

2.4 GHz CyFi (TM) 收发器

特性

- 2.4 GHz 直接序列扩频 (DSSS) 无线收发器
- 可在全球工业、科学和医疗 (ISM) 免执照频段 (2.400 GHz – 2.483 GHz) 内工作
- 21 mA 工作电流（发射功率为 -5 dBm 时）
- 最大发射功率 +4 dBm
- 接收灵敏度最大可达 -97 dBm
- 睡眠电流 <1 μ A
- DSSS 数据速率最大可达 250 kbps，GFSK 数据速率为 1 Mbps
- 外部元件使用较少
- 自动事务处理序列发生器 (ATS) — 无 MCU 干预
- 成帧、长度、CRC16 和自动 ACK
- 适用于 MCU 的电源管理装置 (PMU)
- 快速启动和快速频道更改
- 独立的 16 字节发送和接收 FIFO
- 动态数据速率接收
- 接收信号强度指示 (RSSI)
- 睡眠模式下的串行外设接口 (SPI) 控制
- 4 MHz SPI 微控制器接口

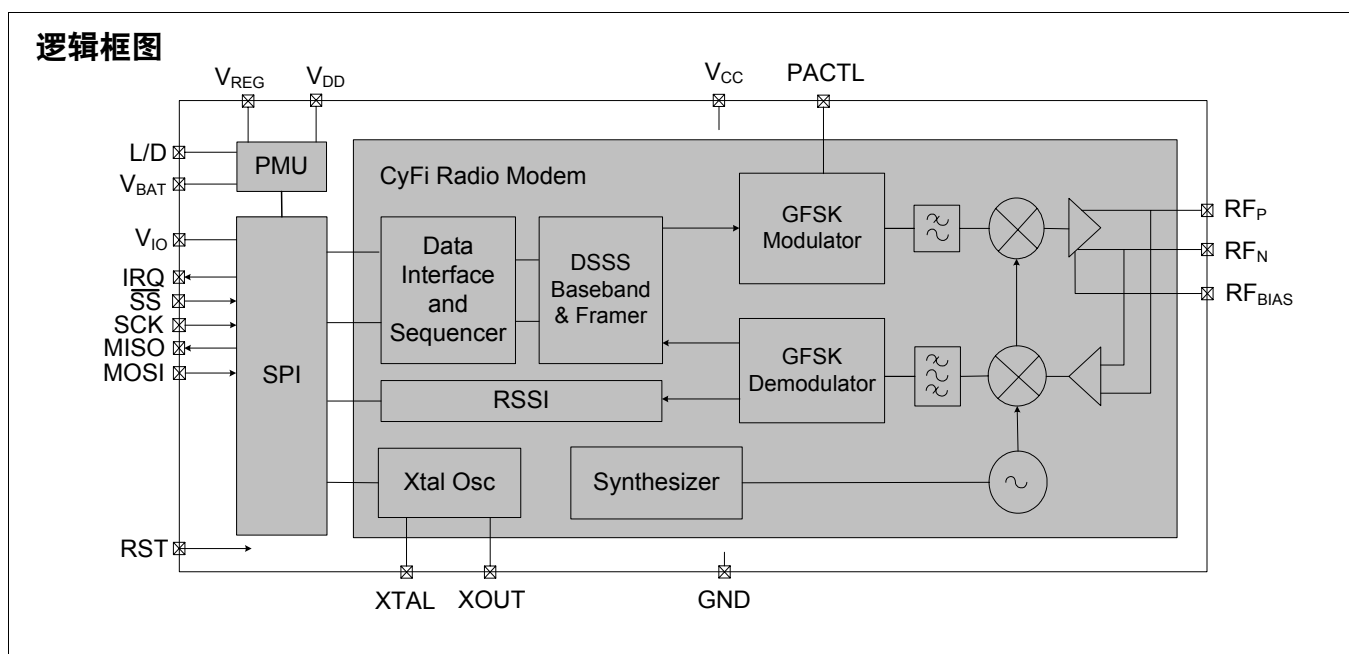
- 电池电压监控电路
- 支持纽扣电池供电应用
- 工作电压为 1.8V 到 3.6V
- 工作温度为 0 到 70°C
- 节省空间的 40 引脚 QFN 6x6 mm 封装

应用

- 无线传感器网络
- 无线制动器控制
- 家庭自动化
- 大型家用电器
- 商用建筑自动化
- 自动抄表器
- 精准农业
- 远程控制
- 消费电子产品
- 个人保健
- 玩具

应用支持

有关开发工具、参考设计和应用笔记，请参见 www.cypress.com。



功能描述

CYRF7936 CyFi™ 收发器是专为低功耗嵌入式无线应用而设计的无线 IC。结合赛普拉斯的 PSoC® 可编程片上系统以及 CyFi 网络协议栈，CYRF7936 可用于实现完整的 CyFi 无线系统。

图 1. 引脚图 — CYRF7936 40 引脚 QFN

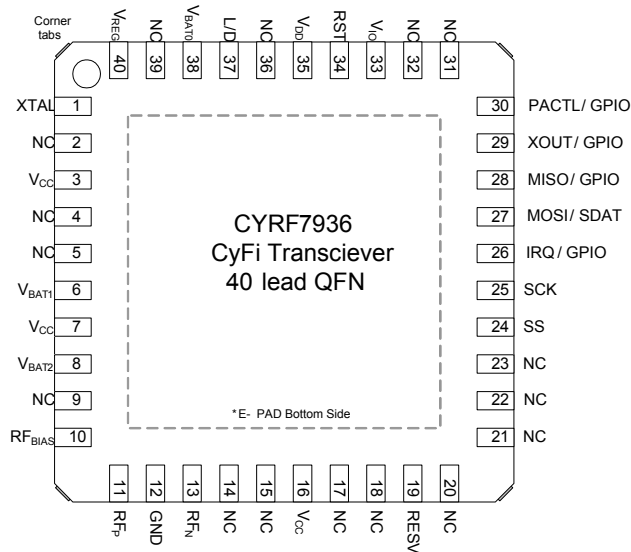


表 1. 引脚说明 — CYRF7936 40 引脚 QFN

引脚编号	名称	类型	默认值	描述
13	RF _N	IO	I	进出天线的差分 RF 信号。
11	RF _P	IO	I	进出天线的差分 RF 信号。
10	RF _{BIAS}	O	O	RF IO 1.8V 参考电压。
30	PACTL	IO	O	外部 PA、T/R 开关或 GPIO 的控制信号。
1	XTAL	I	I	12 MHz 晶体。
29	XOUT	IO	O	缓冲式 0.75、1.5、3、6 或 12 MHz 时钟、PACTL 或 GPIO。睡眠模式时为三态（配置为 GPIO 低电平驱动）。
25	SCK	I	I	SPI 时钟。
28	MISO	IO	Z	SPI 数据输出引脚（主设备输入从设备输出）或 GPIO（在 SPI 3 引脚模式下）。当 SPI 3PIN = 0 且 SS# 无效时为三态。
27	MOSI	IO	I	SPI 数据输入引脚（主设备输出从设备输入）或 SDAT。
24	SS#	I	I	SPI 使能，低电平有效。使能并进行帧传输。
26	IRQ	IO	O	中断输出（可配置的高电平有效或低电平有效）或 GPIO。
34	RST	I	I	设备复位。内部 10 kohm 下拉电阻。高电平有效，通常通过 0.47 F 电容与 V _{BAT} 连接。首次对射频系统加电时必须设置 RST = 1。否则，无线控制寄存器的状态不确定。
37	LVD	O		PMU 感应器/二极管连接（使用时）。如果不使用，则连接到 GND。
40	V _{REG}	Pwr		PMU 升压输出电压反馈。
35	V _{DD}	Pwr		1.8V 逻辑调节器的解耦引脚，通过 0.47 F 电容连接到 GND。
6838	V _{BAT(0-2)}	Pwr		V _{BAT} = 1.8V 到 3.6V。主电源。
3716	V _{CC}	Pwr		V _{CC} = 2.4V 到 3.6V。通常连接到 V _{REG} 。
33	V _{IO}	Pwr		IO 接口电压，1.8–3.6V。

表 1. 引脚说明 — CYRF7936 40 引脚 QFN （续）

引脚编号	名称	类型	默认值	描述
19	RESV	I		必须连接到 GND。
2, 4, 5, 9, 14, 15, 18, 17, 20, 21, 22, 23, 32, 36, 39, 31	NC	NC		连接到 GND。
12	GND	GND		地线。
E-PAD	GND	GND		必须焊接到地线。
角标签	NC	NC		不要焊接标签，保持其他信号线路条理清楚。对于在垫片接地后接地的引线框或片而言，所有标签都公用。虽然用户可以看到它们，但它们并没有延伸到底部。

功能概述

CYRF7936 IC 适用于工作在全球 2.4 GHz ISM 频段的无线设备连接。它适用于符合 ETSI EN 301 489-1 V1.41、ETSI EN 300 328-1 V1.3.1（欧洲）、FCC CFR 47 Part 15（美国和加拿大）以及 TELEC ARIB_T66_March 2003（日本）所涵盖的全球规范的系统。

CYRF7936 包含一个 2.4 GHz CyFi 无线调制解调器，它具备以下功能：1 Mbps GFSK 无线前端、包数据缓冲、包成帧器、DSSS 基带控制器以及接收信号强度指示 (RSSI)。CYRF7936 具备一个用于数据传输和设备配置 SPI 接口。

CyFi 无线调制解调器支持 98 个 1 MHz 离散频道（某些行政管辖权的法规可能会限制其中一些频道的使用）。

基带执行 DSSS 扩频/解扩、包开始 (SOP)、包结束 (EOP) 检测以及 CRC16 生成和检查。基带还可以配置为在接收到有效包后立即自动发送确认 (ACK) 握手包。

当处于接收模式时，如果启用包成帧功能，设备即可随时接收以任何可支持的比特率发送的数据。这样就可以实现不同设备使用不同数据速率的混合速率系统。这还可以实现在较短距离或在中低干扰环境（或两种因素兼备的环境）中，使用高数据速率的可变数据速率系统。而在较长距离或在高干扰环境（或两种因素兼备的环境）中，它会变为低数据速率。

此外，CYRF7936 IC 还带有电源管理装置 (PMU)，可将设备直接连接到电压在 1.8V 到 3.6V 范围内的任何电池。PMU 会根据设备所需的电源电压来调节电池电压，并可为外部设备供电。

数据传输模式

CyFi 无线收发器支持两种不同的数据传输模式：

- 在 GFSK 模式中，数据以 1 Mbps 的速率传输，没有任何 DSSS。
- 在 8DR 模式下，DSSS 使能，而且在传输的每个导出码符号中都会有八位是经过编码的。

在 8DR 模式下支持 64 码片和 32 码片伪噪声 (PN) 编码。通常，在既定的环境下较低的数据速率会降低包错误率。

包成帧

CYRF7936 IC 设备支持以下数据包成帧功能：

SOP

包以两个符号的包开始 (SoP) 标记为开头。用于 SOP 的 SOP_CODE_ADR PN 编码与用于包“主体”的 SOP_CODE_ADR PN 编码不同，而且如有必要，长度也可以不同。必须将 SOP 配置为在链路两端长度相同。

长度

这是 SOP 符号之后的第一个八位，按照有效载荷数据速率传输。在收到长度字段中定义的字节数加上两个用于 CRC16 的字节后，会推断一个 EoP 条件。

CRC16

可以将设备配置为在每个包后面附加一个 16 位 CRC16。CRC16 使用 USB CRC 多项式，而且种子具有可编程性。启用后，接收器会根据 CRC16 字段中接收到的值与有效载荷数据计算的 CRC16 做校验。CRC16 计算的种子值是可配置的，而且传输的 CRC16 可以使用加载的种子值或零种子来计算；接收到的数据 CRC16 时会根据配置的 CRC16 种子和零 CRC16 种子进行检查。

CRC16 可检测以下错误：

- 任何一个错误的位。
- 任何两个错误的位（无论离得多远，哪个列等等）。

■ 任何奇数个错误的位（无论位置如何）。

■ 一个与校验和自身一样等宽的错误突发。

图 2 显示一个包含 SOP、CRC16 和长度字段的示例包，图 3 显示标准的 ACK 包。

图 2. 包格式示例

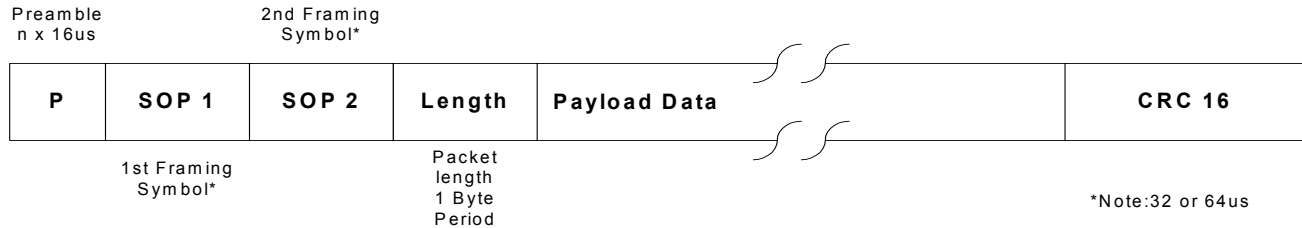
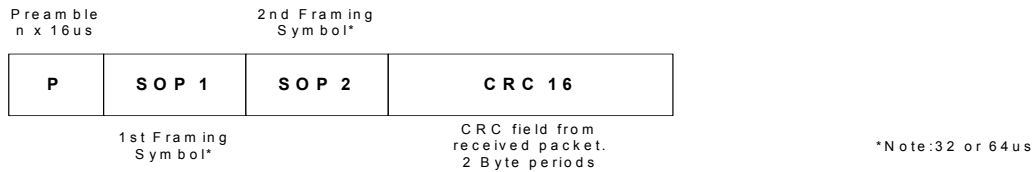


图 3. ACK 包格式示例



数据包缓冲区

所有数据传输和接收都使用 16 字节数据包缓冲区——一个用于传输，一个用于接收。

传输缓冲区允许在一个突发 SPI 事务处理中加载包含多达 16 字节有效载荷数据的完整包。然后，它会在没有进一步的 MCU 干预的情况下进行传输。类似地，接收缓冲区允许在无需固件干预的情况下接收包含多达 16 字节有效载荷数据的完整包，直到包接收完成为止。

CYRF7936 IC 支持多达 255 字节的包。但是，实际的最大包长度取决于链路各端的时钟精确度以及数据模式。提供的中断可允许 MCU 将传输和接收缓冲区用作 FIFO。当传输大于 16 字节的包时，MCU 可以首先加载 16 字节，然后随着数据传输，传输缓冲区将有空闲，再将其他字节加载到缓冲区中。类似地，当接收长度大于 16 字节的包时，MCU 必须在包接收期间定期从 FIFO 中获取接收到的数据，以防止数据溢出。

自动事务处理序列发生器 (ATS)

CYRF7936 IC 为已确认数据包的传输和接收提供自动化支持。

在事务处理模式下传输时，设备会自动：

- 启动晶体和合成器
- 进入传输模式
- 对传输缓冲区中的包进行传输
- 转到接收模式并等待 ACK 包
- 在接收到 ACK 包或超时后，转到事务处理结束状态

类似地，在事务处理模式下接收时，设备会自动：

- 在接收模式下等待接收有效的包
- 转到传输模式，传输 ACK 包
- 转到事务处理结束状态（接收模式，以等待下一个包等等）

数据包缓冲区的内容不受 ACK 包传输或接收的影响。

在所有情况下，整个包事务处理均无需任何 MCU 固件参与（只要使用的包不超过 16 字节即可）。要传输数据，MCU 必须加载要传输的数据包、设置长度，并设置 TX GO 位。类似地，在事务处理模式下接收包时，固件必须检索所有接收到的包，并响应表明包接收的中断请求。

数据速率

CYRF7936 IC 通过组合前面小节中讲述的 PN 编码长度和数据传输模式，支持以下数据速率：

- 1000 kbps (GFSK)
- 250 kbps（32 码片 8DR）
- 125 kbps（64 码片 8DR）

功能模块概述

2.4 GHz CyFi 无线调制解调器

CyFi 无线调制解调器是一种二次变频低中频体系架构，针对功率、范围和鲁棒性进行了优化。在有干扰时，CyFi 无线调制解调器采用信道匹配滤波器实现高性能。集成的功率放大器 (PA) 提供最大 +4 dBm 的发射功率，输出功率控制范围为 34 dB，七个步长。设备的供电电流随着 RF 输出功率的降低而降低。

表 2. 内部 PA 输出功率步长表

PA 设置	典型的输出功率 (dBm)
7	+4
6	0
5	-5
4	-13
3	-18
2	-24
1	-30
0	-35

频率合成器

必须先建立频率合成器，才可以开始传输或接收。建立时间根据信道而变化；CYRF7936 提供了 25 个快速信道，其最大建立时间为 100 μ s。

“快速信道”（建立时间小于 100 μ s）为每三个信道一个，从 0 开始，直到 72 且包括 72（例如，0、3、6、9 ... 69、72）。

基带和成帧器

基带和成帧器模块提供 DSSS 编码和解码、SOP 生成和接收、CRC16 生成和检查，以及 EOP 检测和长度字段。

数据包缓冲区和无线配置寄存器

包数据和配置寄存器是通过 SPI 接口访问的。所有配置寄存器都通过 SPI 包中的地址字段直接寻址。配置寄存器允许对 DSSS PN 编码、数据速率、工作模式、中断屏蔽、中断状态等进行配置。

SPI 接口

CYRF7936 IC 有一个 SPI 接口，支持一个应用 MCU 和一个或多个从设备（包括 CYRF7936）之间的通信。SPI 接口支持使用 4 引脚或 3 引脚接口进行的单字节和多字节串行传输。SPI 通信接口包含从属选择 (SS#)、串行时钟 (SCK)、主设备输出从设备输入 (MOSI)、主设备输入从设备输出 (MISO) 或串行数据 (SDAT)。

SPI 通信描述如下：

- 命令定向（位 7）= “1” 启用 SPI 写事务。当它等于 “0” 时，它会启用 SPI 读事务。
- 命令递增（位 6）= “1” 启用 SPI 自动地址递增。设置后，地址字段会在突发访问中每个数据字节的结尾自动递增。否则，会访问同一地址。
- 6 位地址
- 8 位数据

设备从 SCK 引脚上接收来自应用 MCU 的 SCK。来自应用 MCU 的数据在 MOSI 引脚上移入。传输到应用 MCU 的数据在 MISO 引脚上移出。必须触发低电平有效的从属选择 (SS#) 引脚，才能启动 SPI 传输。

应用 MCU 可以使用多字节事务处理来启动 SPI 数据传输。第一个字节是命令/地址字节，接下来的字节是数据字节，如第 6 页的图 4 到第 6 页的图 7 所示。

SPI 通信接口具有突发机制，可根据需要在第一个字节后跟任意长度数据字节。突发事务处理可通过使无效从属选择 (SS# = 1) 来终止。

SPI 通信接口单个读取和突发读取序列分别如第 6 页的图 5 和第 6 页的图 6 所示。

SPI 通信接口单个写入和突发写入序列分别如第 6 页的图 7 和第 6 页的图 8 所示。

该接口也可在 3 引脚模式下工作，此时 MISO 和 MOSI 功能实现在单个双向数据引脚 (SDAT) 中。当使用 3 引脚模式时，用户固件必须确保 MCU 上的 MOSI 引脚处于高阻抗状态（MOSI 正在有效传输数据时除外）。

一次可以向设备寄存器写入一个字节或从中读取一个字节，也可以使用递增突发模式在单个 SPI 事务处理中写入或读取多个地址上连续的寄存器。除单字节配置寄存器外，设备还包含寄存器文件。寄存器文件是使用非递增突发 SPI 事务处理 FIFO 写入或读取。

IRQ 引脚功能可以多路复用到 MOSI 引脚上。启用该选项后，IRQ 功能在 SS# 引脚处于低电平时不可用。当使用该配置时，只要 SS# 处于高电平，用户固件就必须确保 MCU 上的 MOSI 引脚处于高阻抗状态。

SPI 接口不依赖于内部 12 MHz 时钟。因此，可以在设备处于睡眠模式而且 12 MHz 振荡器禁用时，对寄存器进行读取或写入。

SPI 接口以及 IRQ 和 RST 引脚均有独立的电压参考引脚 (V_{IO})。这可让设备直接连接到工作电压低于 CYRF7936 IC 供电电压的 MCU。

图 4. SPI 事务处理模式

	第 1 个字节			第 1+N 个字节
位编号	7	6	[5:0]	[7:0]
位名称	DIR	INC	地址	数据

图 5. SPI 单个读取序列

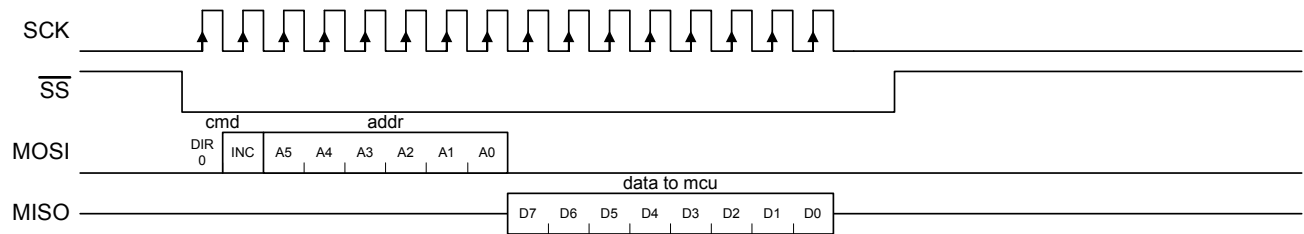


图 6. SPI 递增突发读取序列

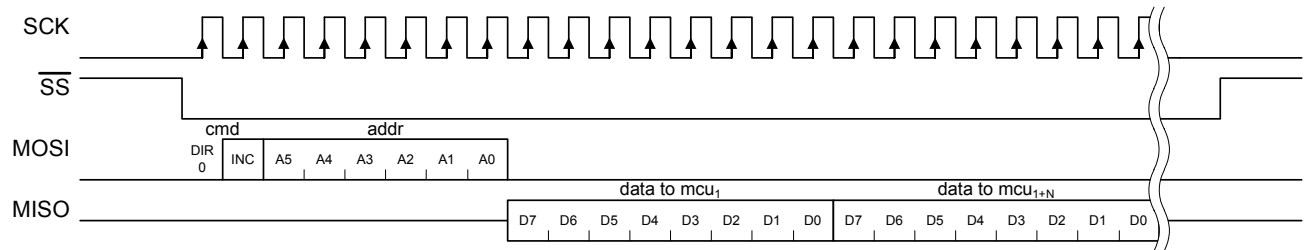


图 7. SPI 单个写入序列

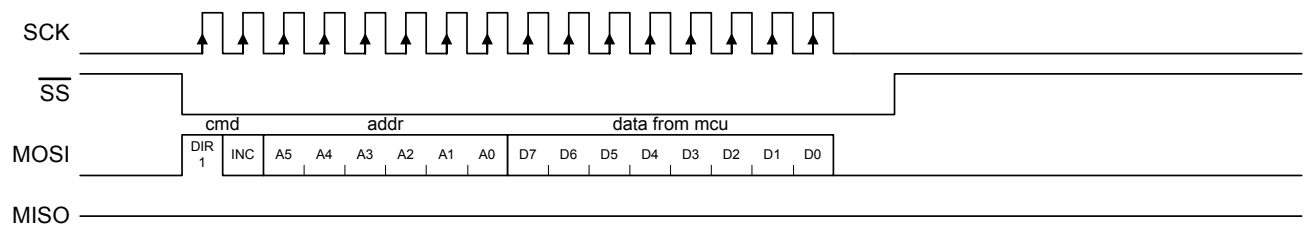
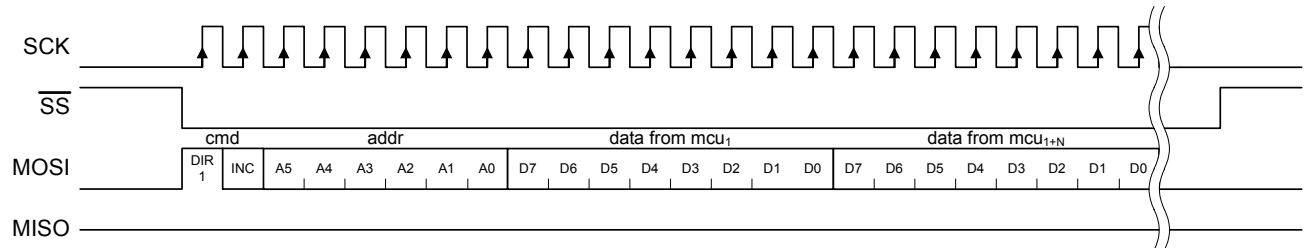


图 8. SPI 递增突发写入序列



中断

设备提供一个中断 (IRQ) 输出，可对其进行配置，以指明多种不同事件的发生。IRQ 引脚可以编程为高电平有效或低电平有效，并可以是 CMOS 或开漏输出。可用中断如第 12 页的[寄存器描述](#)一节所述。

CYRF7936 IC 采用三组中断：传输、接收和系统中断。这些中断都共享单个引脚 (IRQ)，但可以独立启用或禁用。在传输和接收模式之间切换时，会保留使能寄存器的内容。

如果启用多个中断，则必须读取相关的状态寄存器，以确定导致 IRQ 引脚触发的事件。甚至在给定的中断源被禁用时，可能导致中断的条件状态也可以通过读取相应的状态寄存器来确定。因此，通过轮询状态寄存器以等待事件，而不使用 IRQ 引脚，就可以在没有任何 IRQ 引脚的情况下使用设备。

时钟

12 MHz 晶体（30 ppm 或更佳）直接连接在 XTAL 和 GND 之间，而无需外部电容。提供数字时钟输出功能，可选输出频率为 0.75、1.5、3、6 或 12 MHz。该输出可用作外部微控制器 (MCU) 或 ASIC 的时钟。该输出默认为启用，但可以将其禁用。

直接将晶体与 XTAL 引脚和 GND 连接时，需满足以下要求：

- 额定频率：12 MHz
- 工作模式：基础模式
- 谐振模式：并联谐振
- 频率起始稳定性：±30 ppm
- 串联电阻：≤60 欧姆
- 负载电容：10 pF
- 驱动级别：100 W

电源管理

设备的工作电压为直流 1.8V 到 3.6V，这供应于 V_{BAT} 引脚。可以将设备关闭到完全的静态睡眠模式，只需通过 SPI 接口在 XACT_CFG_ADR 寄存器中写入 FRC_END = 1 和 END_STATE = 000 位即可。在该 SPI 事务处理结束的最后一个 SCK 上升沿 35 s 后，设备会进入睡眠模式。或者，可以将设备配置为在完成包传输或接收后自动进入睡眠模式。在睡眠模式时，片上振荡器

会被停止，但 SPI 接口仍正常工作。当设备接到命令进入传输或接收模式时，就会自动从睡眠模式醒来。如果从睡眠模式恢复工作，则在振荡器重新启动时会有短暂的延迟。设备可以配置为在振荡器稳定后触发 IRQ 引脚。

电源管理装置 (PMU) 的输出电压 (V_{REG}) 是可配置的，可以将其配置为 2.4V 和 2.7V 之间的多个最小值。V_{REG} 可以用于为外部设备提供最大 15 mA（平均负载）的电流。可以禁用 PMU 并为设备的主电源提供范围为 2.4V 到 3.6V 的外部控制直流供电电压。另外，PMU 还为逻辑提供受控 1.8V 电源。

PMU 适用于在使用 Schottky 二极管和强力感应器时提供高压效率（74%~85%，取决于输入电压、输出电压和负载），从而使许多有其他组件需要提升电压的系统不再需要外部升压转换器。但是，当使用 SOT23 二极管和 0805 感应器等低成本器件时，可以实现合理的效率（69–82%，取决于输入电压、输出电压和负载）。

另外，PMU 还提供可配置的低电池电量检测功能，可以通过 SPI 接口读取。可以选择使用 1.8V 和 2.7V 之间的七个阈值之一。可以将中断引脚配置为在 V_{BAT} 引脚上的电压下降至配置的阈值以下时触发。LV_IRQ 不是闭锁事件。当设备处于睡眠模式时，会禁用电池监视功能。

低噪声放大器和接收信号强度指示

接收器的增益可通过清除 AGC_EN 位并写入 RX_CFG_ADR 寄存器的低噪声放大器 (LNA) 位来直接控制。清除 LNA 位会将接收器增益降低大约 20 dB，从而可以精确接收极强的接收信号（例如，在非常靠近发射器的位置操作接收器时）。通过设置衰减 (ATT) 位可以添加大约 30 dB 的接收器衰减。这会将设备上的数据接收限制在极短的范围。建议禁用 AGC 并启用 LNA，除非是接收使用外部 PA 设备上的数据。

当设备处于接收模式时，RSSI_ADR 寄存器会返回同频信号功率的相对信号强度。

接收时，设备会自动测量所接收信号的相对强度，并将其存储为一个 5 位的值。检测到 SoP 后，会自动获取 RSSI 读数。此外，每次从 RSSI_ADR 寄存器读取前一个读数时，都会获取新的 RSSI 读数，从而使得在不接收任何信号的情况下，当读取 RSSI 时，能够轻松测量到任何给定信道上的背景 RF 能量级别。新的读数可以很快发生，达到每 12 s 一次。

应用示例

图 9. VBAT ≤ 2.4V 时的推荐系统电路

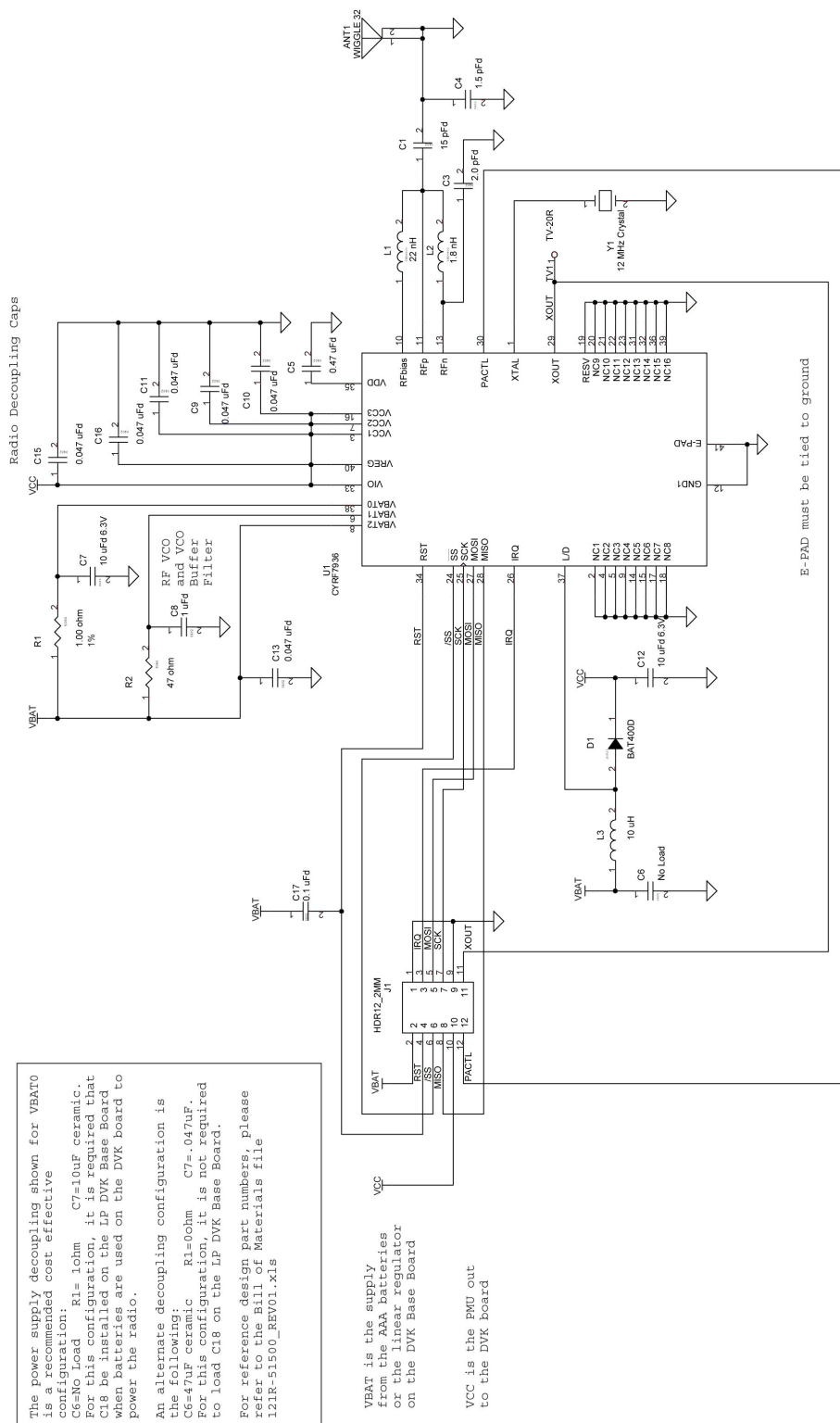


表 3. VBAT ≤ 2.4V 时的推荐系统材料表

项目	数量	CY 部件编号	参考	描述	制造商	制造商部件编号
1	1	NA	ANT1	用于 32MIL PCB 的 2.5GHZ H-STUB 摆动天线	NA	NA
2	1	730-10012	C1	CAP 15PF 50V 陶瓷 NPO 0402	Panasonic	ECJ-0EC1H150J
3	1	730-11955	C3	CAP 2.0 PF 50V 陶瓷 NPO 0402	Kemet	C0402C209C5GACTU
4	1	730-11398	C4	CAP 1.5PF 50V 陶瓷 NPO 0402 SMD	PANASONIC	ECJ-0EC1H1R5C
5	1	730R-13322	C5	CAP CER 0.47UF 6.3V X5R 0402	Murata	GRM155R60J474KE19D
6	2	730-13037	C12, C7	CAP 陶瓷 10UF 6.3V X5R 0805	Kemet	C0805C106K9PACTU
7	1	730-13400	C8	CAP 1 uF 6.3V 陶瓷 X5R 0402	Panasonic	ECJ-0EB0J105M
8	6	730-13404	C9, C10, C11, C13, C15, C16	CAP 0.47 uF 50V 陶瓷 X5R 0402	AVX	0402YD473KAT2A
9	1	730R-11952	C17	CAP 0.10UF 10V 陶瓷 X5R 0402	Kemet	C0402C104K8PACTU
10	1	800-13317	D1	二极管 SCHOTTKY 0.5A 40V SOT23	DIODES INC	BAT400D-7-F
11	1	420-11976	J1	连接头 12 引脚 2MM 金制	Hirose Electric Co. LTD.	DF11-12DP-2DSA(01)
12	1	800-13401	L1	感应器 22NH 2% 固定 0603 SMD	Panasonic - ECG	ELJ-RE22NGF2
13	1	800-11651	L2	感应器 1.8NH +-.3NH 固定 0402 SMD	Panasonic - ECG	ELJ-RF1N8DF
14	1	800-10594	L3	线圈 10UH 1100MA 振流器 0805	Newark	30K5421
15	1	630-11356	R1	RES 1.00 OHM 1/8W 1% 0805 SMD	Yageo	9C08052A1R00FKHFT
16	1	610-13402	R2	RES 47 OHM 1/16W 5% 0402 SMD	Panasonic - ECG	ERJ-2GEJ470X
17	1	CYRF7936-40LFXC	U1	IC, LP 2.4 GHz 无线 SoC QFN-40	赛普拉斯半导体公司	CYRF7936-40LFXC
18	1	800-13259	Y1	晶体 12.00MHZ HC49 SMD	eCERA	GF-1200008
19	1	PDCR-9515 REV01	PCB	印刷电路板	赛普拉斯半导体公司	PDCR-9515 REV01
20	1	920-11206	LABEL1	序列号		
21	1	920-51500 REV01	LABEL2	PCA 编号		121R-51500 REV01

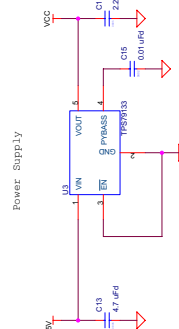
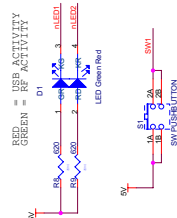
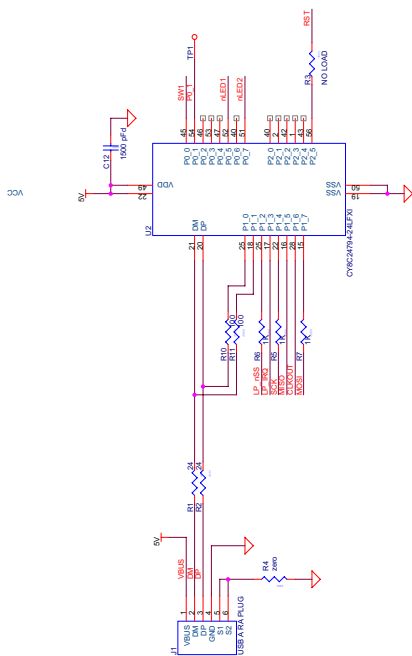
[illegible]

表 4. V_{BAT} 为 2.4V - 3.6V（禁用 PMU）时的推荐系统材料表

项目	数量	CY 部件编号	参考	描述	制造商	制造商部件编号
1	1	NA	ANT1	用于 32MIL PCB 的 2.5GHZ H-STUB 摆动天线	NA	NA
2	1	730-10012	C1	CAP 15PF 50V 陶瓷 NPO 0402	Panasonic	ECJ-0EC1H150J
3	1	730-11955	C3	CAP 2.0 PF 50V 陶瓷 NPO 0402	Kemet	C0402C209C5GACTU
4	1	730-11398	C4	CAP 1.5PF 50V 陶瓷 NPO 0402 SMD	PANASONIC	ECJ-0EC1H1R5C
5	1	730-13322	C5	CAP .47 uF 6.3V 陶瓷 X5R 0402	Murata	GRM155R60J474KE19D
6	6	730-13404	C6, C7, C8, C9, C10, C11	CAP 0.047 uF 16V 陶瓷 X5R 0402	AVX	0402YD473KAT2A
7	1	730-11953	C12	CAP 1500PF 50V 陶瓷 X7R 0402	Kemet	C0402C152K5RACTU
8	1	730-13040	C13	CAP 陶瓷 4.7UF 6.3V XR5 0805	Kemet	C0805C475K9PACTU
9	1	730-12003	C14	CAP CER 2.2UF 10V 10% X7R 0805	Murata Electronics North America	GRM21BR71A225KA01L
10	1	800-13333	D1	LED 红/绿双色 1210 SMD	LITEON	LTST-C155KGJRK7
11	1	420-13046	J1	连接 USB 插头类型 A PCB SMT	ACON	UAR72-4N5J10
12	1	800-13401	L1	感应器 22NH 2% 固定 0603 SMD	Panasonic - ECG	ELJ-RE22NGF2
13	1	800-11651	L2	感应器 1.8NH +/- .3NH 固定 0402 SMD	Panasonic - ECG	ELJ-RF1N8DF
14	2	610-10037	R1, R2	RES 24 OHM 1/16W 5% 0603 SMD	Panasonic - ECG	ERJ-3GEYJ240V
15	1	610-10343	R4	RES 零 OHM 1/16W 0402 SMD	Panasonic - ECG	ERJ-2GE0R00X
16	3	610-10016	R5, R6, R7	RES 芯片 1K OHM 1/16W 5% 0402 SMD	Panasonic - ECG	ERJ-2GEJ102X
17	2	610-13472	R9, R8	RES 芯片 620 OHM 1/16W 5% 0402 SMD	Panasonic - ECG	ERJ-2GEJ621X
18	2	610-10684	R10, R11	RES 芯片 100 OHM 1/16W 5% 0402 SMD	Phycomp USA Inc	9C1A04021000FLHF3
19	1	200-13471	S1	开关 LT 3.5MMX2.9MM 160GF SMD	Panasonic - ECG	EVQ-P7J01K
20	1	CYRF7936-40LFC	U1	IC, 2.4 GHz CyFi 收发器 QFN-40	赛普拉斯半导体公司	CYRF7936 Rev A5
21	1	CY8C24794-24LFXI	U2	PSoC® 混合信号阵列	赛普拉斯半导体公司	CY8C24794-24LFXI
22	1	800-13259	Y1	晶体 12.00MHZ HC49 SMD	eCERA	GF-1200008
23	1		LABEL1	序列号	XXXXXX	

寄存器描述

所有寄存器都可读写（除特别说明的之外）。寄存器的读写可以单独进行，也可以按顺序逐组进行。

表 5. 寄存器映射摘要

地址	助记符	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	默认值 ^[1]	访问 ^[1]	
0x00	CHANNEL_ADR	未使用	信道							-1001000	-bbbbbbb	
0x01	TX_LENGTH_ADR	TX 长度								00000000	bbbbbbb	
0x02	TX_CTRL_ADR	TX GO	TX CLR	TXB15 IRQEN	TXB8 IRQEN	TXB0 IRQEN	TXBERR IRQEN	TXC IRQEN	TXE IRQEN	00000011	bbbbbbb	
0x03	TX_CFG_ADR	未使用	未使用	数据编码长度	数据模式		PA 设置			--000101	--bbbbbb	
0x04	TX_IRQ_STATUS_ADR	OS IRQ	LV IRQ	TXB15 IRQ	TXB8 IRQ	TXB0 IRQ	TXBERR IRQ	TXC IRQ	TXE IRQ	-----	rrrrrrrr	
0x05	RX_CTRL_ADR	RX GO	RSVD	RXB16 IRQEN	RXB8 IRQEN	RXB1 IRQEN	RXBERR IRQEN	RXC IRQEN	RXE IRQEN	00000111	bbbbbbb	
0x06	RX_CFG_ADR	AGC EN	LNA	ATT	HILO	FAST TURN EN	未使用	RXOW EN	VLD EN	10010-10	bbbb-bb	
0x07	RX_IRQ_STATUS_ADR	RXOW IRQ	SOPDET IRQ	RXB16 IRQ	RXB8 IRQ	RXB1 IRQ	RXBERR IRQ	RXC IRQ	RXE IRQ	-----	brrrrrrr	
0x08	RX_STATUS_ADR	RX ACK	PKT ERR	EOP ERR	CRC0	错误的 CRC	RX 编码	RX 数据模式		-----	rrrrrrrr	
0x09	RX_COUNT_ADR	RX 计数								00000000	rrrrrrrr	
0x0A	RX_LENGTH_ADR	RX 长度								00000000	rrrrrrrr	
0x0B	PWR_CTRL_ADR	PMU EN	LVIQ EN	PMU 模式强制	PFET 禁用	LVI TH		PMU OUTV		10100000	bbb-bbbb	
0x0C	XTAL_CTRL_ADR	XOUT FN		XSIRQ EN	未使用	未使用	FREQ			000--100	bbb-bbb	
0x0D	IO_CFG_ADR	IRQ OD	IRQ POL	MISO OD	XOUT OD	PACTL OD	PACTL GPIO	SPI 3PIN	IRQ GPIO	00000000	bbbbbbb	
0x0E	GPIO_CTRL_ADR	XOUT OP	MISO OP	PACTL OP	IRQ OP	XOUT IP	MISO IP	PACTL IP	IRQ IP	0000----	bbbrrrrr	
0x0F	XACT_CFG_ADR	ACK EN	未使用	FRC END	END STATE			ACK TO		1-000000	b-bbbbb	
0x10	FRAMING_CFG_ADR	SOP EN	SOP LEN	LEN EN	SOP TH						10100101	bbbbbbb
0x11	DATA32_THOLD_ADR	未使用	未使用	未使用	未使用	TH32				----0100	----bbbb	
0x12	DATA64_THOLD_ADR	未使用	未使用	未使用	TH64					---01010	---bbbb	
0x13	RSSI_ADR	SOP	未使用	LNA	RSSI					0-100000	r-rrrrrr	
0x14	EOP_CTRL_ADR	HEN	HINT			EOP				10100100	bbbbbbb	
0x15	CRC_SEED_LSB_ADR	CRC 种子 LSB								00000000	bbbbbbb	
0x16	CRC_SEED_MSB_ADR	CRC 种子 MSB								00000000	bbbbbbb	
0x17	TX_CRC_LSB_ADR	CRC LSB								-----	rrrrrrrr	
0x18	TX_CRC_MSB_ADR	CRC MSB								-----	rrrrrrrr	
0x19	RX_CRC_LSB_ADR	CRC LSB								11111111	rrrrrrrr	
0x1A	RX_CRC_MSB_ADR	CRC MSB								11111111	rrrrrrrr	
0x1B	TX_OFFSET_LSB_ADR	STRIM LSB								00000000	bbbbbbb	
0x1C	TX_OFFSET_MSB_ADR	未使用	未使用	未使用	未使用	STRIM MSB					---0000	---bbbb
0x1D	MODE_OVERRIDE_ADR	RSVD	RSVD	FRC SEN	FRC AWAKE		未使用	未使用	RST	00000-0	wwwww--w	
0x1E	RX_OVERRIDE_ADR	ACK RX	RXTX DLY	MAN RXACK	FRC RXDR	DIS CRC0	DIS RXCRC	ACE	未使用	0000000-	bbbbbbb-	
0x1F	TX_OVERRIDE_ADR	ACK TX	FRC PRE	RSVD	MAN TXACK	OVRD ACK	DIS TXCRC	RSVD	TX INV	00000000	bbbbbbb	
0x26	XTAL_CFG_ADR	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	START DLY	RSVD	RSVD	RSVD	00000000	wwwwwww	
0x27	CLK_OVERRIDE_ADR	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RXF	RSVD	00000000	wwwwwww	
0x28	CLK_EN_ADR	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RXF	RSVD	00000000	wwwwwww	
0x29	RX_ABORT_ADR	RSVD	RSVD	ABORT EN	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	00000000	wwwwwww	
0x32	AUTO_CAL_TIME_ADR	AUTO_CAL_TIME								00000011	wwwwwww	
0x35	AUTO_CAL_OFFSET_ADR	AUTO_CAL_OFFSET								00000000	wwwwwww	
0x39	ANALOG_CTRL_ADR	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RX INV	ALL SLOW	00000000	wwwwwww	
寄存器文件												
0x20	TX_BUFFER_ADR	TX 缓冲区文件								-----	wwwwwww	
0x21	RX_BUFFER_ADR	RX 缓冲区文件								-----	rrrrrrrr	
0x22	SOP_CODE_ADR	SOP 编码文件								注 2	bbbbbbb	
0x23	DATA_CODE_ADR	数据编码文件								注 3	bbbbbbb	
0x24	PREAMBLE_ADR	前导码文件								注 4	bbbbbbb	
0x25	MFG_ID_ADR	MFG ID 文件								NA	rrrrrrrr	

注

1. b = 读/写；r = 只读；w = 只写；“-” = 未使用，默认值未定义。
2. SOP_CODE_ADR 默认值 = 0x17F9E213690C782。
3. DATA_CODE_ADR 默认值 = 0x02F9939702FA5CE3012BF1DB0132BE6F。
4. PREAMBLE_ADR 默认值 = 0x333302。对于 DDR，该计数值必须大于 4；对于 SDR，则该计数值必须大于 8。
5. 寄存器的配置和访问必须仅在无线设备处于空闲或睡眠模式时进行。PMU、GPIO 和 RSSI 寄存器可以在有效的 Tx 和 Rx 模式下访问。
6. EOP_CTRL_ADR[6:4] 不得取值“000”，即 EOP 提示符号计数不得为“0”。
7. PFET 位：将该位设为“1”会禁用 FET，从而可以在对无线设备禁用 PMU 时安全地让 Vbat 从 Vcc 连接到独立的参考电压。

绝对最大等级

超过最大等级可能会缩短设备的使用寿命。用户指导未经过测试。

存储温度	-65°C 到 +150°C
供电状态下的环境温度	-55°C 到 +125°C
任何电源引脚上的供电电压	
相对于 V_{SS}	-0.3V 到 +3.9V
应用到逻辑输入的直流电压 ^[8]	-0.3V 到 $V_{IO} + 0.3V$
应用到输出的直流电压	
(高阻状态时)	-0.3V 到 $V_{IO} + 0.3V$

直流特性

($T = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{BAT} = 2.4\text{V}$, PMU 禁用, $f_{OSC} = 12.000000\text{ MHz}$)

参数	描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{BAT}	电池电压	0–70°C	1.8		3.6	V
$V_{REG}^{[10]}$	PMU 输出电压	2.4V 模式	2.4	2.43		V
$V_{REG}^{[10]}$	PMU 输出电压	2.7V 模式	2.7	2.73		V
$V_{IO}^{[11]}$	V_{IO} 电压		1.8		3.6	V
V_{CC}	V_{CC} 电压	0–70°C	2.4 ^[12]		3.6	V
V_{OH1}	输出高压条件 1	在 $I_{OH} = -100.0\text{ mA}$ 时	$V_{IO} - 0.2$	V_{IO}		V
V_{OH2}	输出高压条件 2	在 $I_{OH} = -2.0\text{ mA}$ 时	$V_{IO} - 0.4$	V_{IO}		V
V_{OL}	输出低电平电压	在 $I_{OL} = 2.0\text{ mA}$ 时		0	0.45	V
V_{IH}	输入高电平电压		$0.7V_{IO}$		V_{IO}	V
V_{IL}	输入低电平电压		0		$0.3V_{IO}$	V
I_{IL}	输入泄漏电流	$0 < V_{IN} < V_{IO}$	-1	0.26	+1	μA
C_{IN}	引脚输入电容	XTAL、 RF_N 、 RF_P 、 RF_{BIAS} 除外		3.5	10	pF
$I_{CC}(\text{GFSK})^{[13]}$	平均 TX I_{CC} , 1 Mbps, 慢速信道	PA = 5, 双向, 4 字节/10 ms		0.87		mA
$I_{CC}(32\text{-}8\text{DR})^{[13]}$	平均 TX I_{CC} , 250 kbps, 快速信道	PA = 5, 双向, 4 字节/10 ms		1.2		mA
$I_{SB}^{[14]}$	睡眠模式 I_{CC}			0.8	10	μA
$I_{SB}^{[14]}$	睡眠模式 I_{CC}	启用 PMU		31.4		μA
空闲的 I_{CC}	射频关闭, XTAL 处于活动状态	禁用 XOUT		1.0		mA
I_{synth}	合成器启动期间的 I_{CC}			8.4		mA
TX I_{CC}	传输期间的 I_{CC}	PA = 5 ($\approx 5\text{ dBm}$)		20.8		mA
TX I_{CC}	传输期间的 I_{CC}	PA = 6 (0 dBm)		26.2		mA
TX I_{CC}	传输期间的 I_{CC}	PA = 7 (+4 dBm)		34.1		mA
RX I_{CC}	接收期间的 I_{CC}	LNA 关闭, ATT 开启		18.4		mA
RX I_{CC}	接收期间的 I_{CC}	LNA 开启, ATT 关闭		21.2		mA
Boost Eff	PMU 升压转换器效率	$V_{BAT} = 2.5\text{V}$, $V_{REG} = 2.73\text{V}$, $I_{LOAD} = 20\text{ mA}$		81		%
I_{LOAD_EXT}	平均 PMU 外部负载电流	$V_{BAT} = 1.8\text{V}$, $V_{REG} = 2.73\text{V}$, 0–50°C, RX 模式			15	mA
I_{LOAD_EXT}	平均 PMU 外部负载电流	$V_{BAT} = 1.8\text{V}$, $V_{REG} = 2.73\text{V}$, 50–70°C, RX 模式			10	mA

注

- 可以通过一个串联电阻将超过 V_{IO} 的电压连接到输入, 从而将输入电路限制到 1 mA。交流定时没有保证。
- 人体模型 (HBM)。
- V_{REG} 取决于电池输入电压。
- 在睡眠模式中, IO 接口电压参考为 V_{BAT} 。
- 在睡眠模式中, V_{CC} 最小值可以低至 1.8V。
- 包括在启动晶体、启动合成器、传输包 (包括 SOP 和 CRC16)、变更为接收模式以及接收 ACK 握手时消耗的电流。设备处于睡眠模式 (除非是在该事务处理期间)。
- 如果有任何 IO 引脚连接到高于 V_{IO} 的电压, 则无法保证 ISB 。

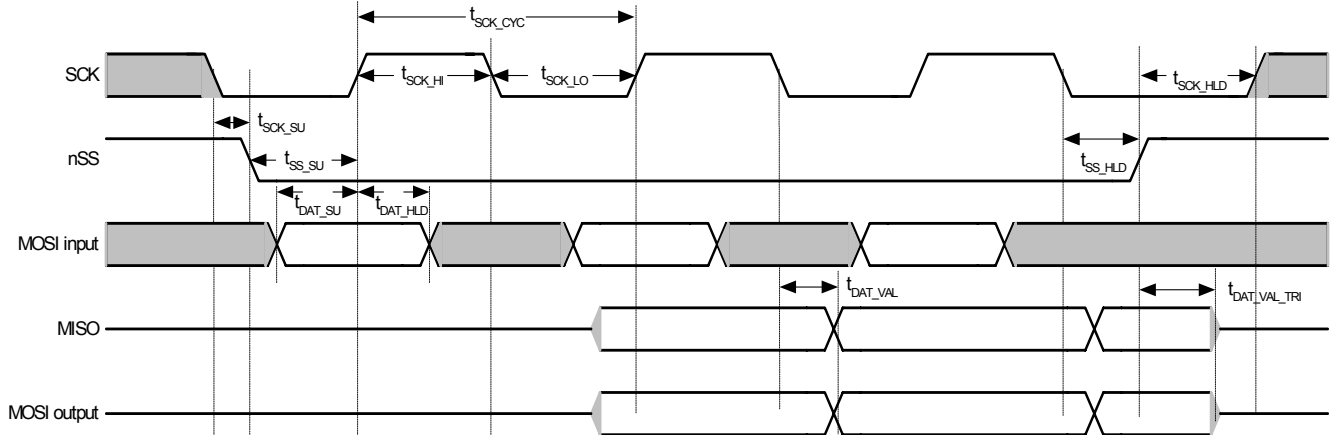
交流特性

CYRF7936 的交流特性遵循^[12]

表 6. SPI 接口^[16]

参数	描述	最小值	典型值	最大值	单位
t_{SCK_CYC}	SPI 时钟周期	238.1			ns
t_{SCK_HI}	SPI 时钟高电平时间	100			ns
t_{SCK_LO}	SPI 时钟低电平时间	100			ns
t_{DAT_SU}	SPI 输入数据设置时间	25			ns
t_{DAT_HLD}	SPI 输入数据保留时间	10			ns
t_{DAT_VAL}	SPI 输出数据有效时间	0		50	ns
$t_{DAT_VAL_TRI}$	SPI 输出数据三态（来自从属选择解除的 MOSI）			20	ns
t_{SS_SU}	SCK 第一个正沿之前的 SPI 从属选择设置时间 ^[17]	10			ns
t_{SS_HLD}	SCK 最后一个负沿之后的 SPI 从属选择保留时间	10			ns
t_{SS_PW}	SPI 从属选择最小脉冲宽度	20			ns
t_{SCK_SU}	SPI 从属选择设置时间	10			ns
t_{SCK_HLD}	SPI SCK 保留时间	10			ns
t_{RESET}	最小 RST 引脚脉冲宽度	10			ns

图 11. SPI 时序



注

15. 如果有任何引脚超过 V_{IO} ，则无法保证 AC 值。
16. $C_{LOAD} = 30 \text{ pF}$
17. SCK 必须在 SS# 转为低电平时从低电平开始，否则无法保证 SPI 事务处理成功。

RF 特性

表 7. 无线参数

参数描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
RF 频率范围	注 18	2.400		2.497	GHz
接收器 (T = 25° C, V _{CC} = 3.0V, f _{OSC} = 12.000000 MHz, BER < 1E-3)					
灵敏度 125 kbps 64-8DR	BER 1E-3		-97		dBm
灵敏度 250 kbps 32-8DR	BER 1E-3		-93		dBm
灵敏度	CER 1E-3	-80	-87		dBm
灵敏度 GFSK	BER 1E-3, ALL SLOW = 1		-84		dBm
LNA 增益			22.8		dB
ATT 增益			-31.7		dB
最大接收信号	LNA 开启	-15	-6		dBm
PWR _{in} 的 RSSI 值 -60 dBm	LNA 开启		21		计数
RSSI 斜率			1.9		dB/计数
干扰性能 (CER 1E-3)					
共同信道干扰抑制载干比 (C/I)	C = -60 dBm		9		dB
相邻 (±1 MHz) 信道选择性 C/I 1 MHz	C = -60 dBm		3		dB
相邻 (±2 MHz) 信道选择性 C/I 2 MHz	C = -60 dBm		-30		dB
相邻 (≥ 3 MHz) 信道选择性 C/I ≥ 3 MHz	C = -67 dBm		-38		dB
带外阻塞 30 MHz–12.75 MHz ^[19]	C = -67 dBm		-30		dBm
互调	C = -64 dBm, Δf = 5,10 MHz		-36		dBm
接收乱真发射					
800 MHz	100 kHz ResBW		-79		dBm
1.6 GHz	100 kHz ResBW		-71		dBm
3.2 GHz	100 kHz ResBW		-65		dBm
发射器 (T = 25°C, V _{CC} = 3.0V)					
最大 RF 发射功率	PA = 7	+2	4	+6	dBm
最大 RF 发射功率	PA = 6	-2	0	+2	dBm
最大 RF 发射功率	PA = 5	-7	-5	-3	dBm
最大 RF 发射功率	PA = 0		-35		dBm
RF 功率控制范围			39		dB
RF 功率控制范围步长大小	七个步长, 单调		5.6		dB
最小频偏	PN 编码模式 10101010		270		kHz
最大频偏	PN 编码模式 11110000		323		kHz
错误向量大小 (FSK 错误)	>0 dBm		10		%rms
占用的带宽	-6 dBc, 100 kHz ResBW	500	876		kHz
传输乱真发射 (PA = 7)					
带内乱真第二信道功率 (±2 MHz)			-38		dBm
带内乱真第三信道功率 (≥3 MHz)			-44		dBm

注

18. 遵循规范的规定。

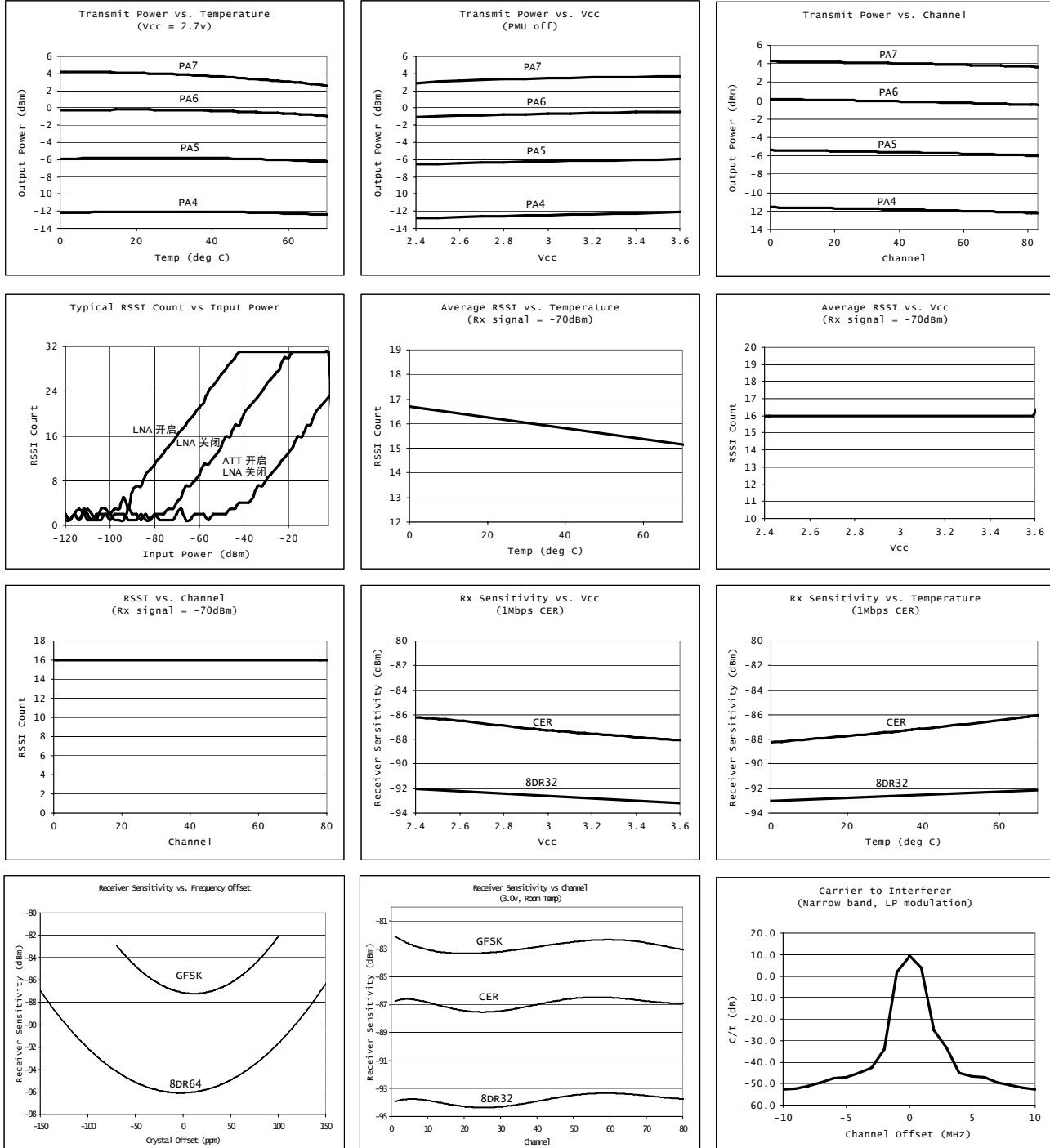
19. 例外是 F/3 和 5C/3。

表 7. 无线参数 (续)

参数描述	条件	最小值	典型值	最大值	单位
非谐波相关刺激 (800 MHz)			-38		dBm
非谐波相关刺激 (1.6 GHz)			-34		dBm
非谐波相关刺激 (3.2 GHz)			-47		dBm
谐波刺激 (第二谐波)			-43		dBm
谐波刺激 (第三谐波)			-48		dBm
第四和更大谐波			-59		dBm
电源管理 (晶体 PN# eCERA GF-1200008)					
晶体启动到 10ppm			0.7	1.3	ms
晶体启动到 IRQ	XSIRQ EN = 1		0.6		ms
合成器建立	慢速信道			270	s
合成器建立	中速信道			180	s
合成器建立	快速信道			100	s
链路转变时间	GFSK			30	s
链路转变时间	250 kbps			62	s
链路转变时间	125 kbps			94	s
链路转变时间	<125 kbps			31	s
最大包长度	<60 ppm 晶体到晶体			40	字节

典型的工作特性

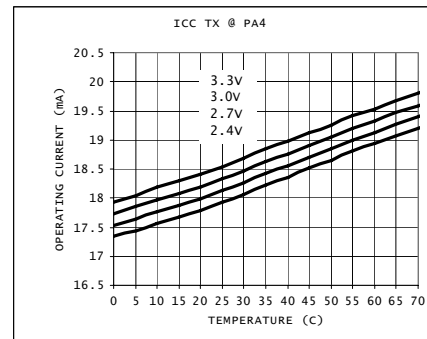
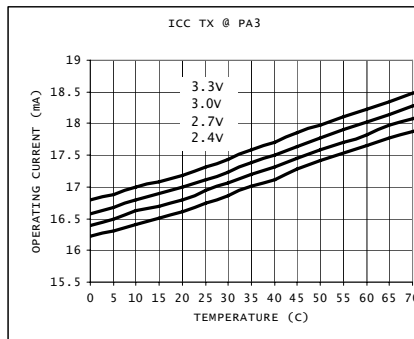
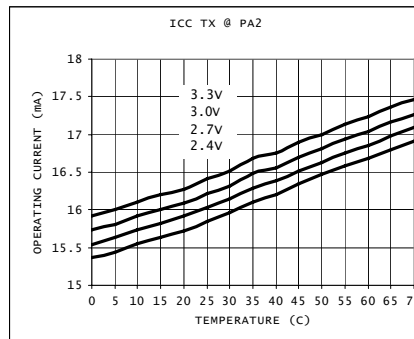
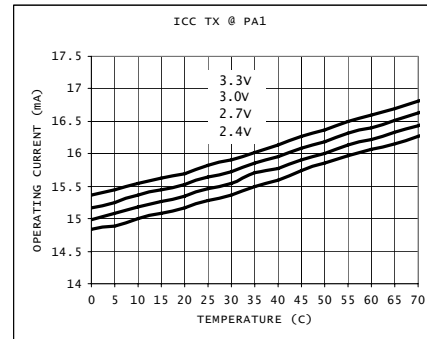
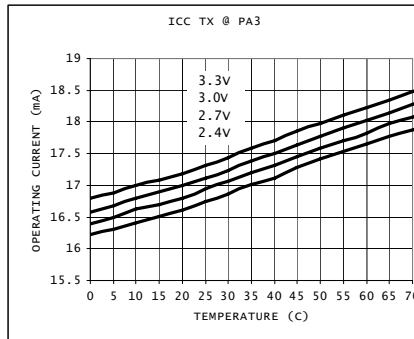
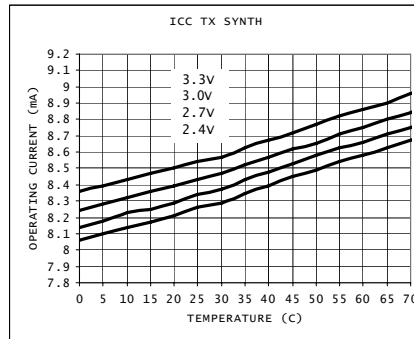
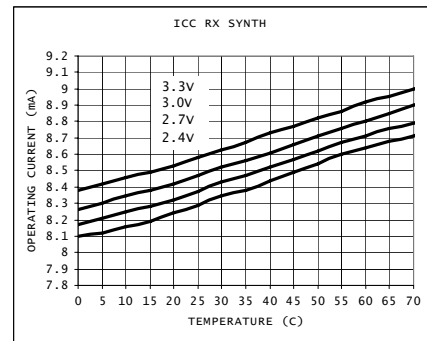
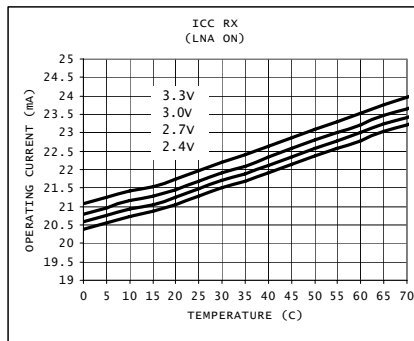
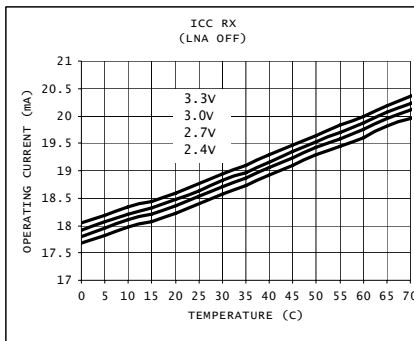
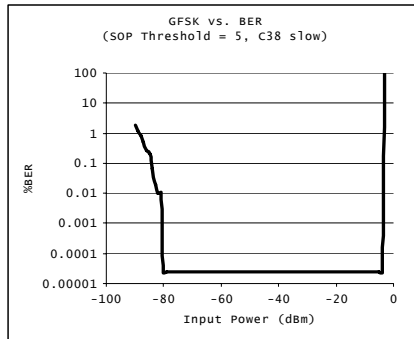
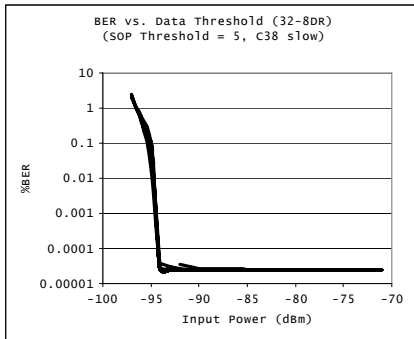
CYRF7936 的典型工作特性遵循 [20]



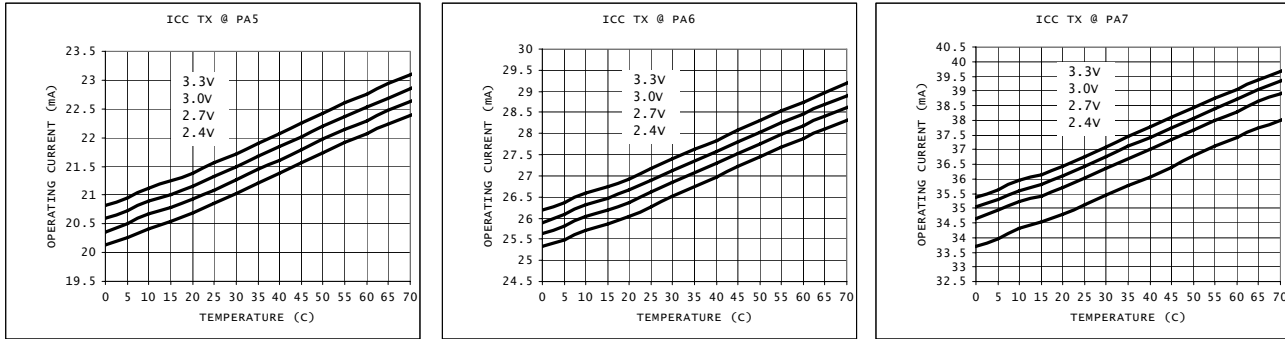
注

20. 如果 LNA 开启, ATT 关闭, 就可能读取超过 -2dBm 的错误 RSSI 值。为获得精确的读数, 建议在 LNA 关闭/开启的情况下反复核对 RSSI。

典型的工作特性 (续)



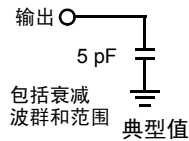
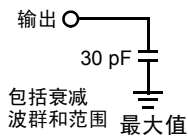
典型的工作特性 (续)



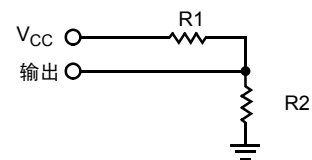
数字引脚的交流测试负载和波形

图 12. 数字引脚的交流测试负载和波形

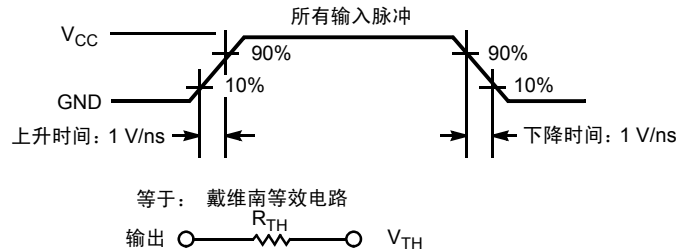
交流测试负载



直流测试负载



参数		单位
R1	1071	Ω
R2	937	Ω
R _{TH}	500	Ω
V _{TH}	1.4	V
V _{CC}	3.00	V



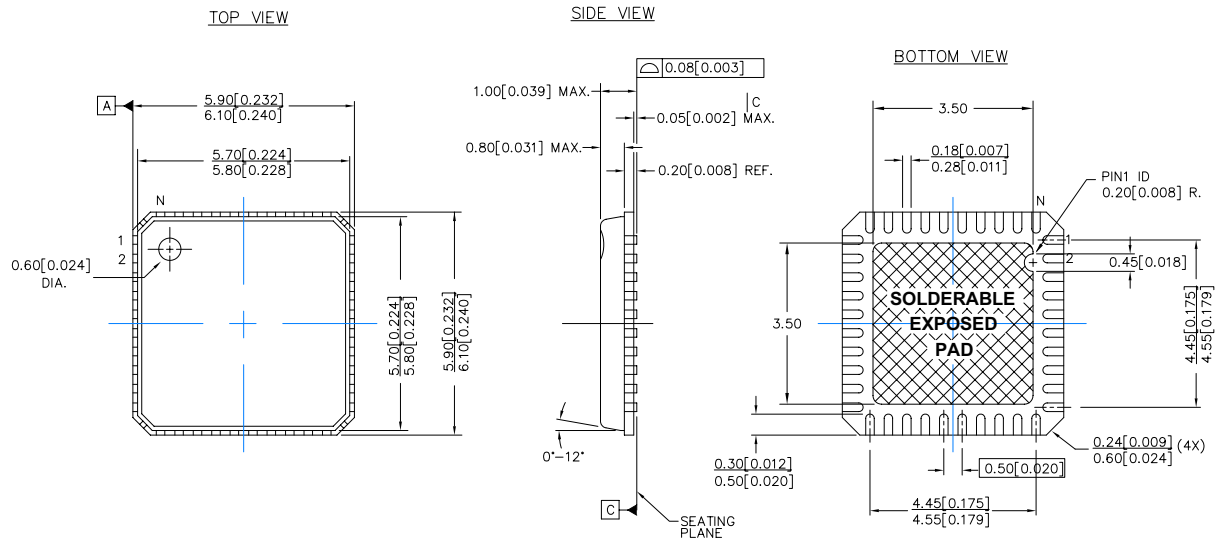
订购信息

表 8. 订购信息

部件编号	无线设备	封装名称	封装类型	工作范围
CYRF7936-40LFXC	收发器	40 QFN	40 方形扁平封装无铅 CYRF7936	商用

封装描述

图 13. 40 引脚无铅 QFN 6 x 6 mm LY40



NOTES:

1.  HATCH IS SOLDERABLE EXPOSED AREA
2. REFERENCE JEDEC#: MO-220
3. PACKAGE WEIGHT: 0.086g
4. ALL DIMENSIONS ARE IN MM [MIN/MAX]
5. PACKAGE CODE

PART #	DESCRIPTION
LF40A	STANDARD
LY40A	PB-FREE

(接近圆锥形的冲压类型封装, 含 3.50X3.50 EPAD)

001-12917 *A

对 QFN 下的 E-PAD 的 PCB 垫片尺寸采用 3.5 mm × 3.5 mm (宽 × 长)。

文件历史记录页面

描述标题: CYRF7936 2.4 GHz CyFi (TM) 收发器				
文件编号: 001-50428 修订版 **				
修订版本	ECN	变更来源	提交日期	变更说明
**	2616557	HJIA	2008 年 12 月 11 日	Spec 001-48013 的译文

销售、解决方案和法律信息

全球销售和设计支持

赛普拉斯拥有一个由办事处、解决方案中心、工厂和经销商组成的全球性网络。要找到离您最近的办事处，请访问我们的网站 cypress.com/sales。

产品

PSoC®	psoc.cypress.com
时钟和缓冲器	clocks.cypress.com
无线设备	wireless.cypress.com
存储器	memory.cypress.com
图像传感器	image.cypress.com

PSoC® 解决方案

通用解决方案	psoc.cypress.com/solutions
低功耗/低电压	psoc.cypress.com/low-power
高精度模拟	psoc.cypress.com/precision-analog
LCD 驱动器	psoc.cypress.com/lcd-drive
CAN 2.0b	psoc.cypress.com/can
USB	psoc.cypress.com/usb

© 赛普拉斯半导体公司，2008。此处所包含的信息可能会随时更改，恕不另行通知。除赛普拉斯产品内嵌电路之外，赛普拉斯半导体公司不对其他任何电路的使用承担任何责任，也不根据专利或其他权利以明示或暗示的方式授予任何许可。除非与赛普拉斯签订明确的书面协议，否则赛普拉斯产品不保证，也不适用于医疗、生命支持、救生、关键控制或安全应用等用途。此外，对于可能发生运转异常和故障并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统中，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

所有源代码（软件和/或固件）均归赛普拉斯半导体公司所有，并受到全球专利法规（美国和美国以外的专利法规）、美国版权法以及国际条约规定的保护和约束。赛普拉斯据此向获许可者授予适用于个人的、非独占性、不可转让的许可，用以复制、使用、修改、创建赛普拉斯源代码的派生作品、编译赛普拉斯源代码和派生作品，并且其目的只能是创建自定义软件和/或固件，以支持获许可者仅将其获得的产品依照适用协议规定的方式与赛普拉斯集成电路配合使用。除上述指定的用途之外，未经赛普拉斯的明确书面许可，不得对此源代码进行任何复制、修改、转换或演示。

免责声明：赛普拉斯不针对此材料提供任何类型的明示或暗示保证，包括（但不仅限于）针对特定用途的适销性和适用性的暗示保证。赛普拉斯保留在不做出通知的情况下对此处所述材料进行更改的权利。赛普拉斯不对此处所述之任何产品或电路的应用或使用承担任何责任。对于可能发生运转异常和故障并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统中，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

产品使用可能受到适用的赛普拉斯软件许可协议限制。