

Modulo radio 868MHz 433MHz

Versione cable-replacement

Datasheet e manuale d'uso

Indice generale

1. Caratteristiche generali.....	3
2. Segnali di controllo.....	4
3. RS232/485 cable replacement.....	6
3.1 . Modalità uno-a-uno.....	6
3.2 . Modalità broadcast.....	6
3.2.1 . Modalità broadcast veloce.....	7
3.2.2 . Modalità broadcast sicura.....	7
3.3 . Sistema mesh.....	7
3.3.1 . Mesh hardware.....	7
3.3.2 . Mesh software.....	8
4. Configurazione del modulo in modalità SLEEP.....	9
5. Test del modulo.....	10
5.1 . Comandi di test.....	10
5.2 . Generare una portante fissa.....	10
6. Comandi di configurazione.....	12
6.1 . Descrizione dei comandi.....	12
7. Canali radio.....	16
7.1 . Canali a 433 MHz.....	16
7.2 . Canali a 868 MHz.....	16
8. Esempi di utilizzo.....	17
8.1 . Configurazione dei moduli.....	17
9. Stima della velocità radio.....	18
10. Calcolo del duty cycle.....	19
10.1 . Verifica del duty cycle.....	19
11. Specifiche elettriche.....	20

1 Caratteristiche generali

Il modulo radio cable-replacement è un sistema ricetrasmittente integrato per comunicazioni sub-giga (433 o 868MHz ISM). Il modulo consente di connettere dispositivi senza l'utilizzo di cavi dati. Il dispositivo è in grado di rimpiazzare collegamenti RS232 o RS485. Le frequenze scelte consentono ampie coperture anche in presenza di ostacoli.

Il dispositivo si alimenta a 3.3V ed è dotato di una interfaccia asincrona seriale.

Alimentazione	2,2 – 3,6	V
Corrente a 3V	16,5	mA
Massima potenza RF	10	dBm
Sensibilità RF	-100	dBm
Velocità porta seriale	1200 – 115200	BPS
Temperatura di esercizio	-40 - +75	°C

Livelli di potenza RX impostabili:

- +10 dBm
- +6 dBm
- -2 dBm
- -10 dBm

2 Segnali di controllo

Pin con adattatore	Pin senza adattatore	Funzione	I/O
1	2	Gnd	
2	1	Vcc	
3	9	/Reset	I
4	4	Rx	I
5	8	Tx	O
6	6	Busy	O
7	--	NC	
8	5	Dir RS485	O
9	7	/Rts	O
10	--	NC	
11	--	NC	
12	--	NC	
13	3	Comandi/Dati	I
14	10	NC	
15	--	Gnd	
16	--	Vcc	

Il buffer della seriale può contenere 512 byte. Per trasferimenti di pacchetti più lunghi si può usare il segnale RTS.

La latenza prima di iniziare una trasmissione radio è l'equivalente alla durata di 30 byte alla velocità scelta. Esempio:

a 9600 bps ogni carattere richiede 1,04ms, quindi la latenza totale a 9600 bps è $1,04 \times 30 = 31.2\text{ms}$.

I segnali Rx e Tx sono cmos alla tensione Vcc e operano in maniera asincrona in modalità 8N1. I pin non usati devono essere lasciati non connessi.

/Reset: Attivo basso, ripristina i parametri di default e riavvia il modulo.

Rx: Pin di ricezione della seriale asincrona.

Tx: Pin di trasmissione della seriale asincrona.

Busy: Attivo alto, indica che il modulo sta processando l'ultimo comando. In genere si attende che ritorni basso prima di inviare ulteriori comandi. Viene utilizzato in modalità comandi per configurare il modulo.

/RTS: Attivo basso (Request To Send).

Comandi / Dati: Serve a commutare il modulo in modalità comandi (pin basso) e in modalità dati (pin alto). La modalità comandi serve ad inviare al modulo la configurazione mentre la modalità dati trasmette tutto quello che vede sulla sua seriale.

Dir RS485: Seleziona la direzione su un eventuale driver RS485 esterno. Può essere configurato come attivo alto o basso via software. Attivo alto=trasmissione (si usa con driver 3,3V); attivo basso=trasmissione (si usa con una interfaccia esterna a transistor con driver da 5V).

PER INFORMAZIONI:
ab.initio@hotmail.it

3 RS232/485 cable replacement

Lo stack software consente una comunicazione seriale half-duplex. Il pin Comandi/Dati deve essere usato almeno una volta all'avvio per configurare il modulo. Prima si porta basso il pin Comandi/Dati, poi si invia attraverso la seriale la lista dei comandi di configurazione, poi il pin può essere portato nuovamente alto per iniziare la trasmissione.

Il modulo supporta tre differenti modalità di comunicazione:

1. uno-a-uno con AKN handshake
2. broadcast in modalità veloce
3. broadcast in modalità sicura

Ognuna di queste modalità si può selezionare attraverso lo specifico comando di configurazione.

3.1 Modalità uno-a-uno

Questo è il sistema di comunicazione migliore quando la sicurezza dell'informazione è fondamentale. Ad ogni blocco infatti ci si aspetta la trasmissione di un AKN ovvero di un messaggio di conferma. Un caso di mancata ricezione dell'AKN, sarà ripetuto il messaggio.

Questa modalità si usa per:

- RS232
- Seriali virtuali USB
- RS485 con soli 2 dispositivi

3.2 Modalità broadcast

Questo tipo di comunicazione è usata nei bus RS485 con molti dispositivi.

La modalità broadcast è meno sicura perché non ha messaggi di conferma, il rischio è che alcuni dispositivi possano perdere alcuni dati. Esistono comunque due soluzioni: gestire un protocollo di incapsulamento dei dati per verificarne l'integrità, o una modalità broadcast sicura implementata nel firmware del modulo radio.

3.2.1 Modalità broadcast veloce

Questa modalità è ottimizzata per rimpiazzare bus rs485 multidrop dove è richiesta estrema velocità. Ogni frame verrà trasmesso una sola volta.

Non verrà trasmesso nessun messaggio di acknowledge.

Questa modalità in genere si utilizza quando il master si aspetta una risposta dallo slave che interroga, così che se la risposta non giunge nei tempi stabiliti, può programmare una ritrasmissione.

3.2.2 Modalità broadcast sicura

Questa modalità è ottimizzata per rimpiazzare bus rs485 multidrop dove è richiesta maggior garanzia nella consegna del dato. Ogni frame verrà sempre trasmesso due volte e sarà il modulo a filtrare il secondo pacchetto nel caso avesse ricevuto anche il primo.

Anche in questo caso nessun acknowledge è previsto, ma la probabilità di perdere un dato è nettamente ridotta, come anche la velocità di trasmissione risulta inferiore.

3.3 Sistema mesh

E' possibile usare due tipologie di mesh, una hardware e una software. La mesh hardware usa alcuni ripetitori fissi e consente una lunga comunicazione senza interruzione. La mesh software richiede comunicazioni più corte intervallate da alcune brevi pause, ma non necessita di hardware extra.

3.3.1 Mesh hardware

Per una mesh hardware è necessario inserire un ripetitore (realizzato attraverso l'unione di due moduli che lavorano su canali diversi) per estendere la copertura radio. Ogni nuova area avrà un diverso canale radio. Al momento sono disponibili 17 canali radio con un duty cycle dell'1% (in un ora possiamo trasmettere al massimo per 36 secondi, continui o distribuiti... questo almeno è quello che richiede la legge).

Nonostante il numero limitato di canali, non ci sono limiti al numero di ripetitori, basta che le aree successive non "sentano" le aree con il medesimo canale.

Ogni ripetitore introduce una minima latenza, che verrà approfondita nei capitoli successivi.

Questa mesh richiede dei ripetitori realizzati con specifico hardware, ma è assolutamente trasparente all'utente. Tutte le aree sono sempre on-line, anche se su differenti canali. Inviando un messaggio in qualunque punto della rete, tutti gli altri dispositivi lo riceveranno. Non c'è limite alla quantità di dati inviata. Unico difetto, che i ripetitori, essendo realizzati per mezzo di specifico hardware, non possono essere rimpiazzati automaticamente in caso di guasto.

3.3.2 Mesh software

La mesh software si basa sul concetto di usare il medesimo canale radio per tutta la rete, e configurare via software alcuni moduli come ripetitori. Un modulo può essere allo stesso tempo nodo della rete e ripetitore.

I vantaggi di questo approccio sono che possiamo settare più moduli come ripetitori per assicurare un minimo di ridondanza, o creare un sistema di verifica automatica della rete, che in caso di ripetitore guasto, ne configura uno diverso.

Ovviamente ci sono dei limiti. Per un corretto funzionamento della rete, è necessario limitare il numero di byte trasmessi ad un massimo di 29, senza cifratura AES, o 16 con cifratura AES abilitata. La mesh software lavora solo in broadcast mode. Per usare il sistema di acknowledge, è necessario scegliere la mesh hardware.

Nel caso in cui un modulo riceva un messaggio direttamente e anche ripetuto entro i 500ms, ci penserà il firmware interno a filtrare il secondo pacchetto.

Anticipo che per attivare la mesh software sono necessari due comandi:

- **C04** abilita o disabilita la funzione ripetitore
- **C05** imposta il ritardo di ritrasmissione del pacchetto (massimo 500ms)

Più avanti seguirà una descrizione completa dei comandi.

In questa rete si utilizza un solo canale, e scegliendo il canale #5 in 868MHz si ha a disposizione un duty cycle del 100%.

4 Configurazione del modulo in modalità SLEEP

Impostando il pin **Comandi/Dati** basso, il modulo entra in modalità programmazione. Attraverso alcuni comandi ASCII il modulo viene configurato. Al termine della configurazione, impostando il pin **Comandi/Dati** alto, inizia la trasmissione.

Il pin **Comandi/Dati** consente anche di attivare la modalità SLEEP se abilitata.

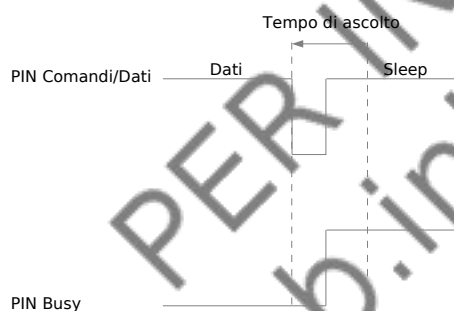
Il comando **C08** abilita la funzione SLEEP configurando il tempo di ascolto in ms o disattivandolo.

Di default, lo SLEEP è disattivato.

Per attivare la funzione SLEEP è necessario portare il pin **Comandi/Dati** basso ed inviare il comando **C08nnn**, dove **nnn** è un numero decimale espresso in ms.

Se **nnn=000**, la funzione SLEEP è disattivata, altrimenti **nnn** rappresenta il tempo di ascolto in ms.

Un impulso sul pin **Comandi/Dati**, più breve del tempo di ascolto, mette il modulo in SLEEP. Il pin **BUSY** alto indica lo stato di SLEEP.



Esempio:

C08050 imposta il tempo di ascolto a 50ms.

5 Test del modulo

Per effettuare alcuni controlli sul modulo, portare il pin **Comandi/Dati** basso.

5.1 Comandi di test

Per effettuare alcuni test preliminari sul modulo sono disponibili i seguenti comandi:

- **C80** Attiva una portante fissa (**C801**); disattiva la portante (**C800**). Si usa per effettuare delle prove sull'antenna.
- **C85** Il modulo risponde con un asterisco (*). E' utile per verificare che il modulo sia vivo.

Per effettuare alcuni test preliminari sul modulo, collegarlo ad un uC o ad un PC attraverso una interfaccia seriale asincrona traslata a 3.3V. I comandi dovranno essere inviati in modalità ASCII e non è necessario nessun carattere di invio alla fine del comando.

5.2 Generare una portante fissa

Per generare una portante fissa deve prima essere impostato il canale richiesto utilizzando il comando **C06**. Poi può essere attivata la portante con il comando **C80** appena visto.

Attenzione: la legge non consente di tenere la portante accesa per lunghi periodi.

Utilizzare questa funzione in camera anecoica o per brevi periodi, solo per testare l'antenna e disattivarla appena possibile.

Per impostare il canale, utilizzare il comando **C06nn** dove **nn** è un numero decimale a 2 cifre che rappresenta il canale secondo la seguente tabella:

Comando	Canale	Frequenza (433MHz)	Frequenza (868MHz)
C0601	1	433,1 MHz	868,2 MHz
C0602	2	433,2 MHz	868,4 MHz
C0603	3	433,3 MHz	868,8 MHz
C0604	4	433,4 MHz	869,0 MHz
C0605	5	433,5 MHz	869,8 MHz
C0606	6	433,6 MHz	865,2 MHz
C0607	7	433,7 MHz	865,4 MHz
C0608	8	433,8 MHz	865,6 MHz

C0609	9	433,9 MHz	865,8 MHz
C0610	10	434,0 MHz	866,0 MHz
C0611	11	434,1 MHz	866,2 MHz
C0612	12	434,2 MHz	866,4 MHz
C0613	13	434,3 MHz	866,6 MHz
C0614	14	434,4 MHz	866,8 MHz
C0615	15	434,5 MHz	867,0 MHz
C0616	16	434,6 MHz	867,2 MHz
C0617	17	434,7 MHz	867,4 MHz
C0618	18		867,6 MHz
C0619	19		867,8 MHz
C0620	20		868,0 MHz

- **C801** Attiva la portante
- **C800** Disattiva la portante

6 Comandi di configurazione

La seguente tabella elenca i comandi per configurare il dispositivo. Sia i comandi che i parametri sono espressi in codice ASCII e non richiedono nessun terminatore (CR/LF) al termine della digitazione.

Ad esempio per impostare il canale #12 si usa il comando **C0612**, inviando i codici ASCII 67, 48, 54, 49, 50.

Comando	Parametri	Funzione	433 MHz		868 MHz	
			Range	Default	Range	Default
C01	NNN	Imposta l'ID di rete	000-255	224	000-255	224
C02	N	Imposta la modalità Broadcast o AKN	0-2	0	0-2	0
C03	N	Imposta il baudrate	0-7	3 (9600)	0-7	3 (9600)
C04	N	Abilita/Disabilita funzione ripetitore	0-1	0	0-1	0
C05	NNN	Imposta il ritardo del ripetitore	0-999	50	0-999	50
C06	NN	Imposta il canale radio	01-17	01	01-20	01
C07	N	Imposta la potenza di trasmissione	0-3	3	0-3	3
C08	NNN	Imposta o disabilita lo SLEEP	0-999	0	0-999	0
C09	N	Imposta la polarità del DIR 485	0-1	1 (=Tx)	0-1	1 (=Tx)
C45		Salva la configurazione e il baudrate				
C46		Ripristina configurazione di default				
C50	N	Imposta AES128	0-2	0	0-2	0
C51	N0...N15	Imposta la chiave di 16 byte per AES				

6.1 Descrizione dei comandi

C01

Imposta l'ID di rete.

L'ID di rete è un numero da 0 a 255.

Impostare questo valore per configurare due reti separate nella stessa area radio.

Es: Indirizzo di rete 125

C01125

C02

Imposta la modalità di comunicazione.

C020 Broadcast veloce.

C021 Broadcast sicura.

C022 Modalità AKN.

C03

Imposta la velocità della seriale.

C030 1200 8N1

C031 2400 8N1

C032 4800 8N1

C033 9600 8N1

C034 19200 8N1

C035 38400 8N1

C036 57600 8N1

C037 115200 8N1

C04

Abilita o disabilita la funzione di ripetitore.

Quando attivo, il modulo continua a lavorare normalmente. Quando riceve dati, li invia alla propria seriale e dopo il tempo configurato con il comando C05, li ripete via radio.

Es: Abilita la funzione di ripetitore

C041

Disabilita la funzione di ripetitore

C040

C05

Imposta il tempo di attesa prima di ritrasmettere i dati nella modalità ripetitore.

Il valore deve essere scelto in maniera tale da non creare collisioni con pacchetti in arrivo o con altri ripetitori a portata radio.

Es: Imposta un ritardo di 80ms

C05080

C06

Imposta il canale radio.

Per 868MHz sono disponibili 20 canali, mentre per 433MHz i canali sono 17. Si faccia riferimento alla tabella con la lista dei canali.

Es: Impostare il canale #12

C0612

C07

Impostare la potenza del trasmettitore.

C070 -10 dBm

C071 -2 dBm

C072 +6 dBm

C073 +10 dBm (limitato a +6dBm se è selezionato il canale #5 @ 868MHz)

C08

Abilita o disabilita la funzione SLEEP.

Il parametro **NNN** è un decimale a 3 cifre espresso in millisecondi.

NNN = 0 disabilita la funzione SLEEP

NNN != 0 imposta il tempo di ascolto in ms ed abilita la funzione SLEEP

Es: abilita lo sleep con un tempo di ascolto di 50ms

C08050

disabilita la funzione sleep

C08000

C09

Imposta la polarità del pin di direzione per l'interfaccia RS485.

C090 Su TX il pin è basso e su RX il pin è alto

C091 Su TX il pin è alto e su RX il pin è basso

Generalmente si usa C091 quando si ha a disposizione un driver 485 a 3.3V_m mentre si usa C090 quando si ha un driver a 5V. In quest'ultimo caso dovremo interfacciare il pin con un transistor.

C50

Attiva o disattiva la modalità AES 128 per la cifratura dei messaggi trasmessi.

C500 AES disattivato

C501 AES attivato

C502 AES automatico

Quando si opera in modalità automatica, la chiave cambia ad ogni trasmissione, prendendo i primi 8 byte della chiave inserita dall'utente e cambiando automaticamente gli ultimi 8 ad ogni trasmissione.

C51

Imposta la chiave di cifratura per AES 128.

Es: Imposta la chiave "abcdefghijklmnp"

C51abcdefghijklmnp

7 Canali radio

7.1 Canali a 433 MHz

Channel #	f min	f0	f max	Duty	dBm
1	433.05	433.1	433.15	10%	10
2	433.15	433.2	433.25	10%	10
3	433.25	433.3	433.35	10%	10
4	433.35	433.4	433.45	10%	10
5	433.45	433.5	433.55	10%	10
6	433.55	433.6	433.65	10%	10
7	433.65	433.7	433.75	10%	10
8	433.75	433.8	433.85	10%	10
9	433.85	433.9	433.95	10%	10
10	433.95	434.0	434.05	10%	10
11	434.05	434.1	434.15	10%	10
12	434.15	434.2	434.25	10%	10
13	434.25	434.3	434.35	10%	10
14	434.35	434.4	434.45	10%	10
15	434.45	434.5	434.55	10%	10
16	434.55	434.6	434.65	10%	10
17	434.65	434.7	434.75	10%	10

7.2 Canali a 868 MHz

Channel #	f min	f0	f max	Duty	dBm
1	868.1	868.2	868.3	1%	10
2	868.3	868.4	868.5	1%	10
3	868.7	868.8	868.9	0.1%	10
4	868.9	869.0	869.1	0.1%	10
5	869.7	869.8	869.9	100%	6
6	865.1	865.2	865.3	1%	10
7	865.3	865.4	865.5	1%	10
8	865.5	865.6	865.7	1%	10
9	865.7	865.8	865.9	1%	10
10	865.9	866.0	866.1	1%	10
11	866.1	866.2	866.3	1%	10
12	866.3	866.4	866.5	1%	10
13	866.5	866.6	866.7	1%	10
14	866.7	866.8	866.9	1%	10
15	866.9	867.0	867.1	1%	10
16	867.1	867.2	867.3	1%	10
17	867.3	867.4	867.5	1%	10
18	867.5	867.6	867.7	1%	10
19	867.7	867.8	867.9	1%	10
20	867.9	868.0	868.1	1%	10

8 Esempi di utilizzo

In questo capitolo viene illustrato una tipica configurazione per utilizzare due moduli.

8.1 Configurazione dei moduli

Per configurare ogni modulo, collegarlo ad un PC o ad un micro-controllore secondo il pinout descritto nei precedenti capitoli.

La seguente configurazione è la medesima per entrambi i moduli.

Se i moduli non sono mai stati configurati, impostare la seriale del PC o del uC ai parametri: 9600 N81 CTS/RTS, altrimenti a i parametri configurati in precedenza.

Portare il pin **Comandi/Dati** a livello logico basso (GND).

Comando	Note
C035	Imposta il baudrate a 38400 (se richiesta una velocità diversa da 9600bps) e di conseguenza riconfigurare la seriale del PC/uC
C01123	Imposta l'ID di rete a 123, se due o più reti dovranno convivere separatamente nella stessa area radio
C0601	Imposta il canale radio 1
C092	Abilita la modalità uno-a-uno con AKN
C45	Salva la configurazione nella memoria del modulo

Adesso riportare il pin **Comandi/Dati** a livello logico 1 (3.3V) ed utilizzare i due moduli al posto del cavo seriale.

9 Stima della velocità radio

La velocità media via radio dipende dalla modalità di utilizzo scelta, in ogni caso un buon link radio consente una velocità che comunque è inferiore a quella ottenibile via cavo. Questo perché ci sono tempi necessari per attendere che il canale si liberi dal rumore. Nelle tabelle seguenti la velocità (bit per secondo) sono stati misurati con il trasferimento di un file da 50KB. La colonna **Max bytes** indica il numero massimo di byte che possono essere trasmessi senza usare il segnale RTS. Usando l'RTS non ci sono limiti al numero di byte che possono essere trasmessi. Altrimenti sarà necessario introdurre pause per lasciare che il buffer si svuoti. Eventuali rumori radio possono ridurre la velocità media.

Modalità broadcast veloce								
Baud rate	AES 128 OFF				AES 128 ON			
	Bitrate	Medio	Max bytes	Latenza ms	Bitrate	Medio	Max bytes	Latenza ms
1200		1200	50000	250		960	2700	185
2400		2400	50000	129		1650	1700	119
4800		4020	3250	70		2550	1150	85
9600		8950	7900	39		3350	840	68
19200		18050	9100	24		4250	700	60
38400		28350	1220	14		4800	550	55
57600		40150	650	14		5150	540	55
115200		42300	320	11		5250	320	55

Modalità broadcast sicura								
Baud rate	AES 128 OFF				AES 128 ON			
	Bitrate	Medio	Max bytes	Latenza ms	Bitrate	Medio	Max bytes	Latenza ms
1200		1200	50000	250		850	1850	185
2400		2400	50000	130		1290	1150	118
4800		4520	9300	70		1800	860	86
9600		6850	1850	39		2550	720	68
19200		7950	920	24		2700	640	61
38400		8550	660	15		3250	590	56
57600		8750	550	13		3260	510	55
115200		8850	310	11		3280	310	55

Modalità uno-a-uno con AKN								
Baud rate	AES 128 OFF				AES 128 ON			
	Bitrate	Medio	Max bytes	Latenza ms	Bitrate	Medio	Max bytes	Latenza ms
1200		1150	27180	258		950	2600	193
2400		2250	11150	137		1580	1550	126
4800		4250	4850	77		1800	880	92
9600		7750	2860	46		1830	670	75
19200		12900	1640	31		1835	600	67
38400		19400	860	22		1840	560	63
57600		20400	570	21		1845	500	62
115200		20400	326	18		1850	310	62

10 Calcolo del duty cycle

La legge stabilisce che sia rispettato un duty cycle massimo in funziona del canale radio scelto.

Banda 868 MHz:

- canali 1,2 e da 6 a 20. Duty cycle 1%
- canali 3,4. Duty cycle 0.1%
- canale 5. Duty cycle 100% limitato a 5mW

Banda 433 MHz:

- canali da 1 a 17. Duty cycle 10%

10.1 Verifica del duty cycle

Per verificare il duty cycle, si devono calcolare il numero massimo di byte che possono essere trasmessi in un ora.

Il bitrate medio è il valore di riferimento da usare nel calcolo reale.

Ad esempio in modalità broadcast veloce, 9600 baud, AES 128 disabilitato, il bitrate medio è 8900 bps. Quindi:

$$8900 \text{ bps} / 10 = 890 \text{ byte /sec}$$

$$\text{Duty 10\% significa } 360 \text{ sec/ora} \rightarrow 890 * 360 = 320400 \text{ byte/ora}$$

$$\text{Duty 1\% significa } 36 \text{ sec/ora} \rightarrow 890 * 36 = 32040 \text{ byte/ora}$$

Il canale #5 consente il 100% del duty cycle ma con una potenza massima di 5mW.

11 Specifiche elettriche

	Note	Minimo	Tipico	Massimo	Unità
Tensione di alimentazione		2,2		3,6	V
Temperatura di esercizio		-40,0		85,0	°C
Corrente in trasmissione	@ 3V		16,5		mA
Corrente in sleep	@ 3V		2,0		uA
Corrente in trasmissione	@ +10dBm		30,0		mA
Corrente in trasmissione	@ +6dBm		22,0		mA
Corrente in trasmissione	@ -2dBm		16,5		mA
Corrente in trasmissione	@ -10dBm		13,8		mA
Deviazione di frequenza		± 42	± 50	± 58	KHz
Data rate	*		50,0		Kbps
Larghezza di banda 433MHz			100,0		KHz
Larghezza di banda 868MHz			200,0		KHz
Sensibilità a 0.1% BER			-100,0		dBm

* I dati sono condificati Manchester prima della modulazione GFSK