

SPECIFICHE RADIO

A.1 INTRODUZIONE

Il ricetrasmittitore BluetoothTM opera nella banda ISM a 2.4 GHz. Le seguenti specifiche definiscono i requisiti che devono soddisfare i ricetrasmittitori BluetoothTM per operare in tale banda “*unlicensed*”.

Tali requisiti sono stati definiti per due ragioni:

- Fornire la compatibilità tra gli utenti radio nel sistema;
- Definire la qualità del sistema.

A.2 BANDA ISM E DISPOSIZIONE DEI CANALI

L'utilizzazione delle frequenze della banda ISM è sotto il controllo di numerosi organismi internazionali. Vediamo quindi come sono distribuite tali frequenze nei principali paesi del mondo:

Luogo Geografico	Range	Canali Radio
USA, Europa e maggior parte del mondo	2.400-2.4835 GHz	$f=2402+k$ MHz, $k=0,\dots,78$
Spagna	2.445-2.475 GHz	$f=2449+k$ MHz, $k=0,\dots,22$
Francia	2.4465-2.4835 GHz	$f=2454+k$ MHz, $k=0,\dots,22$
Giappone	2.471 – 2.497 GHz	$f=2473+k$ MHz, $k=0,\dots,22$

mentre le bande di guardia inferiori e superiori sono:

Luogo Geografico	Banda di Guardia Inferiore	Banda di Guardia Superiore
USA	2 MHz	3.5 MHz
Europa (eccetto Spagna e Francia)	2 MHz	3.5 MHz
Spagna	4 MHz	26 MHz
Francia	7.5 MHz	7.5 MHz
Giappone	2 MHz	2 MHz

A.3 CARATTERISTICHE DEL TRASMETTITORE

A.3.1 Potenze trasmesse

I dispositivi Bluetooth vengono suddivisi in tre classi a seconda della potenza che devono trasmettere:

Classe di Potenza	Massima Potenza di Uscita (Pmax)	Minima Potenza di Uscita (Pmin)	Potenza Nominale
1	100mW (20 dBm)	1mW (0 dBm)	N/A
2	2.5mW (4 dBm)	0.25mW (-6 dBm)	1mW (0 dBm)
3	1 mW (0 dBm)	N/A	N/A

Si rende necessario un controllo di potenza per la classe 1 per evitare che il livello della potenza trasmessa superi 0 dBm. Sotto tale livello il controllo è opzionale e può essere usato anche per ottimizzare il consumo delle batterie ed i livelli di interferenza radio. Nelle apparecchiature Bluetooth il controllo di potenza ottimizza la potenza di uscita, e tramite comandi opportuni del Link Manager Protocol, i livelli di potenza possono essere aumentati o diminuiti in funzione delle misure effettuate.

A.3.2 Caratteristiche della modulazione

La modulazione utilizzata è una GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) con un BT pari a 0.5. L'indice di modulazione deve essere compreso tra 0.28 e 0.35. Un uno binario è rappresentato da una deviazione di frequenza positiva fd e uno zero binario è rappresentato con una deviazione di frequenza negativa $-fd$, come mostrato in fig. A.1.

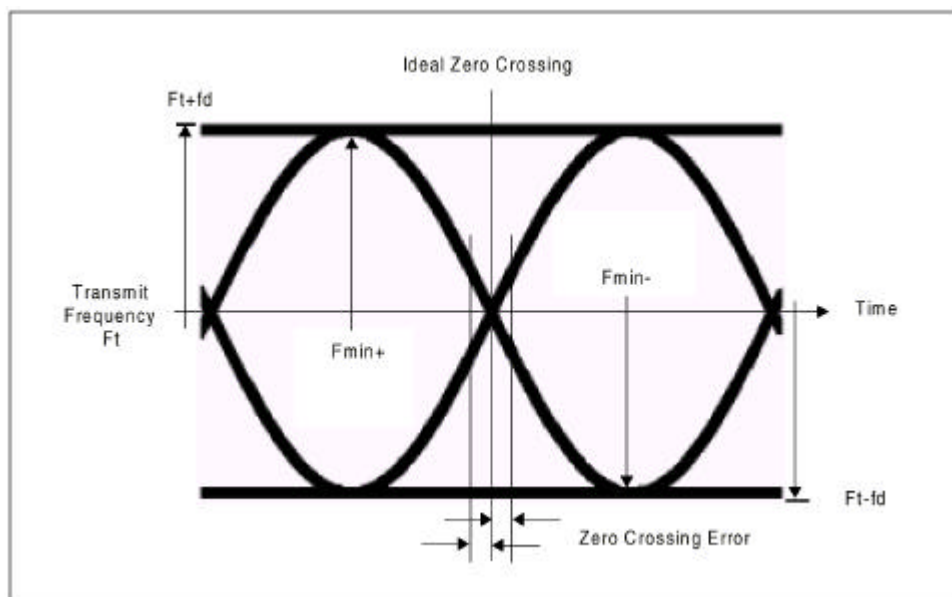


Fig. A.1

I dati trasmessi devono avere un bit-rate di 1Mbps.

Per ogni canale trasmesso, la minima deviazione di frequenza F_{min} (con $F_{min} = \min\{ F_{min+}, F_{min-} \}$), che corrisponde alla sequenza 1010, dovrà essere non minore del $\pm 80\%$ della deviazione di frequenza f_d che corrisponde alla sequenza 00001111. Inoltre, la minima deviazione di frequenza possibile dovrà essere non minore di 115 kHz (corrispondente ad un'altra specifica data in un primo momento che diceva: "il tempo per raggiungere il massimo valore di deviazione di frequenza deve essere minore o uguale ad un tempo pari a 2,5 bit", che in pratica è pari a 2,5 μ s, essendo 1 μ s la durata di 1 bit) e la massima deviazione di frequenza dovrà essere non minore di 140 kHz e non maggiore di 170 kHz.

L'errore di zero crossing è la differenza temporale tra il periodo del simbolo ideale ed il tempo di crossing effettivamente misurato. Questo errore deve essere minore di $\pm 1/8$ della durata di un simbolo.

A.3.3 Emissioni spurie

Le emissioni spurie, in banda e fuori banda, sono misurate con un trasmettitore dotato di frequency hopping, saltando su una singola frequenza.

A.3.3.1 Emissioni spurie in banda

Per le emissioni spurie in banda va rispettata la maschera riportata in figura A.2:

Frequency offset	Transmit Power
± 500 kHz	-20 dBc
$ M-N = 2$	-20 dBm
$ M-N \geq 3$	-40 dBm

Fig. A.2

Si definisce potenza del canale adiacente (ACP) come la somma delle potenze misurate in un canale di 1 MHz. Il trasmettitore trasmette sul canale M e l'ACP è misurata nel canale N. Viene utilizzata una sequenza pseudo casuale per effettuare la misura.

A.3.3.2 Emissioni spurie fuori banda

Le emissioni spurie fuori banda devono rispettare, a seconda delle gamme di frequenza, i livelli di potenza riportati in tabella A.3:

Frequency Band	Operation mode	Idle mode
30 MHz - 1 GHz	-36 dBm	-57 dBm
1 GHz – 12.75 GHz	-30 dBm	-47 dBm
1.8 GHz – 1.9 GHz	-47 dBm	-47 dBm
5.15 GHz – 5.3 GHz	-47 dBm	-47 dBm

Fig. A.3

A.3.4 Tolleranze a radiofrequenza

La frequenza iniziale del trasmettitore deve essere contenuta in un intorno di ± 75 kHz intorno alla frequenza centrale del canale. La deriva della frequenza centrale deve, a seconda della lunghezza dei pacchetti trasmessi, rispettare la tabella riportata in figura A.4:

Type of Packet	Frequency Drift
One-slot packet	± 25 kHz
Three-slot packet	± 40 kHz
Five-slot packet	± 40 kHz
Maximum drift rate ¹⁾	400 Hz/ μ s

Fig. A.4

A.4 CARATTERISTICHE DEL RICEVITORE

A.4.1 Livello di sensibilità effettivo

È definito come il livello di potenza di ingresso del ricevitore per il quale si ha un BER (Bit Error Rate) massimo pari allo 0,1%. Tale livello è stato fissato, per i ricevitori BluetoothTM, a -70 dBm.

A.4.2 Interferenze

L'interferenza co-canale è dovuta ai canali adiacenti distanti 1 MHz e 2 MHz, viene misurata con un livello del segnale desiderato che è 10 dB

al di sopra del livello della sensibilità di riferimento. Per le interferenze a tutte le rimanenti frequenze, è richiesto che il segnale desiderato si di 3 dB al di sopra del livello della sensibilità di riferimento. In particolare in questa sezione ci si occupa delle sole frequenze comprese nel range 2400-2497 MHz. Il BER deve essere 0,1%. Infine, il rapporto segnale/interferenza deve rispettare, a seconda del tipo di interferenza, i valori riportati nella seguente tabella:

Requirement	Ratio
Co-Channel interference, $C/I_{\text{co-channel}}$	11 dB
Adjacent (1 MHz) interference, $C/I_{1\text{MHz}}$	0 dB
Adjacent (2 MHz) interference, $C/I_{2\text{MHz}}$	-30 dB
Adjacent (≥ 3 MHz) interference, $C/I_{\geq 3\text{MHz}}$	-40 dB
Image frequency Interference, C/I_{Image}	-9 dB
Adjacent (1 MHz) interference to in-band image frequency, $C/I_{\text{Image} \pm 1\text{MHz}}$	-20 dB

Fig. A.5

A.4.3 Blocking fuori banda

È anch'essa una misura di interferenza, ma al di fuori della banda ISM, in cui il segnale cercato deve avere un livello di 3 dB al di sopra della sensibilità di riferimento. Il segnale interferente è una forma d'onda continua. Il BER deve essere 0,1%. A seconda delle frequenze, il segnale interferente deve avere i livelli riportati nella seguente tabella A.6:

Interfering Signal Frequency	Interfering Signal Power Level
30 MHz - 2000 MHz	-10 dBm
2000 - 2399 MHz	-27 dBm
2498 – 3000 MHz	-27 dBm
3000 MHz – 12.75 GHz	-10 dBm

Fig. A.6

A.4.4 Intermodulazione

Bisogna accertare che il ricevitore presenti un BER dello 0,1% nelle seguenti condizioni:

- Il segnale desiderato a frequenza f_0 deve avere un livello di potenza di 6 dB al di sopra della sensibilità di riferimento;
- Una sinusoide pura a frequenza f_1 , con un livello di -39 dBm;
- Un segnale modulato Bluetooth a frequenza f_2 con un livello di potenza di -39 dBm;

con f_0, f_1, f_2 , tali che

$$f_0 = 2f_1 - f_2 \quad \text{e} \quad |f_2 - f_1| = n * 1\text{MHz},$$

con $n=3,4,5$.

A.4.5 Massimo livello in ingresso

Il massimo livello di potenza in ingresso al ricevitore consentito è di -20 dBm, con il BER 0,1%.

A.4.6 Emissioni spurie

I livelli di potenza delle emissioni spurie del ricevitore devono essere contenuti entro i seguenti limiti, a seconda della gamma di frequenze considerate:

Frequency Band	Requirement
30 MHz - 1 GHz	-57 dBm
1 GHz – 12.75 GHz	-47 dBm

Fig. A.7

La misura della potenza deve avvenire con una ampiezza di banda di 100kHz.