



The Effects of Reliability on Power in Embedded Wireless Applications

关于嵌入式无线应用中功率可靠性的影响

作者: Jim Davis, 赛普拉斯半导体公司, 高级产品市场营销工程师

嵌入式无线技术就是嵌入式进程或系统与无线通信接口的组合。具体而言, 嵌入式无线系统方兴未艾, 正催生出各种新型工业、商业和住宅建筑自动化, 而且还为消费、医疗乃至农业系统带来了诸多新功能和特性丰富的产品。功耗或者功率不足在所有这些低数据率应用中是非常重要的需求, 甚至是大多数情况下的主要需求。不过, 衡量嵌入式无线应用的功耗并非如我们所想象的将各部分功耗简单相加即可。尽管通常这是对给定应用比较和选择组件的典型方式, 但这种以可量化的标准来比较的基本方法却不能充分反映出各组件在系统中互动和工作的真实量度。我们必须真正专注于无线系统的功耗, 了解给定无线解决方案在节能方面到底表现如何。可靠性有助于降低无线系统的功耗, 但人们通常会忽视这个重要的系统属性。就此而言, 可靠性就是系统在两点间一次性进行数据通信的能力。本文将向您介绍嵌入式无线应用中可靠性和功耗的关系以及如何优化可靠性和功率效率。

可靠性与功耗的关系

大多数嵌入式无线应用在功耗方面消耗最大的就是收发器组件的发射功率。目前市场上可选的收发器组件多种多样, 单纯从数据表的介绍来看, 似乎它们之间的额定功耗都差不多, 都在 20 到 30mA 的范围之间。但是, 如果单纯选择额定功耗最低的组件, 更为重要的系统可靠性属性则有可能被忽视。可靠性为什么重要呢? 对于将每 uA 和 mA 都要考虑在内的低功耗应用来说, 可靠性是决定相对于极低功耗的睡眠状态该类应用在高功耗的动态状态能保持多久的重要因素, 因为可靠性越高, 功耗就越低。完美、理想的无线系统应该尽可能快地在两点间一次性传输一组数据。当然, 系统不可能始终完美地实现这种工作模型, 因此有可能会因为干扰或信号强度不足以达到远程末端而须重新传输数据, 在此情况下, 我们就必须尽可能提高无线系统的可靠性。

无线系统有具体的特征, 这些特征有助于决定在给定系统中如何可靠地工作, 如 RF 频谱应用, 就是指无线通信用什么 RF 频谱进行通信; 技术的接收灵敏度, 即收发器识别出通信内容的最低程度, 以功率分贝比来计算, 单位为 1mW (dBm); 输出功率, 即技术通信需要多大的功率, 但最终要大于潜在干扰的功率, 它的单位为 dBm; RF 捷变性, 也就是技术能否支持在 RF 频谱中移动以避免干扰, 它是由 RF 通道大小和可用通道数量决定的; 最后一个抗干扰性, 即 RF 技术能否在面临干扰的情况下确保给定通道的通信, 体现为接收敏感度的增加, 也称作编码增益 (dBm)。

RF 频谱应用是可靠性方程中的一个变量, 依赖于 RF 波物理特性决定的环境。频率越低, 波长越大, 也就越难被液体和混凝土等常见制造材料吸收。不过, RF 频谱及其应用是一个受政府高度管理的无线通信领域, 原因是避免干扰其他无线通信技术。只有少部分频段预留给这些通信在本地和国际上非限制地使用, 也就是所谓的工业、科学和医疗 (ISM) 波段。在此波段内, 被接受和常用的最主要的频率是 ISM 波段的 2.4-GHz 部分。尽管如此, 在此频率下, 工业领域中恶劣的 RF 环境会很快吸收掉较小的波长, 因此需要更加关注剩余变量来测量可靠性。

我们可将接收灵敏度、输出功率和抗干扰性全部量化, 以形成定义可靠性的更大更重要的变量, 即链路预算。链路预算可定义为接收灵敏度加上输出功率和抗干扰性的绝对值。接收灵敏度越高, 输出功率就越大, 抗干扰性就越强, 解决方案的链路预算就越高。而链路预算越高, 无线解决方案受 RF 吸收和干扰影响的几率就越低, 从而有助于提高可靠性。收发器的接收灵敏度和输出功率往往是决定链路预算的组件级鉴别器, 我们可以方便地对其加以评估和比较。但是, 抗干扰性很大程度上取决于无线收发器采用何种技术来提高其信号存活性。当前使用的、可以直接改善这一功能的最佳技术之一就是直接序列扩频 (DSSS) 调制技术。

DSSS 调制技术基本上是一种对发送信号进行前向纠错的方法, 用于减小信号干扰造成数据丢失的影响。具体而言, DSSS 根据发射器和接收器共享的伪随机噪声码将一组数据编码为较大的比特流。例如, 在图 1 中, 8 位数据编码为 32 个码片, 在此情况下, 4 个码片相当于 1 位。随后, 码片在 RF 信号上调制发送。接收器将接收信号的码片解调, 并反向执行 DSSS 编码方案。即便由于信号噪声或干扰会出现解调错误, 原始数据仍然可以恢复。

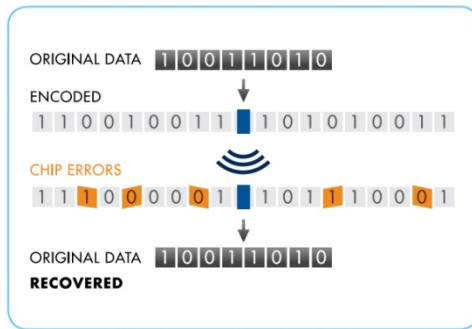


图1 -直接序列扩频技术

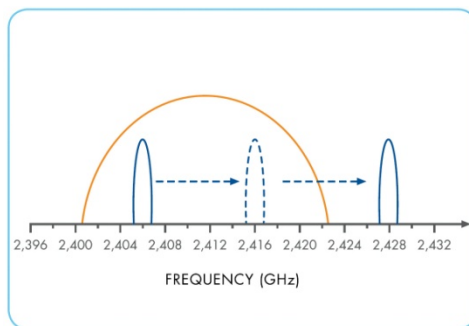


图2——通道跳频

最后，RF 捷变性可通过避免干扰技术提高可靠性，也就是通过 RF 频谱跳频或者移动来避免干扰。解决方案的自由度越高，就越有利于找到 RF 干扰较小的环境，降低干扰。目前使用的不同 RF 捷变性技术主要分为两大类，一类是伪随机或算法型跳频方案，可在频谱内持续跳频，以尽量减少干扰，还有一类则是仅在需要时才移动的智能方案（见图 2）。从可靠性的角度来看，第一类捷变性方案的问题在于，如果 RF 频谱内比较繁忙，那么可能会无意中跳频到干扰较高的频谱部分中去，而智能型技术则会找到干扰较低的位置并随即停止移动。不管采用何种捷变性方案，RF 捷变性都取决于 RF 频谱的使用和通道的大小。依靠 RF 频谱应用，捷变性可以有或多或少的空间。例如，由于频率分配的缘故，低频解决方案相对于高频解决方案而言空间较小。2.4-GHz 解决方案支持约 100-MHz 的可用频谱，而 900-MHz 解决方案仅支持约 26-MHz 的空间。通道大小也是影响 RF 捷变性的一个重要因素。通道尺寸越小，频谱中捷变性的空间就越大，从而能以更高的 RF 捷变性来避免干扰，在干扰信号间找到干扰最小的工作频率。例如，就 2.4-GHz 无线解决方案而言，基于 802.15.4 的解决方案一般宽度为 5-MHz，只有 16 个可用的通道，而宽度为 1-MHz 的解决方案通常支持 80 个可用通道，因此就能在更多通道间移动以避免干扰。

因此，可靠性就是关于 RF 频谱应用的链路预算与 RF 捷变性之和。链路预算越大，RF 捷变性就越高，在同一 RF 频谱上的给定无线解决方案的可靠性就越高。此外，尽管某些解决方案在给定环境下针对某一 RF 频谱性能出色，如布满水管的工厂中的低频通信，但这种解决方案相对于最大化链路预算和 RF 捷变性的较高频率解决方案仍然逊色很多。因此，尽管差别很难量化，我们仍然很容易理解比较无线解决方案时的逻辑以及最终最大化系统睡眠时间并减少功耗的方法。

优化可靠性和功率效率

嵌入式无线解决方案的另一新术语是功率效率，即系统通过有源和无源技术来最小化功耗的度量。效率越高，节约的电力就越多。大多数时间都处于睡眠模式最低功耗状态下的高可靠性系统，其功率效率一般比拥有较低的发送和接收状态但可靠性不足的其他系统更高，因为这些系统处于休眠模式的时间较短。因此，可靠性是反映系统真实功率效率的主要指标。



可靠性和功率效率机制协作可最大化节能效果，不过除了上述机制，我们还能采用其他技术来提高功率效率，并尽可能减小对系统可靠性的影响。这些技术包括控制动态数据速率和输出功率级别的活动链路和电源管理等系统行为。借助于最小化不必要的输出功率，持续关注最小化输出功率以确保只使用通信所必须的最低功耗的解决方案不仅可靠，而且节能。此外，如果解决方案能够根据环境条件调节数据速率并尽可能缩短空中通信时间，也可以最小化系统功耗，提高功率效率。这种节能技术尽管在无线电技术领域并不算新生事物，但在确保系统致力于真正最小化系统功耗方面确实是一项新技术。

结论

如上所述，可靠性是解决方案节能效果的主要指标，也可优化用于最大化系统休眠时间及最小化通信时间。最后，也指出了比较组件数据表的典型方法不能解决功率效率和可靠性等系统级功能的原因。虽然测量系统中使用组件的典型功耗是比较无线解决方案更传统的方法，但其不能全面反映出特定解决方案最小化系统功耗的情况。例如，大多数时间都处于最低功耗的睡眠模式下的高可靠性系统，比拥有较低发送和接收功率级别但不太可靠的其他系统更节能，并能保存最大量的系统电力。这是因为这些不太可靠的系统处于休眠模式的时间较短，而重复发射或通信的时间较多。

Cypress Semiconductor
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709
Phone: 408-943-2600
Fax: 408-943-4730
<http://www.cypress.com>

© Cypress Semiconductor Corporation, 2007. The information contained herein is subject to change without notice. Cypress Semiconductor Corporation assumes no responsibility for the use of any circuitry other than circuitry embodied in a Cypress product. Nor does it convey or imply any license under patent or other rights. Cypress products are not warranted nor intended to be used for medical, life support, life saving, critical control or safety applications, unless pursuant to an express written agreement with Cypress. Furthermore, Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress products in life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

PSoC Designer™, Programmable System-on-Chip™, and PSoC Express™ are trademarks and PSoC® is a registered trademark of Cypress Semiconductor Corp. All other trademarks or registered trademarks referenced herein are property of the respective corporations.

This Source Code (software and/or firmware) is owned by Cypress Semiconductor Corporation (Cypress) and is protected by and subject to worldwide patent protection (United States and foreign), United States copyright laws and international treaty provisions. Cypress hereby grants to licensee a personal, non-exclusive, non-transferable license to copy, use, modify, create derivative works of, and compile the Cypress Source Code and derivative works for the sole purpose of creating custom software and/or firmware in support of licensee product to be used only in conjunction with a Cypress integrated circuit as specified in the applicable agreement. Any reproduction, modification, translation, compilation, or representation of this Source Code except as specified above is prohibited without the express written permission of Cypress.

Disclaimer: CYPRESS MAKES NO WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, WITH REGARD TO THIS MATERIAL, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Cypress reserves the right to make changes without further notice to the materials described herein. Cypress does not assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit described herein. Cypress does not authorize its products for use as critical components in life-support systems where a malfunction or failure may reasonably be expected to result in significant injury to the user. The inclusion of Cypress' product in a life-support systems application implies that the manufacturer assumes all risk of such use and in doing so indemnifies Cypress against all charges.

Use may be limited by and subject to the applicable Cypress software license agreement.