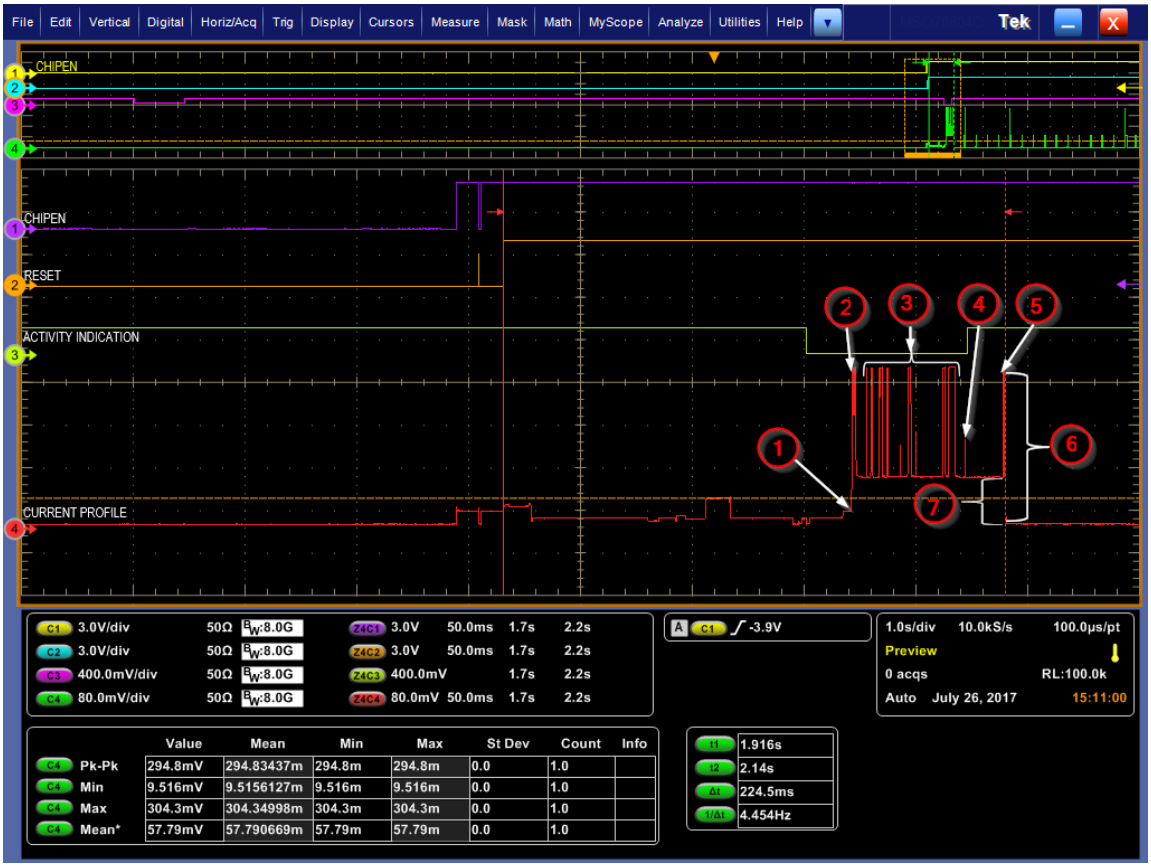
如图12所示，从探测请求到DHCP ACK的延时约为67 ms。

图12： 连接期间WIRESHARK在探测请求到DHCP ACK过程中捕捉到的信息

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
5629	11.901545	NewportM_f4:31:3c	Broadcast	802.11	114	Probe Request, SN=0, FN=0, Flags=.....C, SSID=SAMWINCTest
5630	11.902510	NewportM_f4:31:3c	Broadcast	802.11	114	Probe Request, SN=1, FN=0, Flags=.....C, SSID=SAMWINCTest
5631	11.904149	D-LinkIn_5b:d4:7e	NewportM_f4:31:3c	802.11	205	Probe Response, SN=3045, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=SAMWIN…
5633	11.906180	D-LinkIn_5b:d4:7e	NewportM_f4:31:3c	802.11	205	Probe Response, SN=3046, FN=0, Flags=.....C, BI=100, SSID=SAMWIN…
5646	11.918280		NewportM_f4:31:3c (f8:f0:05:f4:31…	802.11	40	Acknowledgement, Flags=.....C
5647	11.918765	NewportM_f4:31:3c	D-LinkIn_5b:d4:7e	802.11	60	Authentication, SN=3, FN=0, Flags=.....C
5648	11.919131		NewportM_f4:31:3c (f8:f0:05:f4:31…	802.11	40	Acknowledgement, Flags=.....C
5650	11.923172	D-LinkIn_5b:d4:7e	NewportM_f4:31:3c	802.11	60	Authentication, SN=3048, FN=0, Flags=.....C
5652	11.925958	NewportM_f4:31:3c	D-LinkIn_5b:d4:7e	802.11	146	Association Request, SN=4, FN=0, Flags=.....C, SSID=SAMWINCTest
5653	11.926263		NewportM_f4:31:3c (f8:f0:05:f4:31…	802.11	40	Acknowledgement, Flags=.....C
5655	11.929465	D-LinkIn_5b:d4:7e	NewportM_f4:31:3c	802.11	154	Association Response, SN=3049, FN=0, Flags=.....C
5657	11.936486	D-LinkIn_5b:d4:7e	NewportM_f4:31:3c	EAPOL	163	Key (Message 1 of 4)
5659	11.941455	NewportM_f4:31:3c	D-LinkIn_5b:d4:7e	EAPOL	185	Key (Message 2 of 4)
5660	11.941671		NewportM_f4:31:3c (f8:f0:05:f4:31…	802.11	40	Acknowledgement, Flags=.....C
5661	11.944519	D-LinkIn_5b:d4:7e	NewportM_f4:31:3c	EAPOL	243	Key (Message 3 of 4)
5663	11.956746	NewportM_f4:31:3c	D-LinkIn_5b:d4:7e	EAPOL	163	Key (Message 4 of 4)
5664	11.957067		NewportM_f4:31:3c (f8:f0:05:f4:31…	802.11	40	Acknowledgement, Flags=.....C
5667	11.964114	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	381	DHCP Request - Transaction ID 0x4b7a0023
5668	11.964476		NewportM_f4:31:3c (f8:f0:05:f4:31…	802.11	40	Acknowledgement, Flags=.....C
5669	11.967794	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	383	DHCP Request - Transaction ID 0x4b7a0023
5670	11.968064	192.168.1.1	192.168.1.128	DHCP	408	DHCP ACK - Transaction ID 0x4b7a0023
5676	11.983565	NewportM_f4:31:3c	D-LinkIn_5b:d4:7e	802.11	54	Null function (No data), SN=5, FN=0, Flags=...P...TC
5677	11.983592		NewportM_f4:31:3c (f8:f0:05:f4:31…	802.11	40	Acknowledgement, Flags=.....C

© 2020 Microchip Technology Inc.

图13： WINC1500连接到AP期间捕捉到的信息的放大图



1	模拟射频初始化
2	扫描阶段
3	关联和4路握手
4	DHCP ACK
5	NULL帧
6	发送电压
7	接收电压

由本实验可知，从唤醒到建立连接的连接时间为309.2 ms。此数字可能因参数而异，具体取决于AP所处的通道，通道会改变图13中的扫描阶段。另外，WINC1500需要在休眠前根据Wi-Fi规范侦听来自AP的信标，这可能会影响连接时间。如果将信标间隔配置为100 ms，则DHCP ACK和WINC1500休眠之间最差情况下的延时将接近100 ms。

连接（发送）期间的峰值电流：294.56 mV/1.1Ω = 267.78 mA（图11中的▲V）。

连接期间的接收电流：74.65 mA。

引导到连接期间的平均电流：52.53 mA。

自引导开始的连接时间：224.5 ms（图10中的▲t）。

STA模式下的测试应用示例

复位SAMD21 Xplained。选择6。

然后系统会要求选择功耗模式。

选择1=手动，2=自动PS模式：

然后系统会要求选择在SSL或TCP连接。根据要测试的配置选择参数。

选择1=SSL使能，0=TCP：

然后系统会要求设置侦听间隔。

选择侦听间隔：

然后系统会要求进行DTIM配置。

是否希望WINC侦听DTIM（1：是；0：否）。

在测试应用示例中，按下按钮后，将与TCP或SSL服务器建立连接，数据将以两种不同的节能模式发送到服务器。这可用于评估是手动模式还是自动深度休眠模式更适合您的应用。

AP模式下的测试应用示例

复位SAMD21 Xplained。选择7。

然后系统会要求选择TX输出功率，这是此模式下惟一与功率相关的权衡参数。

根据所需的TX输出功率选择1、2或3。

WINC1500作为接入点（`WINC1500_POWERSAVE_AP`）启动。使用其他设备（笔记本电脑或手机）连接到WINC1500。我们可以通过这种方式对AP模式下的WINC行为进行分析。

测量汇总

表1： WINC1500电流和时间测量

WINC1500模式	平均电流（mA）	时间（ms）
从唤醒到连接AP	52.53	224.5
引导ROM到模拟RF初始化	19.63	150.76
模拟RF初始化到WINC打盹	86.48	72.5
信标之间休眠（空闲连接，假设信标间隔为100 ms）		
唤醒	72.87	3.75
打盹	0.280	96.25
掉电电流	0.00156	连续

附录

信标间隔

信标传输以固定间隔通告802.11网络的存在。信标帧携带有关BSS参数和接入点缓冲的帧的信息，因此移动站点必须侦听信标[2]。

DTIM

广播或多播帧由接入点缓冲，直到DTIM周期（信标间隔的倍数）为止，之后将在DTIM周期传送。如果站点要接收广播或多播帧，则需要以DTIM间隔[2]将其唤醒。

侦听间隔

侦听间隔是站点在侦听信标帧的间隙等待的信标间隔数。当站点与接入点关联时，将注册侦听间隔。这样，接入点就可以在站点打盹时为其缓冲帧[2]。

NULL帧

在802.11网络中，NULL帧不携带任何数据。站点使用NULL帧向接入点指示站点功耗模式的任何变化。当站点指示自身即将进入休眠状态时，接入点会缓冲数据。

站点使用帧控制位域中的功耗管理位向接入点报告功耗状态[2]。

探测请求和响应帧

站点使用探测请求帧来扫描802.11网络的某个区域。具有兼容参数的接入点通过探测响应对站点发送的探测请求进行响应[2]。

参考资料

1. Getting Started Guide for ATWINC1500 Wi-Fi using SAMD21 Xplained Pro
2. 802.11 Wireless Networks the Definitive Guide 第二版

© 2020 Microchip Technology Inc.

版本历史

表2：　　版本历史

文档版本	日期	备注
0	2015年6月	本文档的初始版本
1	2015年7月	更新了功率测量的应用示例
2	2015年12月	删除了与低功耗模式相关的测量
3	2015年3月	增加了AP模式
4（DS00002479A）	2017年7月	使用最新的ASF更新了测量数据。替换为Microchip模板（指定应用笔记编号AN2479和DS编号00002479）。
5（DS00002479B）	2019年5月	更新了功率曲线（自动深度休眠电流和唤醒间隔）。

注：

© 2020 Microchip Technology Inc.

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下， Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是 “牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。 Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了 《数字器件千年版权法案 （Digital Millennium Copyright Act）》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。**Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。** Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，请访问 www.microchip.com/quality。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、 Microchip 徽标、 Adaptec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、 chipKIT 徽标、 CryptoMemory、 CryptoRF、 dsPIC、FlashFlex、flexPWR、 HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、 LANCheck、 LinkMD、 maXStylus、 maXTouch、MediaLB、 megaAVR、 Microsemi、 Microsemi 徽标、 MOST、MOST 徽标、 MPLAB、 OptoLyzer、 PackeTime、 PIC、picoPower、 PICSTART、 PIC32 徽标、 PolarFire、 Prochip Designer、 QTouch、 SAM-BA、 SenGenuity、 SpyNIC、 SST、SST 徽标、 SuperFlash、 Symmetricom、 SyncServer、Tachyon、 TempTrackr、 TimeSource、 tinyAVR、 UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、 Libero、 motorBench、 mTouch、 Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、 AKS、 Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、 AnyIn、 AnyOut、 BlueSky、 BodyCom、CodeGuard、 CryptoAuthentication、 CryptoAutomotive、CryptoCompanion、 CryptoController、 dsPICDEM、dsPICDEM.net、 Dynamic Average Matching、 DAM、 ECAN、EtherGREEN、 In-Circuit Serial Programming、 ICSP、 INICnet、Inter-Chip Connectivity、 JitterBlocker、 KleerNet、 KleerNet 徽标、 memBrain、 Mindi、 MiWi、 MPASM、 MPF、 MPLAB Certified 徽标、 MPLIB、 MPLINK、 MultiTRAK、 NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、 PowerSmart、 PureSilicon、 QMatrix、 REAL ICE、Ripple Blocker、 SAM-ICE、 Serial Quad I/O、 SMART-I.S.、SQI、 SuperSwitcher、 SuperSwitcher II、 Total Endurance、TSHARC、 USBCheck、 VariSense、 ViewSpan、 WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 均为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2020, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN：978-1-5224-5838-8

全球销售及服务网点

美洲

公司总部 Corporate Office
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277
技术支持：
http://www.microchip.com/support
网址：www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA
Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453
Tel: 1-317-536-2380

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608
Tel: 1-951-273-7800

罗利 Raleigh, NC
Tel: 1-919-844-7510

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110
Tel: 1-408-436-4270

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-695-1980
Fax: 1-905-695-2078

亚太地区

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-577-8366

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631

印度 India - Pune
Tel: 91-20-4121-0141

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-7651-7906

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351

越南 Vietnam - Ho Chi Minh
Tel: 84-28-5448-2100

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4485-5910
Fax: 45-4485-2829

芬兰 Finland - Espoo
Tel: 358-9-4520-820

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Garching
Tel: 49-8931-9700

德国 Germany - Haan
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Heilbronn
Tel: 49-7131-72400

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

德国 Germany - Rosenheim
Tel: 49-8031-354-560

以色列 Israel - Ra'anana
Tel: 972-9-744-7705

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

意大利 Italy - Padova
Tel: 39-049-7625286

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

挪威 Norway - Trondheim
Tel: 47-7288-4388

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚 Romania - Bucharest
Tel: 40-21-407-87-50

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

瑞典 Sweden - Gothenberg
Tel: 46-31-704-60-40

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820

© 2020 Microchip Technology Inc.