

## Antefatti

Mi chiamo Claudio Gandolfi, sono un insegnante e mi occupo d'informatica a livello professionale.

Mi sono sempre interessato anche all'elettronica e alla riproduzione musicale: come studente, per lavoro, come insegnante e per divertimento.

Nel 2009 ho acquistato un sistema per l'ascolto della musica liquida:

- DAC Pop-Pulse 707
- Amplificatore Pop-Pulse TA2024
- Casse JB3

La qualità della riproduzione mi ha sorpreso positivamente.

Come insegnante ho pensato a un sistema per l'ascolto della musica liquida da cui prendere spunti per incuriosire gli studenti e introdurre argomenti collegati alla tecnologia e all'informatica in particolare. Nel tempo sono riuscito a migliorare la riproduzione sonora con vari accorgimenti trovati in internet, ma restava il problema dei diffusori. Sul mercato si trovano elettroniche e computer ottimi a prezzi bassi ma per diffusori di qualità le cifre cambiano e non sono più alla portata dello studente medio.

Ho individuato negli altoparlanti a larga banda il miglior compromesso per realizzare un diffusore economico con una qualità adeguata. L'obiettivo era limitare il costo a poche decine di euro di materiale escluso l'altoparlante e la mano d'opera.

A inizio 2013 ho preso in esame il progetto e dopo una serie di tentativi sono arrivato a realizzare un oggetto che funziona molto, molto meglio di ogni mia ottimistica previsione. Il diffusore, che doveva essere solo uno dei componenti per il sistema di ascolto della musica liquida da utilizzare a livello didattico, è diventato un prodotto che può essere industrializzato e commercializzato. La Robin srl ha depositato in data 15-07-2013 con il n. SS2013A000007 la domanda brevetto per: "trasformatore acustico a guida d'onda sospesa" e la documentazione è consultabile sul sito dell' Ufficio Italiano Brevetti e Marchi ([www.uibm.gov.it](http://www.uibm.gov.it)).

Questa pubblicazione si rivolge a:

- autocostruttori che vogliano sperimentare soluzioni all'avanguardia, economiche e originali,
- docenti che cerchino spunti per utilizzare sistemi di riproduzione sonora di qualità in aula,
- persone interessate alla riproduzione della musica liquida,
- costruttori di apparati audio che vogliano verificare la validità del progetto per inserirlo tra le loro offerte. La Robin srl intende concedere l'utilizzo del brevetto con licenza non esclusiva.

## Avvertenze

La descrizione che segue è relativa ad un prototipo non destinato alla commercializzazione.

Per la costruzione sono riportate solo alcune misure, molte non sono critiche. I diffusori funzionano benissimo anche se pendono da un lato per alcuni cm o se si trovano sospesi a diverse altezze.

I cavi proposti sono relativi a progetti pubblicati da anni su internet.

Le elettroniche, i componenti hardware e software sono facilmente reperibili su siti di e-commerce.

Per realizzare rapidamente il sistema proposto dovrete essere in grado di:

- installare uno stereo
- usare un tester
- spellare e crimpare fili
- saldare con lo stagno
- assemblare un PC
- installare sistema operativo e programmi.
- conoscere la differenza fra ampiezza e frequenza di un segnale periodico
- saper leggere un grafico che rappresenta la banda passante.

Oppure, prendetevi il tempo necessario per analizzare i vari componenti e usate questa pubblicazione per aggiornarvi sulla riproduzione della musica liquida.

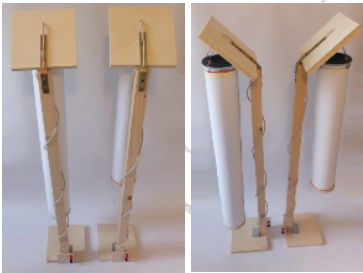
## Integra

**Integra** è il nome scelto per i componenti che costituiscono il sistema per l'ascolto della musica liquida.

**Integra** perché è la soluzione di un integrale che descrive la forza che agendo sulla membrana permette un'eccellente riproduzione dei bassi.

**Integra** perché i componenti si integrano al meglio per un'ottima qualità d'ascolto con una spesa contenuta.

**Integra** perché la tecnologia utilizzata è ideale per il risparmio energetico e integrabile in sistemi che utilizzano energie rinnovabili.



## **Domanda brevetto**

**Riassunto**

**Disegno**

**Descrizione**

## **Aggiornamenti**

**Stereofonia asimmetrica**

**Impressioni ascolto**

## **Autocostruzione**

**Integra001** – trasformatore acustico a guida d'onda sospesa

**Integra002** – supporto e altoparlante

**Integra003** – subwoofer di carta

**Integra005** – cavo segnale DAC – amplificatore

**Integra006** – cavo potenza altoparlante

**Integra011** – alimentatore DAC amplificatore

**Integra012** – PC zero dB (o quasi)

## **Risparmio energetico**

**Integra013** – risparmio energetico ed energia da fonti rinnovabili.

## Riassunto

Il trasformatore acustico a guida d'onda sospesa è una cassa acustica. Ha la forma di un cilindro. Il lato superiore è aperto. La parete laterale è un diaframma deformabile dalle onde sonore. Il lato inferiore chiuso. Il cilindro si sospende sotto la flangia di un altoparlante orientato verso l'alto.

All'ingresso del trasformatore si hanno le onde sonore generate dal lato posteriore dell'altoparlante che entrano dal lato superiore del cilindro e percorrono verticalmente la guida d'onda.

All'uscita del trasformatore si hanno le onde sonore emesse dalle vibrazioni orizzontali del diaframma deformato da increspature che si muovono verticalmente. La base chiusa riflette verso l'alto i fronti d'onda interni smorzandoli.

Il trasformatore acustico a guida d'onda sospesa ha la distorsione ridotta tipica delle casse chiuse a sospensione pneumatica ma un'efficienza maggiore in quanto trasferisce nell'ambiente d'ascolto la pressione acustica generata dal lato posteriore della membrana dell'altoparlante tramite la superficie molto più ampia del diaframma laterale.

## Disegno

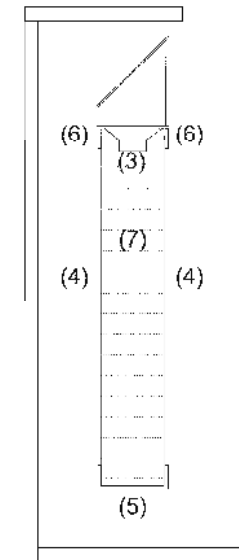


figura 1

## Descrizione

Il trasformatore acustico a guida d'onda sospesa è utilizzabile come cassa acustica per altoparlanti.

Normalmente la cassa acustica è usata come supporto per gli altoparlanti. Si tratta di trasduttori pesanti quindi per sostenerli in modo stabile è necessario usare strutture adeguatamente robuste che precludono l'uso di materiali molto leggeri. Usando una struttura sospesa tramite la flangia dell'altoparlante si possono progettare sistemi estremamente leggeri con soluzioni acustiche originali.

Le caratteristiche ne fanno una classe di diffusore diversa da tutte quelle già realizzate. Come per le casse chiuse a sospensione pneumatica di forma cilindrica si ha una bassa distorsione per la distribuzione ottimale del carico sulla membrana dell'altoparlante e le riflessioni interne ridotte. Come nei sistemi caricati posteriormente a tromba la pressione acustica generata dal lato posteriore dell'altoparlante è inviata nell'ambiente d'ascolto distribuendola in modo ottimale sulla superficie del diaframma laterale.

Come nei dipoli l'emissione in controfase della parete posteriore dell'altoparlante in gamma media è inviata nell'ambiente d'ascolto, in questo caso però si rispetta perfettamente la simmetria radiale rispetto all'asse dell'altoparlante facilitando la ricostruzione spaziale dell'immagine sonora. Al contrario di tutte le altre casse acustiche nell'installazione prima si procede al fissaggio dell'altoparlante con un supporto adeguato e solo successivamente si sospende la guida d'onda ad esso.

#### COSTRUZIONE PROTOTIPO.

Il prototipo del trasformatore acustico a guida d'onda sospesa ha la forma di un cilindro alto e stretto (figura 1) aperto sul lato alto e con la parete laterale deformabile con onde sonore.

Il lato superiore aperto del cilindro è fissato sotto la flangia di un l'altoparlante (3) rivolto verso l'alto con una guarnizione morbida (6) che sigilla il volume interno. Attraverso la guarnizione sono fatti passare i fili elettrici.

La parete laterale del cilindro (diametro 10 cm, altezza 100 cm circa) è il diaframma (4) realizzato utilizzando una pellicola con una rigidità adeguata per funzionare da guida d'onda sonora ma cedevole a sufficienza per consentire piccole deformazioni causate dai fronti d'onda interni (7). Per il prototipo si è usata carta.

La base chiusa del cilindro (5) ha la stessa superficie dell'altoparlante e riflette i fronti d'onda interni verso l'alto impedendo che la pressione acustica generata dall'altoparlante si propaghi direttamente all'ambiente d'ascolto.

L'emissione del suono avviene con fronti d'onda ortogonali emessi dalla membrana dell'altoparlante (3) che vibra verticalmente e dal diaframma laterale (4) della guida d'onda sonora che vibra orizzontalmente. La guarnizione morbida (6) minimizza le interazioni fra la parete laterale del cilindro e altoparlante soggetti a sollecitazioni tra loro ortogonali.

#### RISPOSTA ALL'IMPULSO.

Con la velocità del suono di 340 metri/secondo in 3 millisecondi si percorrono circa 100 cm.

Se si invia un impulso della durata di 25 microsecondi (un semiperiodo a 20 kHz) all'altoparlante si verificano gli eventi di seguito descritti.

La membrana dell'altoparlante è accelerata verso l'alto creando un aumento di pressione sopra di essa e contemporaneamente una diminuzione di pressione al di sotto all'interno della guida d'onda sonora.

Dopo 100 microsecondi il fronte d'onda interno diretto verso il basso ha percorso circa 3,5 cm sotto la membrana dell'altoparlante e interagisce in modo complesso con la parete laterale della guida d'onda e la struttura dell'altoparlante stesso. Il risultato di queste interazioni ad alta frequenza non è rilevante per l'ascolto.

Dopo 200 microsecondi il fronte d'onda ha percorso circa 7 cm e superato il magnete dell'altoparlante. Da questo momento il fronte d'onda ortogonale alla guida d'onda si muove verso il basso interagendo unicamente con il diaframma laterale su cui applica la pressione generata in precedenza dalla membrana dell'altoparlante.

Dopo 3 millisecondi il fronte arriva alla base chiusa della guida d'onda che lo riflette verso l'alto. Si può regolare lo smorzamento della riflessione intervenendo su rigidità, proprietà fonoassorbenti e potere trasmissivo della base. Il risultato di questa riflessione può interagire con la membrana dell'altoparlante solo dopo aver percorso la guida d'onda in senso opposto in altri 3 millisecondi. Alla membrana non arriva tutta l'energia riflessa per due ragioni: il fronte è parzialmente riflesso verso il basso dal magnete dell'altoparlante e si è smorzato interagendo col diaframma laterale.

La geometria della cassa fa sì che per circa 5 millisecondi la membrana dell'altoparlante non interagisca con le riflessioni interne generate dalla cassa stessa e successivamente interagisca solo con fronti d'onda smorzati ottenendo una forte riduzione della distorsione. Anche all'esterno la cassa interagisce in modo molto ridotto con il suono riprodotto, esiste praticamente il solo altoparlante.

Acusticamente si ottiene una risposta ai transienti eccezionalmente nitida.

## COMPORTAMENTO ACUSTICO.

Il comportamento acustico cambia al variare della frequenza, in particolare i 10.000, 1.000, 100 Hz permettono di spiegare il funzionamento per alti, medi e bassi.

**ALTI.** A 10 kHz la lunghezza d'onda è di 3,4 cm, inferiore al diametro di circa 10 cm dell'altoparlante che si comporta in modo direttivo inviando principalmente verso l'alto le onde acustiche. Nei prototipi si è usato con ottimi risultati un rettangolo di cartone delle dimensioni di una custodia per CD inclinato a 45 gradi per indirizzare gli alti verso l'ascoltatore. All'interno della guida d'onda questa frequenza, già attenuata dalla presenza dell'altoparlante, deforma in modo trascurabile il diaframma laterale in quanto la pressione è applicata per tempi minori di 100 microsecondi in spazi omogenei di circa un cm.

**MEDI.** A 1 kHz la lunghezza d'onda è di 34 cm, superiore al diametro dell'altoparlante la cui emissione si può considerare sferica. All'interno della guida d'onda si hanno zone di circa 17 cm in cui la pressione è diretta verso l'interno o verso l'esterno per tempi abbastanza lunghi per modificare la superficie laterale del diaframma. All'esterno la pressione si riduce con la distanza a causa dell'aumento di superficie del fronte d'onda sferico. All'interno della guida d'onda abbiamo, in prima approssimazione, sempre la stessa pressione generata dalla membrana dell'altoparlante che deforma il cilindro con un'ondulazione che scorre verticalmente e in grado di creare una serie di fronti secondari. Per le caratteristiche geometriche della cassa, i fronti secondari hanno una simmetria perfettamente radiale rispetto all'asse del cilindro e facilitano l'individuazione spaziale dell'origine dei suoni nell'immagine sonora. Questo effetto ha una rilevanza che aumenta con il diminuire della frequenza.

**BASSI.** A 100 Hz la lunghezza d'onda è di 340 cm, superiore all'altezza del cilindro 100 cm.

La differenza di carico acustico fa sì che già a pochi cm dalla membrana dell'altoparlante il fronte sonoro esterno abbia una pressione inferiore a quello interno. La pressione interna per la maggior parte del tempo esercita sulla superficie laterale della guida d'onda una pressione diretta verso l'esterno o verso l'interno su tutta la lunghezza del diaframma. Per l'ascolto è più importante il segnale acustico proveniente dal diaframma laterale della guida d'onda di quello diretto verso l'alto dall'altoparlante.

La membrana dell'altoparlante è il primario di un trasformatore acustico e il diaframma laterale della guida d'onda il secondario. Per analogia col trasformatore elettrico intuitivamente si è portati a pensare che la pressione esercitata dalla membrana dell'altoparlante si distribuisca uniformemente su tutto il diaframma laterale diminuendo notevolmente a causa del rapporto fra la superfici, ma non è così; in

campo acustico non si ha un trasferimento alla velocità della luce dei segnali tra primario e secondario, nei vari punti della diaframma laterale si esercita la pressione generata dalla membrana dell'altoparlante ritardata dalla velocità del suono nell'aria lungo la guida d'onda.

La pressione del fronte d'onda generato da un segnale sinusoidale stazionario applicato all'altoparlante si può considerare uniforme in un disco di spessore infinitesimo che si sposta verso il basso. La pressione è rappresentabile con una funzione sinusoidale

$$P(x, t) = k \sin(\omega t - x/v)$$

x distanza dal centro dell'altoparlante lungo l'asse del cilindro verso il basso

t tempo

$\omega$  pulsazione

v velocità del suono nell'aria

La forza totale applicata all'intera superficie laterale del diaframma è l'integrale della funzione estesa alla superficie stessa all'istante t:

$$F(t) = K \cos(\omega t - \phi)$$

K e  $\phi$  costanti dipendenti dalla geometria della guida d'onda e dalla velocità del suono.

La forza totale F(t) è una funzione sinusoidale che varia nel tempo ed è applicata in modo ortogonale sulla superficie del diaframma laterale della guida d'onda. Il sistema risulta lineare nell'ambito della linearità della velocità del suono e della geometria della cassa. La forza non è uniforme su tutto il diaframma in quanto è presente un gradiente che si modifica nel tempo. Questo gradiente non disturba l'ascolto in quanto l'orecchio umano è abituato ad ascoltare suoni emessi da corpi percorsi da vibrazioni sonore stazionarie e non stazionarie.

Sia durante la dilatazione che durante la compressione del diaframma la parete laterale del cilindro si esercita una trazione sulla base del cilindro stesso che si muove verso l'alto. L'ampiezza dello spostamento aumenta con il diminuire della frequenza. La configurazione sospesa permette alla base chiusa circolare di sollevarsi per assecondare i movimenti senza generare tensioni indesiderate e relativa

distorsione.

Acusticamente i bassi sono sorprendenti rispetto alle dimensioni dell'altoparlante, più potenti e definiti rispetto allo stesso altoparlante montato in una cassa con pareti rigide.

I tre comportamenti descritti separatamente per alti, medi e bassi sono presenti a tutte le frequenze ma con diversa rilevanza sull'ascolto.

## CONSIDERAZIONI FINALI.

La rigidità e la densità del diaframma laterale sono importanti per il funzionamento del trasformatore acustico. Se troppo elevate, come in un tubo in plastica per gli scarichi dell'acqua, il comportamento acustico si riconduce a quello di una cassa chiusa a sospensione pneumatica di forma cilindrica. Se troppo basse come per la pellicola trasparente per la conservazione degli alimenti il comportamento acustico si riconduce a quello dell'altoparlante in aria libera. Nei prototipi si è usata carta con eccellenti risultati. Le caratteristiche e le dimensioni del diaframma vanno modulate in base ai parametri dell'altoparlante.

Il trasformatore acustico permette di distribuire in modo ottimale l'energia sonora sviluppata dal lato posteriore di un piccolo altoparlante su una superficie molto maggiore senza ricorrere a ingombranti sistemi a tromba e rinunciando solo parzialmente all'efficienza di questi sistemi. Nel prototipo realizzato con un altoparlante da 10 cm di diametro e con una guida d'onda della lunghezza di un metro si ottiene una superficie radiante laterale di 0,314 mq in uno spazio estremamente ridotto, praticamente oltre il 90% della superficie della cassa acustica emette onde sonore nell'ambiente d'ascolto. Per le caratteristiche geometriche della cassa i fronti generati dal diaframma hanno una simmetria perfettamente radiale rispetto all'asse del cilindro e facilitano l'individuazione spaziale dell'origine dei suoni nell'immagine sonora.

A differenza degli altri sistemi utilizzati nelle casse acustiche si evidenzia che il trasformatore acustico a guida d'onda sospesa:

- si può realizzare facilmente anche con materiali comuni ed economici
- non richiede una elevata rigidità della struttura
- non richiede una elevata precisione costruttiva.

La geometria del trasformatore acustico a guida d'onda sospesa ha come ulteriori vantaggi una forte riduzione delle riflessioni interne e una distribuzione ottimale del carico sulla membrana dell'altoparlante. Se realizzato correttamente si propone come un'ottima cassa acustica per sistemi di riproduzione sonora con altoparlanti a larga banda e non.

## Stereofonia asimmetrica

Il ricorso all'asimmetria deriva dalla necessità di migliorare la percezione di strumenti come il contrabbasso.

L'informazione musicale è una successione di rapidi transienti di carattere impulsivo e brevi periodi che possono essere descritti come somma di singole frequenze in regime stazionario.

Il trasformatore acustico riproduce al meglio gli impulsi per la peculiare gestione delle riflessioni interne mentre per segnali in regime stazionario diventa importante la forma del diffusore. Per una lunghezza d'onda pari al doppio di quella del cilindro ad un certo istante la semionda positiva che fa gonfiare il cilindro si sovrappone alla semionda negativa riflessa dalla base chiusa (e viceversa), le due semionde hanno quasi la stessa ampiezza e loro effetti si annullano a vicenda. Con la velocità del suono di 340 m/s e la lunghezza del cilindro di 0,84 m si ottiene la frequenza di 202 Hz ( $340/1,68$ ) per l'interferenza negativa. Il contrabbasso ha una gamma di frequenze che va da 50 a 250 Hz circa che quindi è riprodotta in modo corretto solo in parte.

Una soluzione del problema è accorciare il diffusore destro in modo da avere le interferenze negative a frequenze diverse nei due canali. Con la modifica (sinistro 0,84 m e destro 0,61 m) i contrabbassi sono percepibili più facilmente in quanto i diffusori asimmetrici compensano a vicenda le proprie lacune (200 e 280 Hz teorici). Il sistema è facile da realizzare e ha anche il vantaggio di non aggiungere costi al progetto che vuole essere economico.

La stereofonia asimmetrica funziona grazie alla sensibilità logaritmica dell'udito, il livello sonoro si misura per questo motivo in decibel (dB). Un raddoppio della pressione acustica corrisponde a +3 dB ed è percepito come un piccolo incremento del volume. Una diminuzione di 100 volte della pressione acustica corrisponde a -20 dB e i due livelli sono percepiti come notevolmente diversi (60 dB per conversazione a voce normale e 80 dB per una TV ad alto volume).

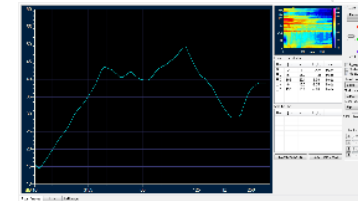
frequenza	100 Hz	200 Hz	280 Hz	350 Hz
sinistro	80 dB	60 db	80 dB	80 dB
destro	80 dB	80 db	60 db	80 db
destro+sinistro	83 db	80 dB	80 dB	83 db

Se il diffusore destro ha -20 dB alla frequenza di 280 Hz e il diffusore sinistro ha -20 dB alla frequenza

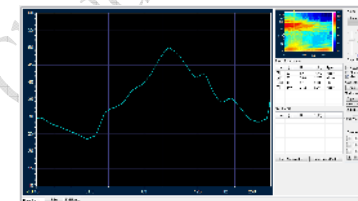
di 200 Hz, a queste frequenze si percepisce un livello sonoro di 80 dB generato da un solo canale. Alle altre frequenze in cui lavorano entrambi i diffusori si avranno solo 3 dB in più, una differenza appena avvertibile. Anche l'altoparlante ha picchi e lacune propri che possono essere anche molto maggiori di 3 dB.

Si da per scontato che le frequenze medio basse siano presenti in entrambi i canali e questo è vero nella maggior parte dei casi in quanto non sono direttive.

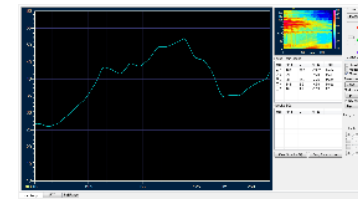
Nella realtà le cose sono più complesse dei valori di esempio riportati nella precedente tabella. Seguono i grafici ottenuti con XTZ room analyzer. Non è uno strumento a livello professionale ma già in grado di evidenziare graficamente gli effetti dell'asimmetria con la risposta in ambiente dei canali destro e sinistro separati e la loro somma.



HX101 canale sinistro ( $l = 0,84 \text{ m} - f = 200 \text{ Hz}$ )

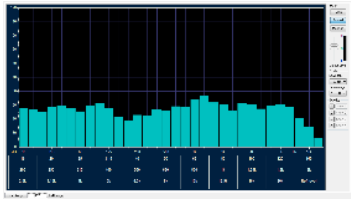


HX101 canale destro ( $l = 0,61 \text{ m} - f = 280 \text{ Hz}$ )

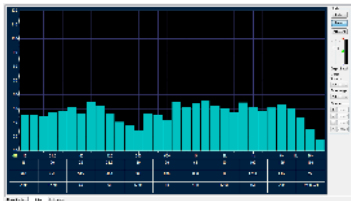


HX101 stereo canale destro + sinistro

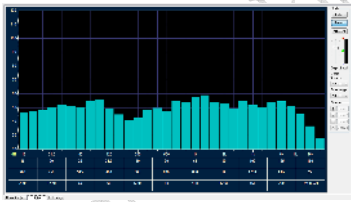




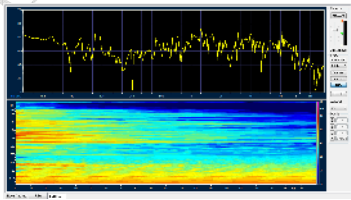
HX101 canale sinistro ( $l = 0,84 \text{ m} - f = 200 \text{ Hz}$ )



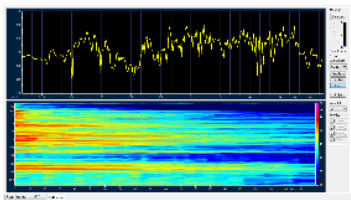
HX101 canale destro ( $l = 0,61 \text{ m} - f = 280 \text{ Hz}$ )



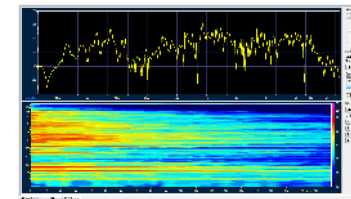
HX101 stereo canale destro + sinistro



HX101 canale sinistro ( $l = 0,84 \text{ m} - f = 200 \text{ Hz}$ )



HX101 canale destro ( $l = 0,61 \text{ m} - f = 280 \text{ Hz}$ )



HX101 stereo canale destro + sinistro

Al di sotto dei 40 Hz prevalgono fattori ambientali casuali e i grafici hanno scarso significato.

Il rinforzo a 40 Hz è prodotto dall'ambiente d'ascolto, per  $\lambda/2 = 4,5 \text{ m}$  la semionda ha la stessa lunghezza del lato maggiore della stanza e può entrare in risonanza.

Il picco fra 80 e 100 Hz è relativo alla frequenza di risonanza dell'altoparlante ed è seguito dall'attenuazione relativa alla frequenza della massima interferenza negativa (200 e 280 Hz). Nei primi due grafici si nota che i singoli canali hanno circa 45 dB di differenza fra il picco e l'attenuazione seguente, nel terzo dove i canali si sommano la differenza è ridotta a circa 35 dB.

Resta un'attenuazione tra i 200 e 250 circa Hz che probabilmente dipende dalla geometria di Integra001. Con la coppia di altoparlanti delle JB3 montati sui diffusori Integra001, in un'altra stanza, si ottengono gli stessi risultati rispetto alle frequenze di interferenza negativa.

L'attenuazione tra 10 e 20 KHz dipende dal tipo di altoparlante utilizzato. Risulta meno evidente con la coppia di altoparlanti delle JB3.

Come ulteriore test montando sul canale destro della coppia HX101 un cilindro lungo 1,1m l'interferenza negativa si sposta a circa 160Hz. Anche in questo caso i due canali si compensano a vicenda producendo un ascolto migliore rispetto a due cilindri della stessa lunghezza. Il cilindro più lungo che in questo caso arriva quasi al pavimento rafforza maggiormente la risonanza della stanza a 40 Hz rispetto al cilindro di 0,61m.

## Impressioni ascolto

Il suono è realistico e piacevole. L'ambiente d'ascolto è una stanza 4 x 4,5 m senza trattamenti acustici. La riflettività delle due pareti in gran parte libere risulta compensata sulle altre due pareti con una libreria di 3 x 2,5 m e una apertura ad arco di circa tre metri. Il livello sonoro utilizzato è di circa 80 dB come un televisore ad alto volume.

L'impianto è formato dai seguenti componenti che hanno un'unica alimentazione da 12V e 100W:

- DAC Pop-Pulse 707
- Amplificatore Pop-Pulse TA2024
- PC autocostruito con Atom, Windows 8 e driver Asio (<http://www.asio4all.com/>).

Ho realizzato due coppie di diffusori con altoparlanti larga banda diversi:

- HX 101 della Ciare in commercio a circa 120 - 150 euro la coppia utilizzata per la realizzazione descritta in seguito,
- altoparlanti larga banda non in commercio smontati da una coppia JB3 che avevo disposizione



(<http://www.tnt-udio.com/casse/jb3.html>).

A una coppia di JB3 funzionante preferisco ascoltare due Integra001 che con gli stessi altoparlanti ha un suono più realistico eliminando la distorsione derivante dalle pareti rigide del cabinet.

Con i diffusori Integra001 si individuano facilmente i singoli musicisti che entrano nella scena con i loro strumenti, si fanno ascoltare e infine si mettono in attesa per la frase successiva. Non ci sono alti, medi e bassi ma è facile immaginare le voci e i singoli artisti più o meno in evidenza.

Gli HX 101 della Ciare hanno una maggiore sensibilità e come unico difetto le esse leggermente

sibilanti delle presentatrici quando ascolto radio via web o satellite. Credo la causa sia l'enfatizzazione della risposta dell'altoparlante tra i 2,5 e 10 KHz .

Gli altoparlanti larga banda delle JB3 sono meno sensibili quindi è necessario compensare aumentando il volume, fanno quasi sparire il problema delle esse sibilanti.

Per trasferire i brani sull'hard-disk uso il programma gratuito EAC scaricabile dal sito <http://www.exactaudiocopy.de/>, conviene fare tutto in un formato lossless, io utilizzo wav.

Come player ho i migliori risultati con Jplay che è a pagamento e con una interfaccia minimale a volta scomoda da usare. Quando voglio una interfaccia più comoda uso foobar2000 scaricabile gratuitamente da <http://www.foobar2000.org/>. La perdita di qualità rispetto a Jplay è appena percettibile.

Con entrambe le coppie di casse e con entrambi i player la riproduzione è realistica e divertente. Considero i diffusori realizzati con Integra001 adatti per i miei gusti, è semplicemente il meglio che io abbia ascoltato in ambienti domestici.

## Integra001

### trasformatore acustico a guida d'onda sospesa

#### Materiale per un diffusore

- a) carta da plotter hp Q1444A 90 g/mq. Foglio da 841 x 100 cm (canale sinistro), carta da plotter hp Q1412A 125 g/mq. Foglio da 61 x 100 cm (canale destro)
- b) tappo per tubo acqua scarico da 11 cm
- c) quattro viti autofilettanti da 1,5 cm
- d) elastici

#### Costruzione

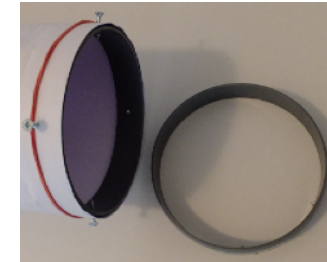
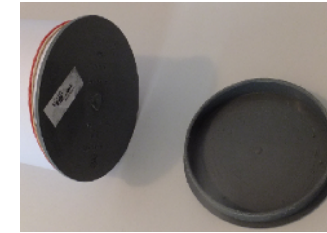
1. tagliare il tappo per ottenere un anello cilindrico come nella foto



2. realizzare 4 fori da 1-2 mm a 90° sull'anello
3. avvolgere il foglio di carta (da 84 cm per il canale sinistro e da 60 cm per il canale destro) con

l'anello e il tappo agli estremi, aiutatevi con gli elastici per fermare il foglio

4. inserire le viti autofilettanti in modo da bloccare il foglio come nelle foto



5. il foglio può rimanere fissato con gli elastici o bloccato con nastro adesivo in corrispondenza dei supporti.



Realizzare il secondo trasformatore ripetendo i punti da 1 a 5.

### **Annotazioni**

L'anello cilindrico fa da supporto meccanico e tramite le viti si può appendere alla flangia di un altoparlante esterno che invia onde sonore all'interno della guida d'onda.

Il foglio è utilizzato per realizzare un diaframma cilindrico con due funzioni:

- guida d'onda
- radiatore acustico passivo omnidirezionale

Il tappo all'altro estremo del cilindro riflette le onde sonore verso l'altoparlante.

Per una riproduzione corretta delle frequenze più basse è importante che tra anello, foglio e tappo non vi siano perdite d'aria che facciano diminuire la pressione acustica interna.

Claudio Gandolfi

Claudio Gandolfi

## Integra002

### supporto e altoparlante

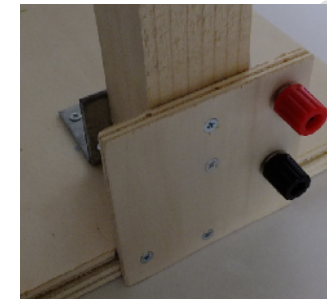
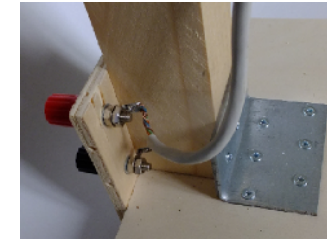
#### Materiale per un diffusore

- a) riquadro di compensato per la base 20 x 20 x 2 cm
- b) piastra a L in metallo 4 x 6 x 4 cm
- c) riquadro di compensato 8 x 8 x 0.6 cm
- d) due connettori a banana femmina da pannello (rosso e nero)
- e) cavo UTP cat 5 (o superiore) 1,5 m
- f) listello legno 4 x 4 x 100 cm
- g) piastra metallica forata da 2 x 20 cm
- h) altoparlante Ciare HX101
- i) anello con le dimensioni della flangia dell'altoparlante ricavato da un tappetino per esercizi di ginnastica
- j) viti da legno
- k) feltrini
- l) riquadro superiore di compensato 20 x 20 x 2 cm
- m) elastici
- n) trasformatore acustico Integra001
- o) 4 tasselli a espansione da 4 mm tagliati a 2 cm

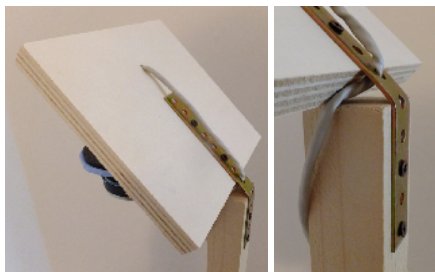
#### Costruzione

1. applicare la piastra a L (b) al listello in legno (f) tramite 4 viti (j)

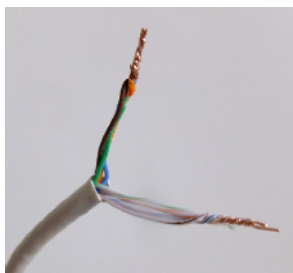
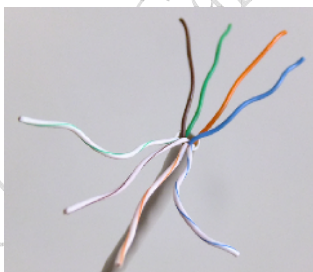
2. forare e montare i due connettori a banana (d) al riquadro in compensato (c)
3. fissare con viti la piastra a L (b) e listello (f) al riquadro (a) da usare come base
4. fissare con viti il riquadro in compensato (c) al riquadro in compensato (a) e al listello (f)



5. forare con una punta da 6 mm a  $\frac{3}{4}$  dal bordo il riquadro superiore in compensato (l) da usare come supporto per l'altoparlante
6. piegare a 45° la piastra metallica forata (g)
7. fissare la piastra metallica forata (g) al listello (f) con viti
8. fissare con viti piastra (g) e riquadro superiore (l) appoggiando il riquadro (l) sul listello (f)

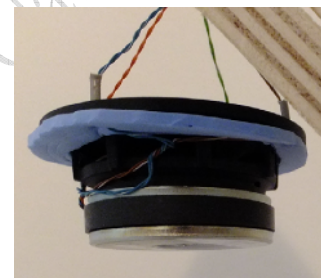


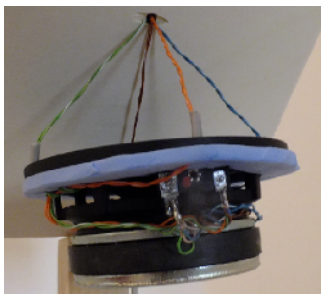
9. eliminare la guaina esterna del cavo UTP (e) per 30 cm su un lato e per 4 cm sull'altro
10. inserire i 30 cm di fili scoperti nel foro praticato nel riquadro superiore (l)
11. spellare per 1 cm gli otto fili sul lato senza 4 cm di guaina del cavo (e)
12. ritorcere e saldare tra loro i quattro fili con colore pieno
13. ritorcere e saldare tra loro i quattro fili con colore e bianco



14. avvolgere il cavo Utp (e) al listello (f)
15. saldare i 4 fili con colore pieno al connettore (d) nero

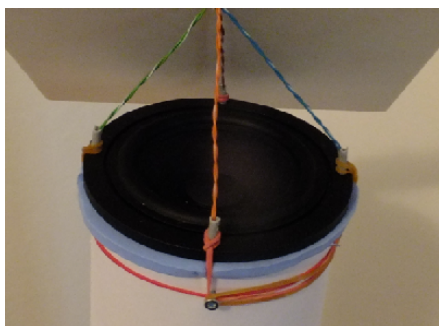
16. saldare i 4 fili con colore e bianco al connettore (d) rosso
17. praticare con una forbice quattro fori nell'anello (i) in corrispondenza dei fori di fissaggio della flangia dell'altoparlante (h)
18. inserire i 4 tasselli (o) nei quattro fori della flangia dell'altoparlante (h)
19. fare passare le quattro coppie del cavo Utp (e) nei tasselli (o) nei fori della flangia dell'altoparlante (h) e nell'anello (i) per circa 20 cm.
20. ritorcere a due a due le coppie ritorte per sospendere l'altoparlante (h)
21. portare tutte le coppie vicino ai contatti dell'altoparlante (h)
22. spellare per 1 cm gli otto fili del cavo (e)
23. ritorcere e saldare tra loro i quattro fili con colore pieno
24. ritorcere e saldare tra loro i quattro fili con colore e bianco
25. saldare i 4 fili con colore pieno al connettore (-) dell'altoparlante (h)
26. saldare i 4 fili con colore e bianco al connettore (+) dell'altoparlante (h)





27. fissare 4 elastici (m) alle 4 coppie di cavi sopra la flangia dell'altoparlante (h)

28. fissare l'altro lato degli elastici (m) alle quattro viti del trasformatore acustico **Integra001**.



Ripetere da 1 a 28 per il secondo diffusore e buon ascolto.

#### Annotazioni

Il posizionamento orizzontale dell'altoparlante è la condizione di lavoro ottimale rispetto alla forza di gravità che può essere distribuita in modo uniforme sulle sospensioni elastiche.

L'uso delle coppie ritorte del cavo utp per la sospensione dell'altoparlante si è rivelata migliore rispetto all'uso di fili e corde più o meno elastiche provate in precedenza in quanto il rame ricoperto con la guaina in plastica e ritorto assorbe in modo ottimale le vibrazioni.

I fili delle coppie ritorte non devono mai essere separate se non per pochi cm vicino ai punti di saldatura. Il rischio è far diventare il cavo un'antenna trasmittente che va a disturbare il resto dell'impianto.

Per una riproduzione corretta delle frequenze più basse è importante che tra flangia, anello e trasformatore acustico non vi siano perdite d'aria che facciano diminuire la pressione acustica interna.

La realizzazione in legno grezzo serve a evidenziare tutti i particolari strutturali. Nel caso vogliate migliorare l'estetica potete arrotondare levigare e lucidare i vari materiali. Il diffusore inclinato a 45° sopra l'altoparlante può essere sostituito con altri materiali più leggeri, di forma diversa e volendo trasparenti. Il listello può essere sostituito con un tubo per alloggiare all'interno i fili.

La lavorazione artigianale limita la potenza massima senza distorsioni. In ogni caso si raggiungono gli 80 dB senza degrado del segnale acustico.

Integra003

### subwoofer di carta

#### Materiale per un diffusore

- a) carta da plotter hp Q1412A 125 g/mq. Foglio da 60 x 150 cm
- b) cartoncino
- c) nastro di carta
- d) elastici
- e) subwoofer
- f) quattro viti da 15 x 3 mm con dado

#### Costruzione

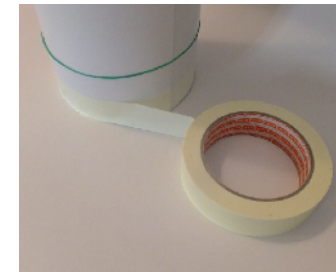
1. da un sistema di casse 2.1 per PC recuperare il woofer
2. tagliare 2 strisce di cartoncino altre 3 cm per ottenere due anelli cilindrici del diametro della flangia dell'altoparlante come nella foto



3. avvolgere il foglio di carta sugli anelli aiutandovi con gli elastici



4. fissare il foglio con le quattro viti a 90 gradi sul lato alto e con il nastro sul lato basso



5. ritagliare un disco in cartoncino con il diametro del cilindro



6. fissare con il nastro il disco alla base del cilindro





Ricollegare i contatti e buon ascolto.

7. appoggiare l'altoparlante sull'altro lato del cilindro con il magnete all'esterno



8. fissare con gli elastici il cilindro alla flangia dell'altoparlante



Claudio Gandolfi

## Annotazioni

Questo è il sistema più economico per la costruzione di un subwoofer. La realizzazione permette di familiarizzare con la tecnologia utilizzata nel trasformatore acustico prima di impegnare cifre nell'acquisto di altoparlanti più o meno sofisticati.

Il diffusore è perfettamente utilizzabile abbinato ad un PC; il limite della distorsione che compare ad alto volume può essere facilmente superato realizzando con più cura il tappo alla base e inserendo una guarnizione adeguatamente robusta tra cilindro e flangia dell'altoparlante.

Per sospendere il tutto è sufficiente una piastra in ferro fissata sotto il tavolo di lavoro e il magnete provvederà ad auto sostenersi con il proprio campo magnetico.

**Integra005**

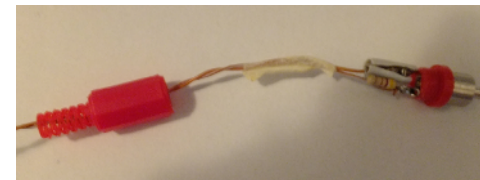
**cavo segnale DAC - Amplificatore**

### Materiale per un canale

- a) cavo Utp cat 5 (o superiore) 60 cm
- b) 2 spinotti RCA
- c) 1 resistenza 1 Kohm 1/8 W

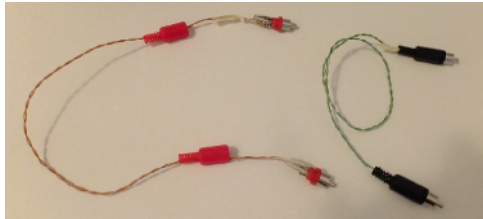
### Costruzione

1. estrarre una coppia di fili ritorta dal cavo Utp
2. spellare per 0,5 cm le 4 terminazioni della coppia
3. inserire i cappucci nel cavo
4. saldare il filo con colore pieno alla massa del connettore RCA lato DAC
5. saldare il filo con colore e bianco al centrale del connettore RCA lato DAC
6. richiudere il connettore RCA lato DAC
7. saldare il filo con colore pieno alla massa del 2° connettore RCA lato amplificatore
8. saldare il filo con colore e bianco al centrale del 2° connettore RCA lato amplificatore
9. saldare la resistenza fra massa e centrale del 2° connettore RCA lato amplificatore



10. segnare con un pezzo di nastro il lato con la resistenza e richiudere il connettore RCA lato

amplificatore



Ripetere da 1 a 10 per il secondo cavo e buon ascolto.

#### Annotazioni

L'elevata qualità di questo cavo deriva da diversi fattori:

- capacità estremamente bassa tra massa e segnale
- insensibilità ai disturbi tipica delle coppie di fili ritorte
- bassa resistenza in uscita dovuta alla resistenza sul lato amplificatore che attenua eventuali disturbi residui

Il valore della resistenza non è detto che sia adatto a tutti i DAC, potrebbe essere necessario aumentarne il valore. Questo cavo non è adatto a collegare lo stadio phono dei giradischi.

**Integra006**

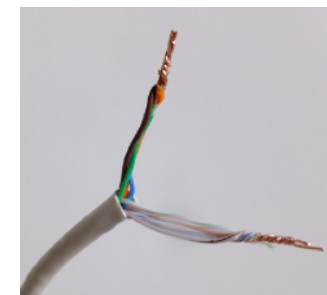
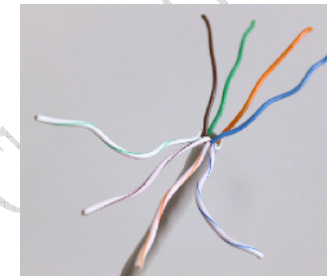
**cavo potenza altoparlante**

#### Materiale per un canale

- a) cavo Utp cat 5 tagliato alla distanza fra amplificatore e diffusori
- b) 4 spinotti a banana

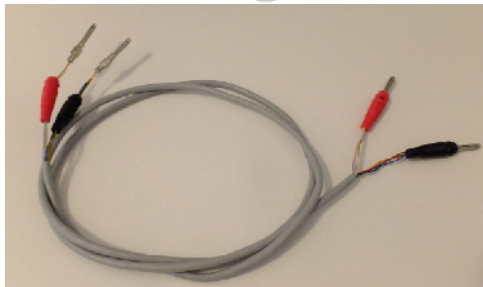
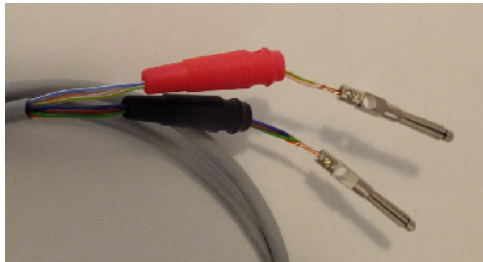
#### Costruzione

1. eliminare la guaina esterna del cavo UTP per 5 - 10 cm su entrambi i lati
2. spellare per 1 cm gli otto fili su un lato
3. ritorcere e saldare tra loro i quattro fili con colore pieno
4. ritorcere e saldare tra loro i quattro fili con colore e bianco



5. avvitare o saldare i 4 fili con colore pieno al connettore nero

6. avvitare o saldare i 4 fili con colore e bianco al connettore rosso
7. spellare per 1 cm gli otto fili sull'altro lato
8. ritorcere e saldare tra loro i quattro fili con colore pieno
9. ritorcere e saldare tra loro i quattro fili con colore e bianco
10. avvitare o saldare i 4 fili con colore pieno al connettore nero
11. avvitare o saldare i 4 fili con colore e bianco al connettore rosso



ripetere da 1 a 11 per il secondo cavo e buon ascolto.

### Annotazioni

Questo cavo è ottimo per un ascolto domestico. L' HX101 ha una sensibilità dichiarata di 89 dB ciò significa che potete arrivare oltre gli 80 dB con meno di un watt. La corrente per avere 1 watt di picco su 8 Ohm è pari a 0,35 ampere che può essere sopportata agevolmente.

La cosa più importante è che le coppie ritorte con passi diversi una dall'altra contribuiscono a minimizzare i disturbi elettromagnetici emessi dal cavo di potenza in uscita dall'amplificatore fino ai diffusori. Un segnale elettrico che percorre un cavo può essere disturbato ma può anche essere una fonte di disturbi elettromagnetici per altri apparati.

Claudio Gandolfi

## Integra011

### alimentatore DAC amplificatore

Tutti i componenti del sistema sono alimentati da un unico alimentatore a 12 volt che può essere collegato anche ad una batteria.

#### Materiale

- alimentatore switching 220 V AC - 12 V DC, 100 W
- DAC Pop-Pulse 707
- amplificatore Pop-Pulse TA2024
- cavi alimentazione terminati con jack
- faston ad anello
- viti e bulloni
- batteria 12 V DC

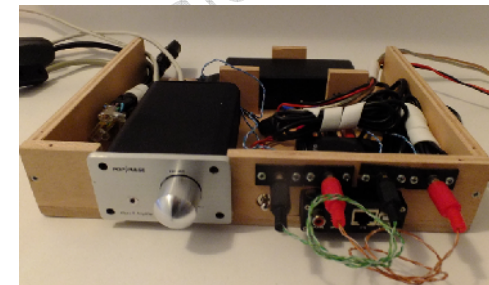
#### Costruzione

Si utilizza una scatola in legno autocostruita per l'alimentatore e le elettroniche.

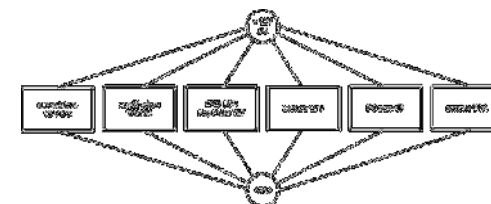
Sulla base della scatola sono fissate due viti con bulloni che hanno la funzione di centro stella per la massa e il polo positivo. Tramite faston ad anello sono fissati tutti i cavetti di alimentazione per: amplificatore, DAC, batteria, PC e monitor.



Sul frontale è presente un ponte con connettori RCA per collegare dispositivi esterni come iPod ecc...



#### Annotazioni



Il circuito a stella minimizza i disturbi elettromagnetici.

Il sistema funziona anche con l'alimentazione fornita dalla batteria di un'auto, una barca o un camper.

Se collegata in presenza di alimentazione a 220 V AC la batteria garantisce la continuità di funzionamento in caso di blackout.

**Integra012**

**PC zero dB (o quasi)**

Tutti i componenti del sistema hanno un unico alimentatore a 12 volt DC che può essere collegato anche ad una batteria.

#### **Materiale**

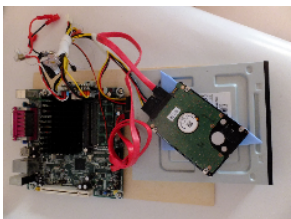
- scheda madre intel D425KT
- alimentatore M3-ATX modificato con l'aggiunta del secondo connettore a 12 V per la scheda madre
- SODIMM 2 GB DDR3
- hard-disk 2.5" SATA 320 Gb ( se si vogliono zero dB va utilizzato un SSD)
- Lettore CD-DVD SATA
- Monitor alimentato a 12 V DC
- Windows 8.0 professional
- driver Asio
- player JPlay
- player Foobar2000
- EAC

#### **Costruzione**

La foto sono stata fatta prima di inserire il prototipo in un cabinet.

Sull'alimentatore M3-ATX ho aggiunto il secondo connettore a 12 V necessario per la scheda madre Intel D425KT.

Il resto dell'assemblaggio è standard.



### Annotazioni

La scelta di Windows garantisce la compatibilità con la maggior parte delle periferiche in commercio.

JPlay è il miglior player che abbia provato.

I driver Asio rendono JPlay più stabile.

Uso Foobar2000 quando ho la necessità di una interfaccia grafica più comoda.

EAC è usato per trasferire i CD sull'hard-disk.

Si può arrivare a un sistema a zero decibel anche con un player audio di qualità da collegare direttamente all'amplificatore. In questo caso il limite è la ridotta capacità di memoria dalle schede micro SD.

Altrettanto valida è la scelta di un portatile con hard-disk SSD.

### Integra013

#### risparmio energetico ed energie da fonti rinnovabili

Il sistema ha la caratteristica di utilizzare in modo ottimale l'energia:

- il PC zero dB assorbe circa 25 W
- il monitor LCD assorbe circa 25 W
- l'amplificatore in classe D usa la tecnologia audio con la massima efficienza disponibile
- il DAC è alimentato a soli 12 V.

Il consumo totale è di circa 65 W che possono essere forniti anche da una batteria a 12 volt.

Sistemi come questo sono un esempio di come potrebbero evolvere gli elettrodomestici a basso consumo per sfruttare al meglio le energie rinnovabili.

Televisori, PC, illuminazione led, impianti stereo, apparati di rete possono funzionare collegati direttamente alle batterie. Adeguatamente dimensionate e inserite all'interno dell'elettrodomestico possono immagazzinare l'energia intermittente fornita dalle energie rinnovabili e sfruttarla senza le perdite della doppia conversione DC-AC-DC. Si può ipotizzare la realizzazione nelle abitazioni di un cablaggio in bassa tensione alimentato da alcune batterie di elevata capacità che distribuiscono energia a tutti i dispositivi a basso assorbimento che possono funzionare in corrente continua.

Televisori, PC, illuminazione led, impianti stereo, apparati di rete sono in milioni di abitazioni già collegate a internet e con l'allaccio alla rete elettrica. Moltiplicando per la capacità di una o più batterie abbinate a inverter DC-AC, si può ottenere un sistema intelligente di immagazzinamento dell'energia su larga scala con caratteristiche molto interessanti.

ascoltare musica è giocare con la memoria

*Claudio Gandolfi*