

## WirelessUSB™ LP: Connettività Wireless con Costi e Consumi Ridotti per i Dispositivi di Interfacciamento con l'utente

By (Ryan Woodings, Software Engineer, Cypress Semiconductor Corp.)

### Sommario

Negli ultimi cinque anni i tempi di sviluppo dei prodotti HID (Human Interface Devices) wireless sono scesi in modo sostanziale. Il time to market è diventato un aspetto chiave: dalla fase iniziale, portare in produzione una tastiera o un mouse wireless può richiedere oggi dai 2 ai 4 mesi.

Gli ingegneri di sistema necessitano dai fornitori di chip di una soluzione che permetta non solo di stare al passo con la riduzione dei tempi di sviluppo ma che garantisca anche un'elevata tolleranza al rumore e una lunga durata delle batterie.

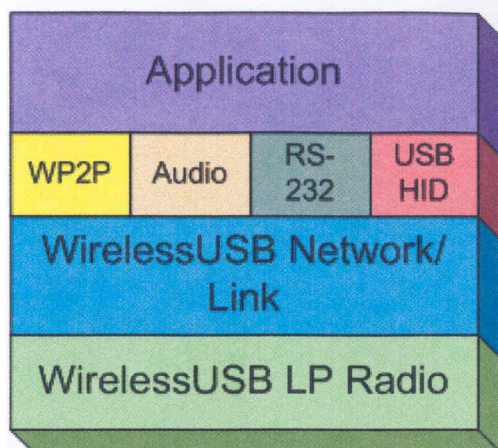
### Introduzione

Cypress ha recentemente introdotto una soluzione radio-on-a-chip WirelessUSB™ LP che permette di indirizzare le esigenze dei progettisti di sistemi HID.

La proposta WirelessUSB LP di Cypress combina caratteristiche di basso costo e di assorbimento ridotto, dotazioni intelligenti e una sezione radio immune alle interferenze dotata di un protocollo estremamente leggero e rispettoso dei consumi: il tutto ha permesso di dare vita a una robusta soluzione RF a 2.4-GHz all'avanguardia soprattutto per quanto riguarda l'immunità alle interferenze.

Dal livello fisico a quello di trasporto, WirelessUSB LP è stato ottimizzato per essere impiegato nell'ambito di periferiche per computer, sensori, controlli remoti e altre applicazioni low-power a bassa velocità. Questo documento offre una panoramica della sezione radio della soluzione WirelessUSB LP e del protocollo WirelessUSB.

Figura 1. Stack di protocollo WirelessUSB



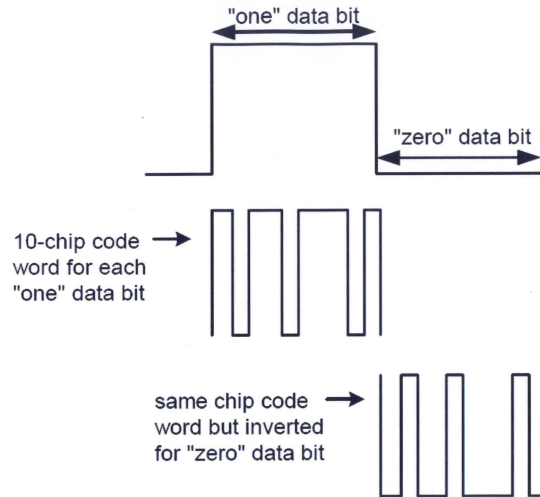
### Radio WirelessUSB LP

#### DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

WirelessUSB LP utilizza un'interfaccia radio DSSS (direct sequence spread spectrum) a 2.4-GHz.

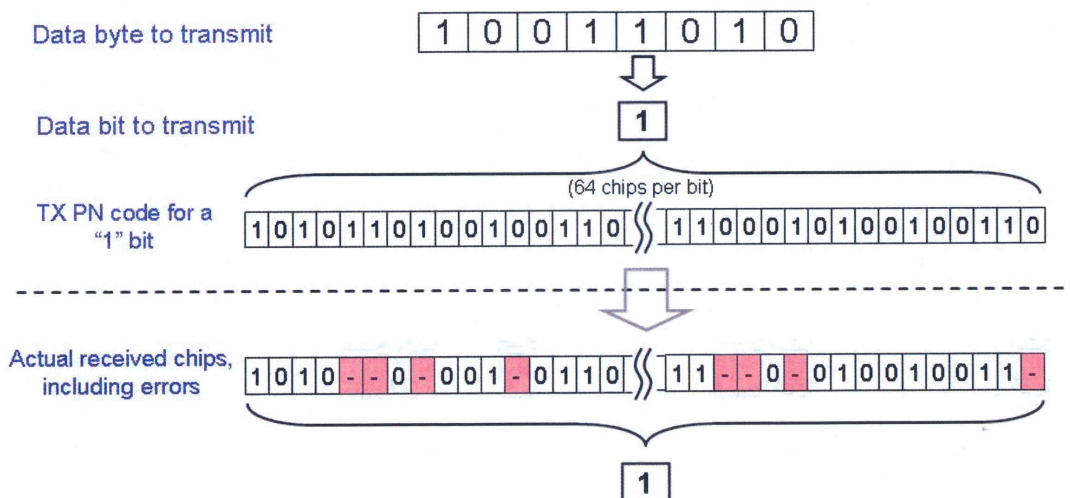
La tecnica DSSS usa, per ciascun bit dati da trasmettere, una sequenza denominata "codice di pseudo rumore" (pseudo noise, PN). Ciascun bit del codice PN è denominato "chip" e ciascuna istanza del codice PN è denominata "simbolo". I dati sono normalmente trasmessi inviando il codice PN come 1 e il codice PN inverso come 0.

**Figura 2. Dati codificati con il codice Pseudo-Noise (PN)**



In Figura 2 si può notare che il codice PN è un segnale binario prodotto con una frequenza notevolmente più elevata rispetto a quella del dato da trasmettere. La natura di questo segnale lo fa apparire come se fosse un rumore random. Questo consente ai segnali DSSS di operare in ambienti rumorosi e di evitare le interferenze provocate dai tradizionali segnali a banda stretta. Più è lungo il simbolo, più è alta la probabilità di recuperare il segnale originario e – ovviamente – maggiore è la banda richiesta. WirelessUSB LP utilizza codici PN a 64-chip e a 32-chip, raggiungendo velocità da 15 a 250 Kbps. WirelessUSB LP può anche trasmettere dati non codificati con un codice PN a una velocità di 1 Mbps. Il ricevitore utilizza un correlatore che permette di separare le informazioni codificate da tutti i possibili segnali. Il correlatore è un particolare tipo di filtro che risponde solo ai segnali codificati con un codice PN specifico. Il correlatore può essere “accordato” su codici differenti semplicemente caricando un diverso codice PN. Se uno o più chip del simbolo vengono danneggiati durante la trasmissione, le tecniche statistiche integrate nella parte radio permettono di recuperare il dato originario senza richiederne la ritrasmissione.

**Figura 3. Correzione errore a livello chip**



### **Modi dati**

Il ricevitore radio WirelessUSB LP contiene un correlatore a 128-chip che può essere suddiviso in due correlatori a 64-chip o in quattro correlatori a 32-chip. Ciò significa che la radio è in grado di “ascoltare” due codici PN separati a 64-chip o quattro codici PN separati a 32-chip. Invece di codificare un unico bit dati in ciascun simbolo di codice PN, WirelessUSB LP è in

grado di codificare più bit dati in un unico simbolo di codice PN, consentendo la sua trasmissione a velocità superiori pur continuando a usufruire di codici PN robusti.

**Tabella 1. Tabella delle velocità**

Modo	Velocità
GFSK	1000 Kbps
32-chip 8DR	250 Kbps
64-chip 8DR	125 Kbps
32-chip DDR	62.5 Kbps
64-chip DDR	31.25 Kbps
64-chip SDR	15.6 Kbps

### **Velocità dinamica e ricevitore AutoRate™**

Benchè l'obiettivo principale del progetto di una periferica wireless e di altri dispositivi wireless low-power sia l'integrità dei dati, un aspetto altrettanto importante è la conservazione della batteria. La velocità dinamica consente ai dispositivi di regolarsi - in base a fattori quali l'interferenza, il range e il throughput dati - utilizzando la massima velocità raggiungibile che permetta di rispettare l'obiettivo primario, cioè l'integrità dei dati.

In WirelessUSB LP sono possibili tre differenti lunghezze di codice PN (nessuna, 32 e 64); per poter cambiare dinamicamente la velocità dei dati senza cambiare i codici PN caricati nella parte radio, sono stati creati dei codici PN speciali - denominati codici PN moltiplicativi - che possono essere o utilizzati come due codici PN da 32-chip o combinati per creare un codice PN a 64-chip. Utilizzando i codici PN moltiplicativi, WirelessUSB LP può trasmettere i dati a qualsiasi velocità supportata semplicemente predisponendo il registro di data rate prima della trasmissione; non è necessario caricare un codice PN differente.

I codici PN moltiplicativi possono essere sfruttati al meglio quando gli header dei pacchetti identificano la velocità cui i pacchetti stessi sono stati trasmessi. Ciò consente al ricevitore AutoRate™ della radio WirelessUSB LP di interpretare i dati entranti a una velocità specifica. Questo permette a più dispositivi differenti di trasmettere i dati a velocità differenti, variando la velocità sulla base di ciascun pacchetto, al fine di ottimizzare interferenze e range. Per esempio, un mouse e una tastiera connessi a un PC possono trasmettere i dati a 250 Kbps al fine di conservare la batteria; un presenter connesso allo stesso PC può trasmettere a 125 Kbps per ottenere un range maggiore mentre dei termostati wireless o altri sensori connessi allo stesso PC possono trasmettere a 15.6 Kbps per raggiungere la massima portata.

### **Buffer per i pacchetti**

La radio WirelessUSB LP contiene due buffer da 16-byte: uno per la trasmissione, uno per la ricezione. Il buffer di trasmissione consente di caricare un pacchetto completo di massimo 16 byte e di trasmetterlo senza alcun ulteriore intervento da parte del microcontroller. Similmente, il buffer di ricezione consente di ricevere un intero pacchetto da 16 byte senza alcun intervento del microcontroller sino a quanto il pacchetto stesso non è stato completamente caricato.

### **Auto-Transaction Sequencer™**

Uno dei metodi base per risparmiare potenza nei dispositivi RF è di ridurre la quantità di tempo necessaria per trasmettere o ricevere attivamente i dati. Insieme alla tecnica di data rate dinamico, WirelessUSB LP prevede una modalità di transazione denominata Auto-Transaction Sequencer™ che permette di ridurre ulteriormente la quantità di tempo necessaria alla parte radio per trasmettere e ricevere attivamente un pacchetto o un acknowledge. Quando trasmette il pacchetto dati, la radio avvia automaticamente il cristallo e il sintetizzatore, entra in modalità trasmissione e invia il pacchetto al buffer. Dopo avere trasmesso il pacchetto, la radio automaticamente passa in modalità ricezione, attende un acknowledge e successivamente ritorna in modalità sleep o idle o quando viene ricevuto un pacchetto ACK o quando scade il periodo di timeout.

Similmente, quanto si riceve in modalità Transaction, il dispositivo attende in modalità ricezione l'arrivo di un pacchetto valido e automaticamente passa in modalità trasmissione, invia un pacchetto ACK e passa in modalità ricezione per aspettare un nuovo pacchetto.

In ciascun caso l'intera transazione che riguarda il pacchetto si svolge senza interventi da parte del microcontroller; per trasmettere i dati, il microcontroller deve semplicemente caricare il pacchetto e avviare la modalità transaction. Similmente,



quando si riceve un pacchetto in modalità transaction, il microcontroller deve semplicemente recuperare il pacchetto stesso su sollecitazione di una richiesta di interrupt che indica la ricezione di un dato valido: i pacchetti non validi o errati possono essere semplicemente ignorati.

### ***Livello di potenza in trasmissione***

WirelessUSB LP è in grado di ridurre i consumi anche attraverso il contenimento della potenza del trasmettitore, come illustrato nella tabella seguente. È utile osservare che la potenza può essere ridotta di più del 50% trasmettendo a un livello più basso invece che al livello massimo. Per risparmiare sui consumi, i dispositivi che non sono al limite del range massimo possono tranquillamente ridurre i livelli di potenza di trasmissione.

### ***Seme CRC***

Per garantire l'integrità dei dati, la radio WirelessUSB LP aggiunge 16-bit di CRC a tutti i pacchetti trasmessi. Nella modalità Transaction vengono riconosciuti solo i pacchetti con un CRC corretto (CRC trasmesso in accordo al CRC calcolato per il pacchetto). Il CRC è alimentato con un seme CRC predeterminato noto sia al trasmettitore sia al ricevitore, prevenendo così la possibilità che un pacchetto venga riconosciuto da dispositivi WirelessUSB posti in prossimità e funzionanti sullo stesso canale e con lo stesso codice PN.

### ***Protocollo WirelessUSB***

WirelessUSB è orientato ai sensori e alle periferiche per PC economiche e sensibili ai consumi. Questi dispositivi normalmente sono connessi a un bridge o a uno hub alimentato non altrettanto sensibile a costi e consumi. Per questo motivo, uno degli obiettivi principali del progetto WirelessUSB è stato quello di ottimizzare consumi e costi delle periferiche. Al fine raggiungere lo scopo, WirelessUSB sfrutta un'architettura master/slave in cui bridge e hub sono i master e le periferiche o i sensori sono gli slave. Il master è responsabile del controllo delle interferenze e della scelta di un canale silenzioso. I master operano normalmente in modalità ricezione e inviano i dati agli slave solo se interrogati o in risposta a un dato dagli slave stessi.

Ciascun master WirelessUSB può gestire fino a 263 slave: la maggiore parte dei dispositivi periferici per computer contiene da 1 a 4 slave, mentre le reti di sensori possono arrivare a contenere dozzine di slave. WirelessUSB consente di gestire anche slave collegati a più master e dispositivi che operano sia come master sia come slave. Queste caratteristiche consentiranno in futuro di ampliare la portata del protocollo alle reti multi-hop e mesh. I dispositivi slave normalmente svolgono funzioni fisse (p.es. mouse, tastiera, sensore di temperatura) e contengono un unico layer di trasporto. I master possono essere più complessi e gestire più tipi di trasporto.

### ***Compresenza***

Il protocollo WirelessUSB è stato ottimizzato per garantire la massima compresenza. Ciò significa permettere a ogni postazione di un ufficio di utilizzare delle periferiche WirelessUSB-enabled senza interferire con i sistemi adiacenti. L'obiettivo viene raggiunto diversificando – per ciascun dispositivo - l'uso dei domini di frequenza, tempo e spazio.

Gli algoritmi di immunità alle interferenze di WirelessUSB sono stati ottimizzati per evitare i dispositivi Wi-Fi senza essere costretti a cambiare costantemente i canali a causa delle interferenze indotte dalla modulazione FHSS (frequency hopping spread spectrum), utilizzata per esempio nei dispositivi Bluetooth. Le interferenze da Bluetooth possono provocare la ritrasmissione dei pacchetti WirelessUSB. A causa della natura discontinua di Bluetooth, le ritrasmissioni WirelessUSB non collidono però con la trasmissione Bluetooth successiva in quanto il dispositivo Bluetooth si sarà già spostato su un canale differente. A causa dei salti di frequenza di Bluetooth, esso normalmente non provoca sul master WirelessUSB un numero di letture rumorose consecutive sufficiente per cambiare i canali.

### ***Conclusioni***

L'agilità della modulazione DSSS di WirelessUSB LP unitamente alle dotazioni intelligenti quali la ricezione AutoRate, l'Auto-Transaction Sequencer e i buffer on-chip per i pacchetti, permettono di semplificare il ciclo di sviluppo dei prodotti. Altre caratteristiche tipiche di WirelessUSB LP – quali il boost converter integrato – aiutano a ridurre il costo dei componenti del prodotto finale di almeno 10 dollari. Oltre a questo, l'eccellente supporto post vendita garantito da Cypress e il range completo di kit rendono WirelessUSB LP una soluzione ideale per i progettisti impegnati nello sviluppo di applicazioni HID di nuova generazione.

WirelessUSB™ LP: Connettività Wireless con Costi e Consumi Ridotti  
per i Dispositivi di Interfacciamento con l'utente

Page 4 of 5



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.