

CQ MILANO



NL 20.01 - La Newsletter della Sezione A.R.I. di Milano

IK2HDG IQ2MI IU2M

notizie storie progetti novità

Milano 15/03/2008



RUMORE, RICEVITORI ED ALTRO

Introduzione

Sulle riviste e sui libri si trovano ottimi articoli e spiegazioni sul rumore dei ricevitori, tuttavia non è facile trovare alcuni dettagli utili per comprendere in pratica perché e come il rumore limita le prestazioni dei ricevitori. Spesso questi articoli sono ricchi di formule, necessarie per una trattazione completa dell'argomento, che spaventano i meno esperti. In questo articolo ho tentato di ridurre al minimo le formule e di metterle in modo che si possa durante la lettura saltarle senza perdere il filo dei ragionamenti, spero di esserci riuscito. Nelle note citerò pochi articoli, recenti e senza troppe formule: forse chi aveva saltato quelle descrizioni potrà rileggerle e, spero, comprenderle meglio.

Il rumore nei ricevitori

La formula che si trova quasi sempre esprime la potenza di rumore (rumore termico¹) generata da una resistenza ad una data temperatura a causa del moto naturale e disordinato delle cariche elettriche (*gli elettroni sono come i bambini in un parco giochi, non sono capaci di restare immobili!*):

$$P = kTB \quad (1)$$

dove:

P è la potenza di rumore, espressa in watt, misurata ai capi della resistenza.

k è la costante di Boltzman, vale $1,3806504 \times 10^{-23} \text{ J} \times \text{K}^{-1}$ (joule/kelvin) ed è nota con un'incertezza di $1,7 \times 10^{-6}$.

T è la temperatura assoluta, espressa in kelvin.

B è l'intervallo di frequenze (banda passante), espressa in hertz, del quale si misura la potenza di rumore, verrà spiegata in seguito.

La potenza di rumore termico P è proporzionale alla temperatura in quanto l'agitazione termica delle cariche elettriche aumenta con l'aumentare della temperatura. E' un fenomeno naturale che segue la legge (1) non eliminabile. Una resistenza presenta ai suoi capi del rumore anche se non è inserita in un circuito elettrico, anche se non è percorsa da corrente. Contrariamente a quanto si può pensare la potenza di rumore non dipende dal valore della resistenza: R non compare nella formula.

Qualcuno si chiederà come mai i nomi di alcuni illustri scienziati sono stati scritti con l'iniziale minuscola. Il "Sistema Internazionale"², abbreviato SI, definisce quali sono i nomi e le abbreviazioni, quanto valgono e come si scrivono le unità di misura. Negli ambienti

¹ Per una semplice descrizione dei vari tipi di rumore si veda Nerio Neri, Parliamo di rumore, RadioKit 2-2007, pag 73.

² Sul sito dell'I.N.R.I.M. (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica, <http://www.inrim.it>) si può consultare un tutorial sul Sistema Internazionale e scaricare una brochure in formato PDF. Anche su wikipedia si trova una buona spiegazione corredata da link ai siti ufficiali.

scientifici non rispettare queste regole è un grave errore di ortografia, proprio come scrivere “raddio”!

I nomi delle unità di misura si scrivono sempre con l’iniziale minuscola (metro, volt, ampere, watt). Se il nome deriva dal nome di una persona il plurale non esiste (due metri ma non due volts), l’abbreviazione è maiuscola solo se deriva dal nome di una persona (2V, 10W ma 1m)

Il Sistema Internazionale ammette due unità per la temperatura: la “temperatura termodinamica” che si misura in “kelvin” (non Kelvin e nemmeno grado kelvin) ed il suo simbolo è K (non °K) e la “temperatura Celsius” (non centigrada) che si misura in “gradi Celsius” (non gradi centigradi) ed ha per simbolo °C (per distinguerla dal coulomb che ha simbolo C). Celsius si scrive maiuscolo. La relazione tra temperatura in kelvin (simbolo usuale della grandezza T maiuscolo) e temperatura in gradi Celsius (simbolo usuale della grandezza t minuscolo) è la seguente: $t = T - 273,15$. “gradi” ammette il plurale.

Il Sistema Internazionale dovrebbe essere adottato universalmente: in tutti gli stati, nei cataloghi, nei manuali e libri di testo, nei contratti etc, non adottarlo ha portato a gravi perdite economiche (e di immagine). Una decina di anni fa una sonda spaziale americana è precipitata su Marte. L’indagine sulle cause ha scoperto che il calcolatore da terra inviava i comandi in unità imperiali (piedi o pollici) mentre il calcolatore di bordo elaborava questi dati in unità internazionali (metri), per cui la distanza della sonda dalla superficie di Marte non era ben determinata. Nessuno aveva definito (o verificato) che unità di misura venivano impiegate e nelle comunicazioni spaziali si trasmettono solo i numeri, non le unità di misura. Indimenticabile il commento a doppio senso che circolava a quei tempi: “questi americani ragionano coi piedi!”

In un esperimento colleghiamo una resistenza da 50 ohm (carico fittizio) che si trova alla temperatura di T kelvin ad un misuratore di potenza (ricevitore ideale con AGC disabilitato ed S-meter accuratamente tarato) tramite un filtro passa-banda largo B hertz (il filtro a quarzi per SSB³): dovremmo misurare una potenza di P watt. Scaldando la resistenza la potenza di rumore P aumenta secondo la legge (1) e l’S-meter segna di più. Facciamo due conti.

a) a temperatura ambiente, $t_1 = 17 \text{ °C} = 290 \text{ K}$ $B = 2200 \text{ Hz}$ $P_1 = kT_1B = 8,8 \times 10^{-18}$ watt, molto pochi! Conviene trasformarli subito in dBm⁴, più comodi da maneggiare:

$$dBm_{t1} = 10 \log \frac{P_1}{10^{-3}} = -140,5$$

Ora scaldiamo la resistenza con il saldatore, la temperatura supera facilmente i 200 °C e arriva anche a 300 °C se siamo disposti a sacrificare la resistenza.

b) $t_2 = 200 \text{ °C} = 473 \text{ K}$ $B = 2200 \text{ Hz}$ $P_2 = kT_2B = 1,4 \times 10^{-17}$ watt, sempre molto pochi

$$dBm_{t2} = 10 \log \frac{P_2}{10^{-3}} = -138,5$$

la differenza è di 2 dB.

Possiamo provare a fare l’esperimento con qualsiasi ricevitore, va bene anche una resistenza da 47 ohm saldata ad un pezzetto di cavo coassiale sottile. Due decibel sono pochi per apprezzarli sull’S-meter ma se colleghiamo all’altoparlante del ricevitore un tester analogico per misurare la tensione in alternata e regoliamo portata del tester e il

³ La banda passante dichiarata dai costruttori dei filtri meccanici ed a quarzo è valida per i segnali audio, la banda passante per il rumore andrebbe misurata accuratamente, tenendo conto delle ondulazioni del filtro, fino a -20dB dalla risposta massima.

⁴ La “Application Note 1MA98” della Rohde&Schwarz spiega in modo semplice e con molti esempi cosa sono i decibel, i dBm e come si usano. Con un motore di ricerca su Internet inserire la frase “dB or not dB?” tra virgolette, si arriva al link da cui è possibile scaricarla.

volume della radio per avere una lettura circa a metà scala con la resistenza fredda dovremmo notare un aumento di livello scaldando la resistenza. E se prendiamo accorgimenti per controllare accuratamente l'esperimento e misurare con precisione la potenza di rumore abbiamo realizzato uno dei più accurati sistemi per misurare la cifra di rumore del ricevitore⁵. I nostri ricevitori non sono ideali (quelli costano niente, solo la fatica di pensarli!) ma reali ed hanno il circuito di ingresso che si trova a temperatura ambiente. I transistor (o FET)⁶ usati nei circuiti vicini (elettricamente, non fisicamente!) alla presa d'antenna aggiungono altro rumore a quello generato dalla resistenza e questo rumore aggiuntivo dipende dal tipo di transistor e dalla temperatura. Questo rumore aggiuntivo è responsabile della "cifra di rumore" (NF o noise figure) che si esprime in decibel (dB) (si usa anche la "temperatura di rumore" che si esprime in kelvin⁷). L'unico modo per ridurre la cifra di rumore di un ricevitore è raffreddare gli stadi di ingresso ad una temperatura molto bassa. Ovviamente occorre prima progettare in modo accurato questi stadi, rendere minime le perdite ed adattare le impedenze.

Prima di procedere occorre definire cosa si intende per banda B . Le specifiche dei filtri definiscono la larghezza della banda passante a -6dB rispetto al tetto. La "forma" della banda passante non è un rettangolo, il tetto presenta ondulazioni ed i fianchi sono inclinati, non verticali. La banda B da usare nei calcoli è la larghezza di un filtro ideale con "forma" rettangolare che ha la stessa area della "forma" del filtro reale. Per ricavarla occorre misurare accuratamente la "forma" del filtro e poi procedere con un calcolo non semplice. Usando per B il valore specificato dai costruttori si commettono errori anche importanti.

La cifra di rumore può essere definita e misurata in diversi modi⁸. A me piace molto questa definizione perché contiene anche la descrizione della sua natura e di un ipotetico metodo di misura (che per difficoltà pratiche non viene utilizzato): "la cifra di rumore è il rapporto tra la potenza di rumore in ingresso effettivamente misurata e la potenza di rumore di riferimento (o teorica)".

Si prende come riferimento la temperatura di 17 °C, pari a 290 K, la banda B per un ricevitore SSB può essere circa 2400 Hz (filtro a quarzi KWG XF9B) e si calcola la potenza di rumore teorica P_2 che passa dal filtro:

$$P_2 = kTB = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \cdot 2400 = 9,6 \cdot 10^{-18} \text{ watt}$$

per comodità esprimiamo la potenza di rumore teorica in dBm:

$$P_2 = 10 \log \frac{9,6 \cdot 10^{-18}}{10^{-3}} = -140,1 \text{ dBm}$$

poi si misura (e questa misura non è semplice) la potenza di rumore effettiva del ricevitore in prova P_1 , ad esempio si misura:

$$P_1 = 5 \cdot 10^{-17} \text{ watt, pari a } -133 \text{ dBm}$$

infine si calcola il rapporto, facendo la differenza tra i dBm

$$P_1 - P_2 = -133 - (-140,1) = 7,1 \text{ dB}$$

Il ricevitore in prova ha una NF di 7,1 dB, non male in onde corte Il metodo è valido se si conosce la banda B misurata come detto in precedenza. La banda B è presente

⁵ G. Sinigaglia, I4BBE, Elementi di tecnica radioastronomica, CeC edizioni, 1983, pag 97

⁶ I componenti attivi generano anche altri tipi di rumore, con leggi diverse da quella del rumore termico.

⁷ G. Sabbadini, I2SG, Ricevitore Collins 75S-1, RadioRivista 7/8 2002, pag 37

⁸ G. Sabbadini, I2SG, Collegamenti EME e preamplificatori a basso rumore, RadioKit 4 2007, pag 66

esplicitamente nell'equazione di P_2 ed implicitamente nella misura di P_1 (che si fa sull'uscita audio), pertanto nel rapporto tra le due potenze di rumore B scompare. La cifra di rumore non dipende dalla banda passante del ricevitore, non cambia passando dal modo SSB a CW.

Le procedure usate per misurare la NF sono più complesse e ben descritte in molti articoli, non sono qui oggetto di discussione. Queste procedure consentono di misurare la NF anche senza conoscere la banda B con precisione.

Il nostro ricevitore in prova ha al suo ingresso una potenza di rumore di -133 dBm non eliminabile. Se con un generatore di segnali iniettiamo alla presa di antenna un segnale avente la stessa potenza di -133 dBm, la potenza totale (segnale + rumore) diventa -130 dBm (raddoppiare la potenza significa sommare circa 3 dB). Questo numero viene chiamato Noise Floor, oppure Minimum Detectable Signal, abbreviato MDS, ed è un altro modo per specificare la sensibilità di un ricevitore. Il MDS, a differenza della NF, dipende dalla banda passante B (non è un rapporto con B sia al numeratore sia al denominatore). Un orecchio ben allenato riesce a decodificare un segnale con potenza un poco inferiore al MDS. Il ricetrasmittitore K2 della Elecraft, venduto in scatola di montaggio e considerato di buona qualità, ha $B = 2200$ Hz ed un MDS di -135 dBm con preamplificatore inserito e di -130 dBm senza preamplificatore.

I ricevitori usati in radioastronomia spesso sono raffreddati a temperature vicino allo zero assoluto (0 K o -273,15 °C) per ridurre la NF. I circuiti sono immersi in grossi "termos" riempiti con azoto liquido (77 K) o elio liquido (4,2 K). Satelliti con a bordo grossi "termos" pieni di elio liquido sono stati lanciati nello spazio per ricerche di radioastronomia. Sulla terra la forza di gravità trattiene sul fondo del recipiente il liquido e lascia sfuggire il gas che evapora ma nello spazio questa forza non agisce; pertanto gas e liquido non si separano e si è dovuto studiare un sistema per permettere al gas di sfuggire e disperdersi nel vuoto conservando il liquido nel recipiente. Il satellite italiano ISO (Infrared Satellite Observatory) aveva a bordo un "termos" 2000 litri di elio liquido, per una durata operativa di oltre due anni. Temperature inferiori, fino a qualche millesimo di kelvin, si possono raggiungere nei refrigeratori a diluizione isotopica che utilizzano due isotopi dell'elio: l'elio 3 e l'elio 4.

Il rumore atmosferico

Nelle comunicazioni terrestri in onde corte il limite dovuto alla cifra di rumore dei ricevitori di solito non è un fastidio. L'antenna raccoglie rumore in abbondanza, quasi sempre di potenza superiore a quello generato nel ricevitore, perché si trova immersa in uno spazio elettromagnetico "sporco", come se noi guardassimo un panorama attraverso un vetro sporco. Si chiama genericamente rumore atmosferico ed è di origine sia naturale sia umana.

Il rumore di origine naturale in piccola parte è rumore termico e proviene dagli oggetti inquadri dal lobo dell'antenna, che si trovano ad una temperatura di circa 300 K ed irradiano rumore a radiofrequenza, ma in larga misura è di origine atmosferica ed è generato dai fulmini o dalle tempeste magnetiche e si propaga a notevoli distanze, infine dallo spazio proviene rumore di origine cosmica che deve comunque superare la barriera ionosferica seguendo le leggi della propagazione. Il rumore di origine naturale varia secondo la frequenza, le stagioni, la latitudine, l'attività solare.

Il rumore di origine umana, disturbi di varia natura, è ben conosciuto da chi vive in città. Chi abita fuori dalle grosse città può fare un semplice esperimento: sintonizzare il ricevitore su una frequenza libera, puntare l'antenna direttiva verso la città e verso la campagna e controllare l'S-meter. Sono state riscontrate variazioni del rumore anche di qualche punto S tra le due direzioni.

In onde corte predominano il rumore di origine umana e quello di origine atmosferica (il rumore cosmico è quasi sempre trascurabile, può qualche rara volta dar fastidio sui 15 e 10 metri).

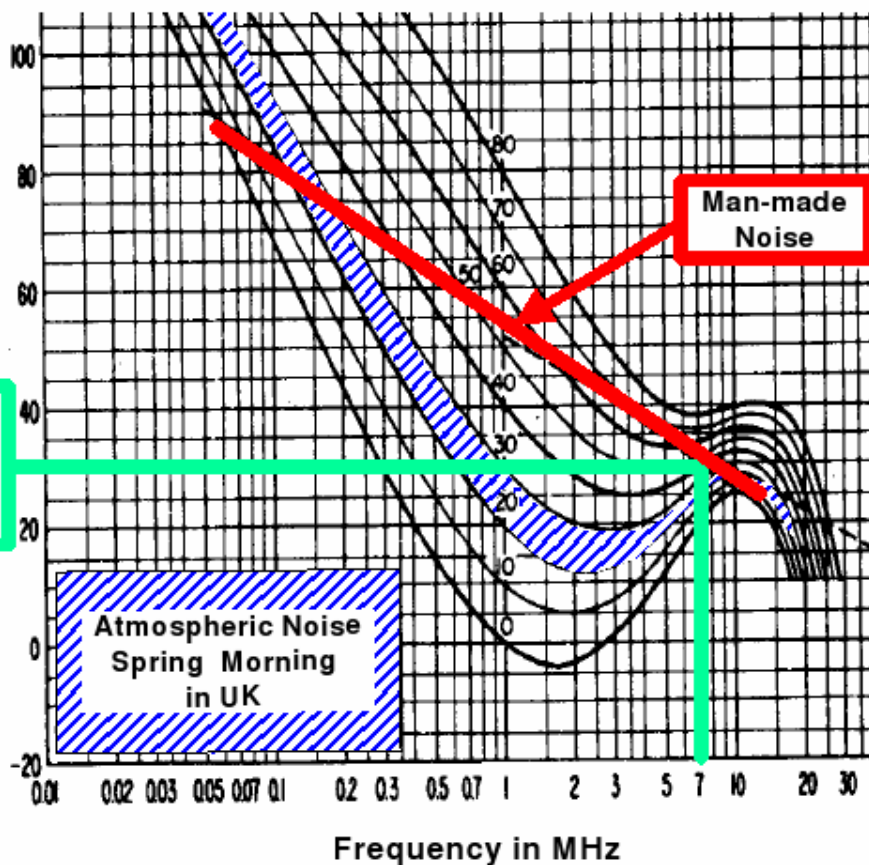
In linea di principio il rumore non investe l'antenna in modo uniforme, con intensità uguale da tutte le direzioni, ma possono esserci direzioni più rumorose che variano nel tempo, con la propagazione, l'inizio e la fine dei turni di lavoro etc.

Il livello di rumore (naturale e di origine umana) è stato oggetto di studi. Riporto una figura e una tabella significative per le bande radioamatoriali.



dB above thermal noise

Noise at 7MHz approximately -9dB(uV/m) in 9kHz



From CCIR Report 322.

(Spring Morning in UK - Quiet location)

Come varia il rumore atmosferico in funzione della frequenza e della latitudine al mattino ed in primavera. In rosso il rumore di origine umana. Da una pubblicazione RSGB.

Banda (m)	Rumore (dBm/Hz)	NF ricevitore (dB)
160	-128	46
80	-136	38
40	-144	30
30	-146	28
20	-146	28
17	-152	22
15	-152	22
12	-154	20
10	-156	18
6	-162	12

J. Stephenson, KD6OZH, "The ATR-2000: A Home Made High-Performance HF Transceiver, pt 1, QEX mar/apr 2000, pp 3,4

La tabella riporta in seconda colonna il rumore atmosferico, riscontrato da KD6OZH, ed espresso in dBm per ogni Hz di larghezza di banda. Possiamo calcolare per ogni banda la potenza di rumore P_B che passa da un filtro, ad esempio SSB ($B=2400$ Hz) ed in 80 metri, con la formula:

$$P_B = P_{1Hz} + 10 \log B = -136 + 10 \cdot \log 2400 = -102 \text{ dBm}$$

30 dB (pari a 5 punti S) più della nostra resistenza a 200 °C

P_{1Hz} è il numero che troviamo in colonna 2

B è sempre la banda passante del ricevitore

La terza colonna riporta la “cifra di rumore più adatta per un ricevitore collegato ad un’antenna in quella banda” (il rumore captato dall’antenna per tutte le HF è sicuramente maggiore del rumore proprio di qualsiasi ricevitore commerciale per radioamatori).

Anche qui possiamo fare un semplice esperimento. Mettiamo un commutatore d’antenna all’ingresso del ricevitore (in HF basta un interruttore-deviatore qualsiasi, anche non coassiale), su una porta colleghiamo l’antenna e sull’altra porta la solita resistenza da 50 ohm. Sintonizziamo il ricevitore su una frequenza libera e commutiamo sulla resistenza, la differenza della potenza di rumore che ascoltiamo o misuriamo è il rumore atmosferico. Se l’S-meter con la resistenza segna zero (e dovrebbe essere così) mentre con l’antenna segna S5 e se l’S-meter è accuratamente tarato il rumore atmosferico è di circa 30 decibel maggiore del rumore proprio generato dal ricevitore. Qualunque segnale con livello inferiore ad S5 non è ricevibile. Se il ricevitore è provvisto di filtri per SSB e CW ripetiamo la misura cambiando il filtro, con il filtro CW l’S-meter deve segnare meno (la potenza di rumore è sempre proporzionale alla banda passante B). In CW si riesce a decodificare segnali più deboli di quelli in fonia perché dal filtro stretto passa meno rumore.

Torniamo alla tabella. Il MDS di un ricevitore per convenzione è 3 dB superiore alla potenza di rumore per cui un ricevitore che ha una NF poco inferiore al valore riportato nella terza colonna è dimensionato in modo ottimale per quella banda. Ad esempio in 80 metri un ricevitore con NF di 8 dB non presenta nessun vantaggio rispetto ad un ricevitore con una NF di 30 dB. A partire dai 6 metri invece il rumore atmosferico assume livelli sempre più bassi ed il NF del ricevitore diventa importante.

In ogni caso è semplice valutare in modo approssimativo la sensibilità di un ricevitore: basta commutare tra antenna e resistenza da 50 ohm. Se collegando l’antenna si ascolta ad orecchio un aumento di rumore il ricevitore è idoneo, anche con un ricevitore più silenzioso non si riceveranno i segnali più deboli del rumore.

Rumore atmosferico, bande basse ed efficienza dell’antenna

C’è un altro fenomeno che riguarda il rumore atmosferico in onde corte e che raramente viene descritto.

Consideriamo il classico dipolo a mezz’onda come un trasduttore che capta dallo spazio l’energia del campo elettromagnetico e la rende disponibile ai morsetti di antenna del ricevitore. Il campo elettromagnetico si misura in volt al metro (V/m oppure $V \cdot m^{-1}$). I segnali radio sono molto deboli per cui normalmente si usa il microvolt al metro ($\mu V \cdot m^{-1}$). Il rapporto tra il campo elettromagnetico (intensità del segnale) e la tensione che arriva ai morsetti di antenna del ricevitore dipende dalla lunghezza d’onda e si chiama efficienza di antenna o rendimento dell’antenna. Un segnale di $1 \mu V/m$ in 80 metri produce una tensione maggiore di un segnale sempre di $1 \mu V/m$ in 10 metri. Per un dipolo ideale orientato per il massimo segnale e terminato sulla sua impedenza caratteristica vale la seguente formula⁹:

$$V_r = \frac{47,8}{f} \cdot E$$

dove:

V_r = tensione al ricevitore, in microvolt

f = frequenza, in Mhz

⁹ Radio Communication Handbook seventh edition, 1999, RSGB, ISBN 1 872309 53 4 , pag 12.3

E = campo elettromagnetico, in microvolt/metro

La formula approssimativamente è valida anche per un dipolo reale ben installato.

Possiamo fare le seguenti considerazioni:

V_r è inversamente proporzionale alla frequenza.

A 50 Mhz un campo EM di 1 $\mu\text{V}/\text{m}$ produce una tensione di circa 1 μV , il rendimento del dipolo è 1.

A 5 Mhz lo stesso campo di 1 $\mu\text{V}/\text{m}$ produce una tensione di 10 μV , 20 dB (o circa 3 punti S) maggiore.

Passando da 30 Mhz a 3,5 Mhz si ha un aumento del rendimento del dipolo di quasi dieci volte, cioè 20 dB.

Questo è uno dei motivi per cui sulle bande basse si osservano segnali molto forti ed anche il rumore atmosferico, che non sfugge a questa legge, è più forte.

by Claudio Pozzi IK2PIL

VITERIE OMOGENEIZZATE

La maggior parte di noi, chi più e chi meno, possiede in casa, nel box o in cantina una piccola attrezzatura che, se anche non costituisce un vero laboratorio, ha in se tutte le premesse per divenirlo presto.

Quando spesso capita di cercare la giusta vite, cominciamo ad aprire una serie di cassettoni, scatolette, o capovolgere barattoli. Se poi cerchiamo di fare ordine, talvolta peggioriamo la situazione poiché dobbiamo memorizzare la nuova situazione.

Che bella idea! Tutte le viti sono in vista! Appese sotto armadietti pensili! Questo esclamai, chissà quanto tempo fa, quando vidi da Giuseppe, I2UTZ, raffinato meccanico di precisione, decine e decine di barattolini trasparenti contenenti le più svariate minuterie.

Quando un'idea è utile fa fatta propria e copiata. E' così, come si vede dalla fotografia, sotto il ripiano di mensole ho fissato tramite due viti i coperchi di barattoli d'omogeneizzati, sottoaceti, cipolline ecc. ecc.



Tra un coperchio e l'altro va lasciato la distanza tale che la nostra mano possa entrare con comodità a svitare o avvitare il barattolo dal suo coperchio rigidamente fissato ad un mobile pensile o un ripiano.

Utilizzate contenitori di cui avete la sicurezza che la chiusura sul coperchio sia sicura e rapida, altrimenti vi cadranno tutte le minuterie sul tavolo se agganciate in fretta e male.

Vi dico questo poiché come neo

nonno ho constatato un evidente degrado del coperchietto degli omogeneizzati rispetto al passato.

by Gianfranco Verbena I2VGO



SONO ARRIVATE LE QSL ...

Direttamente via WEB, come ci hai richiesto, ti inviamo questo messaggio aperiodico informativo interno emesso e spedito via rete all'indirizzo da te indicatoci il **15/03/2008** per tutta la comunità Radioamatoriale / SWL / BCL .

Per eventuali nuove iscrizioni, variazioni di indirizzo di posta elettronica, cancellazioni, arretrati, **scrivi a:** info@arimi.it

La Newsletter è un sistema di comunicazione della **A.R.I.** - Associazione Radioamatori Italiani - **Sezione di Milano** riservata esclusivamente agli iscritti alla mailing-list, il cui contenuto non può essere divulgato a terzi senza espressa autorizzazione dell'A.R.I. Sezione di Milano o dei rispettivi autori; ogni utilizzo o divulgazione difforme di questa mail costituisce violazione della Privacy dell'A.R.I. Sezione di Milano e degli autori ed i responsabili potranno incorrere nelle sanzioni previste dalla Legge. Se vuoi venirci a fare visita, sarai il benvenuto, ti aspettiamo presso il Centro Scolastico di via Giulio Natta 11 - 20151 Milano (fermata Lampugnano - metropolitana linea 1/rossa) tutti i martedì (non festivi) dalle ore 21.00 alle ore 24.00. Se vuoi contattarci telefonicamente ci troverai al numero 02 38002903 (sempre al martedì negli orari citati) oppure potrai lasciare un messaggio alla Segreteria Telefonica o inviarci un Fax al numero 02 3087982 tutti gli altri giorni. Se non puoi venirci a trovare <http://www.arimi.it>