



UNIVERSITÀ IUAV DI VENEZIA
DIPARTIMENTO DI CULTURE DEL PROGETTO

Corso di Laurea Magistrale in Disegno Industriale del Prodotto

TESI DI LAUREA in Prodotto Industriale

MODULHEAR

Cuffie modulari adattabili che limitano l'obsolescenza
programmata, tecnica e psicologica

Laureanda
Elena Salvadori

Matricola
294418

Relatrice
Prof.ssa Laura Badalucco

Correlatore
Prof. Francesco Bergamo

Anno Accademico 2021/2022



Sommario

Abstract	10
Italiano	10
Inglese	11
1. Fase di ricerca	13
1.1 Introduzione al tema	13
L'economia circolare	13
Obsolescenza programmata	14
Design for Disassembly	16
1.2 Le cuffie	24
Dati	24
Il tema scelto	25
Visione di mercato	25
Anatomia generale delle cuffie	26
Le tipologie di cuffie sul mercato	29
Aperte o chiuse	29
Sovraurali o circumaurali	30
Cablato o wireless	31
Noise-cancelling	32
Le diverse varianti di ciascun componente	32
Pad	33
Padiglione	33
Giunzione tra archetto e padiglione	34
Archetto	35
Microfono	36
Cavo	37
Connessione	38
Interfaccia	39

Driver	40	Utilizzo di collante	87
Elementi estetici	41	Grado di facilità di disassemblaggio	89
I diversi utilizzi delle cuffie	42	Separabilità e pulizia dei componenti per il recupero della materia	89
Produzione musicale – per professionisti	42	Tipologia di materiali utilizzati	90
Gaming – per videogiocatori	43	Numero e peso delle componenti	90
Monitoraggio professionale – per DJ	45	Conclusione	90
Registrazione binaurale	46	Schema elettrico	90
Hi-Fi – per audiofili	48	Distinta base – BOM (Bill of Materials)	93
Headset – per lavoro d’ufficio	49	Modello 3 – Lobkin	94
Per uso generico	51	Caratteristiche generali	94
Audio tridimensionale	52	Analisi iniziale dello stato del prodotto (nuovo)	94
1.3 Le cuffie modulari	60	Utilizzo di collante	95
Casi studio esistenti di cuffie modulari	60	Grado di facilità di disassemblaggio	96
AIAIAI – cuffie TMA-2	60	Separabilità e pulizia dei componenti per il recupero della materia	96
Cuffie Repeat (Gerrard Street)	64	Tipologia di materiali utilizzati	99
Print+ – cuffie DIY	66	Numero e peso delle componenti	99
Hans van Sinderen – cuffie DE-MO	69	Conclusione	100
Richard Price – cuffie Mode	70	Schema elettrico	100
Paramveer – cuffie Dampen	71	Distinta base – BOM (Bill of Materials)	102
Confronto dei casi studio	72	Modello 4 – Manhattan	104
2. Fase di analisi	75	Caratteristiche generali	104
2.1 Analisi di quattro modelli di cuffie	75	Analisi iniziale dello stato del prodotto (usato)	104
Studio delle cuffie esistenti	75	Utilizzo di collante	106
Disassemblaggio	75	Grado di facilità di disassemblaggio	106
Modello 1 – AKG, Y40	76	Separabilità e pulizia dei componenti per il recupero della materia	107
Caratteristiche generali	76	Tipologia di materiali utilizzati	107
Analisi iniziale dello stato del prodotto	76	Numero e peso delle componenti	107
Utilizzo di collante	77	Conclusione	107
Grado di facilità di disassemblaggio	79	Schema elettrico	109
Separabilità e pulizia dei componenti per il recupero della materia	80	Distinta base – BOM (Bill of Materials)	110
Tipologia di materiali utilizzati	82	2.2 I quattro modelli a confronto	112
Numero e peso delle componenti	82	Padiglioni	112
Conclusione	83	Pad	112
Schema elettrico	83	Driver	113
Distinta base – BOM (Bill of Materials)	85	Archetto	114
Modello 2 – SBS, Music Hero	86	Elettronica	114
Caratteristiche generali	86	Pezzi e materiale	115
Analisi iniziale dello stato del prodotto (nuovo)	86	Prezzo	116
		Tempo di disassemblaggio	117
		Tabella di confronto	118

3. Fase di definizione	121	5.4 Schema elettrico	171
3.1 Definizione del progetto	121	5.5 Render esplicativi	173
Contesto attuale	121	5.6 Render delle componenti interne	184
Brief di progetto	130	5.7 Possibilità di personalizzazione – varianti del meccanismo	186
Problemi attuali	130	5.8 Scenari d'utilizzo	188
Soluzioni progettuali	130	Monitoraggio professionale da DJ	188
Il progetto	131	Ascolto quotidiano	190
Approccio per allungare la vita del prodotto	131	Ascolto binaurale nel gaming	192
Sostituzione per usura	131	Ascolto di audio più definito per audiofili	194
Sostituzione per aggiornamento tecnologico	132		
Sostituzione per cambio di funzionalità	134	6. Conclusioni	197
Sostituzione per scopi di personalizzazione	135		
4. Fase di progettazione	137	Riferimenti	201
4.1 Idee, problemi e soluzioni iniziali	137		
4.2 Modelli di studio	144		
4.3 Materiali	150		
Rivestimento esterno degli elementi imbottiti	150		
Ohoskin	150		
Vegea	151		
Desserto	152		
Confronto	153		
Struttura	154		
Mixcycling	154		
Imbottitura	156		
Zetaloft+	156		
5. Modulhear	159		
5.1 Il progetto	159		
Descrizione	159		
5.2 Tavole tecniche	160		
Cuffie assemblate	160		
Cuffie disassemblate	163		
Distina Base - BOM (Bill of Materials)	167		
5.3 Giunzioni e incastri reversibili	168		



Abstract

Italiano

Le cuffie sono una delle Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (AEE) di piccole dimensioni che maggiormente vengono accumulate e dismesse dagli utenti, perché non più funzionanti, obsolete e/o non più desiderabili. L'obsolescenza a cui le cuffie sono soggette ne limita o addirittura impedisce la riparazione, l'aggiornamento e la personalizzazione, accorciandone così la durata del ciclo di vita. La loro configurazione presente non permette difatti di stare al passo con le esigenze mutevoli dell'utente in termini estetici, funzionali e tecnologici; le quali vengono attualmente soddisfatte con l'acquisto di prodotti sempre nuovi, aggiornati o che offrono funzionalità differenti. Le cuffie Modulhear limitano gli effetti dell'obsolescenza programmata, di tipo tecnico e psicologico, attraverso la modularità; la presenza di unità indipendenti, facilmente separabili da quelle attigue, permette di sostituire le stesse con unità riparate, più aggiornate tecnologicamente o dotate di funzioni o aspetto differenti. La struttura a moduli permette anche di poterne aggiungere o rimuovere in modo da adattare le cuffie alle esigenze del momento e/o dell'ambiente in cui l'utente è immerso. Nello specifico, le Modulhear permettono di sfruttare al massimo le potenzialità della cuffia, dando modo di modificare il grado di apertura dei padiglioni per ottenere, da ogni tipo di ambiente, la migliore esperienza acustica possibile. La cuffia aperta offre, infatti, la possibilità di avere un audio più chiaro e naturale, utile soprattutto per la riproduzione binaurale che sta alla base di sempre più attività d'intrattenimento, svolte principalmente in ambienti silenziosi e in solitaria (es: gaming e ascolto di contenuti ASMR).

Inglese

Headphones are one of the small sized Electrical and Electronic Equipment (EEE) that are most frequently hoarded and discarded by users because they are obsolete, no longer functional and/or no longer desirable. The obsolescence to which headphones are subjected limits or even prevents their repair, upgrade, and customization, thus shortening their lifespan. In fact, their current configuration does not allow them to keep up with the user's changing needs in terms of aesthetics, functionality, and technology, which are currently met by purchasing products that are always new, updated, or offer different functionalities. The Modulhear headphones reduce the effects of planned obsolescence, both technical and psychological, through modularity; the presence of independent units, which can be easily separated from adjacent ones, allows them to be replaced with repaired units that are more technologically up-to-date or have different functions or appearance. The modular structure also makes it possible to add or remove modules in order to adapt the headphones to the needs of the moment and/or the environment in which the user is immersed. In particular, Modulhear headphones allow the full potential of the headset to be exploited, giving a way to change the degree of openness of the earcups to obtain, from any type of environment, the best possible acoustic experience. In fact, the open headset offers the possibility of clearer and more natural audio, which is especially useful for binaural reproduction that is the basis of more and more entertainment activities, carried out mainly in quiet, solo environments (e.g., gaming and listening to ASMR content).



I. Fase di ricerca

I.1 Introduzione al tema

L'economia circolare

Il pianeta Terra è un sistema chiuso¹, composto da elementi finiti; nel momento in cui questi si esauriscono o non è più possibile tornare indietro. Bisognerebbe quindi conservare e prendersi cura di ogni singolo elemento, dal momento che ciascuno di questi è irrinunciabile perché essenziale al funzionamento dell'intero sistema. Eppure, il modello economico tuttora in utilizzo segue una logica lineare che prevede l'estrazione della materia e la sua trasformazione in merce, la quale viene poi utilizzata per essere consumata e infine gettata via. Questa serie di azioni, che si concludono con la dismissione, viene ripetuta ininterrottamente senza tenere conto della limitatezza delle risorse a nostra disposizione. Continuando su questa strada, è inevitabile raggiungere il punto di non ritorno. Per queste ragioni, è necessaria un'economia che sia "pensata per potersi rigenerare da sola", in modo tale che "ciò che entra nella sfera delle attività umane" venga restituito all'ambiente. Questo ritorno, però, non può avvenire con un'entropia² troppo grande, ovvero "sotto forma di materia dispersa e non recuperabile o sotto forma di radiazione termica inutilizzabile" (Bompan, 2021).

L'economia circolare è, quindi, un modello di produzione e consumo che "estende il ciclo di vita delle merci attraverso il riuso, la riparazione, il remanufacturing e l'upgrade tecnologico e stilistico, e sostituisce l'energia con la manodopera e le fabbriche centralizzate con i laboratori locali" (European Parliament, 2022; Stahel, 2021). Nello

¹ Un sistema che, con l'ambiente circostante (l'universo, nel caso della Terra), scambia solo energia e non materia.

² È il secondo principio della termodinamica secondo cui ogni trasformazione implica una perdita irreversibile di materiale (Minini, n.d.). Ad esempio: quando viene bruciato un pezzo di carbone, l'energia in esso contenuta si dissipa nell'ambiente sotto forma di calore. Quella quantità di energia libera non è più recuperabile.

specifico, l'economia circolare industriale (CIE - Circular Industrial Economy) ha l'obiettivo di massimizzare il valore degli stock³ di prodotti, mantenendolo il più elevato per il più a lungo possibile. Invece, per quanto riguarda gli stock di materiali, quello a cui punta è il più alto livello possibile di purezza, in modo che possano essere recuperati nella loro quasi totalità.

L'economia lineare, invece, non punta ad estendere la vita dei prodotti ma tende, anzi, ad accorciarle artificialmente attraverso l'obsolescenza programmata, non facendo altro che accelerare il consumo irreversibile di risorse finite. In questo modo la tecnologia viene utilizzata puramente per "creare un difetto o un bisogno" (Rau, 2019). Nel sistema attuale, infatti, si fa sempre più grande il divario tra la durata di utilizzo di un prodotto e la durata del ciclo di vita del prodotto stesso, generando così sprechi e rifiuti.

Si deve, quindi, iniziare a imitare il metabolismo della natura, seguendo la logica "cradle to cradle" (dalla culla alla culla), che non contempla proprio il concetto di rifiuto.

Diventa così necessario riprogettare tutto basandosi, fin dall'inizio, sul principio che "il rifiuto non esiste" (Bompan, 2021). In questo senso i prodotti devono essere pensati con una visione della materia a cascata⁴, in modo da mantenere il valore delle risorse il più a lungo possibile.

Obsolescenza programmata

L'obsolescenza è una svalutazione simbolica, definita come la perdita relativa al valore dovuta a miglioramenti qualitativi o a cambiamenti stilistici nelle versioni successive del prodotto (Granberg, 1997). Essa è, infatti, nata come conseguenza dell'innovazione tecnologica ed è successivamente diventata anche l'effetto dell'evoluzione estetica dei prodotti. I produttori hanno deliberatamente imparato a sfruttare l'obsolescenza, cominciando addirittura a pianificarla, mentre i consumatori l'hanno sempre più accettata in ogni aspetto della loro vita (Slade, 2009). Si è diventati sempre più disposti a sostituire i propri prodotti per ottenere un miglioramento tecnologico o un cambiamento di stile, molto prima che questi prodotti si usurino davvero. I produttori, che hanno iniziato ad utilizzare materiali di qualità inferiore per

ridurre i costi, si sono resi conto che quest'alterazione avrebbe aumentato ancor di più la domanda; a questo proposito hanno cominciato a manipolare deliberatamente il livello di usura dei prodotti. Con obsolescenza programmata⁵ si intende, quindi, l'assortimento di tecniche che vengono utilizzate per limitare artificialmente la durata di un prodotto, con la finalità di manipolare i consumatori ad acquistare ripetutamente (Slade, 2007).

L'economia occidentale, per puntare alla massimizzazione del profitto, garantisce quindi l'obsolescenza attraverso tre processi: la moda, l'innovazione incrementale continua e la programmazione dell'obsolescenza stessa (Bompan, 2021). I prodotti nuovi presentano, infatti, delle innovazioni minime e modeste, con lo scopo di alimentare l'illusione che siano invece rivoluzionarie. Seguendo questa logica, l'impresa lineare contemporanea si basa su strategie a breve termine, ad esempio facendo in modo che i prodotti siano in grado di sostenere il periodo coperto dalla garanzia, ma non oltre; così facendo, terminato quel periodo, il prodotto in questione sarà sempre più soggetto all'obsolescenza e il consumatore sarà costretto a sostituirlo.

Anche l'obsolescenza psicologica⁶ influisce notevolmente sulle decisioni di sostituzione dei prodotti, sebbene i consumatori non ne siano del tutto consapevoli. Il motivo principale del riacquisto di un prodotto durevole, infatti, è la diminuzione della desiderabilità (rispetto alla funzionalità) di un prodotto attualmente posseduto (Munten et al., 2021). L'obsolescenza dei prodotti è quindi il risultato delle strategie dei produttori, delle scelte dei consumatori e delle direttive o regolamenti imposti dai governi.

I prodotti elettronici sono quelli maggiormente afflitti dall'obsolescenza; ciò è dovuto alla brevità dei loro cicli di vita e a come questo tipo di prodotti ne subisca maggiormente, e in modo più evidente, gli effetti in termini di compatibilità e disponibilità. Invece, i componenti non elettronici generalmente si sviluppano più lentamente perché non sono caratterizzati da cambiamenti così drastici come quelli tecnologici. I componenti non elettronici diventano obsoleti dopo decenni, mentre

³ Sono anche detti patrimoni o capitali; oltre al campo industriale, gli stock possono anche essere naturali, umani (lavoro e competenze), culturali e finanziari.

⁴ Gli scarti di un'impresa diventando materia prima per un'altra.

⁵ L'obsolescenza "pianificata" compare per la prima volta, in letteratura, nel 1932, quando un'agente immobiliare di nome Bernard London propone al governo degli Stati Uniti un vero e proprio piano di sostituzione dei prodotti, al fine di risollevare l'economia durante la Grande Depressione.

⁶ La perdita di valore che viene percepita in modo soggettivo dal consumatore; può portare all'acquisto di un nuovo prodotto anche se quello precedente funziona ancora senza problemi.

in quelli elettronici è appunto un fenomeno ricorrente; possono essere surclassati nel giro di pochi anni o anche solo di mesi (Bartels et al., 2012).

Questa perdita di valore oggettiva o percepita, che è l'obsolescenza, porta inevitabilmente i prodotti a essere scartati o non più utilizzati. Per contrastarla e ridurne i danni, si può adottare una serie di pratiche che possono indurre dei cambiamenti a livello di design del prodotto e di comportamento dei consumatori. In queste pratiche rientrano l'educazione dei consumatori, i programmi di ritiro e i servizi di rivalutazione, i contratti di manutenzione e i servizi di riparazione e gli aggiornamenti. Manutenzione e riparazione sono servizi forniti per estendere la responsabilità dei produttori fino alla fine del ciclo di vita del prodotto. Invece, l'aggiornabilità di un prodotto offre all'utente l'opportunità di aggiungervi valore; l'aggiornamento è infatti una pratica che mantiene un certo livello di idoneità funzionale, fisica ed estetica, sostituendo o aggiungendo nuovi moduli, in modo da aumentare anche la vita del prodotto (Xing et al., 2013).

Per far fronte all'obsolescenza, quindi, diventa necessario integrare dei servizi di rivalorizzazione; ciò implica un cambiamento a monte della progettazione dei prodotti per, ad esempio, renderne possibile lo smontaggio. Le strategie, come quella della progettazione per il disassemblaggio, cercano proprio di aumentare la facilità dei processi di rigenerazione e riparazione utilizzando approcci modulari.

Design for Disassembly

La progettazione per il disassemblaggio (Design for Disassembly⁷) è la metodologia applicata per progettare prodotti facilmente smontabili in modo da agevolarne la riparazione, la manutenzione, la rigenerazione, l'aggiornamento e il recupero della materia, con l'obiettivo ultimo di estendere il più possibile la loro vita utile per ridurre l'impatto ambientale complessivo (Cheng et al., 2021). Con vita utile ci si riferisce alla durata di un prodotto e dei suoi componenti in condizioni di lavoro normali, mantenendo le sue prestazioni a livelli standard accettati o predeterminati

(Vezzoli, 2018). La vita utile di un prodotto, infatti, è continuamente condizionata da diversi fattori, che ne possono accorciare la durata: avanzamenti della tecnologia, cambiamenti del contesto ambientale in cui il prodotto è collocato, evoluzioni delle abitudini culturali dell'utente e/o una sua crescita fisica. Un prodotto con una durata di vita ridotta crea inevitabilmente un maggior numero di rifiuti e avrà un impatto indiretto dovuto alla sostituzione del prodotto, perché la produzione e la distribuzione del prodotto nuovo comporterà un maggior consumo di risorse e maggiori emissioni. Infatti, spesso a rompersi è solamente una parte del prodotto, mentre le altre componenti sono perfettamente funzionanti (Bompan, 2021). Per queste ragioni è fondamentale rendere il più agevole possibile l'aggiornamento e l'adattabilità dei prodotti in modo che essi siano flessibili, modulari e con dimensioni, prestazioni ed estetica dinamiche. Allungandone in questo modo la vita utile, si avrà generalmente un impatto minore sull'ambiente. Per questo, una buona progettazione per il disassemblaggio prevede una valutazione e selezione dei materiali e la progettazione dell'architettura generale del prodotto; nello specifico la forma delle componenti, il tipo di giunti, connettori e dispositivi di fissaggio e l'accessibilità delle parti più soggette a obsolescenza tecnologica e/o estetica.

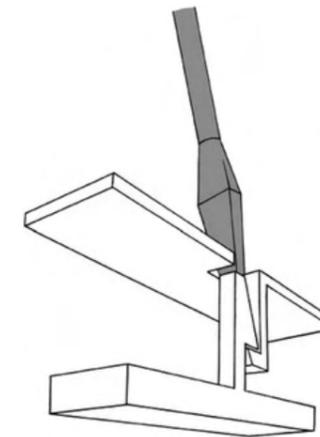
Il Design for Disassembly (DFD) non è semplicemente l'inverso della progettazione per l'assemblaggio (Design for Assembly), nonostante siano accomunati da una serie di similitudini come l'attenzione al numero ridotto di componenti e alla struttura modulare. Infatti, un prodotto progettato secondo la tecnica di assemblaggio più semplice può al contrario rivelarsi difficile da smontare (Bogue, 2007). Il disassemblaggio è un processo fondamentale per recuperare il valore di un prodotto (Soh et al., 2014), per questo motivo il Design for Disassembly (DFD) deve prevedere un sistema di smontaggio non distruttivo. Non deve causare deformazione e danni al prodotto e alle sue componenti, quali usura, deterioramento, danni accidentali e rottura. Inoltre, per essere in grado di recuperare il valore della materia nella sua totalità le componenti non devono nemmeno essere contaminate; a questo scopo vanno evitate le finiture secondarie e i metodi di giunzione devono essere meccanici, non devono quindi prevedere l'utilizzo di colla o saldature. Eventuali danneggiamenti possono venire tollerati solamente nel momento in cui lo smontaggio è finalizzato al solo recupero dei materiali; in quel caso è irrilevante ottenere componenti integre perché diventa più importante acquisire i materiali il più possibile puliti.

⁷ È un concetto che nasce negli anni '90, ma che si sta affermando negli ultimi anni. Il progetto europeo BAMB (Buildings as Material Banks) e l'EPA (l'Agenzia statunitense per la protezione dell'ambiente) hanno elaborato delle linee guida per indirizzare questo tipo di progettazione. Anche diverse certificazioni ambientali hanno iniziato a valutare in positivo la progettazione per il disassemblaggio, ritenendola un punto a favore per la sostenibilità.

Un prodotto che viene progettato secondo le logiche del DFD deve innanzitutto essere composto dal minor numero possibile di componenti differenti, in modo da semplificare l'intera procedura di smontaggio. Allo stesso modo va ridotto al minimo il numero dei diversi tipi di materiali, agevolando così lo smistamento di questi e permettendo di recuperare quanta più materia possibile. Proprio per questo motivo, vanno anche evitati i materiali compositi, difficili da separare e da recuperare come puri. Per ridurre la potenziale contaminazione dei materiali bisogna, inoltre, evitare qualsiasi tipo di giunzione chimica, che oltre a contaminare la materia, porta a separare le parti forzandole e quindi a danneggiarle. Un altro tipo di contaminazione da evitare è quello provocato dall'utilizzo di finiture secondarie; rivestimenti di questo tipo non possono essere rimossi e per questo impossibilitano il recupero del materiale. È quindi preferibile utilizzare materiali che possiedono già di proprio una finitura adeguata oppure optare per tipi di rivestimenti che possono essere separati meccanicamente. Per quanto riguarda la struttura del prodotto, essa deve essere modulare: le componenti devono essere compatibili tra loro sia dal punto di vista dimensionale che funzionale. Se non è strettamente necessario, è meglio evitare componenti asimmetrici. Le giunture devono essere progettate per resistere a ripetute procedure di assemblaggio e smontaggio, in modo da ridurre al minimo le distorsioni dei componenti o danni irreparabili; la configurazione secondo cui le componenti sono unite non deve quindi avere punti deboli. L'intero prodotto deve quindi essere suddiviso in sottoinsiemi facilmente separabili e manipolabili. È per questo buona norma ridurre al minimo le connessioni gerarchicamente dipendenti tra i componenti e preferire un percorso di smontaggio lineare. Per lo stesso motivo bisogna evitare l'utilizzo di chiusure che richiedono di intervenire simultaneamente in più punti per effettuare l'apertura. I punti di smontaggio devono essere progettati in modo che siano facilmente accessibili e controllabili (Crowther, 2005).

L'aspetto della giunzione è critico perché una parte significativa del disassemblaggio è proprio caratterizzata dalla rimozione di elementi di fissaggio e connettori. La metodologia del Design for Disassembly esige, quindi, una riduzione al minimo del numero di giunti e connessioni, i quali devono essere ben visibili e accessibili, ricorrendo anche a dei contrassegni per evidenziarli, ma in alcun modo devono essere nascosti. È preferibile utilizzare giunti apribili senza attrezzi o solamente con l'aiuto di utensili comuni, ad eccezione di aperture potenzialmente pericolose che è meglio rendere

accessibili con l'utilizzo di utensili speciali. Inoltre, per evitare di doverli separare nella fase di recupero della materia, è preferibile utilizzare lo stesso tipo di materiale sia per le componenti che per il giunto che le tiene insieme. Come già affermato in precedenza, è meglio utilizzare giunti reversibili, soprattutto quando il disassemblaggio è finalizzato a prolungare la vita utile del prodotto. Un tipo ideale di giunti reversibili è quello a scatto⁸, che permette una separazione facile e veloce senza necessitare di elementi aggiuntivi perché il meccanismo è già integrato nel componente stesso. Un'alternativa è invece data dall'utilizzo di viti o bulloni. Si tratta di componenti aggiuntivi che però permettono di ottenere un sistema di fissaggio reversibile e adatto a smontaggi frequenti. Alcune viti, ad esempio quelle esagonali, si rimuovono più facilmente di altre. La tipologia di giunti che invece crea problemi nel corso del disassemblaggio, è quella dei giunti permanenti e quindi non reversibili. Tra questi, quelli meno distruttivi sono: la saldatura, anche se spesso i componenti saldati sono compatibili e quindi in caso di riciclaggio non sarà necessario separarli; la saldatura di polimeri, ricorrendo a solventi, che è preferibile all'incollaggio in quanto non comporta l'utilizzo di materiali aggiuntivi (Vezzoli, 2018).



*Giunto a scatto separabile con un cacciavite;
(Vezzoli, 2018)*

I prodotti complessi, affinché durino nel tempo, richiedono anche una manutenzione adeguata che deve essere agevolata dalla progettazione. Soprattutto, è fondamentale rendere facilmente accessibili i componenti che vanno sottoposti a manutenzione

⁸ È un tipo di giunto particolarmente efficace per unire due metà simili di un alloggiamento che devono essere facilmente separate (Bayer Material Science, n.d.).

o che devono essere sostituiti; per farlo, questi possono ad esempio essere collocati all'esterno del prodotto (Rau, 2019). Gli stessi concetti vanno applicati per progettare il prodotto nell'ottica di facilitarne la riparazione, avendo una chiara visione di chi se ne occuperà; a seconda del tipo di prodotto la riparazione potrà essere infatti effettuata dal centro d'assistenza oppure anche dall'utente stesso. Questo tipo di progettazione può venire vanificata dall'inserimento di componenti non standard. In questo senso, intercambiabilità e standardizzazione sono fattori importanti per favorire la produzione di pezzi di ricambio e per renderle le componenti compatibili anche con materiali prodotti da produttori diversi. Tutte questi accorgimenti sono indispensabili anche per facilitare la rigenerazione dei prodotti, attraverso la progettazione di un adeguato sistema di rimozione e di sostituzione.

I prodotti che dal punto di vista tecnologico diventano obsoleti rapidamente, perché soggetti a una rapida e continua evoluzione, devono necessariamente essere resi più versatili; per mantenere nel tempo la loro validità e fare in modo che continuino ad essere utilizzati, è quindi fondamentale compiere un'operazione di aggiornamento, andando così a sostituire le parti diventate ormai obsolete. Però, affinché si possa parlare di upgrading, una parte del prodotto deve inevitabilmente rimanere invariata. In questo modo si evita a molte componenti ancora utilizzabili di essere sostituite invano, e allo stesso tempo si permette al prodotto di rimanere al passo con la tecnologia. È quindi importante tenere conto della durata di vita di tutte le componenti, in modo da consentire una più facile separazione di quelle con una durata minore.

Anche i prodotti che diventano obsoleti perché non riescono a stare al passo con i cambiamenti sia fisici che di background culturale degli individui, devono essere caratterizzati da una configurazione dinamica proprio per adeguarsi a queste evoluzioni. In questo caso è preferibile progettare prodotti multifunzionali, in modo che possano soddisfare i bisogni mutevoli degli utilizzatori.

Per ottimizzare la durata di vita dei prodotti, un'altra strategia che sfrutta il Design for Disassembly è quella dell'intensificazione dell'uso del prodotto, e/o dei suoi componenti. Si tratta di una metodologia di progettazione che porta ad utilizzare il prodotto con maggiore frequenza, in modo tale da minimizzare il tempo in cui esso rimane inutilizzato. Infatti, più un prodotto viene utilizzato occasionalmente e maggiore è la sua obsolescenza tecnica e/o estetica. Se invece quello stesso prodotto viene

utilizzato più intensamente, è possibile continuare a soddisfare gli stessi bisogni pur riducendo la produzione aggiuntiva di prodotti nuovi, determinando così una riduzione dell'impatto ambientale. Anche se il tempo di utilizzo effettivo aumenta, riducendo così lo smaltimento causato dall'obsolescenza, un uso più frequente porta, comunque, ad avere una durata di vita utile più breve.

I rifiuti generati dalle Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (AEE) sono spesso insiemi complessi che non si prestano a un facile riutilizzo. Nel corso del ciclo di vita di un prodotto di questo tipo, la fase di disassemblaggio è fondamentale per recuperare i numerosi materiali diversi del quale è composto. Si stima, infatti, che l'elettronica di consumo contenga più di 60 elementi provenienti da oltre 50 paesi. La maggior parte di questi è incorporata in materiali compositi e componenti complessi, come le saldature a base di stagno o i magneti contenenti neodimio, collocati negli altoparlanti delle cuffie. (Babbit et al., 2021). La domanda di materiali critici, come quelli appena citati, può essere rallentata dall'utilizzo di beni durevoli. La durabilità, però, non dipende solamente dalle proprietà fisiche, per cui anche la durabilità emotiva deve essere sfruttata per creare prodotti di cui ci si fida più a lungo. Pertanto, il miglioramento della progettazione delle AEE sembra avere un grande potenziale per ottimizzare la separazione e lo smistamento della materia. Con questa pratica, infatti, diventa quindi possibile ridurre il consumo di risorse e la produzione di rifiuti nel caso dei prodotti a breve termine, che tendono a venire sostituiti con troppa facilità.

Un esempio di prodotto progettato secondo le logiche del DFD è Fairphone, lo "smartphone equo". Si tratta di un progetto nato nel 2010 come campagna di sensibilizzazione sui conflitti nati per i minerali da utilizzare nell'elettronica, che alimentano le guerre nella Repubblica Democratica del Congo. Nel 2013, Fairphone ha infatti fondato un'impresa sociale indipendente per produrre il primo smartphone disassemblabile realizzato con materiali di provenienza equa. La sua durata viene massimizzata attraverso un design modulare per facilitare e consentirne l'aggiornamento, fino a raggiungere i 5,5 anni di longevità⁹. La struttura di questo

⁹ La durata di vita media di uno smartphone è di 2,7 anni; tenere un cellulare per sette anni anziché per tre riduce l'impatto annuale di circa il 44% (Fairphone, 2021).

smartphone è composta da una serie di moduli, facilmente separabili e sostituibili¹⁰; in questo modo non è necessario annunciare un nuovo modello ogni anno rendendo obsoleto l'ultimo uscito.



*Design modulare di Fairphone 4;
(Fairphone, n.d.)*

¹⁰ La fotocamera viene venduta singolarmente come modulo; può sostituire quella precedente, aggiornando così il Fairphone 3, mantenendolo al passo con l'evoluzione tecnologica.

1.2 Le cuffie

Dati

I rifiuti elettronici stanno crescendo sempre più rapidamente in tutto il mondo, con un tasso di crescita del 3-5% all'anno. Dai dati contenuti nel report "The Global E-waste Monitor 2020" si evince che, probabilmente, entro il 2030 si arriverà a 74 milioni di tonnellate di rifiuti elettronici (Ramprasad et al., 2022).

Secondo un'indagine condotta nel 2022 da Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Forum, i cui risultati sono stati presentati alla quinta edizione dell'International E-Waste Day (la Giornata internazionale dei rifiuti elettronici), ogni abitazione europea contiene in media 74 prodotti elettronici, di cui 13 sono accumulati perché inutilizzati, anche se funzionanti, o rotti. La principale tipologia di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (AEE) ad essere accumulata è la piccola elettronica di consumo; in questa categoria rientrano ad esempio cuffie, lettori audio/video portatili, telecomandi, fotocamere e radio. L'Italia è il paese con la più alta percentuale di accumulo (29%) di questa tipologia di prodotti, in riferimento allo stock totale di prodotti accumulati all'interno delle abitazioni. È proprio sul tema dei piccoli rifiuti elettronici che si è concentrato questo E-Waste Day, perché è molto facile che questi si accumulino nell'eventuale possibilità che possano venire nuovamente utilizzati in futuro, come è anche molto facile che vengano gettati nella spazzatura comune. Infatti, gli AEE di piccole dimensioni, prodotti in tutto il mondo, come le cuffie, hanno raggiunto un peso complessivo di 24,5 milioni di tonnellate solo nell'anno 2022. Per queste ragioni, il contributo maggiore apportato al flusso di rifiuti elettronici proviene proprio dai Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) di piccole e medie dimensioni; ogni anno ne vengono rilasciate quasi 17,4 milioni di tonnellate (Ramprasad et al., 2022).

Un flusso di rifiuti elettronici, generalmente, comprende più del 50% (p/p)¹¹ di ferro e acciaio e il 10-12% (p/p) di polimero (sotto forma di policarbonato o polistirene). Ad esempio, il rifiuto elettronico presente nella maggior parte dei flussi di rifiuti, ovvero il circuito stampato, contiene un'alta percentuale di composti non metallici: plastica,

vetro, resine epossidiche e una percentuale ridotta (3%) di composti ferrici.

Nella maggior parte delle apparecchiature elettriche ed elettroniche, l'elemento chimico più comunemente utilizzato è il neodimio (Nd), un metallo appartenente al gruppo delle terre rare, anche definite REE (Rare Earth Elements). Le leghe di neodimio, realizzate con ferro (Fe) e boro (B), vengono utilizzate come magneti soprattutto negli altoparlanti e nei dispositivi audio, come le cuffie. Ad esempio, dal gruppo di altoparlanti di un computer portatile (del peso medio di 2,5-3,5 kg) si possono riciclare da 1,5 a 2,0 g di magneti Nd-Fe-B (Lixandru et al., 2017). Entro il 2035, la domanda di queste leghe magnetiche è destinata ad aumentare del 12,5%.

Il tema scelto

Questa tesi, nello specifico, si concentra sulle cuffie dal momento che, rientrando nella categoria delle AEE di piccole dimensioni, sono uno dei prodotti che vengono maggiormente accumulati dagli utenti, soprattutto in Italia, (WEEE, 2022) e dismessi al primo cedimento. Inoltre, le cuffie sono un prodotto versatile utilizzato per rispondere a esigenze diverse che richiedono quindi prestazioni differenti. Per questo motivo, si adattano molto bene alla logica del Design for Disassembly, che permetterebbe loro non solo di essere più facilmente smontabili nell'ottica della riparazione e del recupero della materia, ma anche di poter soddisfare i bisogni mutevoli dell'utente, in termini funzionali, stilistici e tecnologici. In questo modo, potendo sostituire e aggiornare le componenti, le cuffie possono essere adattate a diverse situazioni e a diversi campi d'interesse, senza dover necessariamente acquistare un nuovo prodotto.

Visione di mercato

Nel 2022 si stima che il mercato globale delle cuffie e degli auricolari ammonti a più di 20 miliardi di euro (Future Market Insights, 2022). Nell'anno precedente, infatti, la vendita di questi prodotti ha costituito il 27% del mercato globale di dispositivi audio. Entro il 2028, si prevede una crescita del 7,9% che porterà questa fascia di mercato a superare i 33 miliardi di euro.

¹¹ Indica la concentrazione percentuale peso/peso di una soluzione; esprime la massa in grammi di soluto presente in 100 grammi di soluzione.

I miglioramenti tecnologici, soprattutto legati all'introduzione della cancellazione attiva del rumore, stanno guidando l'espansione del mercato. Anche l'opportunità sempre più diffusa di lavorare da remoto, nata dalle esigenze in tempo di pandemia, ha sicuramente dato una spinta al mercato di cuffie e auricolari. Già nel periodo compreso tra il 2013 e il 2021, questo mercato aveva registrato un tasso di crescita del 7,1%. Ad oggi, data la continua e significativa crescita nella vendita di dispositivi mobili nei paesi in via di sviluppo, sta crescendo parallelamente anche la domanda di auricolari e cuffie. La crescita di questo mercato, però, sta accelerando soprattutto nell'area asiatica e del Pacifico, grazie all'aumento delle spese in ricerca e sviluppo e ovviamente alla presenza di alcuni dei maggiori leader in questo settore. A livello globale, i principali sono Sony, JVC, Harman International Industries, Bose e Audio-Technica.

Attualmente (2022) il 44,4% della quota di mercato globale è rappresentato dagli auricolari, per la facilità con cui è possibile ascoltare musica a un costo contenuto e tramite un dispositivo molto compatto. Anche la rapida crescita dell'industria musicale e l'elevata diffusione dello streaming musicale stanno avendo un ruolo importante nella crescita significativa della domanda di questo tipo di dispositivi. Negli ultimi anni, si registra una forte tendenza nel preferire cuffie e auricolari "senza cavo", dotate di tecnologia Bluetooth; questo fenomeno ha permesso alla tecnologia delle batterie di progredire e di arrivare a definire uno standard di ricarica, l'USB-C. Si prevede che, in termini di fatturato, auricolari e cuffie wireless domineranno il mercato nel periodo precedentemente analizzato. L'uso di questi dispositivi sarà incrementato dall'integrazione di funzioni intelligenti come il controllo vocale, il tracciamento del movimento, il tracciamento dell'attività e il riconoscimento dell'uso per la riproduzione e la pausa della musica.

Anatomia generale delle cuffie

Le cuffie¹² sono un dispositivo in grado di poter riprodurre una fonte audio per un unico ascoltatore; per fare questo, devono essere posizionate su entrambe le orecchie in

modo tale che il segnale che generano possa raggiungere il timpano, che si trova a pochi millimetri di distanza (Stasiunas, n.d.). I fattori che contribuiscono all'intensità del suono, il cui segnale è relativamente debole rispetto ai normali diffusori, sono quindi la breve distanza e l'isolamento.

La componente essenziale all'interno di un paio di cuffie è quella atta a produrre il suono, ovvero il driver, un piccolo trasduttore in grado di convertire l'energia elettrica in onda sonora. Esistono diverse tipologie di driver, che si differenziano per la tecnologia che permette di effettuare questa conversione: dinamici, magnetici planari ed elettrostatici. La dimensione di questo tipo di trasduttori può variare da 20 mm a 50 mm; si tratta di un fattore che può influenzare la risposta dei bassi e il volume, ma ciò non si traduce necessariamente nella produzione di un suono migliore. Infatti, i fattori da cui dipende la qualità del suono sono: la sintonizzazione su alte o basse frequenze e la qualità dei materiali utilizzati. Un terzo fattore, che però dipende dalla struttura dei padiglioni e non dal tipo di driver, è l'isolamento acustico per impedire la dispersione del suono.

Il driver più comunemente utilizzato è quello dinamico. Esso è formato da tre componenti principali: un magnete in neodimio, una bobina di rame e un diaframma ad essa collegato. Quando la corrente attraversa la bobina si crea un campo magnetico uguale o contrario a quello del magnete; questa variazione continua fa in modo che la bobina venga attratta o respinta dal magnete facendo, di conseguenza, vibrare il diaframma. Quest'ultimo, vibrando, crea uno spostamento d'aria tale per il quale si creano delle onde sonore; maggiore è lo spostamento d'aria e maggiore sarà il volume del suono prodotto. Il diaframma è una sottile membrana il cui materiale di cui è composta può variare: TPE¹³, biocellulosa¹⁴, berillio¹⁵, polipropilene, mylar, fibra di vetro, fibra di carbonio, nichel e molti altri.

I due driver sono racchiusi ciascuno all'interno di un alloggiamento, il padiglione. Si tratta di un componente che influisce direttamente sul suono perché, a seconda della

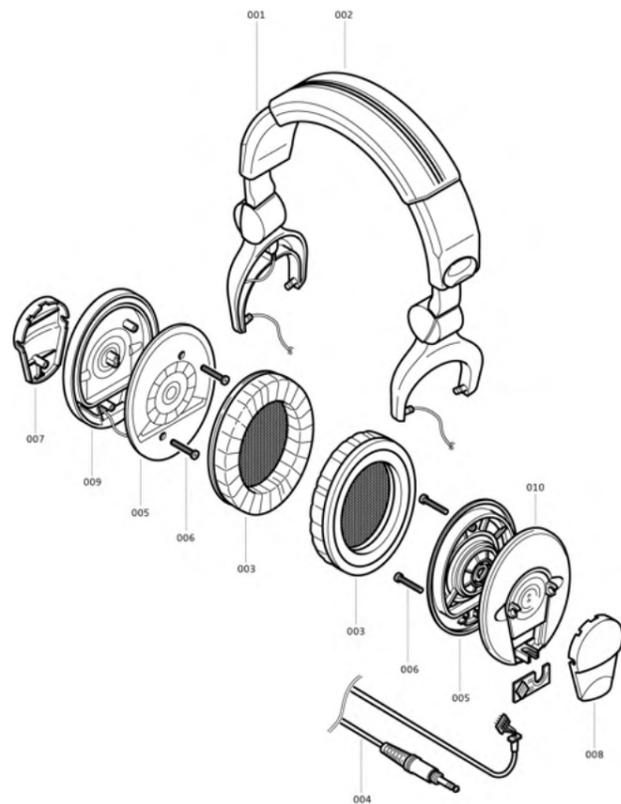
¹² Si ritiene che le prime cuffie siano nate nel 1880, ma solo nel 1910 si iniziarono a produrre cuffie stabili e dal peso ridotto grazie a Nathaniel Baldwin, che propose alla Marina Militare statunitense il paio da lui brevettato; successivamente vennero prodotte anche per il mercato civile.

¹³ Utilizzato, ad esempio, nelle cuffie ZMF Aeolus.

¹⁴ Utilizzato, ad esempio, nel modello TR-X00 di Massdrop x Foste

¹⁵ Utilizzato nei modelli di cuffie Koss.

sua forma e del materiale di cui è composto, è in grado di riflettere il suono in modo diverso. Inoltre, può contenere una serie di strati isolanti, garantendo un isolamento acustico più o meno elevato. I due padiglioni sono sostenuti dall'archetto, una fascia che si appoggia sulla parte superiore della testa; generalmente può essere regolato per una migliore vestibilità, grazie a dei componenti aggiuntivi che ne permettono l'estensione. Sulla superficie a contatto con le orecchie sono collocati i pad, ovvero dei cuscinetti utili ad attutire la pressione esercitata dai padiglioni e a distanziare, leggermente, l'orecchio dal driver. Infine, a seconda del tipo di connessione instaurata tra le cuffie e la sorgente del segnale audio, può essere presente o meno un cavo dotato del connettore adeguato, generalmente un jack.



Componenti del modello Sennheiser HD 280-13;
(Sennheiser, n.d.)

Nel corso del tempo il mercato è stato invaso da tipologie e modelli diversi, che differiscono per fascia di prezzo, qualità e caratteristiche aggiuntive. Ad oggi, le cuffie differiscono per adattarsi al meglio alle esperienze preferite dagli utenti.

Le tipologie di cuffie sul mercato

Esistono diverse tipologie di cuffie, ciascuna con requisiti differenti a seconda della funzione che deve essere in grado di svolgere.

Aperte o chiuse

Una delle caratteristiche principali è il grado di apertura dei padiglioni. Le cosiddette cuffie chiuse (o closed-back) hanno l'obiettivo principale di bloccare qualsiasi rumore esterno, indipendentemente dal tipo di utilizzo che si ha intenzione di farne. I padiglioni sono, infatti, completamente chiusi in modo tale da creare un isolamento acustico ottimale per avere un'esperienza acustica priva di interferenze. Inoltre, la perdita di rumore verso l'esterno è minima. Si tratta quindi di una tipologia di cuffie adatta alla maggior parte delle esigenze: per chi desidera un'esperienza d'ascolto individuale, senza disturbare gli altri ascoltatori. Questo è anche un tipo di cuffie molto utilizzato negli studi di registrazione professionali perché grazie alla buona capacità di isolamento permette di concentrarsi e ascoltare in modo accurato il brano musicale da registrare.



Chiuse - Sennheiser 4.50;
(Vafaei et al., 2020)



Aperte - Sennheiser HD 650;
(Henney, 2016)

Invece, le cuffie aperte (o open-back) presentano i padiglioni completamente aperti che lasciano fuoriuscire una parte del suono anche nell'ambiente esterno. L'ascoltatore può così avere un'esperienza d'ascolto molto simile a quella che avrebbe ascoltando degli altoparlanti all'interno di una stanza. Questo tipo di cuffie viene utilizzato dai professionisti che si occupano di missaggio e mastering in studio. Infatti, i padiglioni aperti permettono di sentire l'audio il più fedele possibile in modo tale che il mix possa venire realizzato in maniera precisa. Con

queste cuffie, inoltre, non si verifica il fenomeno che accade invece in quelle chiuse: con un ascolto prolungato, tendono a trattenere le frequenze più basse all'interno dei padiglioni. Questo è un effetto che molti ascoltatori apprezzano, rende però il lavoro più difficile agli ingegneri audio, i quali preferiscono quindi utilizzare le cuffie aperte. Questa tipologia viene utilizzata anche da molti audiofili, che vogliono sentire il suono nel modo esatto con cui l'artista voleva farlo sentire all'ascoltatore. Ovviamente per ottenere un ascolto ottimale, queste cuffie vanno utilizzate in un ambiente silenzioso. Esistono anche delle cuffie semiaperte, che cercano di combinare i due modelli appena citati in modo da ottenere un equilibrio delle caratteristiche di entrambi.

Sovraurali o circumaurali

Un'altra caratteristica importante che contraddistingue modelli diversi di cuffie è la forma e grandezza dei padiglioni. Le cosiddette cuffie sovraurali (o on-ear) possiedono i padiglioni di dimensioni ridotte, in modo da appoggiarsi sulla superficie superiore dell'orecchio, o anche solo una porzione di esso. Non essendo in grado di avvolgere completamente l'orecchio, una parte del suono riesce a fuoriuscire nell'ambiente esterno, rendendole non completamente isolanti, nonostante presentino i padiglioni chiusi. Aggrappandosi direttamente sulla parte superiore, queste cuffie potrebbero causare tensione nelle orecchie dell'ascoltatore; allo stesso tempo, però, avendo un peso ridotto, anche la pressione che esercitano è ridotta. Questa categoria di cuffie comprende modelli con caratteristiche molto diverse, per andare incontro alla maggior parte delle esigenze degli ascoltatori, in materia di qualità del suono e di comfort.



*Sovraurali – Sennheiser MM 450-x;
(Henney, 2016)*



*Circumaurali – Plantronics Backbeat Pro;
(Henney, 2016)*

Invece, le cuffie circumaurali (o over-ear) sono caratterizzate da padiglioni, spesso ovali, che posizionandosi sopra e intorno alle cartilagini auricolari, sono in grado di avvolgere completamente l'orecchio. Questo modello è tipicamente chiuso, proprio perché è quello più efficace per ottenere un isolamento acustico eccellente; anche la dispersione del rumore all'esterno è pressoché inesistente. È il modello generalmente più comodo, rispetto a quello sovraurale, ma tende a far sudare le orecchie a causa della circolazione d'aria quasi assente. Inoltre, è molto più ingombrante e tende a pesare sulla testa dell'ascoltatore dopo un uso prolungato. Esiste anche la possibilità di avere le cuffie circumaurali di tipo aperto, nelle quali il suono fluisce all'interno e all'esterno.

Cablate o wireless

Un'altra proprietà da tenere in considerazione è il tipo di connessione attraverso la quale le cuffie comunicano con il dispositivo a cui sono connesse. La tecnologia ormai più diffusa è sicuramente quella Bluetooth, che permette di ascoltare lo stesso audio delle normali cuffie, ma senza l'onere dei cavi. Le cuffie che si servono di questa tecnologia, infatti, sfruttano le onde radio per poter connettersi ad altri dispositivi, ciascuno dei quali si trova in un proprio canale. I vantaggi del non dover essere sempre connessi via cavo risultano evidenti in tutti quei casi in cui esso intralcia diverse attività, dallo sport agli spostamenti giornalieri. Nonostante questo, la connessione Bluetooth non può competere con la riproduzione via cavo, in termini di qualità audio. Infatti, il processo di trasferimento dati tramite Bluetooth genera una perdita di dati che, anche se minima, non è evitabile, mentre la connessione fisica garantisce un trasferimento completo. Un altro svantaggio delle cuffie wireless è la necessità di dover essere ricaricate ogni volta che le batterie in esse contenute si esauriscono, a differenza di quelle cablate che funzionano grazie alla batteria collocata nel dispositivo collegato. Per questi motivi, le cuffie wireless spesso sono infatti dotate di un cavo aggiuntivo nell'eventualità che si abbia bisogno di ascoltare via cavo.

Le cuffie cablate, invece, devono avere necessariamente un cavo per essere collegate a un dispositivo, senza del quale non possono funzionare. Esso può essere collegato dall'ascoltatore nel momento del bisogno, oppure è semplicemente già saldato all'ingresso di un singolo padiglione o di entrambi. Questo tipo di cuffie vengono quindi ancora molto utilizzate in ambiti professionali in cui è necessario

ascoltare al meglio il suono, senza il rischio di perdere anche solo una piccola quantità di dati legati al suono.



Wireless – Denon AHGC20 Globe Cruiser;
(Henney & Lamontagne Denon, 2016)



Cablata – AKG K702
(Vafaei & Henney, 2016)

Noise-cancelling

Una peculiarità aggiuntiva importante in alcuni tipi di cuffie è la funzione per cancellare il rumore esterno. Le cuffie dotate di questa funzionalità possono effettivamente ridurre il suono proveniente dall'ambiente circostante. La tecnologia che permette di fare questo ricorre all'utilizzo di uno o più microfoni collocati all'esterno delle cuffie; questi analizzano le basse frequenze dell'ambiente esterno in modo da creare una frequenza uguale e contraria per annullare il suono rilevato inizialmente. La cancellazione del rumore è quindi efficace solo alle frequenze più basse e per questo vengono molto utilizzate dai viaggiatori in modo da non sentire tutti i rumori che li circondano, ad esempio il ronzio del motore dell'aereo. Le cuffie con questa funzione, infatti, sono generalmente circumaurali e chiuse proprio per garantire un buon isolamento acustico, che abbinato alla cancellazione del rumore permette di essere completamente distaccati dall'ambiente esterno.

Le diverse varianti di ciascun componente

Un paio di cuffie è composto da un certo numero di componenti, ciascuna delle quali è destinata allo svolgimento di una precisa funzione. A seconda delle esigenze di qualità d'audio, comfort e tipo di utilizzo che deve farne l'ascoltatore, queste avranno determinate caratteristiche.

Pad

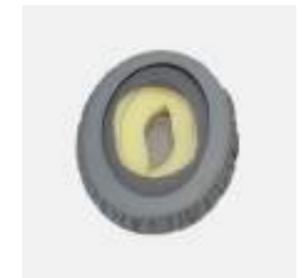
I pad variano di dimensione a seconda della tipologia di cuffie a cui vanno applicati: quelli destinati alle cuffie sovraurali sono di dimensioni ridotte e generalmente dalla forma rotonda (1), mentre quelli specifici per le cuffie circumaurali sono di forma allungata (2) proprio per seguire il profilo dell'orecchio. I pad possono anche essere classificati come imbottiti (3) quando sono composti da un rivestimento esterno che ricopre un disco morbido; quelli non imbottiti (4), invece, sono semplicemente delle sottili cover realizzate direttamente in gommapiuma. La forma del pad può seguire o meno la sagoma del padiglione (6); ne esistono anche dalla forma quadrata (5).



1 – Pad sovraurali;
(Sony WH-CH510)



2 – Pad circumaurali;
(Bose QC35)



3 – Pad imbottiti;
(Bose OE2 OE2I SoundTrue)



4 – Pad non imbottiti;
(Koss Porta Pro)



5 – Pad quadrati;
(Monster Inspiration)

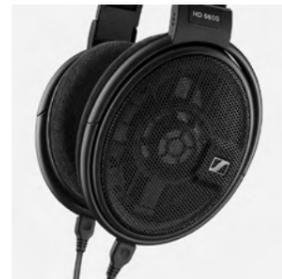


6 – Pad di forme diverse;
(Asus Strix 7.1)

Padiglione

I padiglioni si distinguono, innanzitutto, per il loro grado di apertura. Quelli con il dorso aperto (1) sono separati dall'esterno solamente da un sottile strato di rete attraverso il quale è possibile vedere i driver contenuti al loro interno. I padiglioni con il dorso chiuso (2), invece, sono isolati dall'esterno grazie alla scocca esterna

che nasconde completamente le componenti interne. Esistono anche i padiglioni semiaperti (3), che sono una via di mezzo tra i due appena citati. Inoltre, i padiglioni possono ruotare su sé stessi (4) e/o ripiegarsi verso l'interno (5) per rendere il paio di cuffie più compatte, risparmiando spazio. A seconda dei modelli di cuffie, invece, i padiglioni possono anche essere semplicemente immobili (6), senza alcuna possibilità di essere ruotati.



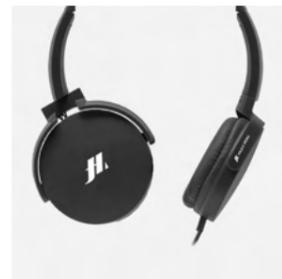
1 – Padiglioni aperti;
(Sennheiser HD 660 S)



2 – Padiglioni chiusi;
(Sennheiser HD 350BT)



3 – Padiglioni semi-aperti;
(Beyerdynamic DT 1990 PRO)



4 – Padiglioni rotanti;
(SBS Music Hero)



5 – Padiglioni ripiegabili;
(MIXXSoundup HP1)



6 – Padiglioni fissi;
(Sennheiser HP 02-140)

Giunzione tra archetto e padiglione

La giunzione che collega il padiglione all'archetto può avere diverse configurazioni. Quella più comune è caratterizzata da una mezzaluna (1) le cui estremità vanno a inserirsi in due punti del padiglione, fungendo così da perno in modo che possa ruotare e quindi adattarsi meglio alle orecchie dell'ascoltatore. Un caso simile presenta, invece, un gancio (2) che parte dall'archetto e che va ad agganciare il padiglione lateralmente in un solo punto. La giunzione può anche essere caratterizzata da un singolo attacco (3) che va semplicemente ad infilarsi nella parte superiore del padiglione (3). Alcuni modelli di cuffie, invece, presentano

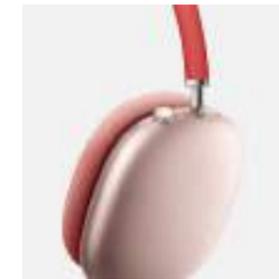
un archetto più lungo, tale da connettersi al centro del dorso del padiglione (4). Un'altra tipologia di giunzione è quella a scorrimento (5); è caratterizzata dai padiglioni che vengono inseriti nelle estremità dell'archetto, lungo il quale possono scorrere a seconda delle esigenze di regolazione dell'utente. In alcuni casi, invece, la giunzione può non essere visivamente presente; padiglione e archetto si integrano in modo tale da sembrare un pezzo unico (6).



1 – Gancio a mezzaluna;
(Skullcandy Lowrider)



2 – Gancio a uncino;
(Bang & Olufsen Beoplay H95)



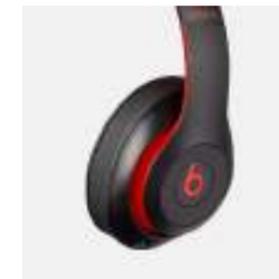
3 – Giunzione singola;
(Apple AirPods Max)



4 – Giunzione centrale;
(Opter AU1006 Atacama)



5 – Giunzione a scorrimento;
(Sennheiser HD 250BT)

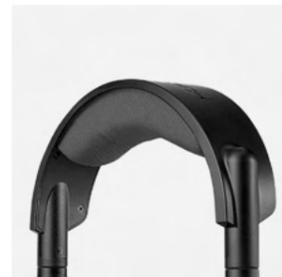


6 – Giunzione integrata;
(Beats by Dre)

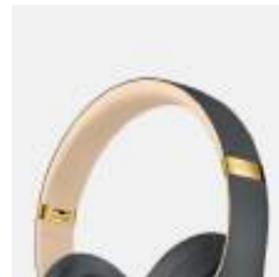
Archetto

L'archetto è la parte che poggia sulla testa dell'ascoltatore per sorreggere il peso dell'intero paio di cuffie. Per questo motivo, generalmente, è imbottito (1) e quindi formato da un rivestimento che ricopre il materiale morbido all'interno. Molte paia di cuffie, però, in genere quelle più economiche, hanno l'archetto non imbottito (2) ma, anzi, formato semplicemente da una fascia rigida. In ogni caso, l'archetto può essere regolabile (3), grazie a degli elementi aggiuntivi, dotati di scansi, che ne permettono l'estensione. In alcuni casi, solitamente nei modelli di cuffie professionali, l'archetto può essere doppio (4); questo è composto dalla fascia, che

si poggia sulla testa, e due archetti tubolari che servono a contenere esclusivamente i cavi elettrici. Un'alternativa alla comune fascia rigida che caratterizza la maggior parte degli archetti, è il sistema ad ali (5); questo consiste in due cuscinetti che poggiano sulla parte superiore della testa in modo da distribuire al meglio la tensione. L'archetto può anche essere una fascia aperta al centro (6).



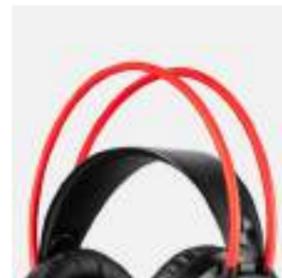
1 – Archetto imbottito;
(Turtle Beach Atlas Three)



2 – Archetto non imbottito;
(Beats Studio 3)



3 – Archetto regolabile;
(Apesonic Butterfly)



4 – Archetto doppio;
(A4Tech Bloody G200S)



5 – Sistema ad ali;
(Audio Technica ATH-AD700X)



6 – Archetto aperto;
(ATH-ADX5000)

Microfono

Il microfono è un elemento aggiuntivo, che in alcuni modelli di cuffie può anche non essere presente. In alcuni casi, questo può essere non del tutto visibile (1) e quindi essere collocato all'interno di uno dei due padiglioni. Anche le cuffie isolanti hanno uno o più microfoni non visibili, all'interno dei padiglioni, ma questi sono però destinati ad analizzare i rumori esterni per cancellarli, e non a rilevare la voce dell'ascoltatore. Il microfono può anche essere posto lungo il cavo (2), all'interno di una piccola scocca nella quale, spesso, si trovano anche i pulsanti per la regolazione musicale. Invece, nel caso in cui debba svolgere una funzione importante, il microfono viene posizionato all'estremità di un braccetto, regolabile in modo tale

che possa essere posizionato proprio davanti alla bocca dell'utente. In questo caso, il braccetto può essere fisso (3), rimovibile (4), oppure retraibile (5) nel padiglione, in modo da non essere un ingombro nel momento in cui ha finito di svolgere la sua funzione. In casi più particolari, come nei modelli di cuffie binaurali (6), è presente un microfono su ciascun padiglione, in modo da poter registrare un audio di tipo tridimensionale.



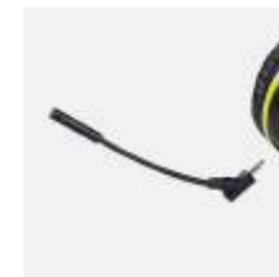
1 – Microfono nel padiglione;
(Bose QuietComfort 45)



2 – Microfono in linea;
(Califone 1017IMT NeoTech)



3 – Microfono a braccetto;
(Qilin J10)



4 – Microfono rimovibile;
(Somic G801)



5 – Microfono retraibile;
(SteelSeries Arctis 5)



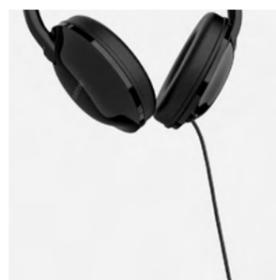
6 – Microfono binaurale;
(MicW i3Dmic pro 750)

Cavo

Nel caso di cuffie non dotate di una connessione senza fili, il cavo è assolutamente necessario ai fini dell'ascolto. In questi casi, esso può essere integrato, ad entrambi i padiglioni (1) oppure a uno solo di questi (2), solitamente il sinistro, ma può anche essere inserito solo nel momento del bisogno (3). Nel caso invece delle cuffie dotate di una connessione wireless, il cavo non è necessario ma viene comunque dato in dotazione (4) in modo tale da poterlo eventualmente aggiungere. Essendo le cuffie senza fili alimentate a batteria, diventa necessario anche l'utilizzo di un cavo di ricarica (5). In alcune tipologie di cuffie, i cavi che passano dall'archetto ai padiglioni, possono essere volutamente visibili (6).



1 – Due cavi integrati;
(Sturdy headphones)



2 – Un cavo integrato;
(Borofone BO1 EnjoyBass)



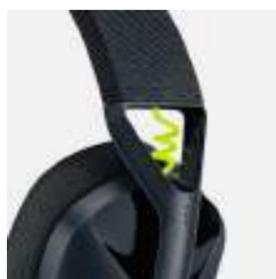
3 – Cavo rimovibile;
(Beyerdynamic DT 1990 PRO)



4 – Cavo aggiuntivo;
(Hypergear stealth ANC)



5 – Cavo di ricarica;
(Skullcandy Hesh 3)



6 – Cavi visibili;
(Logitech G435)

Connessione

Il connettore maggiormente utilizzato e più diffuso è il jack del diametro di 3,5 mm (1). Che svolge la stessa funzione, anche se meno utilizzato, c'è il jack da 2,5 mm (2). Quello da 6,4 mm (3), invece, è ancora lo standard migliore per gli studi musicali e le attrezzature, come gli amplificatori, proprio perché è molto più resistente e robusto. Anche il connettore XLR (4) viene molto utilizzato in ambito musicale perché trasporta il segnale su una linea bilanciata¹⁶, anche con cavi molto lunghi, senza perdere qualità; è caratterizzato da dei sistemi di bloccaggio in modo che non si possa sganciare facilmente da dove viene connesso. Per evitare quest'eventualità, invece, i connettori jack vengono realizzati angolati (5). Alcune tipologie di cuffie, invece, presentano un connettore di tipo USB (6) o USB-C (7); quest'ultimo, insieme al Micro-USB (8), viene utilizzato anche per la ricarica delle cuffie wireless. Generalmente, le cuffie che presentano dei connettori di tipo USB

sono modelli principalmente dedicati al gaming o al lavoro d'ufficio.

Le cuffie wireless, invece, sfruttano la tecnologia Bluetooth (9) e per questo nel circuito stampato, al loro interno, includono un modulo apposito per utilizzare questo tipo di connessione.



1 – Jack 3,5 mm (TRRS);
(RS PRO)



2 – Jack 2,5 mm (TRS);
(The Ssnake)



3 – Jack 6,4 mm (TRS);
(Hosa GPP-419)



4 – XLR (TRS);
(RS PRO)



5 – Jack angolato 3,5 mm (TRS);
(Neutrik NTP3RC-B)



6 – Connettore USB-A;
(C2G)



7 – Connettore USB-C;
(C2G)



8 – Connettore Micro-USB B;
(C2G)



9 – Modulo Bluetooth 4.2;
KCX BT003 ricevitore audio;

Interfaccia

Una parte che può variare di modello in modello è l'interfaccia per gestire le diverse funzionalità delle cuffie, ovvero: la regolazione musicale (quindi decidere

¹⁶ La trasmissione bilanciata è la scelta migliore per evitare il più possibile interferenze esterne, soprattutto quando si ha a che fare con cavi molto lunghi; si tratta dell'unica trasmissione possibile nel caso dei microfoni.

di interrompere la riproduzione o scegliere di cambiare traccia), l'attivazione del bluetooth, la regolazione del volume, disattivare il microfono oppure decidere di rispondere a una chiamata. L'interfaccia più diffusa presenta una serie di tasti, che possono essere collocati ai lati (1) o sul dorso (2) del padiglione, oppure sulla scocca presente lungo il cavo (3). È possibile, però, utilizzare anche metodi differenti, come una superficie touch sulla quale è sufficiente, con un dito, premere in punti diversi (4) oppure fare dei movimenti circolari o lineari (5).



1 - Pulsanti laterali;
(Tuinyo TP 19)



2 - Pulsanti sul dorso;
(Cellularline Kosmos)



3 - Pulsanti lungo il cavo;
(Microsoft Modern USB)



4 - Touch a pressione;
(KEF Mu7)



5 - Touchpad a scorrimento;
(Bang & Olufsen Beoplay H9i)

Driver

I driver, i trasduttori che convertono l'energia elettrica in suono, possono essere di diverse tipologie. Quelli più comunemente utilizzati sono quelli dinamici (1) che, a seconda dei materiali utilizzati, possono anche diventare molto validi. I driver magnetici (2), invece, vengono utilizzati nelle cuffie di fascia più alta; per essere sfruttati al massimo delle loro potenzialità, necessitando di un amplificatore perché per funzionare richiedono una quantità maggiore di energia e aumentano anche il peso dell'intera cuffia. I driver elettrostatici (3) sono utilizzati di rado e solo da professionisti e audiofili.



1 - Driver dinamici;
(Dairle 4016A-32-TH)



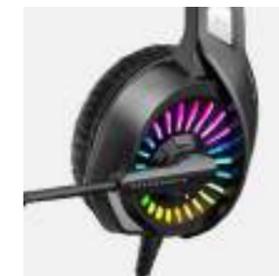
2 - Driver magnetici planari;
(Tuoyin 40mm20)



3 - Driver elettrostatici;
(AKG k240)

Elementi estetici

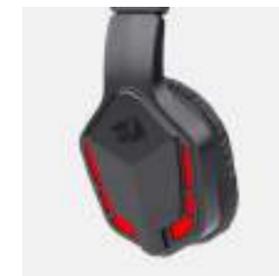
L'elemento stilistico che più spesso viene integrato in alcuni modelli di cuffie è il LED (1); generalmente viene aggiunto sui padiglioni seguendo forme diverse e con la possibilità, da parte dell'utente, di cambiarne il colore. Anche la tipologia di materiale (2) o il design (3) particolare dei padiglioni vengono utilizzati come elementi estetici di personalizzazione. In alcuni casi, gli elementi che vengono aggiunti risultano superflui: un display touch (4), un display LCD (5) che mostra in tempo reale la frequenza dell'audio o ad esempio un misuratore analogico del segnale audio (6).



1 - LED;
(Ziumier)



2 - Legno di mogano;
(Grado GS1000e)



3 - Design del padiglione;
(Redragon Themis H220)



4 - Display touch;
(Vinci Smart)



5 - Display LCD;
(Zealot B19)



6 - Misuratore analogico;
(Meters OV-1-B)

I diversi utilizzi delle cuffie

A seconda delle esigenze dell'ascoltatore, in termini di comfort e qualità del suono, e a seconda delle funzioni che cerca in un paio di cuffie, le diverse tipologie di componenti sopracitate vengono combinate al fine di ottenere un modello di cuffie che risponda alle suddette necessità.

Produzione musicale – per professionisti

Le cuffie professionali possono differire in alcune caratteristiche, a seconda del tipo di manipolazione dell'audio che bisogna fare nei diversi step che portano poi alla produzione di una traccia musicale.

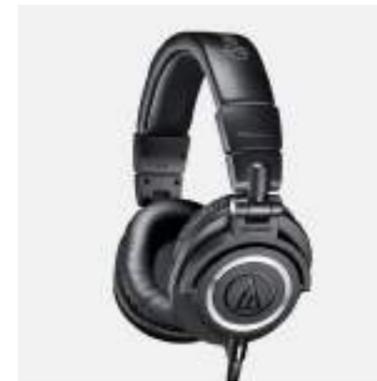
All'interno di uno studio di registrazione, il modello di cuffie utilizzato è caratterizzato dai padiglioni chiusi; in questo modo, per i vocalist e i musicisti si riduce il rischio di una fuoriuscita d'audio che potrebbe finire nel microfono durante la registrazione di una traccia. Anche gli ingegneri e i tecnici del suono traggono vantaggio dall'isolamento per concentrarsi maggiormente sui dettagli dell'audio, che altrimenti andrebbero persi.

Invece, nel momento in cui vengono eseguiti il missaggio e la masterizzazione, le cuffie utilizzate sono caratterizzate da padiglioni aperti. Questo avviene perché le cuffie aperte non trattengono le frequenze più basse ma tendono a far uscire parte del suono, riducendo così la durezza del suono, che viene invece associato alle cuffie chiuse; il suono prodotto dalle cuffie aperte è molto più naturale.

Le cuffie ad uso professionale sono dotate di cavi, in modo da poter riprodurre il suono alla sua massima risoluzione. Infatti, le cuffie cablate utilizzano segnali analogici, e non segnali digitali che necessitano di un'elaborazione che comprime l'audio tralasciando così una parte di dati, come accade nelle cuffie Bluetooth.

Inoltre, generalmente, questo tipo di cuffie utilizzano i jack da 3,5 e da 6,4 mm. I connettori da 6,4 sono quelli più comunemente utilizzati con amplificatori e altre apparecchiature musicali, ma anche ad esempio con chitarre elettriche.

L'archetto che poggia sulla testa è solitamente imbottito, in quanto è necessario un buon livello di comfort perché si tratta di cuffie che vengono utilizzate per tanto tempo nell'arco di una giornata. In alcuni casi, viene infatti usato il sistema ad alette che non permette di alleggerire la tensione sulla testa dell'utilizzatore.



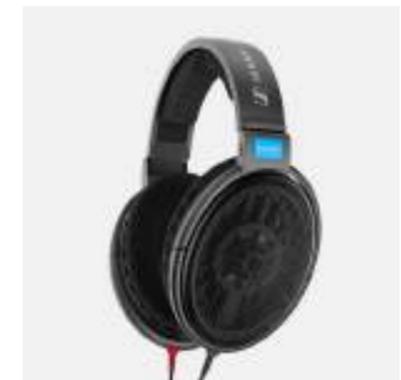
Audio Technica ATH-M50X;



Beyerdynamic DT 770 PRO;



Audio Technica ATH-R70X;



Sennheiser HD 600;

Gaming – per videogiocatori

I modelli di cuffie dedicati al gaming¹⁷, i cosiddetti “gaming headset”, devono essere in grado di supportare l'esperienza di gioco immersiva, offerta dal tipo di videogiochi in questione. Questa tipologia di cuffie, infatti, eccelle nell'ottimizzazione del suono tridimensionale. Questo tipo d'audio aiuta non solo a garantire l'immersività che cerca il giocatore, ma anche a percepire la direzionalità dei suoni, in modo da poter rispondere in modo più istintivo e preciso all'interno del videogioco; in alcuni casi può davvero rivelarsi un vantaggio competitivo. Per questa ragione, le cuffie di questo tipo, che sono generalmente chiuse, esistono anche con i padiglioni aperti.

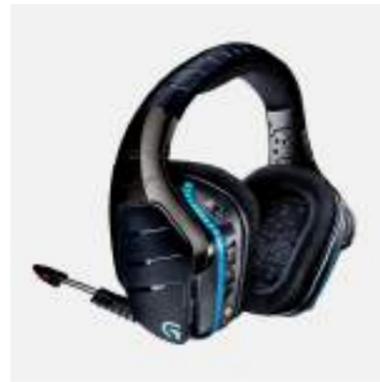
Una componente fondamentale per giocare online è il microfono, che viene

¹⁷ Il fenomeno del gaming si riferisce all'atto di giocare a videogiochi, in particolare a quelli che si trovano in rete.

posizionato sull'estremità di un braccetto per poterlo avvicinare direttamente alla bocca. I microfoni utilizzati in questo genere di cuffie sono solitamente di qualità migliore, rispetto ad altre cuffie, proprio perché nel gaming è necessario comunicare con altri giocatori ai fini del videogioco stesso. Inoltre, queste cuffie sono generalmente cablate, con un connettore jack da 3,5 mm, in modo da poter garantire la qualità di suono migliore possibile; esistono anche modelli wireless, ma non risulta essere una funzione necessaria poiché per giocare si rimane seduti alla propria postazione gaming. Inoltre, le cuffie da gioco sono spesso dotate di numerosi pulsanti, solitamente collocati sui padiglioni, per il controllo di una serie di funzioni: mutare il microfono, regolare il volume, bilanciare l'audio di gioco e l'audio della chat con gli altri giocatori, cambiare preimpostazioni, etc.



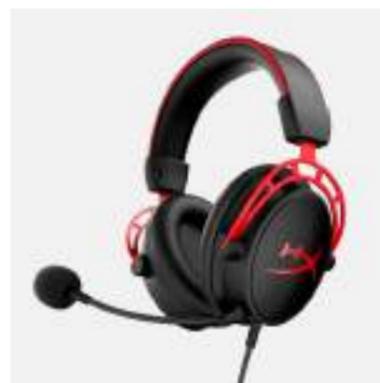
Razer Blackshark V2



Logitech G933



Asus Rog Delta S



HyperX Cloud Alpha

Un'altra caratteristica importante è il comfort, siccome si tratta di un tipo di cuffie che vengono generalmente indossate per un alto numero di ore consecutive. Per questo, l'archetto è in genere imbottito e regolabile, per una migliore adattabilità alla testa del giocatore. Infine, le cuffie da gioco sono caratterizzate da un design contraddistinto da LED colorati, in grado di cambiare tonalità, colori accesi e forme irregolari.

Monitoraggio professionale – per DJ

Le cuffie rivolte nello specifico ai DJ devono avere le caratteristiche adatte per garantire che il mix venga riprodotto a tempo e al giusto volume. L'obiettivo, infatti, non è necessariamente la perfezione sonora ma la chiarezza del suono, per poter monitorarlo in ambienti rumorosi. Per questo, le cuffie adatte ai DJ devono rispondere bene alle basse frequenze per adattarsi bene al ritmo e al livello del volume, eliminando anche il rumore di fondo.

Si tratta di cuffie, spesso sovraurali, dotate di padiglioni chiusi per avere un buon isolamento dall'esterno. I pad sono generalmente ben imbottiti per un maggior comfort durante tutto l'arco di utilizzo.

Non si tratta di cuffie troppo ingombranti, ma di cuffie dalle dimensioni ridotte e adatte ad essere indossate e tolte ripetutamente durante l'esecuzione dei brani; spesso sono ripiegabili su sé stesse proprio per essere più compatte. La maggior parte di questa tipologia di cuffie è inoltre caratterizzata da padiglioni auricolari girevoli o staccabili dall'archetto per il monitoraggio da un solo orecchio; in questo modo il DJ può monitorare il suono tenendo solo uno dei due padiglioni appoggiato all'orecchio. È preferibile se i padiglioni sono in grado di ruotare lateralmente di 90 gradi e all'indietro di 180 gradi.

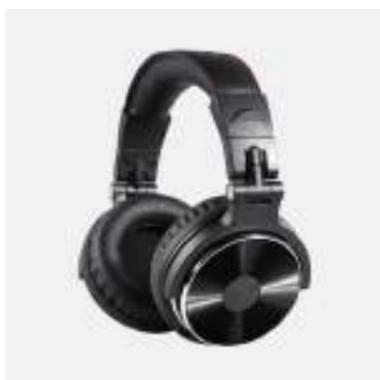
Le cuffie adatte al monitoraggio, sono spesso cablate; in alcuni casi il padiglione si connette al cavo tramite un connettore di tipo XLR, in quanto è più stabile e solido e per questo viene utilizzato comunemente nel campo dell'audio professionale. Inoltre, per evitare che il cavo audio si scollegi nel mezzo di un live set, questo possiede generalmente un mini-jack a L.



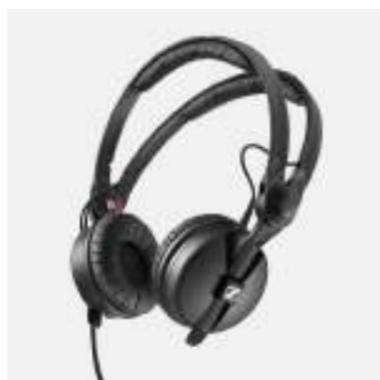
Pioneer DJ HDJ-CX;



Pioneer DJ HDJ-X10



OneOdio Studio Pro 10;



Sennheiser HD-25-Plus

Registrazione binaurale

Le cuffie destinate a registrare un audio di tipo tridimensionale¹⁸, sono caratterizzate principalmente dalla presenza di due microfoni binaurali, collocati uno per padiglione. In contemporanea alla registrazione, è anche possibile monitorare l'audio che si sta registrando, ascoltandolo direttamente dalle cuffie. Si tratta di una tipologia di cuffie che facilita la registrazione di audio spaziali, senza dover utilizzare le tradizionali "Dummy Head"¹⁹.

Anche questa tipologia di cuffie deve essere dotata di un certo livello di comfort, perché un audio di tipo spaziale si registra in un arco di tempo abbastanza lungo.

Per questa ragione le cuffie, destinate a questo scopo, prevedono archetto e pad imbottiti.

Anche se i dispositivi più utilizzati per svolgere questa funzione sono gli auricolari, esistono appunto anche alcuni tipi di cuffie. Un esempio sono le JVC HM-200E prodotte nel 1978, ovvero le prime cuffie in assoluto a presentare dei microfoni binaurali. Un modello più recente, invece, è quello di MicW, progettato appositamente per la registrazione audio 3D, anche in ambienti esterni.

In ogni caso, si tratta di una tipologia di cuffie poco conosciute, se non dai professionisti del settore.



JVC HM-200E



JVC HM-200E;



MicW i3Dmic pro 750;



MicW i3Dmic pro 750;

18 (vedi sezione a pag. 52)

19 Tipologia di microfoni binaurali inseriti all'interno di una testa di manichino.

Hi-Fi – per audiofili

La priorità degli audiofili è la qualità del suono riprodotta dalle cuffie. Le cuffie Hi-Fi²⁰, infatti, sono prive di funzionalità aggiuntive proprio per essere in grado di offrire all'ascoltatore un suono di alta qualità. Sono, infatti, cuffie orientate esclusivamente all'ascolto della musica per diletto e per questo non hanno un comfort tale da poter essere indossate per un tempo prolungato, a differenza di quelle apposite per l'uso professionale in studio.

Le cuffie ad alta fedeltà sono quindi destinate all'ascolto della musica, generalmente, a casa; non sono portatili, hanno una connettività bilanciata e richiedono un amplificatore adeguato. Rispetto alle cuffie destinate ad un utilizzo più generico, quelle Hi-Fi eccellono solamente nella riproduzione accurata del suono, in particolare nella chiarezza e sottigliezza dell'audio, senza appunto tenere conto del volume o di altre funzionalità. Si tratta di cuffie accuratamente progettate fin nel dettaglio e realizzate con materiali di qualità, proprio per assicurare quest'alta precisione del suono; per questo motivo, alcuni brand Hi-Fi offrono persino una garanzia a vita²¹. I driver, infatti, hanno spesso il diaframma realizzato in metallo: in titanio, alluminio o berillio. Quelli più utilizzati in questa tipologia di cuffie, però, sono i driver elettrostatici che danno una risposta sonora più pulita e naturale. Il design di ogni componente è quindi orientato esclusivamente all'esperienza audio.

Per essere in grado di garantire questo grado di eccellenza del suono, le cuffie Hi-Fi sono però più costose rispetto ad altre tipologie di cuffie. Per la stessa ragione, generalmente, si tratta di cuffie pesanti e di dimensioni importanti.

Nella maggior parte dei casi, i padiglioni sono aperti o semi-aperti, proprio per garantire un'esperienza d'ascolto il più possibile vicina a quella reale.



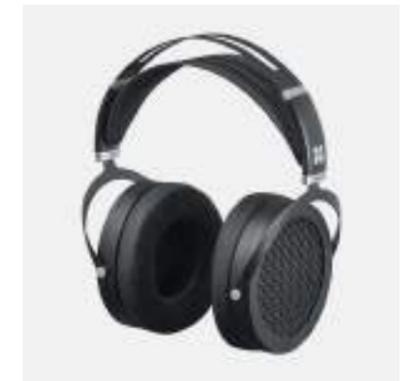
Audeze LCD3;



HiFiMan Ananda;



Grado Labs SR325X;



HiFiMan Sundara;

Headset – per lavoro d'ufficio

Le cuffie destinate alle persone che svolgono un lavoro d'ufficio o di call center vengono definite Headset. In questa categoria rientrano quindi quei modelli di cuffie che incorporano un microfono esterno. Essendo questo, infatti, un elemento molto importante per le chiamate di lavoro, è a braccetto per facilitare la comunicazione. Generalmente, le cuffie dedicate al lavoro d'ufficio sono più piccole e compatte in modo da poter essere trasportate; per questo si tratta principalmente di cuffie sovraurali.

Questa tipologia di cuffie hanno i padiglioni chiusi, spesso con la funzionalità aggiuntiva della cancellazione del rumore, in modo da garantire un completo isolamento acustico; è utile in ambienti rumorosi come l'ufficio ma anche la propria

²⁰ L'alta fedeltà (Hi-Fi) è uno standard di qualità del suono, che lo rende molto fedele alla realtà. È la cosa che più si avvicina alla sorgente sonora originale, senza rumori o distorsioni.

²¹ Viene offerta, ad esempio, nei modelli di cuffie ZMF.

abitazione nel caso si lavori da casa.

I comandi per regolare l'audio e/o per disattivare il microfono sono solitamente posizionati lungo il cavo, in modo da essere più facilmente raggiungibili dall'utente.

Molti modelli di questo tipo, infatti, presentano anche un pulsante dedicato all'avvio di Microsoft Teams²².

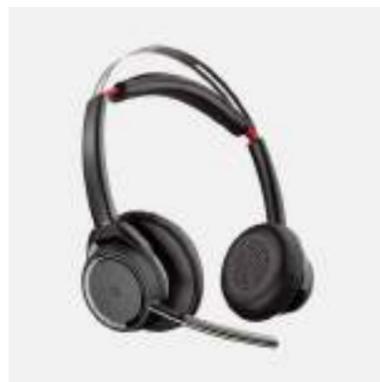
Nella maggioranza dei casi, questo genere di cuffie sono cablate, per venire incontro all'esigenza di dover spesso collegarsi a dispositivi diversi. Il cavo è utile anche per l'utilizzo continuo e prolungato che viene fatto di queste cuffie; quelle wireless, infatti, garantirebbero solamente una durata limitata dovuta alla batteria ricaricabile.



Jabra Evolve 20;



Logitech Zone Wired;



Poly Voyager Focus UC;



CA HS-2000BT

Per uso generico

Le cuffie destinate ad un uso generico e quotidiano possono presentare molteplici caratteristiche a seconda delle preferenze dell'ascoltatore. Generalmente, si tratta

di cuffie che siano in grado di sopperire alle necessità quotidiane, che possono andare dal viaggiare al tenersi motivati con la musica mentre si pratica sport.

Si tendono a preferire cuffie dai padiglioni chiusi e circumaurali, in modo da avere un ottimo isolamento acustico, ideale ad esempio per gli spostamenti giornalieri con i mezzi pubblici. Tendono quindi ad essere anche facilmente ripiegabili per

occupare il minor spazio possibile. Per la stessa ragione, sono preferibili wireless per non avere l'ostacolo del cavo mentre si viaggia o si lavora. Anche il microfono

diventa necessario, nascosto in uno dei padiglioni, nel caso si abbia la necessità di rispondere a una chiamata. Il livello di comfort deve essere tale da garantire una

buona aderenza alla testa dell'ascoltatore, per sopportare i continui movimenti anche nel caso si decida di praticare attività fisica.



Sony WH-1000XM5;



Bose Quietcomfort 25



Urbanista Miami;



Bang & Olufsen Beoplay Portal;

²² Piattaforma di comunicazione di Microsoft che offre un servizio di chat e videoconferenze nello spazio di lavoro.

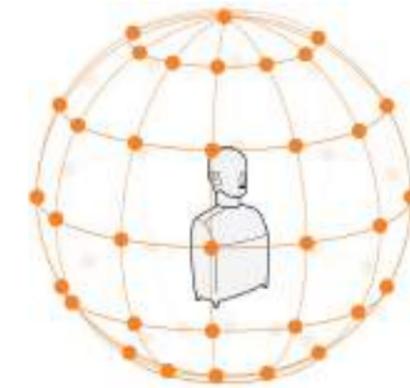
Audio tridimensionale

L'audio tridimensionale è un formato di suono surround immersivo; è una tipologia di audio spaziale che consente all'ascoltatore di individuare la posizione di ciascun suono nello spazio, percependone la direzione e la distanza. La tecnologia che permette di realizzare gli audio tridimensionali ha, appunto, l'obiettivo di ricreare una percezione sonora che si avvicini il più possibile a quella reale. Un esempio di applicazione di questa tecnologia è il Dolby Surround²³: un formato audio cinematografico, utilizzato nelle sale dei cinema, che diffonde il suono ai lati, al di sopra e dietro l'ascoltatore, attraverso una serie di diffusori che coprono in modo uniforme l'intera area di ascolto.

Per ottenere quest'effetto immersivo, è quindi necessario creare uno spazio sonoro virtuale che sia in grado di simulare la diffusione delle onde all'interno di un ambiente. Però, per simulare la capacità del sistema uditivo di localizzare i suoni, è necessario tenere conto delle interferenze che il corpo umano causa alle onde sonore. Queste, prima di raggiungere i timpani, incontrano infatti una serie di ostacoli, quali la testa, le orecchie, le spalle e il tronco dell'ascoltatore. In particolare, caratteristiche come le dimensioni, la forma e la massa della testa, ma anche la forma dell'orecchio e la lunghezza del condotto uditivo, hanno un impatto significativo sulle onde sonore, trasformando il modo in cui il cervello percepisce il suono. Questo fenomeno viene denominato "funzioni di trasferimento legate alla testa" o HRTF, acronimo di Head Related Transfer Functions. In sintesi, l'HRTF è un fenomeno caratterizzato dalla trasformazione delle onde sonore a seconda delle caratteristiche fisiche uniche dell'ascoltatore.

Il fenomeno HRTF è misurabile utilizzando una sonda microfonica posizionata all'ingresso di entrambi i canali uditivi di un manichino, o di una persona reale. Il soggetto, con indosso i due microfoni, viene circondato da una serie di altoparlanti, posizionati secondo le coordinate di una sfera virtuale con il punto d'ascolto come centro; da ciascun altoparlante viene emesso, a turno, un impulso sonoro (Iida, 2019; Criniti & Masoero, 2019). Da un campionamento spaziale di questo tipo, è possibile

ricostruire un vero e proprio ambiente sonoro in grado di simulare la percezione acustica reale. Per registrare questo tipo di audio è necessario appunto l'utilizzo di un microfono binaurale. Si tratta di una tipologia di microfono che tiene conto delle proprietà acustiche spaziali e temporali: la differenza dei tempi di arrivo del suono alle due orecchie (Interaural Time Difference, o ITD) e la differenza di intensità (Interaural Intensity Difference, o IID).



Misurazione HRTF;
(Brüel & Kjær, n.d.)

Un noto esempio di microfono stereo binaurale è il Neumann KU 100, caratterizzato da due microfoni omnidirezionali collocati all'interno dei canali uditivi di due orecchie artificiali, montate su una testa di manichino. Quindi, la registrazione a due canali è in grado di catturare un audio tridimensionale che può essere ascoltato in cuffia. La registrazione binaurale ha anche dato vita a una serie di prodotti che utilizzano proprio questa tecnologia; un esempio di questo tipo sono le cuffie Sennheiser Ambeo. Si tratta di un paio di auricolari dotati di microfoni omnidirezionali per poter effettuare una registrazione binaurale dell'ambiente circostante, per poi poterla riascoltare in un secondo momento. I microfoni, posizionati al di fuori degli auricolari, permettono anche di cancellare completamente il rumore esterno, di ridurlo o invece di ottenere un equilibrio. Quest'ultima funzione, denominata "ascolto trasparente", è ormai presente in molti auricolari e cuffie dotate della cancellazione del rumore. Si tratta di una caratteristica che permette di ascoltare il mondo circostante come se non si indossassero le cuffie, ma senza effettivamente doverle togliere; è utile nei casi in cui è necessario sentire rumori esterni, ad esempio il traffico cittadino.

23 Nello specifico viene utilizzata Dolby Atmos, una tecnologia di suono surround sviluppata nel 2012, che amplia le preesistenti configurazioni sonore con canali provenienti dall'alto, che avvolgono il pubblico in una cupola di suono; possono essere utilizzati fino a 400 diffusori. Un'altra tecnologia di questo tipo, che fa da concorrenza, è DTS:X.



Neumann KU 100



Sennheiser Ambeo Smart Headset

Le eventuali differenze che si possono incontrare nella percezione dell'audio tridimensionale, tramite cuffie, sono dovute alla tipologia di queste, più precisamente allo spettro di frequenza che riescono a coprire. Per ottenere, quindi, un tipo di percezione il più fedele possibile a quella reale, sarebbe necessario tenere conto del tipo di cuffie che indossa l'utilizzatore, per poi aggiungere all'audio, in post-elaborazione, una componente di equalizzazione adeguata.

Le Pulse 3D, di Sony, sono un esempio di cuffie appositamente ottimizzate per ascoltare l'audio tridimensionale riprodotto dalla console PlayStation® 5, nello specifico dai giochi che supportano questa funzione. La console, infatti, permette di personalizzare le impostazioni dell'equalizzatore riferite alle cuffie, ovvero di modificare la distribuzione spettrale a seconda delle esigenze dell'ascoltatore. In questo modo diventa possibile ascoltare un audio spazializzato.

In passato, per usufruire di questo nuovo tipo di audio tridimensionale bisognava necessariamente utilizzare un paio di cuffie apposite che Sony aveva creato proprio per sperimentare questo sistema surround. Si trattava però, più che altro, di una mossa di marketing affinché l'utilizzatore fosse costretto ad acquistare un accessorio in aggiunta. Ora, invece, la tecnologia Tempest 3D Audio Tech²⁴ permette di ascoltarlo indipendentemente dal tipo di cuffie o auricolari che si possiede. Infatti, l'elemento che permette di ottenere quest'audio immersivo, è un'unità di calcolo aggiuntiva che si trova collocata all'interno della console. Si tratta quindi di un sistema surround virtuale che può venire applicato anche a tracce stereo.

In questi casi, infatti, quando si tratta di videogiochi e realtà aumentata, diventa più complicato sfruttare le potenzialità del fenomeno HRTF perché i suoni, in origine, non sono stati registrati con un microfono binaurale e per questo necessitano di un'apposita elaborazione successiva.

Per questa ragione si è anche cominciato a ipotizzare la possibilità di adattare l'esperienza audio in tempo reale, tracciando la direzione del viso dell'ascoltatore. Diventa quindi fondamentale l'utilizzo di un dispositivo acustico che sfrutti appieno un modello HRTF personalizzato in modo dinamico. Una ricerca del 2012 sosteneva che queste funzioni potevano essere soddisfatte da un paio di cuffie wireless dotate di sensori di movimento e una fotocamera multiframe (Geronazzo et al., 2012).

Un esempio in cui è stato incorporato un sistema molto simile a quello appena descritto è quello delle cuffie AirPods Max di Apple. Con questo dispositivo è, infatti, possibile effettuare un rilevamento della forma di testa e orecchie dell'ascoltatore, per poter ottenere un audio spaziale personalizzato. È anche possibile effettuare un tracking in tempo reale che permette di rilevare gli spostamenti della testa, come veniva descritto nella ricerca precedentemente citata, ma attraverso la connessione ad un secondo dispositivo dotato di schermo, come può essere l'iPhone, l'iPad o il Mac. Infatti, su uno delle due schede logiche contenute nelle AirPods Max è incluso un giroscopio a tre assi, che permette di tracciare i movimenti e di effettuare i rilevamenti auricolari. È presente anche il chip H1 che si occupa di effettuare gli accorgimenti di equalizzazione in base a ciò che gli viene trasmesso dai due microfoni presenti nei padiglioni.



Sony PULSE 3D



Apple AirPods Max

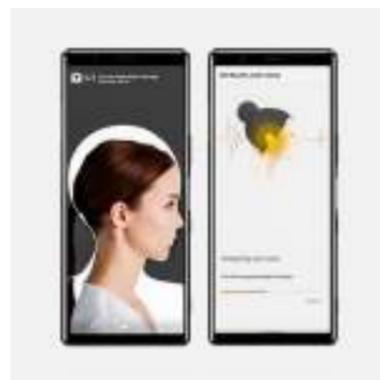
La tridimensionalità è, quindi, una caratteristica dell'audio che può essere ottenuta con un particolare tipo di registrazione (citato in precedenza) o con una rielaborazione

24 La tecnologia sviluppata da Sony utilizza un nuovo motore audio (Tempest Engine) per simulare l'audio proveniente da diverse direzioni grazie a degli algoritmi che sfruttano effetti temporali e altri tipi di elaborazione intelligente per garantire il suono tridimensionale.

dell'audio che viene effettuata attraverso specifici software, che utilizzano diffusori virtuali. Non esiste, quindi, una specifica tipologia di cuffie senza la quale non è possibile percepire questo particolare tipo di audio. Le cuffie, però, possono ottimizzare questo tipo di esperienza d'ascolto, a seconda delle funzioni che le caratterizzano. Nel caso, appunto, delle AirPods Max, la possibilità aggiuntiva di effettuare una scansione della propria testa permette di percepire gli audio tridimensionali come molto più vicini all'esperienza reale, rispetto ad altre tipologie di cuffie. Un altro esempio di questo tipo è dato dalle cuffie Sony WH1000XM4, anch'esse dotate di un algoritmo in grado di personalizzare il suono a seconda della forma delle orecchie dell'ascoltatore, che viene scannerizzata, tramite App, a partire da una foto. In ogni caso, anche senza l'aggiunta di questo genere di funzionalità che sfruttano il fenomeno HTRF, è possibile percepire l'audio spaziale senza problemi, il quale risulterà però un po' meno realistico perché non adattato alle caratteristiche dell'ascoltatore. Un requisito, però, da tenere in considerazione per un'esperienza d'ascolto migliore, è sicuramente il grado di isolamento acustico che il modello di cuffie riesce a garantire. A seconda, poi, dell'utilizzo che si deve farne, che può spaziare dal gaming, alla realtà virtuale ma anche dall'ascoltare musica e al vedere un film, si sceglierà un modello di cuffie piuttosto che un altro.



Sony WH1000XM4:



App Sony 360 Reality Audio:

Un'eccezione, che è importante citare, è data dal modello Tritton AX Pro di Dolby. Si tratta di una tipologia di cuffie che cerca di simulare l'audio surround utilizzando quattro driver indipendenti collocati in ciascun padiglione. Questo genere di cuffie contenendo, appunto, molteplici altoparlanti in ciascun orecchio, risultano molto pesanti e costose, e per questo sono ormai diventate obsolete.



Dolby Tritton AX Pro:



Padiglione Tritton AX Pro

L'audio tridimensionale può avere un ruolo importante nell'aiutare le persone con disabilità visive. Questa tecnologia è stata, infatti, utilizzata in "Sfida alla pari": un videogioco che sfruttando l'audio spaziale permette a persone ipovedenti e non vedenti di poter essere incluse. Il gioco, sviluppato da Dinobros e Novis Games, sfrutta l'audio tridimensionale in modo tale che si possano percepire, attraverso l'udito, gli ostacoli collocati lungo il percorso di gioco. Il videogioco è stato promosso da Marco Andriano, ipovedente dall'età di quattro anni, nel corso della sesta puntata di "Tú Sí Que Vales" dell'edizione 2022.

L'audio binaurale può anche influenzare la cognizione e lo stato mentale dell'ascoltatore. Nello specifico, nel 2019, è stato eseguito uno studio per comprendere come questo potesse avere degli effetti su memoria, attenzione e sensibilità al dolore. Ne è risultato che l'incidenza dei battiti binaurali su queste funzioni cognitive, dipende dalla durata dell'esposizione ad essi e dalla frequenza dei suoni utilizzati; in particolare, l'efficacia risulta maggiore se l'esposizione, che dev'essere di nove o dieci minuti, avviene prima e/o durante l'esecuzione di un compito (Garcia-Argibay et al., 2019).

Un fenomeno che sfrutta l'audio binaurale è l'ASMR, acronimo di Autonomous Sensory Meridian Response, che significa "risposta autonoma del meridiano sensoriale". Questo termine è diventato noto con la comparsa, nel 2010, di numerosi video caricati nella piattaforma YouTube, che ad oggi sono in continua crescita. L'ASMR si riferisce alla risposta che il cervello umano ha di fronte a una serie di stimoli visivi, uditivi, tattili, olfattivi o cognitivi: una sensazione di formicolio, in diverse parti del corpo, accompagnata da uno stato di rilassamento generale. Per questo motivo, l'ASMR viene

utilizzato per favorire il rilassamento, il sonno, la concentrazione e per calmare stati d'animo negativi. I video targati come ASMR riguardano l'esecuzione di una serie di suoni: lo strusciare del pennello, il picchiettare con le dita la superficie di diversi oggetti, lo stropicciare una confezione in plastica, ma anche il sussurrare o il ripetere la stessa parola più volte, etc. La particolarità di questo fenomeno è che i suoni vengono registrati con microfoni binaurali, come quelli descritti in precedenza. In questo modo, il suono ascoltato in cuffia si avvicina di molto a quello reale. Proprio per questo motivo, numerosi video cercano di replicare l'esperienza acustica che si vive in situazioni quotidiane che le persone ritengono rilassanti, ad esempio andare in un salone di parrucchieri; in questo caso, viene ricreato ogni singolo suono: dal rumore del phon, al suono delle forbici che tagliano i capelli, al suono dello shampoo sulla testa. Tutto ciò è possibile proprio perché tutti questi suoni vengono appunto registrati con microfoni binaurali, spesso collocati all'interno di una testa di manichino. In questo modo è possibile percepire la collocazione di ciascun suono: se esso proviene da dietro, da davanti o da sopra la testa, o se si trova più o meno distante da chi ascolta. Per ascoltare al meglio questa tipologia di tracce audio tridimensionali, è quindi fondamentale farlo attraverso un paio di cuffie.



*Esempio di video ASMR;
(DonnaASMR, 2017)*



Microfono binaurale 3Dio;

Nell'ambito dell'audio tridimensionale si parla anche di audio 8D; terminologia nata e diventata nota con la comparsa, nella piattaforma YouTube, di numerosi video sotto questo nome. È una tipologia di audio che non è riconosciuta né utilizzata dai professionisti dell'industria audio o dell'Hi-Fi. Si tratta, principalmente, di tracce stereo che sono state alterate con l'utilizzo del panning, una tecnica per distribuire il segnale audio spostandolo continuamente dal canale destro a quello sinistro, e viceversa, dando

così la percezione di ascoltare un suono spaziale. Il numero otto, in questo caso, indica quanti diffusori questo sistema dovrebbe essere in grado di simulare; il suono, quindi, sembrerebbe provenire da otto diverse direzioni. L'audio 8D, per venire realizzato, non richiede alcuna tecnica di registrazione particolare, può anzi essere prodotto con qualsiasi segnale audio e con l'aiuto di un software (Arroyo Cruz, 2019).

1.3 Le cuffie modulari

Casi studio esistenti di cuffie modulari

Attualmente esistono diversi progetti incentrati sulla progettazione di cuffie modulari, alcuni dei quali sono già realtà e vengono effettivamente prodotti.

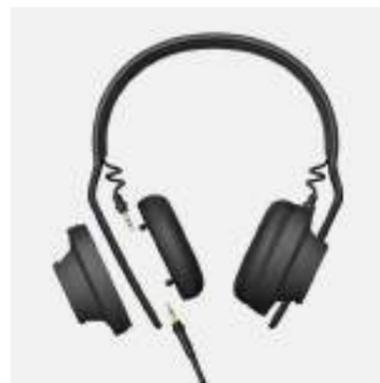
Ognuno di questi affronta diversamente il tema della modularità proponendo soluzioni differenti.

AIAIAI – cuffie TMA-2

L'azienda di design audio danese AIAIAI incorpora le logiche del Design for Disassembly nella progettazione e nella produzione dei loro prodotti. Nello specifico, il modello di cuffie TMA-2 è progettato in modo tale che possa venire disassemblato solamente con l'utilizzo di un cacciavite Phillips #00. Si tratta di cuffie modulari principalmente dedicate all'utilizzo su palco e in studio professionale.



AIAIAI TMA-2;
(AIAIAI, n.d.)

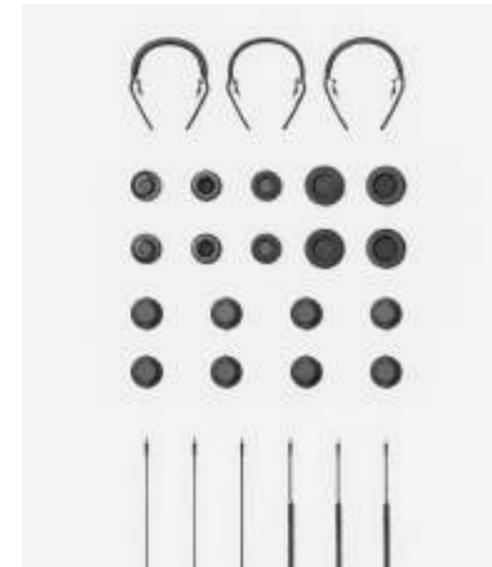


Modularità delle cuffie AIAIAI;

La caratteristica principale del modello TMA-2 sta appunto nella modularità e quindi nella possibilità di aggiornarsi a seconda della tecnologia o delle esigenze dell'utente, in modo da poter estendere la longevità del prodotto.

Sul sito dell'azienda è, infatti, possibile poter comporre il proprio modello partendo da una base tra quelli disponibili. Per ogni singolo componente si può quindi scegliere quale tipologia si preferisce, in modo da poterli combinare per creare un modello che soddisfi le proprie necessità.

Le componenti che si possono scegliere e sostituire sono: l'unità degli altoparlanti, i pad, l'archetto e il cavo.



Componenti sostituibili di TMA-2;

L'unità degli altoparlanti comprende l'intero padiglione all'interno del quale viene racchiuso il driver dinamico da 40 mm con il diaframma in biocellulosa. Per chiuderlo all'interno, viene posizionata sopra una griglia che viene avvitata al padiglione con quattro viti Phillips. Le unità degli altoparlanti tra cui scegliere sono tre, una delle quali è wireless e quindi è dotata in aggiunta della tecnologia Bluetooth e di una batteria ricaricabile tramite cavo USB-C. Le altre due unità funzionano solamente tramite cavo e si differenziano l'una dall'altra per la gamma di frequenze che vanno a rendere più definite; una si concentra maggiormente sulla riduzione della distorsione e sul rendere più incisive le frequenze medio-basse, l'altra garantisce una tonalità più naturale e una definizione maggiore delle alte frequenze.

I pad, che vengono incastrati sull'unità degli altoparlanti tramite quattro agganci reversibili, sono di cinque tipologie, per assecondare il più possibile le diverse esigenze. Si tratta di pad sovraaurali o circumaurali, entrambi di forma rotonda, imbottiti di gommapiuma memory-foam e rivestiti in materiali diversi: microfibra,

pelle PU²⁵, Alcantara^{®26} e Repreve^{®27}.

I pad, quindi, sono stati progettati in modo tale che, nonostante la loro dimensione, si possano agganciare ai padiglioni, che invece hanno una misura standard.

I cavi tra cui scegliere presentano diverse lunghezze (1,2 o di 1,5 m) e caratteristiche differenti; possono essere lisci oppure arrotolati a spirale in modo da estendersi fino a 3,2 m. Anche il jack all'estremità del cavo può essere angolato o meno e può essere dotato di un adattatore ad avvitamento, in modo da ottenere un jack da 6,4 mm al posto di quello standard. Infine, è anche possibile scegliere un cavo che comprende una piccola unità con pulsanti e microfono.



*Combinazioni diverse dei componenti AIAIAI;
(AIAIAI, n.d.)*

Anche l'archetto è disponibile in cinque tipologie; può essere più o meno robusto, imbottito o meno in gommapiuma e rivestito in pelle PU, nylon o microfibra. L'archetto scelto è già dotato del cavo che esce alle estremità in modo che possa connettersi alle unità degli altoparlanti, tramite jack. In questo modo, il cavo è indipendente dal resto delle cuffie; in caso di danneggiamento non serve così né aprire i padiglioni né lavorare con saldature.

Per regolare le cuffie è necessario far scorrere e poi bloccare i padiglioni sul foro scelto, presente lungo le estremità dell'archetto.

AIAIAI, inoltre, mette a disposizione sul suo sito delle guide, rivolte agli utenti, per la riparazione di ciascun componente, in modo da poter prolungare la durata del prodotto il più possibile.

Ad esempio, la guida dedicata alla riparazione dell'unità dell'altoparlante, con una serie di foto spiega passo passo come disassemblare l'intero componente, indicando anche quali strumenti utilizzare. Riporta, poi, alcuni dei problemi che potrebbero essere la causa del malfunzionamento e illustra come risolverli, anche tramite saldatura.



*Guida alla riparazione dell'unità altoparlanti;
(AIAIAI, n.d.)*



*Disassemblaggio di un'unità altoparlanti;
(AIAIAI, n.d.)*

25 La pelle PU (PU leather) è una pelle sintetica rivestita di materiale poliuretano. È un materiale che rientra nella fascia di prezzo più economica, non è particolarmente resistente e spesso si danneggia dopo pochi anni. Manca di traspirabilità e si attacca facilmente alla pelle (Kiley, 2022).

26 Materiale prodotto dall'azienda italiana Alcantara; tessuto resistente, traspirante con un ottimo grip. Ha ottenuto la certificazione di materiale Carbon Neutral (emissioni di CO2 pari a zero) e si avvale di un approvvigionamento responsabile (Alcantara, n.d.). È un materiale composito formato da poliestere e poliuretano.

27 È un marchio che produce un materiale derivato da fibra riciclata ad alte prestazioni, proveniente da bottiglie e contenitori in plastica (Repreve, n.d.).

Cuffie Repeat (Gerrard Street)

La start-up olandese Gerrard Street, ora con il nome di Repeat, progetta e produce cuffie modulari e facilmente disassemblabili, in modo che le componenti possano essere sostituite, riparate e aggiornate. L'applicazione delle logiche del Design for Disassembly consente di riutilizzare l'85% dei componenti (Ellen Macarthur Foundation, n.d.).



*Repeat Prince;
(Repeat Audio, n.d.)*



Disassemblaggio dell'unità altoparlanti

La caratteristica distintiva di questa start-up sta nello sviluppo di un modello di business differente: le cuffie modulari vengono vendute come servizio di abbonamento, non mediante la modalità di acquisto tradizionale. In questo canone mensile è inclusa la garanzia che, se le cuffie si danneggiano in qualsiasi modo, Repeat invierà immediatamente un pezzo di ricambio al cliente, il quale può anche restituire il paio alla start-up per un aggiornamento o una sostituzione completa. Quindi, combinando un design duraturo con un modello commerciale ad abbonamento, Repeat massimizza i cicli di utilizzo di ogni paio di cuffie, aumentando le proprie entrate e allo stesso tempo avendo maggior controllo sul prodotto, con la possibilità di recuperarlo a fine ciclo di vita. In questo modo, le cuffie diventano un servizio e la start-up stessa è incentivata ad eseguire le riparazioni.

Inizialmente, le cuffie vengono consegnate al cliente in parti separate; per montarle è necessario solamente unire i pezzi ad incastro, perché non vengono utilizzati né dadi né bulloni. Questo kit prevede: i pad, le unità di altoparlanti, un archetto a fascia, l'archetto imbottito, due manopole, un cavo con connettore jack da 3,5 mm e un cavo USB-C per la ricarica.



Scatola con le componenti da montare

I modelli di cuffie proposti sono tre, uno cablato e due wireless, di cui uno possiede anche la cancellazione del rumore. A parte questo, tra i tre modelli non c'è una differenza evidente; le componenti sono le stesse. Si tratta di cuffie circumaurali, con i pad di una determinata grandezza e l'archetto con una certa imbottitura. Non c'è modo di cambiare la tipologia delle componenti in base alle proprie esigenze.



Componenti modello Gerrard Street

Print+ – cuffie DIY

Il progetto Print+, ideato da Patrick Schuur e avviato nel 2015 con una campagna Kickstarter, propone un kit di cuffie fai-da-te da stampare in 3D.

Si tratta di cuffie modulari, assemblabili senza l'utilizzo di viti, colla o saldature.



Cuffie Print+, design 7;
(Print+, n.d.)



Cuffie Print+, design 1;
(Print+, n.d.)

L'utente viene fornito di un kit contenente una coppia di driver, il circuito stampato con un pulsante e il microfono, i pad, l'imbottitura dell'archetto e i cavi audio. Per completare tutte le componenti, è quindi necessario stampare in 3D gli elementi mancanti, utilizzando i progetti open-source caricati nel sito: l'archetto, i due padiglioni e la scocca per contenere l'unità con pulsante e microfono.



Kit con le componenti già fornite;
(Print+, n.d.)

Le cuffie Print+ permettono anche una vasta possibilità di personalizzazione.

Le parti non stampabili sono disponibili in 21 colori diversi, da abbinare al colore del materiale termoplastico scelto per la stampa; inoltre, si può scegliere tra sette

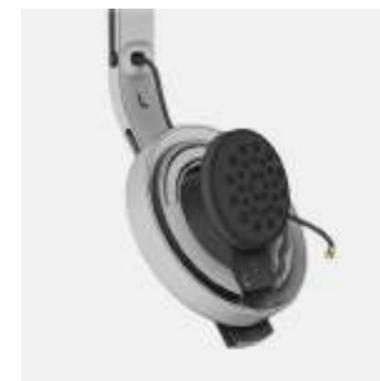
design diversi dei padiglioni. Anche l'archetto può venire stampato come pezzo unico oppure diviso in due parti, per aumentare le possibilità di personalizzazione.



Sette design per i padiglioni delle cuffie Print+;
(Print+, n.d.)

Il sito mette a disposizione tutte le informazioni necessarie per impostare la stampante 3D e ottenere così i pezzi corretti, senza errori. Sono anche presenti consigli su come per rifinire i pezzi dopo la stampa e tutte le istruzioni necessarie che guidano l'utente passo passo in modo da poter assemblare l'intero prodotto, ottenendo le cuffie finite.

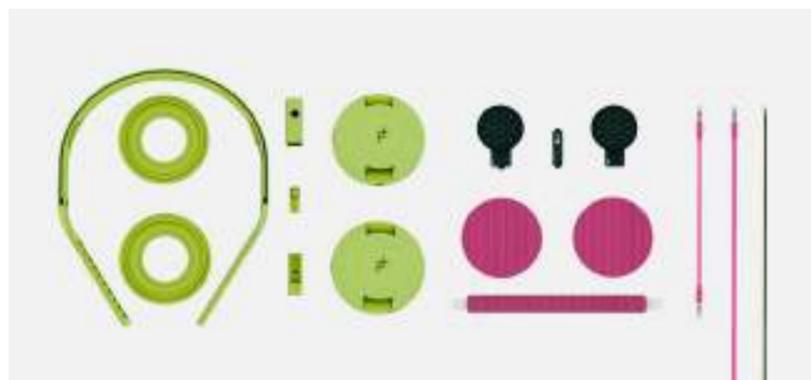
Le istruzioni per il processo di assemblaggio comprendono anche il passaggio del cavo all'interno dell'archetto, per poi connetterlo al driver. Anche in questo caso non sono presenti saldature, ma si tratta semplicemente di collegare il connettore al driver. Per far rimanere fermo il cavo, senza il bisogno di utilizzare colla, esso viene fatto passare attraverso una scanalatura ondulata. Anche i pad si uniscono al padiglione semplicemente avvitandosi.



Istruzioni per il collegamento del driver;
(Print+, n.d.)



Padiglione assemblato;
(Print+, n.d.)



Componenti modello 2;
(Print+, n.d.)

I driver, sono racchiusi all'interno di una cover protettiva, in modo che durante l'assemblamento sia impossibile danneggiare le membrane.

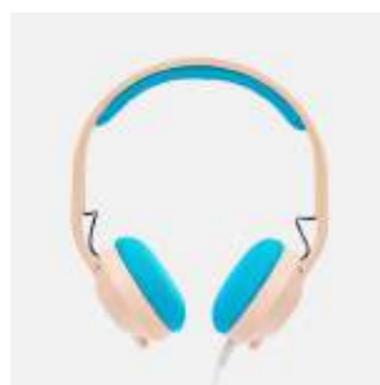
Il piccolo circuito stampato, con microfono e pulsante, è dotato di due ingressi jack, per poter assemblare l'intero cavo senza bisogno di saldature; con questo accorgimento diventa più facile anche sostituire una di queste componenti in caso di malfunzionamento.

Le estremità dell'archetto si inseriscono all'interno dei due padiglioni, i quali possono scorrere e bloccarsi nel punto per meglio adattarsi alla testa dell'utente.

Combinando la modularità delle componenti e la possibilità di stamparle in 3D localmente, ogni pezzo può essere ristampato e sostituito in caso di usura o rottura.



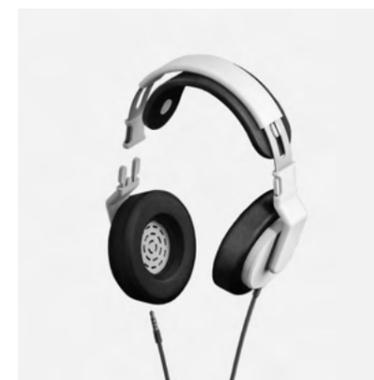
Cuffie Print+, design 6;
(Print+, n.d.)



Cuffie Print+, design 2;
(Design milk, n.d.)

Hans van Sinderen – cuffie DE-MO

Le cuffie DE-MO sono progettate per essere adattate a esigenze diverse; risolve il problema di dover acquistare modelli diversi per varie attività. Questo modello di cuffie presenta un unico set, che può essere ampliato nel tempo, basato su un sistema a moduli che permette all'utente di sostituire le parti inutilizzate o rotte.



Cuffie DE-MO;
(Hans Van Sinderen, n.d.)

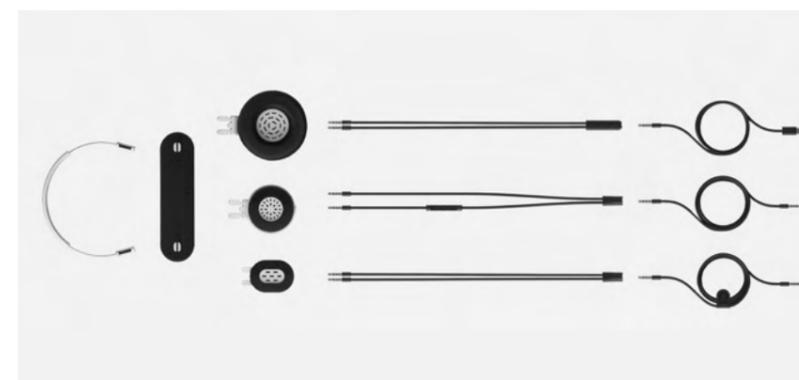


Meccanismo d'aggancio;
(Hans Van Sinderen, n.d.)

I padiglioni, vengono connessi all'archetto con un sistema di aggancio formato da una fibbia a scatto. In questo modo, diventa possibile cambiare l'intera unità del padiglione, compresa di pad, per modificare la tipologia di cuffie; così si può, ad esempio, passare da un modello sovraaurale a uno circumaurale, e viceversa.

Lo stesso metodo di incastro a scatto è stato utilizzato per agganciare l'imbottitura all'archetto. Anche questa diventa, così, rimovibile o sostituibile.

Il progetto prevede tre tipologie diverse di padiglioni e sei parti diverse del cavo, per creare la combinazione con gli adattatori che si preferiscono.



Componenti del set cuffie DE-MO;
(Hans Van Sinderen, n.d.)

Richard Price – cuffie Mode

Le cuffie Mode sono un progetto che prevede una configurazione modulare, che permette di trasferire l'unità degli altoparlanti da una struttura all'altra. In questo modo, con un unico paio di altoparlanti è possibile utilizzare più tipologie di cuffie; ad esempio, dalla struttura dotata di archetto e pad circumaurali è possibile passare a quella dedicata per fare sport.



Cuffie Mode, con pad circumaurali;
(Behance, n.d.)



Inserimento dell'unità audio;
(Behance, n.d.)

Ciascuna tipologia di struttura possiede dei padiglioni ad anello, dotati appunto dello spazio necessario per inserire l'unità audio. Quest'ultima, viene fatta passare all'interno e viene poi bloccata, agganciandosi al pad.



Diverse tipologie di cuffie Mode;
(Behance, n.d.)

Le unità degli altoparlanti sono caratterizzate da un'interfaccia touch che permette di regolare le preferenze audio.

Paramveer – cuffie Dampen

Un progetto universitario del product designer londinese Paramveer Bhachu, realizzato nel 2021, si concentra sulla progettazione più sostenibile delle cuffie di bordo utilizzate negli aerei. In particolare, questo progetto sfrutta la modularità per ottenere delle cuffie più sicure a livello igienico.

Il design modulare delle cuffie Dampen consente di riparare o sostituire le singole parti; i pad sono solubili in acqua in modo che, una volta inserita una nuova imbottitura, le cuffie possano essere utilizzate nuovamente, da persone diverse.



Cuffie Dampen;
(Paramveer, n.d.)



Disassemblaggio a incastro;
(Paramveer, 2021)



Modularità delle cuffie Dampen;
(Paramveer, n.d.)

Confronto dei casi studio

I casi studio analizzati, presentano tipologie di cuffie più o meno modulari, che permettono principalmente un tipo di modifica funzionale: il passaggio da un una cuffia sovraurale ad una circumaurale. Nella maggior parte dei casi analizzati è disponibile un determinato numero di variazioni per alcuni componenti, in modo che l'utente possa combinarle per comporre un modello secondo le proprie esigenze. Queste variazioni, appunto, si limitano principalmente alla grandezza e alla forma dei pad, alla presenza dell'imbottitura sull'archetto e alla tipologia di cavo con annesso tipo di connettore. Si tratta di elementi intercambiabili che vengono scelti prima di effettuare l'acquisto del modello completo, ma che possono anche venire acquistati singolarmente in modo da essere sostituiti, nel momento in cui le proprie esigenze cambiano.

Nei casi di AIAIAI e Repeat, la separabilità dei componenti viene facilitata proprio dalla modularità dell'intera struttura di questi due tipi di cuffie; in entrambi i casi, infatti, le unità contenenti i driver sono pensate come moduli chiusi e indipendenti, proprio per poter essere sostituiti a piacimento; viene data anche la possibilità di scegliere quello dotato di tecnologia wireless o meno.

I progetti Mode e DE-MO, invece, seguono lo stesso concetto enfatizzando, però, il fatto di poter modificare il proprio paio di cuffie nel momento del bisogno. Il progetto DE-MO, infatti, prevede le unità speaker dotate di un aggancio a scatto proprio rendere più immediato il cambio di quel determinato modulo. Le cuffie Mode, invece, prevedono le unità audio come indipendenti in modo che possano essere agganciate e connesse alla struttura di cuffia che si preferisce a seconda dell'attività da svolgere. In tutti i casi citati, però, come già accennato in precedenza, queste modifiche puntano solamente a modificare una singola funzione delle cuffie, quella di avvolgere tutto l'orecchio (circumaurale) o meno (sovrurale); tutte le altre caratteristiche, che potrebbero garantire un vero e proprio cambio nelle funzionalità della cuffia, non vengono invece prese in considerazione: ad esempio, il grado di apertura dei padiglioni, la presenza di un microfono a braccetto, i led, etc.



2. Fase di analisi

2.1 Analisi di quattro modelli di cuffie

Studio delle cuffie esistenti

Per comprendere come vengono progettate e prodotte le cuffie, attualmente in commercio, sono state prese in esame quattro modelli differenti tra loro.

Di ciascuno è stata analizzata la struttura generale e come i singoli componenti si rapportano gli uni agli altri; questo processo è servito per capire il grado di facilità di disassemblaggio e, più nello specifico, di quali elementi sono composti. Ogni modello, quindi, è stato disassemblato fino ad arrivare ai singoli pezzi che lo compongono, dove possibile.

Disassemblaggio

Nel corso del processo di disassemblaggio, il livello di separazione che si riesce a raggiungere viene detto “profondità”. Più il disassemblaggio arriva in profondità e maggiore sarà il tempo impiegato; allo stesso modo diventeranno accessibili tutti i materiali dei quali è composto ciascun componente, ognuno con il proprio grado di purezza¹ (Vezzoli, 2018). Il processo di smontaggio di ciascun modello di cuffie è stato cronometrato e sono stati annotati tutti gli strumenti utilizzati a questo scopo; in questo modo è stato possibile capire il grado di facilità di disassemblaggio di ciascun tipo di cuffie. A disassemblaggio completato, ogni componente è stato quindi pesato, numerato e categorizzato secondo il materiale di cui è composto. In questo modo è risultato possibile apprendere e confrontare, per ciascun modello, il numero di pezzi e la quantità di ogni tipo di materiale del quale è composto.

¹ La purezza di un materiale è un requisito necessario affinché si possa generare il massimo del valore. Una qualità più alta delle componenti e dei materiali consente di estenderne la longevità, aumentando così la produttività delle risorse (Toni, 2015).

Modello 1 – AKG, Y40



Cuffie AKG, modello Y40



Cuffie senza pad

Caratteristiche generali

Il modello di cuffie Y40 riporta le seguenti caratteristiche: i due driver dinamici, collocati all'interno dei padiglioni, sono grandi 40 mm e da questi deriva il nome del modello. Si tratta di un paio di cuffie del tipo sovraurali (on-ear): i padiglioni sono grandi quanto basta per ricoprire l'entrata del condotto uditivo; sono infatti poco più grandi dei driver che contengono. L'archetto è regolabile grazie alla presenza di due semi archetti che scorrono all'interno di esso, sui quali sono incisi una serie di scansi per la regolazione. I padiglioni sono rotanti in modo tale che possano aderire comodamente alle orecchie. Il cavo non è saldato in modo permanente al padiglione ma è removibile grazie alla presenza di un connettore jack da 3,5 mm. Il cavo è anche dotato di un modulo al cui interno sono presenti tre pulsanti per la regolazione della musica e un piccolo microfono. Infine, le due estremità finali dell'archetto possono piegarsi per rendere il paio di cuffie più compatto e meno ingombrante per poter essere riposto nella propria custodia.

Analisi iniziale dello stato del prodotto

Il disassemblaggio completo del paio di cuffie AKG, modello Y40, ha richiesto in totale almeno quattro ore di lavoro. Le cuffie in questione sono state utilizzate assiduamente per circa sette anni per poi venire accantonate e sostituite con un nuovo paio. Com'è risultato evidente ad occhio nudo, riportavano una serie di

componenti danneggiate. Il pad sinistro appariva completamente staccato dal padiglione perché i due pezzi di stoffa che ne contenevano l'imbottitura si erano scollati, facendo così intravedere l'anello di gommapiuma. Nell'arco di tempo in cui quest'oggetto è stato utilizzato, questo problema si è ripresentato due volte, e due volte i pad sono stati acquistati a parte e sostituiti.

L'altra componente fondamentale che ha iniziato a cedere è stato l'archetto. Dopo qualche anno di utilizzo, la scocca polimerica esterna si è completamente spezzata in due punti, costringendo l'utilizzatore a ricorrere a del nastro adesivo per tenere insieme i pezzi, per poter continuare ad utilizzare ancora. Il materiale ha ceduto nei punti in cui l'archetto diminuiva in spessore: vicino al punto in cui veniva avvitato per accoppiarsi all'archetto in metallo e accanto al punto in cui iniziavano delle scanalature scavate nel materiale, pensate per far passare il filo elettrico.

Utilizzo di collante

Nel corso del disassemblaggio è emerso un considerevole utilizzo di collante come metodo di unione delle componenti, rendendo quello di un eventuale riassetto futuro un compito complicato e quasi impossibile. Innanzitutto, come già citato in precedenza, le due parti in pelle dei pad erano unite da un leggero strato di colla che, con un utilizzo intensivo delle cuffie, era solito cedere con facilità. Alla stoffa di ciascun pad era stato anche incollato un anello polimerico trasparente, che una volta separato dalla stoffa è rimasto pieno di residui.

Del collante è stato usato per tenere fissato il cavo elettrico lungo quasi tutto il suo percorso. In particolare, è stato utilizzato molto collante nelle scanalature dell'archetto, nonostante il cavo fosse già ben bloccato all'interno delle stesse e non potesse muoversi perché bloccato anche dall'archetto in metallo. Inoltre, in altri due punti dell'archetto, per tenere bloccato il cavo sono stati utilizzati due adesivi.

Un altro utilizzo evidente di colla è stato trovato per fissare gli anelli decorativi ai padiglioni, nonostante fossero già dotati di un meccanismo ad incastro che serviva a compiere questa funzione. In questo caso la colla ne ha reso complicato il disassemblaggio, provocando anche la rottura parziale di uno dei due anelli rendendo così necessario l'acquisto di un nuovo pezzo nel caso si volessero



Pezzo scollato del pad che è rimasto attaccato al padiglione



Imbottitura del pad, fuoriuscita dal rivestimento



Archetto spezzato



Interno dell'archetto rotto



Driver chiuso da una griglia avvitata al padiglione



Driver incollato alla griglia

sostituire. Ma il caso più evidente di incollaggio è quello dei due driver. Questi sono completamente incollati alla griglia in materiale polimerico che serve a proteggere il diaframma e per questo motivo è risultato impossibile estrarli. Questo non permette in alcun modo di poter eventualmente sostituire i driver in caso di rottura. Anche provando a forzarli fuori dall'alloggio non si muovono e si rischierebbe di rompere anche la griglia.



Entrambi i padiglioni aperti



Padiglione destro

Anche il disco decorativo esterno riportante il logo del prodotto è stato difficile da rimuovere perché incollato sulla superficie del padiglione, nonostante avesse tre piccole sporgenze per incastrarsi su di esso. La colla ha costretto a far forza con un cacciavite per separare i due pezzi, portando inevitabilmente alla parziale rottura di alcune sporgenze dei due dischi.

Infine, il collante utilizzato si era ormai ingiallito ed era diventato di consistenza gommosa, per questo nella maggior parte dei casi si è riuscito a togliere tirandolo con una pinzetta ben appuntita. Nonostante questo, la colla ha lasciato tracce ed incrostazioni sulle componenti su cui era stata stesa, in certi casi anche lasciando tracce del materiale polimerico che ne era venuto a contatto.

Grado di facilità di disassemblaggio

Per unire gli altri pezzi che compongono la struttura della cuffia sono stati usati cinque tipi diversi di viti, la maggior parte di queste a croce e solamente due a brugola. Tutte le viti hanno dimensioni diverse ma sono state abbastanza facili da svitare, fatta eccezione delle due che si andavano ad avvitare all'archetto

polimerico. A causa del tipo di materiale, ormai anche abbastanza usurato, è stato difficile estrarle perché la plastica era diventata un po' appiccicosa, bloccando le viti. Inoltre, mentre queste venivano svitate, tendevano a scavare ulteriormente il materiale, rendendo l'archetto non più utilizzabile. Lo svitamento è risultato molto più semplice e reversibile nel caso dei pezzi polimerici al tatto più duri e non tendenti al gommoso.

Due componenti in particolare sono state impossibili da separare: il padiglione sinistro e l'uncino che gli permette di ruotare. L'uncino è stato bloccato con una spina di fissaggio che lo trapassa interamente fino ad incollarsi al padiglione corrispondente. Non sembra esserci alcun modo di separarli senza dover ricorrere alla forza rischiando di rompere entrambi i pezzi. Anche in questo caso, nell'eventualità di dover sostituire solamente una delle due componenti in questione, non sarebbe possibile farlo.



Padiglione con l'uncino inseparabile



Uncino bloccato al padiglione con una spina di fissaggio, incollata

Separabilità e pulizia dei componenti per il recupero della materia

Su molte delle componenti, come già detto in precedenza, sono rimaste tracce del collante e dei materiali che sono venuti a contatto con esso, rendendo così molto difficile il futuro recupero della materia. Nel caso dei padiglioni, si possono notare residui gialli di materiale polimerico che è rimasto incollato. Di conseguenza, gli anelli gialli decorativi, che erano fissati in quel punto, hanno riportato tracce nere di materiale derivato dai padiglioni. Lo stesso problema appare molto più evidente sull'archetto giallo: il rivestimento del cavo elettrico, che era stato incollato nelle scanalature, ha lasciato tracce nere difficilmente rimovibili. In tutti questi casi,



i resti di colla, e la dispersione di materiale che ne è conseguita, non hanno reso possibile ottenere dei pezzi incontaminati, rendendo così molto più complicato il possibile recupero di materia.

All'interno di entrambi i padiglioni, al centro è stato incollato un pezzo di gommapiuma per permettere all'uncino di rimanere appoggiato nella giusta posizione e di poter ruotare sul posto. Provando a separare il pezzo di gommapiuma dal padiglione destro, si nota come venga via sfaldandosi. Il caso dei driver rimane quello più complesso, in quanto risulta impossibile separarli dalla griglia in cui sono incastrati e probabilmente incollati. Non è quindi possibile recuperare il pezzo della griglia, senza danneggiarla, come non è possibile estrarre i driver per poi recuperare le diverse parti che lo compongono.

Tipologia di materiali utilizzati

Questo modello di cuffie ha diversi pezzi in metallo, in particolare tre pezzi lungo l'archetto probabilmente per renderlo più solido. Sono state utilizzate anche molte viti come sistema di fissaggio delle componenti: per bloccare la griglia al padiglione e per tenere insieme diverse parti dell'archetto. Il resto delle componenti, escludendo la parte elettronica, è in materiale polimerico di diversi tipi e colori. In particolare, la scocca esterna dell'archetto è realizzata con una plastica gommosa, ed è anche quella che si è usurata prima.

Numero e peso delle componenti

A fine disassemblaggio possiamo contare 68 pezzi totali, per un peso totale di circa 149 grammi. Le componenti più pesanti risultano essere i pezzi dell'archetto in metallo, il rivestimento polimerico dell'archetto e i due driver.

Alcuni componenti sembrano essere superflui per il corretto funzionamento dell'intera struttura, come nel caso dei due pezzi semitrasparenti che fungono da prolungamento dei semi archetti, progettati per la regolazione dell'archetto.



Peso della scocca dell'archetto



Prolungamento con scanalatura per il cavo

Conclusioni

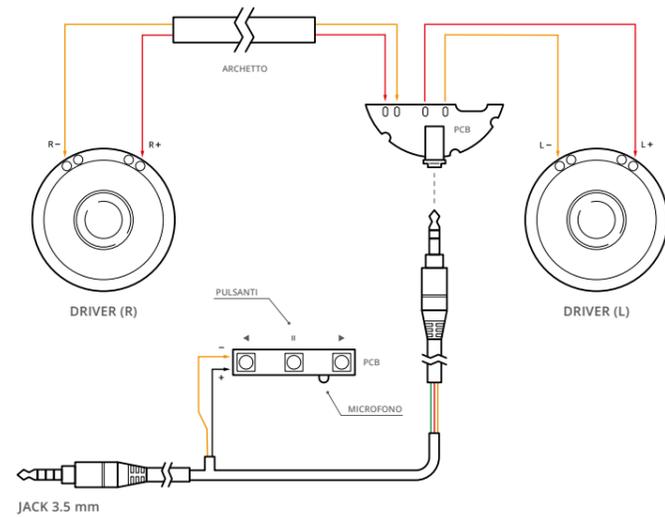
I driver risultano impossibili da sostituire, nonostante siano senza dubbio la componente fondamentale e indispensabile di un paio di cuffie. Il non poterli nemmeno estrarre dalla griglia in cui sono incollati comporta un grande ostacolo per una possibile riparazione nel caso si danneggiassero nel tempo.

I pad, invece, sono sostituibili, ma l'atto stesso della sostituzione risulta complesso: per reinserirli nella posizione originale bisogna far passare, tirandoli, tutti i lembi dell'anello di pelle sotto la griglia che contiene il driver, ed è un'operazione che non risulta immediata e che sembra essere stata pensata solo per il momento dell'assemblaggio in fabbrica. Questa modalità di sostituzione non fa altro che aumentare il rischio che, nel mentre, si possano scollare le due parti di pelle del pad. Anche se si volessero sostituire altre componenti che costituiscono questo paio di cuffie, in molti casi bisognerebbe prima disassemblare buona parte del prodotto. Alcuni pezzi, come i padiglioni, i semi archetti e le parti metalliche si potrebbero sostituire tranquillamente perché sono stati uniti ad incastro o tramite viti, le quali estraendole non hanno danneggiato i pezzi in cui erano inserite.

Schema elettrico

Nel caso del modello AKG, entrambi i driver sono collegati al circuito stampato tramite due cavi ciascuno: uno che porta il segnale e un altro che ne garantisce il funzionamento, il cosiddetto ground. Il driver sinistro, essendo collocato nel padiglione corrispondente assieme al circuito stampato, è collegato direttamente ad esso. Nel caso del driver destro, invece, i cavi a lui connessi devono prima

passare attraverso l'archetto per poi raggiungere il circuito, che si trova dal lato opposto. Il piccolo circuito stampato contiene solamente il modulo per l'ingresso di un connettore jack a tre poli. Il cavo che viene dato in dotazione assieme a questo paio di cuffie possiede, infatti, un jack TRS che va a collegarsi al padiglione delle cuffie.



Schema elettrico del modello Y40, AKG

Lungo il cavo è presente una scocca che contiene un altro piccolo circuito stampato con tre pulsanti per la regolazione musicale e un modulo con il microfono. Per questo motivo, il jack che si trova all'altra estremità del cavo, che si andrà a collegare a un dispositivo, è un connettore TRRS. Esso, infatti, possiede quattro contatti divisi dagli anelli isolanti neri: la punta (tip) per il canale audio sinistro, l'anello centrale (ring) per il canale audio destro, un secondo anello per il ground e la manica (sleeve) per il microfono.



Circuito stampato del padiglione sinistro



Circuito stampato lungo il cavo

Distinta base – BOM (Bill of Materials)

AKG - Y40						
N°	Parte	Q.	Peso (g)	Peso per q. (g)	Colore	Finitura
T TESSUTO						
T1	rivestimento pad	x 2	2,51	5,02	nero	liscia, morbida
T2	anello in pelle (rivestimento pad)	x 2	0,94	1,88	nero	liscia, morbida
Tot		4		6,90		
P POLIMERO						
P1	imbottitura in gommapiuma (pad)	x 2	1,64	3,28	giallo	morbida
P2	disco forato (pad)	x 2	0,59	1,18	trasparente	liscia
P3	imbottitura archetto	x 1	3,38	3,38	nero	morbida
P4	scocca archetto	x 1	23,62	23,62	giallo	gommosa, morbida
P5	estremità con scanalatura (archetto)	x 2	0,21	0,42	bianco	opaca / traslucida
P6	perno del padiglione DX	x 1	0,51	0,51	nero	opaca
P7	copri-snodo	x 2	0,50	1,00	giallo	lucida
P8	alloggio snodo - logo Y40	x 2	2,88	5,76	giallo, nero	lucida
P9	anello copri-driver	x 2	0,81	1,62	nero	lucida
P10	anello decorativo (padiglione)	x 2	0,68	1,36	giallo	lucida
P11	padiglione DX	x 1	7,34	7,34	nero	opaca (PC+ABS)
P12	padiglione SX + gancio SX + spina di fissaggio	x 1	10,56	10,56	nero	opaca (PC+ABS)
P13	gancio DX	x 1	2,57	2,57	nero	opaca, zigrinata
P14	disco decorativo - logo AKG	x 2	2,26	4,52	nero, argento	zigrinata
P15	semi archetto con scansi per regolazione	x 2	1,67	3,34	giallo	opaca
P16	elemento di blocco - scritta L o R	x 2	0,83	1,66	giallo, nero	lucida
P17	scocca coperchio (modulo pulsanti)	x 1	0,22	0,22	nero	lucida
P18	scocca alloggiamento (modulo pulsanti)	x 1	0,35	0,35	nero	lucida
P19	tasto (modulo pulsanti)	x 1	0,04	0,04	grigio scuro	gommosa
P20	tubicino ingresso cavo (modulo pulsanti)	x 2	0,03	0,06	nero	gommosa
Tot		31		72,79		
M METALLO						
M1	vite esagonale (archetto)	x 2	0,14	0,28	-	-
M2	vite a croce phillips (snodo)	x 4	0,05	0,20	-	-
M3	vite a croce phillips (archetto)	x 2	0,01	0,02	-	-
M4	vite a croce phillips (griglia driver)	x 8	0,01	0,08	-	-
M5	vite a croce phillips (perno del padiglione DX)	x 1	0,14	0,14	-	-
M6	archetto	x 1	15,90	15,90	-	-
M7	semi archetto	x 2	4,05	8,10	-	-
M8	perno snodo	x 2	0,30	0,60	-	-
M9	aletta fissaggio cavo (modulo pulsanti)	x 2	0,03	0,06	-	-
Tot		24		25,38		
E ELETTRONICA						
E1	PCB con ingresso jack 3.5 mm	x 1	1,30	1,30	-	-
E2	PCB modulo pulsanti + microfono	x 1	0,15	0,15	-	-
E3	driver 40 mm + griglia	x 2	14,57	29,14	-	-
E4	cavo interno	x 1	1,35	1,35	-	-
E5	cavo esterno	x 1	4,69	4,69	-	-
E6	jack 3.5 mm (lato padiglione)	x 1	0,93	0,93	-	-
E7	jack 3.5 mm (lato dispositivo)	x 1	1,37	1,37	-	-
Tot		8		38,93		
TOT		67		144,00 g		

N°	Strumento utilizzato
1	Cacciavite a scalpello – 2.0 mm
2	Cacciavite a stella – #0
3	Cacciavite a stella – #1
4	Cacciavite torx – T10x50
5	Pinze appuntite
6	Pinze piatte
7	Forbicine
6	Bilancia digitale di precisione 0.01 g

Tempo impiegato
4 h ~

Modello 2 – SBS, Music Hero



Cuffie SBS, modello Music Hero



Padiglione destro

Caratteristiche generali

Il modello di cuffie di Music Hero è caratterizzato da due driver dinamici di 40 mm. Si tratta di un paio di cuffie del tipo sovraurali (on-ear): i padiglioni non sono abbastanza grandi da accogliere l'intero orecchio seguendo la sua forma, ma sono grandi quanto basta per ricoprire la maggior parte della superficie dell'orecchio. La struttura di queste cuffie presenta un archetto regolabile, grazie alle estremità di esso che scorrono all'interno di altri due semi archetti. In questo caso, esso non presenta alcuna imbottitura ma è composto semplicemente da una singola fascia in materiale polimerico. I due padiglioni possono ruotare su sé stessi per aderire al meglio alle orecchie e, assieme al gancio a cui sono imperniati, possono venire piegati verso l'interno in modo da occupare meno spazio. Rispetto ai driver che contengono, i padiglioni sono molto più grandi e su di essi sono collocati dei pad tondi che coprono interamente l'orecchio. Il cavo è saldato all'interno del padiglione sinistro e prosegue fino ad un modulo che contiene un pulsante e un microfono.

Analisi iniziale dello stato del prodotto (nuovo)

Il disassemblaggio completo del paio di cuffie Music Hero ha richiesto in totale almeno due ore di lavoro.

Utilizzo di collante

All'interno del padiglione sinistro, il cavo elettrico è stato incastrato nella scocca di plastica in modo tale da tenerlo bloccato. Nonostante questo, però, è stata aggiunta una buona quantità di colla a caldo per essere sicuri che non si spostasse. Rimuovere il cavo non è stato troppo complicato, in quanto per sfilarlo è bastato rompere la colla facendo forza con un cacciavite a scalpello e cercando di tagliarla con una forbice appuntita. Dopo aver rimosso il cavo però, è stato molto laborioso togliere il resto della colla dal padiglione, visto che si tratta di un collante molto duro e poco elastico. Non è quindi stato possibile rimuoverla del tutto in quanto ha lasciato numerose incrostazioni difficili da eliminare.

È stato utilizzato del collante anche per bloccare i driver all'interno della griglia che li contiene; per questo motivo è impossibile rimuoverli senza danneggiare le componenti coinvolte. Un po' di colla è stata utilizzata anche alle estremità dell'archetto, nei punti in cui sono presenti due piccole scanalature in cui era stato fatto passare il cavo, che poi continuava lungo tutto l'arco. All'interno del padiglione sinistro, poi, è stato utilizzato un pezzetto di nastro adesivo per coprire la saldatura di due filamenti. A parte i casi appena citati, sui pezzi non sono presenti altre contaminazioni generate dal contatto con collanti o altre sostanze.



Cavo incollato al padiglione



Driver incollato alla griglia

La scocca, collocata lungo il cavo, contiene il modulo con i pulsanti; per riuscire ad aprirla è stato necessario dare qualche colpo di martello con un piccolo cacciavite a scalpello. Tutto il bordo della scocca sembrava fosse stato incollato, nonostante



I due pad, uno disassemblato e uno ancora chiuso



Padiglione sinistro aperto e separato dal gancio



Cavo che esce dall'archetto per arrivare al padiglione, per poi collegarsi al driver



Gancio separato dal padiglione



Gancio unito ad incastro all'archetto



Giunzione tra archetto e semiarchetto

al suo interno fosse dotata di una sorta di incastro per tenerlo chiuso. Durante l'apertura però questi piccoli incastri si sono rotti e dunque la scocca non è più richiudibile, se non utilizzando nuovamente della colla.

Grado di facilità di disassemblaggio

Per tenere insieme tutte le componenti che costituiscono questo paio di cuffie, l'unico metodo utilizzato è stato l'incastro. Non è infatti stata utilizzata alcuna vite, anche se ad un primo sguardo possono sembrare presenti: sul retro di ciascuno dei due ganci che sostengono i padiglioni, si può notare il disegno di due finte viti stampate nel materiale. Ad esempio, i semi archetti scorrevoli alle estremità dell'archetto principale, a causa di un meccanismo ad incastro, sono stati sfilati solo dopo aver ricorso all'utilizzo di un martello per schiacciare verso il basso la sporgenza che impediva al pezzo stesso di sfilarsi. Fatta eccezione di questo meccanismo, il resto delle componenti sono state molto facili da separare, senza fare alcuna fatica, e appaiono facili anche da riassemblare.



Finte viti sul retro del gancio



Incastro che unisce l'archetto ai prolungamenti

Separabilità e pulizia dei componenti per il recupero della materia

A disassemblaggio completato, tutte le componenti appaiono ben separate e pulite, a eccezione del padiglione sinistro che riporta qualche incrostazione di colla. Quest'aggiunta di collante è risultata superflua perché il cavo era comunque ben bloccato all'interno della scocca; pertanto, in caso di necessità, è possibile sostituirlo o controllarne la saldatura, con estrema facilità. Anche i pad possono

essere sostituiti e recuperati, in quanto non presentano tracce di colla perché i vari lembi di pelle sono stati cuciti tra loro.

Tipologia di materiali utilizzati

Tutte le componenti che vanno a formare questo modello di cuffie sono realizzate in materiale polimerico. In tutta la struttura non è presente alcuna parte in metallo e non è stato utilizzato alcun tipo di vite. I materiali di altro tipo si trovano all'interno delle componenti elettroniche.

Numero e peso delle componenti

Questo paio di cuffie è composto solamente da 24 componenti, per un totale di 125 g.

Conclusione

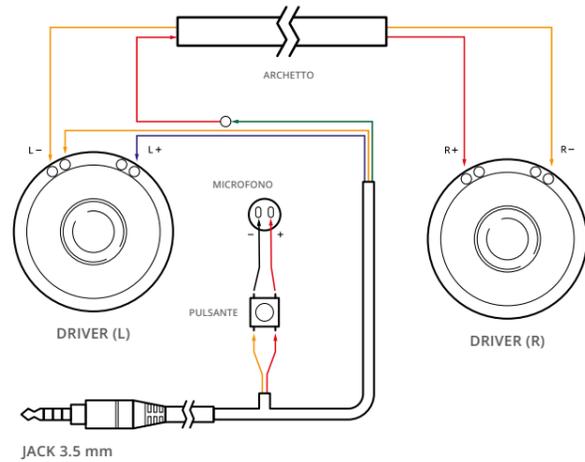
Come già detto in precedenza, risulta impossibile estrarre i driver dal loro alloggiamento. Per questo motivo recuperare le componenti del driver, o anche solo la griglia che le contiene, diventa un compito impossibile, che costringe a gettare via l'intero pezzo. I pad, invece, sono sì sostituibili ma richiedono un grande sforzo: bisogna riuscire a infilare tutti i lembi di pelle sotto la griglia che contiene il driver. Essendo i loro strati di pelle cuciti fra loro, tirandoli non si rischia di romperli, ma è comunque molto complesso cercare di rimetterli nella loro posizione originale. Fatta eccezione di questi due pezzi, tutte le altre componenti possono benissimo essere sostituite con un loro uguale ricambio, e senza fatica.

Schema elettrico

Nel caso del modello Music Hero, dal connettore jack partono tre cavi elettrici che finiscono nel padiglione sinistro. Da lì, al driver sinistro vengono connessi sia il cavo che porta il segnale che il cosiddetto cavo ground che ne garantisce il funzionamento. Il terzo cavo, dal padiglione sinistro, viene fatto passare attraverso l'archetto in modo tale da portare il segnale anche al driver destro. Allo stesso



modo, per far arrivare il ground al lato destro, viene aggiunto un cavo che unisce i due driver, passando sempre all'interno dell'archetto. Al connettore jack sono anche collegati il microfono e il pulsante che lo controlla, entrambi i quali si trovano all'interno della scocca collocata lungo il cavo che dal padiglione sinistro arriva appunto al connettore a quattro poli.



Schema elettrico del modello Music Hero, SBS

Il connettore jack da 3.5 mm è un connettore TRRS. Possiede, infatti, quattro contatti divisi dagli anelli isolanti neri: la punta (tip) per il canale audio sinistro, l'anello centrale (ring) per il canale audio destro, un secondo anello per il ground e la manica (sleeve) per il microfono.



Disassemblaggio dell'unità collocata lungo il cavo



Microfono e pulsante all'interno dell'unità

Distinta base – BOM (Bill of Materials)

BOM						
N°	Parte	Q.	Peso (g)	Peso per q. (g)	Colore	Finitura
T						
T1	rivestimento pad	x 2	339	678	nero	liscia,morbida
Tot		2		6,78		
P						
P1	imbottitura in gommapiuma (pad)	x 2	108	2,16	bianco	morbida
P2	padiglione con logo	x 1	97	97	nero,bianco	opaca
P3	padiglione con logo	x 1	10,13	10,13	nero,bianco	opaca
P4	gancio reggi padiglione – scritta Lo R	x 2	6,18	12,36	nero	opaca
P5	coperchio scorrevole del semiarchetto	x 2	222	444	nero	opaca
P6	semiarchetto con perno	x 2	578	1156	nero	opaca
P7	archetto	x 1	2032	2032	nero	opaca
P8	tubicino ingresso cavo	x 1	045	045	nero	opaca
P9	scocca coperchio (modulo pulsanti)	x 1	030	030	nero	semilucida
P10	scocca alloggiamento (modulo pulsanti)	x 1	043	043	nero	semilucida
P11	tasto (modulo pulsanti)	x 1	003	003	nero	lucido
Tot		15		71,35		
E						
ETBA						
E1	driver 40 mm griglia	x 1	1476	1476	-	-
E2	driver 40 mm griglia	x 1	148	148	-	-
E3	microfono	x 1	007	007	-	-
E4	pulsante	x 1	0,15	0,15	-	-
E5	cavo interno	x 1	08	08	-	-
E6	cavo esterno	x 1	139	139	-	-
E7	jack 3.5 mm (ato dispositivo)	x 1	230	230	-	-
Tot		7		46,97		
TOT		22		118,32		

N°	Strumento utilizzato
1	Cacciavite a scalpello – 2.0 mm
2	Pinze appuntite
3	Forbicine
4	Metello
5	Bilancia digitale di precisione 0.01 g

Tempo impiegato
2 h ~

Modello 3 – Lobkin



Cuffie Lobkin



Padiglioni ripiegabili

Caratteristiche generali

Il modello di cuffie Lobkin ha la caratteristica principale di essere un dispositivo wireless che utilizza la connessione Bluetooth. È caratterizzato da due driver dinamici di 40 mm. Si tratta di un paio di cuffie circumaurali (over-ear) come si può notare dalla forma ovale dei padiglioni e dei pad, la quale serve ad avvolgere bene l'orecchio per ottenere un'isolazione migliore dall'esterno. C'è la possibilità di utilizzare le cuffie tramite il cavo, che può essere aggiunto all'occorrenza tramite connettore jack da 3.5 mm. La batteria è ricaricabile collegando le cuffie all'alimentazione tramite un cavetto dall'attacco micro USB. Sul padiglione sinistro sono presenti l'interruttore per l'accensione e lo spegnimento del dispositivo stesso, tre tasti per la regolazione musicale, il led che segnala il funzionamento della batteria e l'uscita del microfono. I padiglioni di questo modello di cuffie non possono ruotare su sé stessi ma sono ripiegabili verso l'interno per poter avere un ingombro minore. L'archetto è imbottito.

Analisi iniziale dello stato del prodotto (nuovo)

Il disassemblaggio completo del paio di cuffie Lobkin ha richiesto in totale almeno due ore e quaranta minuti di lavoro. Questo paio di cuffie era nuovo, e i pezzi erano tutti in buone condizioni. Non è stato quindi difficile separare i pezzi, anzi: il disassemblaggio è stato abbastanza veloce nonostante la numerosità delle

componenti. La maggior parte dei pezzi era tenuta insieme da viti e in alcuni casi è stato utilizzato un meccanismo ad incastro. In ognuno di questi casi, è stato semplice separare le componenti, e non c'è stato il bisogno di metterci una forza eccessiva né il rischio di rompere qualche pezzo. Durante il disassemblaggio, infatti, nessuna componente della struttura si è rotta o ha subito dei danneggiamenti che potrebbero impedirne il riassetto. Sembra quindi che sia possibile riassetto interamente senza troppi problemi. Per questo scopo, le viti e gli incastri tra componenti diverse sono stati fondamentali.

Utilizzo di collante

Nonostante la maggior parte delle modalità di unione delle componenti sia reversibile, grazie all'utilizzo di viti e incastri, ci sono alcuni casi in cui è stato utilizzato del collante. Il caso più evidente e anche più importante è sicuramente quello dei due driver, che risultano totalmente incollati alla griglia nella quale sono contenuti. Non c'è modo di estrarli, e anche facendo forza si rischierebbe di rompere i pezzi in questione. Non è quindi possibile sostituire i driver. Come minimo bisognerebbe sostituire anche le griglie, che però sono pezzi i cui ricambi non vengono venduti. Quindi, nel caso di malfunzionamento di un driver bisognerebbe comprare un nuovo paio di cuffie. Il secondo caso in cui è stata utilizzata la colla si riferisce al padiglione sinistro, all'interno del quale è presente un pezzo di gommapiuma adesiva, che serve a tenere ferma la batteria che alimenta le cuffie. È stato semplice rimuoverlo dal padiglione in quanto la colla non aveva una presa troppo forte, però ha comunque lasciato qualche incrostazione.



Driver incollato alla griglia



Batteria incollata al padiglione

Grado di facilità di disassemblaggio

In generale, l'utilizzo di viti per unire la maggior parte delle componenti si è rivelato un metodo efficace per il disassemblaggio, senza il rischio di rompere o danneggiare i pezzi coinvolti. Essendo questo paio di cuffie un prodotto nuovo, nel corso dello svitamento le viti non hanno danneggiato o scalfito il materiale circostante, anche perché si tratta di un polimero piuttosto duro al tatto. Nel padiglione sinistro, in cui è presente tutta la componentistica elettronica, anche il circuito stampato era fissato con due viti, e per questo è stato molto semplice estrarlo dalla sua collocazione. Anche nel caso delle componenti fissate tra loro ad incastro è stato facile separarle, facendo leva con un piccolo cacciavite a scalpello. Nel caso dei semi archetti scorrevoli, necessari per la regolazione dell'archetto, è bastato sfilarli dalla loro collocazione facendo un po' di pressione con il martello sulla sporgenza che serviva al pezzo per bloccarsi sul fine corsa.

Per quello che riguarda invece i pad, ad una prima occhiata sembrava dovessero essere rimossi come avviene nella maggior parte delle cuffie: semplicemente sfilando i lembi incastrati sotto la griglia del padiglione. In quel caso, una volta tolti, sarebbe stato abbastanza complicato sostituirli rimettendoli nella posizione originale. Invece, nel caso di questo paio di cuffie, è stato possibile separare, da ciascun padiglione, il disco rivestito dal pad. Ciascun disco presentava infatti quattro attacchi necessari per incastrarsi al padiglione corrispondente. Una volta staccato, è risultato possibile rimuovere il lembo di pelle del pad, che era agganciato a sua volta ai quattro attacchi del disco. Ricorrendo a questo metodo di fissaggio, durante l'uso, i pad rimangono ben fissi nella loro posizione, senza il rischio che possano sfilarsi. Allo stesso tempo, sostituire i pad diventa un compito molto semplice: basta separare il disco dal padiglione.

Separabilità e pulizia dei componenti per il recupero della materia

Tutti le componenti appaiono pulite e senza tracce importanti di colla. Nessun pezzo ha riportato evidenti incrostazioni o contaminazioni da parte di altri materiali, in quanto anche l'utilizzo di colla è risultato minimo. Anche le diverse sagome di tessuto, che vanno a formare il rivestimento dei pad, sono cucite tra loro e non riportano alcuna traccia di collante.



Sistema di aggancio dei pad



Griglia, che racchiude il driver, su cui si aggancia il pad



Giunzione tra padiglione e archetto



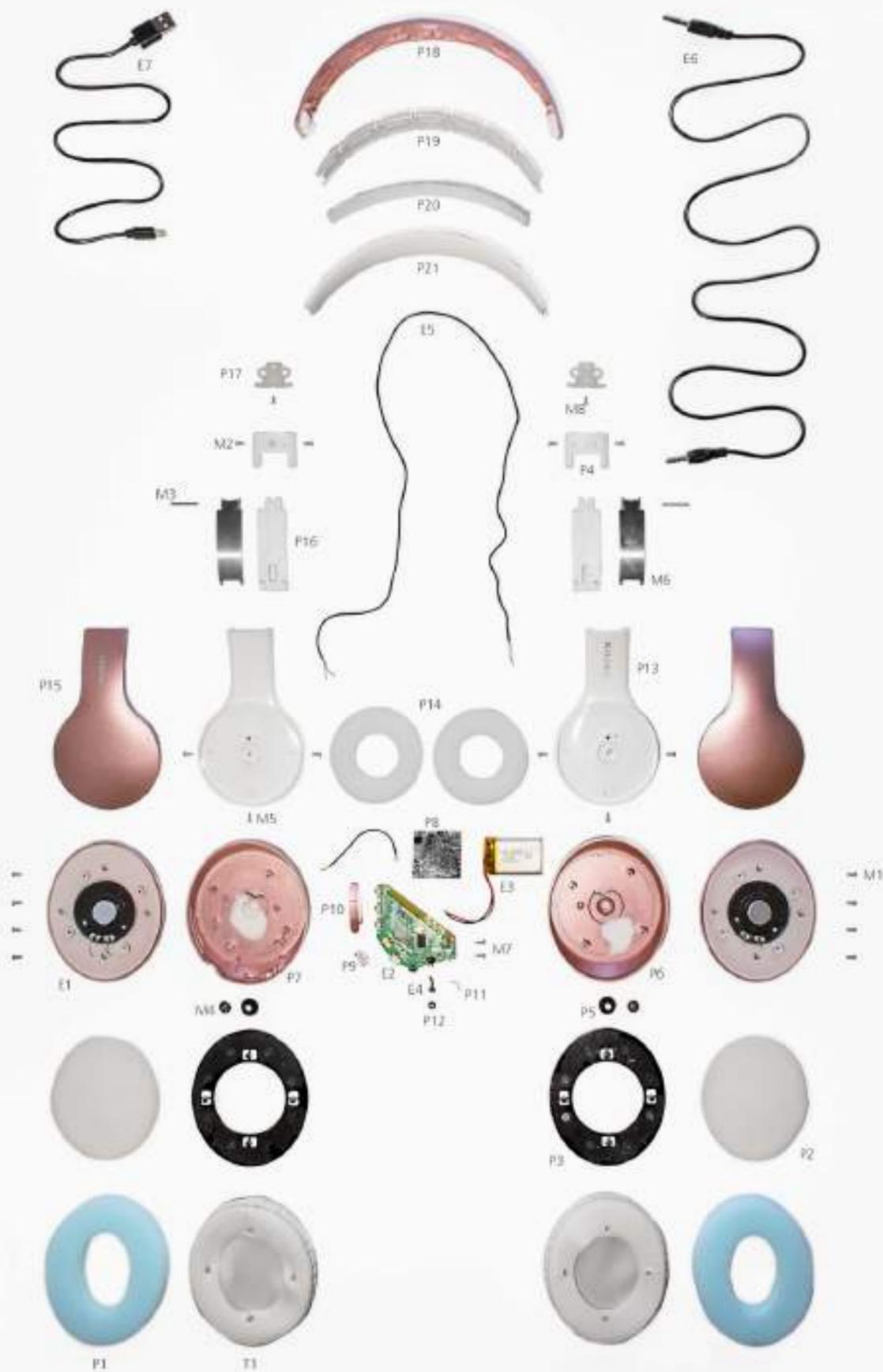
Perno per il movimento del padiglione



Semiarchetto scorrevole connesso al padiglione



Padiglione sinistro connesso all'archetto



Tipologia di materiali utilizzati

La maggior parte delle componenti, che vanno a formare la struttura di questo paio di cuffie, sono realizzate in materiale polimerico bianco. I pezzi che vanno a costituire la scocca esterna sono stati verniciati a spruzzo: in alcuni di questi si nota chiaramente il passaggio dal bianco al rosa metallizzato.

Gli unici componenti metallici, non tenuto conto delle viti e delle componenti elettroniche, sono due semi archetti collocati ai lati dell'archetto, probabilmente per dargli una maggiore solidità. La parte dell'archetto che poggia direttamente sulla testa è realizzata con materiale gommoso ed elastico. Nascosto da questo, l'archetto racchiude un'imbottitura formata da una striscia in gommapiuma. Essendo questo un paio di cuffie con lo scopo di garantire un maggiore isolamento acustico, all'interno dei padiglioni sono stati inseriti due strati di gommapiuma: il primo tra i pad e il driver; il secondo prima della scocca esterna.



Padiglione: parte sottostante il driver da cui spunta il cavo che arriva dall'archetto



Padiglione: parte più esterna, con strato di gommapiuma per l'isolamento

Numero e peso delle componenti

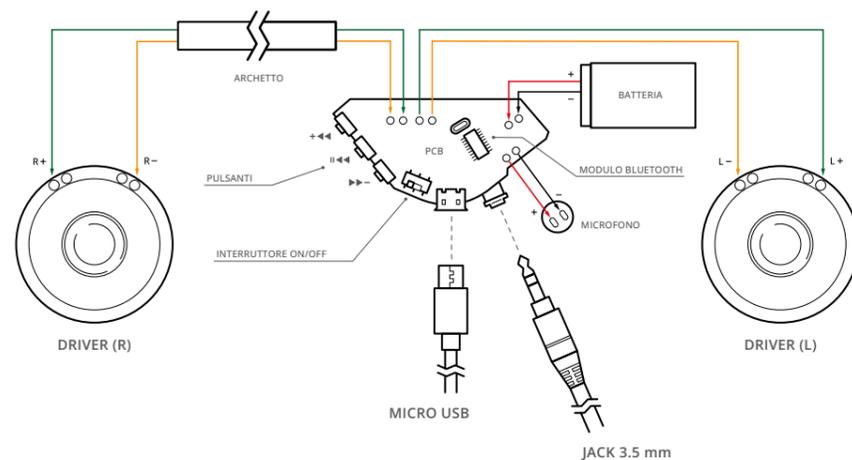
Questo paio di cuffie è composto da ben 67 componenti, per un totale di 206,7 g (senza tenere conto dei cavi aggiuntivi). Il pezzo più piccolo rinvenuto è un elemento trasparente collocato nel padiglione sinistro che serve a riflettere la luce emessa dalla batteria, in modo che l'utilizzatore possa capire quando e se è accesa.

Conclusionione

La parte principale di un paio di cuffie, quella atta a produrre il suono e che deve necessariamente poter essere sostituita se si vuole allungare la vita del prodotto, sono i driver: in questo caso risultano impossibile da estrarre dalla loro collocazione perché incollati alla superficie. Anche i pad sono uno degli elementi fondamentali e sono anche quelli che prima degli altri tendono ad usurarsi e a necessitare di una sostituzione: come già spiegato in precedenza, in questo tipo di cuffie i pad sono sostituibili in poco tempo e con molta facilità.

Il resto delle componenti a livello tecnico è facilmente riassembleabile, ma per rimettere insieme i pezzi nel modo corretto sarebbero necessarie delle istruzioni da seguire.

Schema elettrico



Schema elettrico del modello Lobkin

Nel caso del modello Lobkin, entrambi i driver sono collegati al circuito stampato tramite due cavi ciascuno: uno che porta il segnale e un altro che ne garantisce il funzionamento, il ground. Il driver sinistro, essendo collocato nel padiglione assieme al circuito stampato, è collegato direttamente ad esso. Nel caso del driver destro, invece, i cavi a lui connessi devono prima passare attraverso l'archetto per poi raggiungere il circuito, che si trova dal lato opposto. Il circuito stampato

contiene diversi elementi: l'interruttore per accendere o spegnere la batteria, tre pulsanti per la regolazione musicale e il modulo per la connessione Bluetooth.



Driver incollato alla griglia



Batteria incollata al padiglione

Al circuito sono anche collegati la batteria e il piccolo microfono. È anche presente l'ingresso del connettore micro USB per caricare la batteria e l'ingresso per un connettore jack da 3.5 mm a tre poli. Il cavo, dato in aggiunta al paio di cuffie, ad entrambe le estremità possiede infatti un connettore TRS con tre contatti: la punta (tip) per il canale audio sinistro, l'anello centrale (ring) per il canale audio destro e la manica (sleeve) per il ground. Non è necessario un connettore a quattro poli in quanto il microfono è già presente all'interno del padiglione.

Distinta base – BOM (Bill of Materials)

DEN						
N°	Parte	Q.	Peso (g)	Peso per q. (g)	Colore	Finitura
T TESSUTO						
T1	rivestimento pad	x 2	5,13	10,26	bianco	liscia, morbida
	Tot	2		10,26		
P POLIMERO						
P1	imbottitura ovale in gommapiuma (pad)	x 2	1,78	3,56	azzurro	morbida
P2	disco ovale in gommapiuma (pad)	x 2	0,62	1,24	bianco	morbida
P3	disco forato con agganci per pad	x 2	5,59	11,18	nero	lucida
P4	copri-estremità archetto – scritta L o R	x 2	0,94	1,88	bianco, argento	lucida
P5	semisfera forata	x 2	0,25	0,50	nero	opaca
P6	alloggio driver DX	x 1	13,41	13,41	rosa	metallizzata
P7	alloggio driver SX	x 1	13,26	13,26	rosa	metallizzata
P8	quadrato adesivo (batteria)	x 1	0,25	0,25	nero	lucida
P9	tasto interruttore ON / OFF	x 1	0,09	0,09	rosa	metallizzata
P10	tasti di controllo musicale	x 1	0,42	0,42	rosa	metallizzata
P11	elemento riflettente la luce LED (batteria)	x 1	0,01	0,01	trasparente	lucido
P12	rivestimento in gomma del microfono	x 1	0,01	0,01	nero	gommosa
P13	scocca intermedia con scansi per regolazione	x 2	12,14	24,28	bianco	lucida
P14	anello isolante in gommapiuma (padiglione)	x 2	0,50	1,00	bianco	morbida
P15	scocca esterna dei padiglioni – logo Lobnik	x 2	10,57	21,14	rosa	metallizzata
P16	semi archetto con scanalatura	x 2	2,57	5,14	bianco	lucida
P17	incastro archetto	x 2	0,54	1,08	bianco	opaca / traslucida
P18	archetto, scocca esterna	x 1	20,99	20,99	rosa	metallizzata
P19	archetto, scocca intermedia ad incastro	x 1	10,05	10,05	bianco	lucida
P20	imbottitura archetto in gommapiuma	x 1	0,67	0,67	bianco	morbida
P21	archetto in silicone	x 1	10,05	10,05	bianco	texture puntinata
	Tot	31		140,21		
M METALLO						
M1	vite a croce phillips (griglia driver)	x 8	0,13	1,04	-	-
M2	vite a croce phillips (copri-estremità archetto)	x 4	0,09	0,36	-	-
M3	perno semiarchetto	x 2	0,22	0,44	-	-
M4	vite a croce phillips con rondella incorporata	x 2	0,31	0,62	-	-
M5	vite a croce phillips (scocca intermedia)	x 6	0,12	0,72	-	-
M6	semi archetto	x 2	5,43	10,86	-	-
M7	vite a croce phillips (PCB)	x 2	0,11	0,22	-	-
M8	vite a croce phillips (archetto)	x 2	0,09	0,18	-	-
	Tot	28		14,44		
E ELETTRONICA						
E1	driver 40 mm + griglia	x 2	14,41	28,20	-	-
E2	PCB con entrata jack 3.5 mm e micro USB	x 1	0,04	0,04	-	-
E3	batteria	x 1	9,99	9,99	-	-
E4	microfono	x 1	0,04	0,04	-	-
E5	cavi interni	x 1	1,44	1,44	-	-
E6	cavo esterno con 2 jack 3.5 mm	x 1	17,05	17,05	-	-
E7	cavo ricarica con prese USB e micro USB	x 1	10,74	10,74	-	-
	Tot	8		67,50		
TOT		69		211 g		

N°	Strumento utilizzato
1	Cacciavite a scalpello – 2.0 mm
2	Cacciavite a stella – #0
3	Cacciavite a stella – #1
4	Pinze appuntite
5	Forbicine
6	Mattello
7	Bilancia digitale di precisione 0.01 g

Tempo impiegato
2 h e 40 min –

Modello 4 – Manhattan



Cuffie Manhattan



Due connettori jack TRS da 3,5 mm

Caratteristiche generali

Il paio di cuffie Manhattan è il classico headset da ufficio dotato delle componenti base per il funzionamento, i driver e il microfono. Si tratta di un modello di cuffie sovraurali (on-ear): i padiglioni sono i più piccoli possibili, quanto basta per contenere i driver da 30 mm e per adagiarsi giusto all'entrata del canale uditivo dell'orecchio. I padiglioni in questione sono rivestiti da due pad formati solamente da un involucro in gommapiuma. Dal padiglione sinistro parte un braccetto flessibile contenente il microfono, in modo tale che arrivi direttamente davanti la bocca dell'utilizzatore. L'archetto non è imbottito ma è regolabile in modo che si adatti meglio alla testa. Da entrambi i padiglioni esce un cavo. I due cavi in questione vanno a congiungersi per poi nuovamente diramarsi in due uscite jack da 3.5 mm: una dedicata all'uscita audio e l'altra dedicata solamente al microfono. Queste cuffie vanno infatti utilizzate con un computer che possa ospitare entrambi i jack, se si vuole utilizzare anche il microfono.

Analisi iniziale dello stato del prodotto (usato)

Il disassemblaggio completo del paio di cuffie Manhattan ha richiesto in totale circa 50 minuti di lavoro. Il paio di cuffie in questione è stato utilizzato quotidianamente per circa due anni e mezzo ma era già stato acquistato circa otto anni prima e utilizzato saltuariamente. Non appena è stato utilizzato



Padiglioni aperti



Driver incastrato nella griglia del padiglione destro



Driver, nel padiglione destro, collegato al braccetto del microfono



Giunzione ad incastro tra archetto ed estremità del padiglione



Estremità del braccetto con microfono



Microfono

con più frequenza, i pad hanno cominciato a usurarsi, anche per il fatto che la gommapiuma, con il tempo, era già diventata obsoleta. Infatti, entrambi i pad risultano strappati; essendo così sottili e di un materiale facilmente usurabile, è molto facile che ciò accada.

L'archetto sembra abbastanza debole in quanto il materiale di cui è composto appare cedevole.

Utilizzo di collante

Nel paio di cuffie analizzate l'unico pezzo in cui, come metodo di fissaggio, è stato usato del collante, è il braccetto del microfono. Esso è completamente bloccato al supporto che ruota sul padiglione, grazie a una vite che gli fa da perno; per questa ragione risulta impossibile separare le due parti. È altrettanto complicato rimuovere gli elementi che sono all'interno del braccetto: l'asta flessibile in metallo e i cavi, collegati al microfono. Anche provando a tenere bloccato il supporto con una morsa e cercando di estrarre l'asta con una pinza, non è stato possibile separare le parti.



Braccetto con microfono



Driver separabili dalle griglie

Grado di facilità di disassemblaggio

Le uniche viti utilizzate, in tutta la struttura di questo paio di cuffie, sono quella che sul padiglione sinistro funge da perno per il braccetto flessibile e quella che tiene chiusa la scocca che racchiude il microfono. Il resto delle componenti sono tutte unite con vari tipi di incastro. Nel caso di entrambi i padiglioni, la piccola scocca

esterna che li chiude è stata difficile da separare; non per il tipo di incastro in sé ma a causa del materiale che con il tempo si è indebolito ed è diventato appiccicoso.

Infatti, le tre sporgenze necessarie per l'incastro hanno ceduto alla minima applicazione di forza, rompendosi e rendendo i pezzi inutilizzabili nel caso di un riassetto.

Nel complesso, l'intero oggetto è stato abbastanza facile da disassemblare; sia per le modalità di fissaggio che tenevano insieme le componenti che per la quantità ridotta di pezzi e la loro semplicità.

I driver sono incastrati nelle due griglie corrispondenti, ma facendo leva con un piccolo cacciavite a scalpello è possibile estrarli con facilità.

Separabilità e pulizia dei componenti per il recupero della materia

La maggior parte dei pezzi che vanno a comporre questo paio di cuffie sono facilmente separabili, grazie alla presenza di viti e incastri e poco collante. Tutti i pezzi appaiono non contaminati da colla o dal materiale di altre componenti.

Tipologia di materiali utilizzati

Gli elementi metallici nel paio di cuffie analizzato, escludendo le componenti elettroniche, si limitano alle due viti, citate in precedenza, e all'asta flessibile all'interno del braccetto del microfono. Il resto della struttura è realizzato in materiale polimerico, in alcuni casi anche poco solido.

Numero e peso delle componenti

Questo paio di cuffie è composto da solo 20 componenti, per un totale di 71,37 g. Si tratta di un paio di cuffie molto leggere, il che è dovuto dal fatto che è composto solamente dalle componenti base di cui necessita un oggetto di questo tipo.

Conclusione

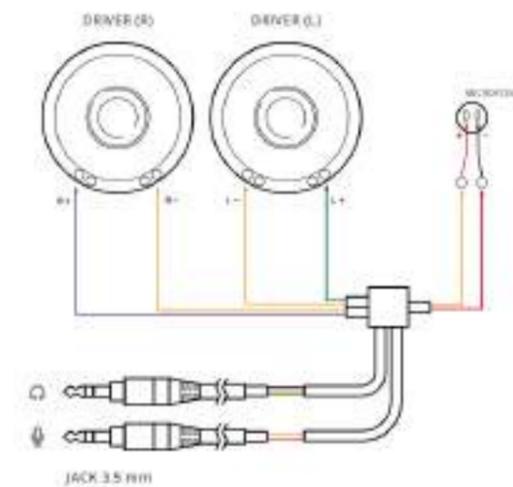
I pad sono molto facili da togliere dal padiglione perché sono solo avvolti attorno ad esso, è quindi molto semplice sostituirli. Anche i driver possono venire sostituiti con facilità, perché sono solamente incastrati all'interno della griglia, non sono incollati. Per quanto riguarda il resto delle componenti, grazie alle viti e ai diversi



incastrati, sono state molto semplici da separare. Anche nel caso dei semi archetti, che sono un pezzo unico assieme al padiglione, è bastato fare una leggera pressione con il martello per separarli dall'archetto, che scorreva al loro interno.

Schema elettrico

Nel caso del modello Manhattan, dal connettore jack, dedicato all'ingresso audio, partono quattro cavi elettrici. A ciascun driver ne arrivano due: il primo che porta il segnale e il secondo che ne garantisce il funzionamento, il cosiddetto ground. Al secondo connettore jack, invece, è collegato il microfono. In questo paio di cuffie nessun cavo passa attraverso l'archetto, appunto perché il collegamento elettrico viene realizzato raggiungendo ciascun driver in modo indipendente, con due cavi separati che raggiungono ciascun padiglione.



Schema elettrico del modello Manhattan

Il connettore jack da 3,5 mm, adibito all'ingresso del segnale audio, è un connettore TRS. Possiede, infatti, tre contatti divisi dagli anelli isolanti neri: la punta (tip) per il canale audio sinistro, l'anello centrale (ring) per il canale audio destro e la manica (sleeve) per il ground. Anche il secondo jack possiede tre poli. Di questi, però, solo due vengono effettivamente utilizzati, perché per il microfono sono necessari solamente il cavo del ground e quello che trasmette il segnale.

Distinta base – BOM (Bill of Materials)

MANTAN						
N°	Parte	Q.	Peso (g)	Peso per q. (g)	Colore	Finitura
T	TDO					
T1	pad in gommapiuma	x 2	026	052	nero	morbida
	Tot	2		0,52		
P	PDI					
P1	archetto	x 1	97	97	nero	opaca
P2	padiglione	x 2	428	86	grigio	metallizzata
P3	chiusura padiglione & logo Mhattan	x 1	070	070	grigio,nero	metallizzata
P4	chiusura padiglione X	x 1	078	078	grigio	metallizzata
P5	griglia driver	x 2	29	578	nero	opaca
P6	scocca coperchio (modulo microbno)	x 1	073	073	nero	opaca
P7	scocca alloggiamento (modulo microbno)	x 1	053	053	nero	opaca
P8	braccio microbno asta di metallo xavi	x 1	359	359	nero,grigio	-
	Tot	10		30,24		
M	MD					
M	vite a croce phillips perno microbno)	x 1	026	026	-	-
M1	vite a croce phillips alloggiamento microbno)	x 1	010	010	-	-
	Tot	2		0,36		
E	ETA					
E	driver 30 mm	x 2	525	1050	-	-
E	microbno	x 1	069	069	-	-
B	cavo esterno	x 1	2368	2368	-	-
B	jack 3.5 mm uscita microbno	x 1	268	268	rosso	-
B	jack 3.5 mm uscita audio	x 1	270	270	nero	-
	Tot	6		40,25		
	TOT	0		71,3 g		

N°	Strumento utilizzato
1	Cacciavite a scalpello – 2.0 mm
2	Cacciavite a scalpello – 2.4 mm
3	Cacciavite a stella – #1
4	Mtello
5	Bilancia digitale di precisione 0.01 g

Tempo impiegato
50 min -

2.2 I quattro modelli a confronto

Padiglioni

Tre paia di cuffie sulle quattro analizzate sono di tipo sovraurale, ovvero hanno i padiglioni che non coprono l'intera zona dell'orecchio, ma poggiano solo sull'ingresso del canale uditivo. Di queste tre, il modello Manhattan è quello che presenta i driver più piccoli, del diametro di 30 mm. I suoi padiglioni sono infatti solo poco più grandi, giusto per poterli contenere. Il modello Y40 di AKG, invece, nei padiglioni racchiude dei driver poco più grandi, del diametro di 40 mm. I padiglioni risultano quindi leggermente più grandi, ma rimangono comunque troppo piccoli per coprire l'intero orecchio. Anche il modello di Music Hero ha i driver di 40 mm, ma i suoi padiglioni sono significativamente più grandi; si avvicinano molto di più a delle cuffie di tipo circumaurale, anche se anche in quest'ultimo caso non riescono a coprire tutta la zona dell'orecchio. Le cuffie sovraurali possono quindi essere di diverse dimensioni, anche fino a nascondere l'intero orecchio come nel caso di Music Hero, pur rimanendo semplicemente appoggiate sulla parte esterna.

Il quarto paio di cuffie analizzato è invece circumaurale. Il modello Lobkin, nonostante racchiuda anch'esso dei driver di 40 mm, presenta dei padiglioni ovali in modo che una volta indossati poggino tutt'attorno alla forma dell'orecchio, avvolgendolo completamente. Questo tipo di cuffie permettono di avere un ottimo isolamento acustico, soprattutto se in aggiunta viene inserito un piccolo microfono per la cancellazione del rumore esterno, anche se non è presente in questo modello.

Pad

I modelli di cuffie Music Hero e Lobkin hanno entrambi i pad le cui sagome in pelle, che vanno a formare il rivestimento dell'imbottitura, sono cucite tra di loro; questo le rende più resistenti e durature. I pad del modello Y40 di AKG, invece, hanno i diversi pezzi di pelle incollati tra loro. Per questo motivo, si è presentato spesso il bisogno di sostituirle perché si scollavano diventando inutilizzabili. Invece, i pad del modello Manhattan non hanno un'imbottitura, ma sono solamente dei rivestimenti sottili in gommapiuma che avvolgono il padiglione. Per quanto riguarda l'aspetto del disassemblaggio, il modello Lobkin permette di sostituire i pad con molta facilità: basta semplicemente prima staccare la griglia attaccata al padiglione per poi sfilare il lembo di pelle ad essa agganciato, sostituirlo con quello di un pad nuovo e infine

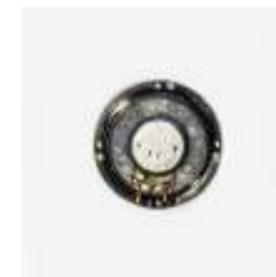
richiudere il tutto. Invece, le cuffie Music Hero e Y40 non permettono una altrettanto facile sostituzione. Siccome in questi due casi la griglia va necessariamente avvitata al padiglione, non è possibile staccarla prima di aver sfilato i pad; allo stesso modo, non è possibile mettere il pad nuovo se prima la griglia non è stata avvitata. Infatti, in questi due modelli, per agganciare il pad nuovo bisogna, con fatica, far passare il lembo di pelle sotto la griglia, già avvitata. Quindi, tra quelli analizzati, il metodo migliore per la sostituzione dei pad è sicuramente quello del modello Lobkin. Quello di Manhattan è sicuramente più veloce e immediato, ma si parla di pad ormai superati e poco utilizzati, visto che non isolano e non attutiscono più di tanto.

Driver

In ben tre delle cuffie analizzate, i driver risultano essere completamente incollati alla griglia forata necessaria a far uscire il suono verso l'orecchio. Non c'è modo di estrarre il componente senza danneggiare le parti coinvolte. È un grande problema, visto che i driver sono la parte fondamentale in un paio di cuffie; dovrebbero poter essere sostituiti ogni qualvolta si presenta la necessità in modo da far durare il prodotto il più a lungo possibile. In questo caso, invece, se un driver smettesse di funzionare, bisognerebbe necessariamente sostituire l'intero pezzo, griglia compresa. La griglia però non è una componente che viene venduta come ricambio. Quindi, per un singolo pezzo, si è costretti a sostituire il prodotto intero, comprando un nuovo paio di cuffie.

Da questo caso, emerge chiaramente come "una parte salva il tutto" (Stahel, 2021).

L'unico paio dei quattro analizzati che invece non ha i driver incollati è il modello Manhattan: i due driver sono solamente incastrati nelle griglie corrispondenti. Con l'aiuto di un piccolo cacciavite è stato molto semplice disincastarli dalla loro posizione, senza danneggiare alcun pezzo.



Driver dinamici incollati delle cuffie AKG, Y40



Driver dinamici incollati delle cuffie Music Hero



Driver dinamici incollati delle cuffie Lobkin

Archetto

Dei quattro modelli di cuffie analizzati, solo due presentavano un archetto imbottito. Il modello Y40 presenta, infatti, una striscia in gommapiuma rivestita da un sottile strato di stoffa, che ricopriva l'archetto in metallo subito sottostante, il quale era avvitato alla scocca in plastica. Invece, il modello Lobkin possiede un archetto in gomma, che serviva da rivestimento all'imbottitura formata da una striscia in gommapiuma posta al di sotto di esso. La componente in gomma, sulla superficie presenta una texture a puntini in rilievo per rendere l'archetto antiscivolo. Gli altri due modelli presentano semplicemente un archetto in plastica liscia, privo di qualsiasi tipo di imbottitura.

Elettronica

Due paia di cuffie, rispetto alle quattro analizzate, all'interno del padiglione sinistro contenevano un circuito stampato. Nel caso del modello di AKG, il circuito stampato è piuttosto piccolo e serve a contenere il modulo con l'ingresso del connettore jack, in modo tale da poter collegare il cavo all'occorrenza. Ad esso sono ovviamente anche collegati i due driver. Un secondo circuito stampato si trova all'interno della scocca presente proprio lungo il cavo. Esso riporta tre pulsanti per la regolazione musicale e un modulo con il microfono. Invece, nel caso del modello Lobkin, il circuito stampato è decisamente più grande. Su di esso sono contenuti diversi moduli: l'ingresso del connettore jack, l'ingresso del connettore micro USB, l'interruttore per accendere o spegnere la batteria, tre pulsanti per la regolazione musicale e il modulo per la connessione Bluetooth. A questo circuito sono anche collegati i due driver, la batteria e il microfono. Le altre due paia di cuffie analizzate non contengono alcun tipo di circuito stampato.



PCB delle cuffie AKG

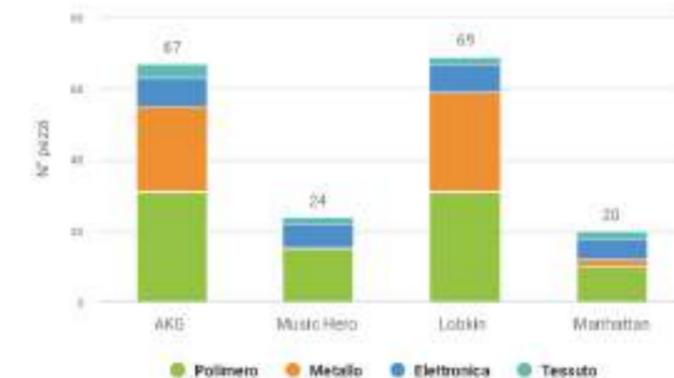


PCB delle cuffie Lobkin

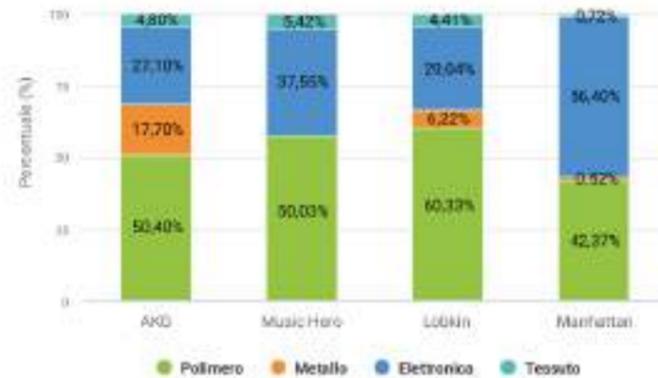
In tre paia, delle quattro cuffie analizzate, per far arrivare il segnale ad entrambi i driver, i cavi di quello destro hanno dovuto essere fatti passare attraverso l'archetto, in modo tale da arrivare al padiglione sinistro. Nel caso dei modelli AKG e Lobnik, ciò è stato necessario affinché i cavi raggiungessero il circuito stampato che si trovava nel padiglione sinistro. Nel caso del modello Music Hero, invece, è stato necessario questo accorgimento in modo che i cavi raggiungessero il punto di partenza del cavo presente nel padiglione sinistro. L'unico modello in cui fare questo non è stato necessario, è stato il paio di cuffie Manhattan. Non c'è stata la necessità di far passare alcun cavo attraverso l'archetto, perché i driver sono stati collegati ciascuno in modo indipendente al cavo. Per questa ragione, in questo modello parte un cavo da ciascun padiglione, cosa che invece non succede negli altri modelli, i quali possiedono un singolo cavo, rimovibile o meno, che parte dal padiglione sinistro.

Pezzi e materiale

Tra quelli analizzati, il modello di cuffie con il più alto numero di componenti è Lobkin. Esso, infatti, è composto da 69 pezzi (escludendo i due cavi aggiuntivi in dotazione che non sono necessari per il funzionamento). Il modello AKG, invece, è composto da un numero di pezzi (67) che si avvicina molto, pur non avendo le stesse funzionalità delle cuffie Lobkin. Quest'ultime sono, infatti, un modello wireless e per questo riportano una serie di elementi aggiuntivi utili a questo scopo. Trattandosi, poi, di cuffie circumaurali, possiedono anche una serie di pezzi necessari ad ottenere un maggior isolamento acustico; pezzi che invece non sono necessari in cuffie di tipo sovraurale come appunto le AKG.



N° pezzi per tipologia di materiale a confronto



Quantità percentuale dei materiali a confronto.

Inoltre, se si confrontano le cuffie AKG con un modello della stessa tipologia, come le Music Hero, risulta il fatto che sono composte da ben 43 componenti in più. Appare quindi evidente come il modello Y40 di AKG sia composto da un numero di pezzi ben superiore rispetto a quello che sarebbe stato sufficiente per poter svolgere le sue funzioni; funzioni che sono le stesse del modello Music Hero, ad eccezione del cavo rimovibile e della conseguente necessità di inserire un circuito stampato. Le cuffie AKG, inoltre, contengono una percentuale di componenti metalliche (17,7%) ben maggiore rispetto a tutte le altre cuffie analizzate. Uno dei dati più evidenti è, invece, la totale mancanza di componenti in metallo nel modello Music Hero. Come già detto in precedenza, in questo modello, infatti, non sono state utilizzate nemmeno le viti, ma solo meccanismi ad incastro.

Prezzo

Prendendo a confronto i due modelli di cuffie che più si avvicinano in termini di funzionalità offerte, le cuffie AKG hanno il prezzo più alto (€ 65,94) (AKG, n.d.), e costano € 25 in più rispetto alle cuffie Music Hero (SBS, n.d.).

Strutturalmente, questi due modelli offrono prestazioni molto simili: entrambi hanno i padiglioni rotanti e ripiegabili, non hanno la modalità wireless e possiedono un microfono e i pulsanti lungo il cavo. Senza tenere conto della qualità dei driver al loro interno che può valere quella differenza di prezzo, se si guarda solamente alle caratteristiche strutturali, il modello AKG appare eccessivamente complesso, e quindi costoso, per le funzioni che deve svolgere. Le cuffie AKG infatti sono state le più difficili

da disassemblare, e per questo è stato impiegato il maggior tempo di smontaggio; sono quelle con un numero di pezzi tale da eguagliare quello del modello wireless Lobbkin (€ 18,97) (Amazon, n.d.), il quale offre funzionalità ben più numerose che richiedono, appunto, elementi aggiuntivi.

Le cuffie Manhattan sono le meno costose (€ 6,15) (Manhattan Shop, n.d.), come è evidente dalle prestazioni che sono in grado di offrire: ascoltare l'audio e parlare al microfono; questo modello possiede, infatti, le componenti minime per poter funzionare. Non presenta nemmeno dei pulsanti per la regolazione dell'audio o al disattivazione del microfono.

Tempo di disassemblaggio

Il tempo impiegato per disassemblare ciascun modello di cuffie, è in proporzione al numero dei pezzi totale e alla tipologia di giunture utilizzate per tenere insieme le componenti. Il modello AKG, infatti, è stato quello per il quale è stato necessario l'arco di tempo maggiore per riuscire a separare i pezzi il più possibile. Come già detto in precedenza, infatti, in queste cuffie era stato fatto un grande utilizzo di collante e alcune giunture a incastro sono risultate complicate da separare.

Invece, i modelli nei quali le giunzioni tra componenti erano caratterizzate solamente da incastri, e dal minor utilizzo possibile sia di viti che di colla, il disassemblaggio è risultato molto più veloce e semplice e sono serviti meno strumenti.

Tabella di confronto

	AKG	MUSIC HERO	LOBKIN	MANHATTAN
CARATTERISTICHE GENERALI				
Tipologia	Sovraurale	Sovraurale	Circumaurale	Sovraurale
Wireless	-	-	SI	-
Microfono	SI	SI	SI	SI
Driver	40 mm	40 mm	40 mm	30 mm
Pulsanti	Sul cavo	Sul cavo	Sul padiglione	-
Cavo rimovibile	SI	-	SI	-
Padiglioni rotanti	SI	SI	-	-
Padiglioni richiudibili	SI	SI	SI	-
Archetto regolabile	SI	SI	SI	SI
Archetto imbottito	SI	-	SI	-
Connettore	jack 3.5 mm	jack 3.5 mm	jack 3.5 mm	2 jack 3.5 mm
PCB	SI	-	SI	-
Batteria	-	-	SI	-
Prezzo	€ 65,94	€ 19,99	€ 18,97	€ 6,15
DISASSEMBLAGGIO				
Viti	SI	-	SI	SI
Colla	SI	SI	-	SI
Driver rimovibili	-	-	-	SI
Pad facile sostituzione	-	-	SI	SI
Numero tot pezzi	67	24	69	20
Tot (g)	144,00 g	125,10 g	232,41 g	71,37 g
Tot (g) polimero	72,49 g	71,35 g	140,21 g	30,24 g
Tot (g) metallo	25,38 g	-	14,44 g	0,36 g
Tot (g) elettronica	38,93 g	46,97 g	67,50 g	40,25 g
Tot (g) tessuto	6,90 g	6,78 g	10,26 g	0,52 g
Tot (%) polimero	50,40 %	57,03 %	60,33 %	42,37 %
Tot (%) metallo	17,70 %	0 %	6,22 %	0,51 %
Tot (%) elettronica	27,10 %	37,55 %	29,04 %	56,40 %
Tot (%) tessuto	4,80 %	5,42 %	4,41 %	0,72 %
Tempo per disassembl.	4 h -	2 h -	2 h e 40 min -	50 min -

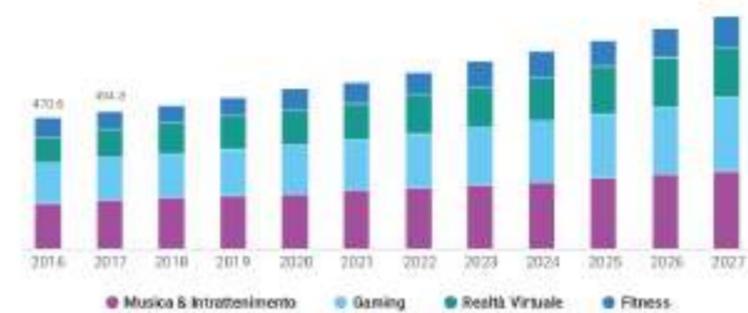
3

3. Fase di definizione

3.1 Definizione del progetto

Contesto attuale

Le cuffie sono un dispositivo che viene sempre più spesso utilizzato nel corso della giornata, sia per esigenze lavorative che di svago, o rilassamento, durante il proprio tempo libero. Infatti, con l'avvento degli smartphone e di varie applicazioni, come YouTube e altre piattaforme di streaming sia video che musicale, l'utilizzo di cuffie e/o auricolari durante le attività del tempo libero è diventato un fenomeno onnipresente, soprattutto tra i più giovani (Dehankar & Gaurkar, 2022). Attualmente, più della metà del mercato delle cuffie è dominato proprio da quelle destinate principalmente a musica/intrattenimento e al gaming.



Mercato delle cuffie per applicazioni, in milioni di Dollari (Grand View Research, 2019)

Ad esempio, in termini di fatturato, nel 2019 le cuffie destinate alla musica e all'intrattenimento hanno dominato il mercato con una quota pari al 33,8%. Nel 2021, invece, il mercato delle cuffie destinate al gaming è stato valutato a 1,54 miliardi di dollari nel 2021 e si prevede che raggiungerà i 2,59 miliardi di dollari entro il 2030.

con una crescita del 6,8% dal 2023 al 2030 (Verified Market Research, 2022). Si prevede, quindi, che il mercato delle cuffie destinate a musica/intrattenimento e gaming continuerà a crescere in modo costante (Grand View Research, 2019).

Attualmente, si sta anche assistendo all'inizio di una rivoluzione audio che sta cambiando il modo di sentire e ascoltare, partendo dai film a 360 gradi e dalla realtà virtuale, agli eventi dal vivo, agli home cinema e anche e soprattutto alle cuffie. Infatti, l'audio spaziale 3D è sempre più integrato in applicazioni che vanno dagli smartphone, ai dispositivi di gioco, ai televisori, alla segnaletica digitale, fino ai sistemi di infotainment a bordo dei veicoli (Data Intelligence, 2022). Si prevede, quindi, che il suono binaurale rimodellerà l'esperienza di ascolto andando a ridefinire la produzione di musica, film, radio e programmi televisivi, rivoluzionando gli standard di ascolto multimediale (Verified Market Research, 2022). Inoltre, la domanda di dispositivi adatti alla riproduzione di audio 3D è in aumento a livello globale anche grazie alla crescente applicazione della HRTF (funzione di trasferimento legata alla testa) nel settore dell'elettronica di consumo, dei media e dell'intrattenimento (Transparency Market Research, 2022).

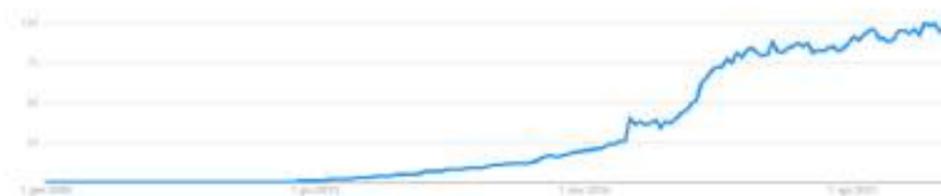
Infatti, proprio la crescente adozione dell'audio 3D nel settore dei giochi è uno dei principali fattori che ne contribuiscono alla crescita, anche se l'assenza di un formato o di una configurazione universale e standard ha influito negativamente sulla proliferazione, su larga scala, di questa tecnologia.



Crescita del mercato globale di cuffie da gaming, in miliardi di Dollari (Verified Market Research, 2022)

Sono, quindi, sempre più le attività di intrattenimento che si basano proprio sulla

riproduzione di audio binaurale; le stesse a cui è destinato gran parte del mercato delle cuffie, necessarie per vivere quest'esperienza uditiva. Come già accennato in precedenza, il fenomeno del gaming è una di queste attività, il cui mercato è sempre più in crescita perché alimentato dai progressi tecnologici, tra i quali i microfoni removibili, e soprattutto dallo sviluppo graduale di cuffie destinate proprio all'immersione in ambienti simulati all'interno del gioco (Verified Market Research, 2022). Un'altra attività di intrattenimento, legata invece al rilassamento, è la fruizione di contenuti ASMR. Il fenomeno ASMR è in continua e costante crescita da più di 10 anni, come riportano i dati estrapolati dalle ricerche effettuate, a livello globale, dagli utenti sulla piattaforma YouTube, dove è nato (Google Trends, 2023).



Numero di ricerche su YouTube, contenenti il termine "ASMR" (Google Trends, 2023)

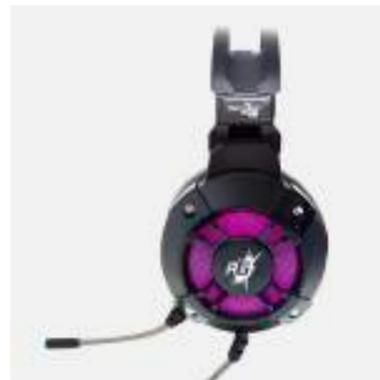
Questo avviene perché i video classificati come ASMR promuovono sensazioni positive, andando oltre le sensazioni fisiologiche. Come dimostrato da uno studio del 2018, questi video sono in grado di offrire un beneficio terapeutico per coloro che li ascoltano; nello specifico riducono la frequenza cardiaca, promuovendo sentimenti di affetto positivo e connessione interpersonale. È notevole il fatto che le riduzioni della frequenza cardiaca osservate durante l'ascolto di questi video (-3,41 bpm) possono essere paragonate a quelle osservate negli studi clinici che utilizzano la musica per ridurre lo stress legato a malattie cardiovascolari (Poerio et al., 2018). Ma, nonostante la sua audio-visualità, il fattore chiave dell'esperienza ASMR è proprio il suono. Inoltre, i miglioramenti tecnologici, in particolare legati all'audio, hanno reso l'ASMR sempre più un'esperienza sonora immersiva. Questo viene reso possibile soprattutto dall'uso di microfoni binaurali per la registrazione di questi video, rendendo così l'esperienza ancora più realistica, specialmente quando si indossano cuffie o auricolari. La popolarità dell'ASMR non ha attirato solo l'attenzione dei media, ma è stato anche utilizzato con diverso successo da vari marchi per pubblicizzare i loro prodotti; la maggior parte di

questi sforzi pubblicitari si è svolta sotto forma di video su YouTube (Bode, 2019).

Le cuffie sono i dispositivi più pratici per offrire un'esperienza immersiva (Schneiderwind et al., 2021); è infatti risaputo che l'audio binaurale funziona meglio grazie all'eccellente separazione dei due canali. Quando, infatti, si utilizzano le cuffie per riprodurre segnali binaurali, anche se le vere sorgenti sonore sono i trasduttori elettroacustici posti sulle orecchie, i suoni possono comunque essere percepiti al di fuori della testa dell'ascoltatore. Questo fenomeno, noto come esternalizzazione del suono, contribuisce alla percezione realistica di una scena virtuale (Rafaely et al., 2022). Una delle tipologie di cuffia utilizzate per la riproduzione binaurale è proprio quella caratterizzata da un design aperto, che consente l'entrata del suono circostante e lascia trapelare il suono all'esterno. Il risultato è che il suono risulta meno ovattato e più chiaro. Inoltre, le cuffie aperte offrono un migliore senso della dinamica e dell'immagine stereo rispetto alle cuffie chiuse; i suoni non riecheggiano all'interno dei padiglioni, per cui è più facile distinguere un suono forte da uno più debole e quello sinistro da quello destro (Heinzman, 2021). Offrono, quindi, un suono più naturale e ambientale (Stasiun, n.d.).



Audio Technica ATH-ADGLX;



Redgear Cosmo 7.1

Anche le cuffie chiuse possono venire utilizzate per la riproduzione binaurale, ma solitamente presentano un'impedenza acustica¹ più elevata rispetto a quelle aperte, il che comporta un aumento del livello di pressione sonora alle basse frequenze. Questo provoca una percezione innaturale della voce dell'ascoltatore, il cosiddetto effetto occlusione (Schlieper et al., 2019).

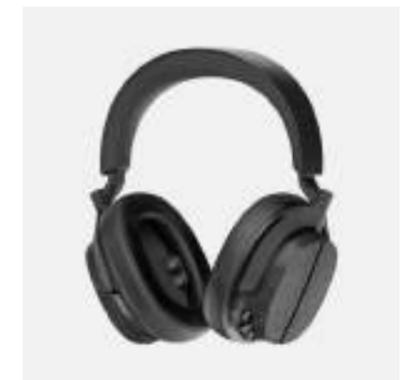
Un altro ambito, meno diffuso, in cui le cuffie aperte svolgono un ruolo importante è quello della realtà aumentata. Le sorgenti sonore virtuali devono infatti essere renderizzate in modo tale da integrarsi perfettamente con l'ambiente reale, evitando però che il suono reale venga corrotto. In questo caso, le cuffie, soprattutto quelle chiuse, presentano un problema: ostruiscono parzialmente (o completamente) i canali uditivi a causa della loro presenza fisica. Pertanto, sarebbe ideale rendere questi dispositivi acusticamente trasparenti, anche in termini di progettazione (Schneiderwind et al., 2021).

Diversi studi hanno cercato soluzioni diverse per migliorare ulteriormente l'ascolto di audio binaurale; tutti propongono delle cuffie totalmente aperte, i cui speaker però sono collocati in posizioni differenti da quella comune.

Il primo caso è quello delle cuffie a proiezione frontale, in cui lo speaker è posizionato in modo tale che il suono venga proiettato dalla parte anteriore, arrivando direttamente sui padiglioni auricolari. Il vantaggio che apporta questo tipo di cuffie è la possibilità di percepire l'audio tridimensionale in modo ancora più accentuato e realistico, anche senza ricorrere a misurazioni personalizzate e all'utilizzo dei dati antropometrici dell'utente.



Proiezione frontale (B) e proiezione convenzionale (A); (Sundera, 2015)



Cuffie Heavys, con due driver frontali;

Le cuffie a proiezione frontale, infatti, durante la riproduzione del suono, permettono ai segnali spettrali di modellarsi autonomamente sul timpano; creano le caratteristiche spettrali personalizzate dell'HRTEF in modo intrinseco (Sundera et al., 2015). Con l'altoparlante collocato frontalmente, queste cuffie sono appunto di tipo aperto, perché permettono all'orecchio di non essere coperto dal convenzionale speaker posizionato

¹ L'impedenza acustica rappresenta la resistenza espressa da un materiale al passaggio dell'onda acustica (Relandini, 2012).

all'entrata del canale uditivo. Un esempio di cuffie, in commercio, che utilizzano anche questa tecnologia, è Heavys; si tratta di un modello pensato per gli amanti del metal, caratterizzato da quattro driver per padiglione, due dei quali sono più piccoli e collocati frontalmente. In questo caso, si parla però di cuffie chiuse, perché questi driver frontali sono collocati all'interno dello spazio, creato dai pad circumaurali, in cui viene racchiuso l'orecchio.

Una seconda tipologia, che permette di ottenere una riproduzione ottimale dell'audio tridimensionale, è quella delle cuffie extra-aurali. Questo tipo di cuffia permette di ridurre al minimo le perdite e le variabilità di frequenze, effetti ai quali sono molto suscettibili le funzioni di trasferimento HRTF. Nel 2009, è stato sviluppato un prototipo di cuffie extra-aurali, le cosiddette BK109 (Binauraler Kopfhörer 1 2009), che presentano i due driver elettrodinamici distanti 5 cm dall'ingresso del condotto uditivo. Negli anni successivi il modello è stato poi migliorato, ottenendo il BK211; questo sistema extra-aurale è ottimizzato per la riproduzione binaurale nel contesto di applicazioni di realtà virtuale. Si tratta di una soluzione integrata a un amplificatore per attenuare la diafonia² e il rumore di fondo (Erbes et al., 2012).

Un altro esempio di cuffia aperta che utilizza questa tecnologia è quella proposta da Valve Index, progettata nello specifico per la riproduzione audio in realtà virtuale. La cuffia extra-aurale appare quindi come un approccio ottimale per la riproduzione binaurale (Schultz et al., 2011).



Prototipo di cuffie extra-aurali, BK109;
(Schultz, 2011)



Cuffie Valve Index
(Ridgeway, n.d)

Le cuffie aperte sono quindi preferibili per l'ascolto di audio binaurale. Con la riproduzione binaurale in cuffia, infatti, il carico acustico dell'orecchio è diverso rispetto a quello che si avrebbe in una situazione naturale di ascolto all'aria aperta; pertanto, una cuffia ottimizzata per l'ascolto di audio binaurale non deve aggiungere carico acustico, questo deve, anzi, essere equivalente a quello in una situazione all'aria aperta (Schultz et al., 2011). Questo criterio viene infatti denominato “criterio di accoppiamento equivalente all'aria aperta” o FEC (Free-air Equivalent Coupling). Si tratta di una caratteristica essenziale da tenere in considerazione nel corso della progettazione. Attualmente, le cuffie con un design aperto vengono utilizzate quasi esclusivamente in determinati ambiti specifici e per questo sono poco conosciute dai comuni utenti; nello specifico, sono diffuse tra gli appassionati dell'hi-fi, tra i professionisti che lavorano in studi di registrazione e, in parte, tra i gamer. Essendo quindi prodotte principalmente per utenti di nicchia, che necessitano di elevate prestazioni sonore, hanno un costo abbastanza elevato. Al di là di questo, l'utente che volesse utilizzarle dovrebbe necessariamente acquistarle come un secondo paio, rispetto a quelle di utilizzo più generale, perché le cuffie aperte non sono utilizzabili in tutte le situazioni, come nei luoghi pubblici o in quelli troppo rumorosi. Per queste ragioni, sarebbe quindi utile permettere all'utente medio di aver accesso più facilmente a questa tipologia di cuffia, attraverso una modifica del modello da lui già in possesso; così facendo potrà adattarlo al tipo di ambiente e/o situazione in cui si trova e potrà ascoltare al meglio l'audio binaurale, che sempre più viene utilizzato nei contenuti multimediali di tutti i giorni; nello specifico gaming e contenuti ASMR.

Un altro fattore da tenere in considerazione, quando si parla di cuffie, è sicuramente la perdita d'udito che queste possono causare in seguito a una continua esposizione a decibel elevati. Il volume d'ascolto è infatti legato anche al miglioramento del rapporto segnale/rumore (ad esempio, per contrastare il rumore ambientale nei trasporti pubblici). Le persone che utilizzano gli auricolari o cuffie prive di una tecnologia di riduzione o isolamento del rumore, spesso ascoltano a livelli sonori più elevati, soprattutto quando in ambienti rumorosi (Mayes et al., 2021). Generalmente, una buona parte della giornata viene proprio passata in ambienti pubblici rumorosi, come ad esempio l'ufficio, l'università o i mezzi pubblici; e in ognuna di queste situazioni, spesso vengono utilizzate le cuffie per ascoltare la musica mentre si svolgono altri compiti o per rispondere a delle chiamate o per passare il tempo durante gli spostamenti. La

² La diafonia (o crosstalk) indica il rumore o interferenza elettromagnetica che si può generare tra due cavi vicini di un circuito o di un apparato elettronico.

perdita dell'udito indotta dal rumore o NIHL (noise-induced hearing loss), è quindi un fenomeno sempre più in aumento soprattutto negli adolescenti, ed è appunto collegato all'utilizzo di auricolari o cuffie (Dehankar & Gaurkar, 2022). Questa esposizione continua, in risposta all'affaticamento uditivo, provoca uno spostamento permanente della soglia uditiva, che diventa notevolmente maggiore quando le sessioni di ascolto in ambienti rumorosi durano più di cinque ore (AlQahtani et al., 2022). I principali problemi associati all'utilizzo delle cuffie, dal più frequente al meno, sono: acufene, difficoltà a udire, intorpidimento, infezioni e secrezioni auricolari (Sachdeva & Kumar, 2018). Il problema maggiore, però, è rappresentato dal tipo di cuffie utilizzate per l'ascolto quotidiano. Il più pericoloso è quello degli auricolari interni, che sono i più sfavorevoli per l'udito soprattutto alle alte frequenze per le quali il nostro sistema uditivo è più sensibile. Infatti, la musica ascoltata con gli auricolari ha un'intensità sonora maggiore rispetto a quella ascoltata tramite cuffie, perché la sorgente sonora si trova più vicina al timpano (Dehankar & Gaurkar, 2022). L'introduzione, nel condotto uditivo, di questi dispositivi intraurali, fa sì che esso si accorci e che venga meno la protezione naturale contro l'alta pressione sonora, che viene svolta dall'aria presente all'interno del canale (Dobrucki et al., 2013). Rispetto agli auricolari, l'affaticamento uditivo risulta inferiore nelle cuffie chiuse, e ancora minore in quelle aperte e semi-aperte. Le cuffie aperte, quindi, sono una buona alternativa, perché garantiscono una buona igiene dell'orecchio e proteggono dalle pressioni sonore molto elevate che agiscono direttamente sulla membrana dell'orecchio (Dobrucki et al., 2013). Inoltre, il passaggio dell'aria sul lato esterno dei padiglioni ne alleggerisce la pressione all'interno, riducendo anche i rumori creati dall'audio stesso. Quindi, oltre ad attenuare l'affaticamento uditivo, hanno anche il vantaggio di riprodurre il suono più fedelmente facendolo risultare più naturale, come se provenisse da un diffusore vero e proprio.

Brief di progetto

Di seguito vengono elencate le problematiche che caratterizzano le cuffie attuali, per ciascuna delle quali è stata definita la soluzione progettuale corrispondente, che viene adottata nel progetto.

Problemi attuali

1 – Obsolescenza programmata e tecnica; difficoltà nel disassemblaggio, che ne limita o impedisce la riparazione e l'aggiornamento tecnologico, abbreviando la durata del ciclo di vita e causando la dismissione dell'intero prodotto.

2 – Obsolescenza psicologica; mancanza di un singolo prodotto che soddisfi le esigenze mutevoli dell'utente in termini funzionali ed estetici.

3 – Impossibilità di modificare le cuffie per renderle adatte all'ambiente circostante o alla situazione in cui ci si trova, che può variare durante la giornata.

4 – Scarsa accessibilità a un ascolto ottimale di audio binaurale se non tramite acquisto di cuffie (aperte) ottimizzate a questo scopo, nonostante la continua diffusione del fenomeno ad attività sempre più comuni.

Soluzioni progettuali

1 – Le cuffie saranno progettate secondo le logiche del Design for Disassembly; le componenti saranno il più possibile unite tra loro tramite giunzioni reversibili. Le componenti più soggette a usura, malfunzionamenti e all'obsolescenza tecnologica, dovranno essere facilmente accessibili in modo da poter essere riparate e/o sostituite con facilità. La struttura, nel suo insieme, dovrà essere disassemblabile in modo tale che a fine vita sia possibile recuperare quanta più materia possibile, con il maggior grado di purezza possibile.

2 – Le cuffie saranno modulari. Ogni componente, che svolge una determinata funzione, sarà un'unità indipendente facilmente separabile da quelle attigue, in modo da poter essere sostituita ai fini di ottenere una prestazione o un aspetto diverso. Un unico paio di cuffie potrà così soddisfare due o più funzioni differenti e avrà più possibilità di essere personalizzato secondo i gusti dell'utente.

3 – Le cuffie potranno essere modificate a seconda della situazione in cui si trova l'utente. Sarà possibile modificare, sul momento, il grado di apertura dei padiglioni per sfruttare al massimo le potenzialità della cuffia e ottenere, da ogni tipo di ambiente, la migliore esperienza acustica possibile.

4 – Tramite le modifiche apportabili, le cuffie potranno diventare adatte anche a svolgere le attività basate sulla riproduzione di audio binaurale, nello specifico gaming e ascolto di contenuti ASMR.

Il progetto

Il progetto prevede la progettazione di cuffie disassemblabili con facilità e modulari in modo tale da poter essere continuamente modificate per cambiare aspetto, funzionalità e caratteristiche tecniche, con il fine ultimo di allungarne il più possibile la durata di vita.

Approccio per allungare la vita del prodotto

Gli accorgimenti da adottare, per cercare di annullare il più possibile i diversi tipi di obsolescenza, devono consentire la sostituzione delle componenti più soggette a usura, di quelle che possono diventare obsolete tecnologicamente e di quelle che attraverso la personalizzazione possono modificarne l'aspetto estetico e/o il numero di funzioni che possono svolgere. In questo modo è possibile combattere l'obsolescenza programmata, tecnologica e psicologica.

Sostituzione per usura

Le componenti più soggette a usura sono i pad, che col tempo tendono a schiacciarsi e deformarsi, mentre il rivestimento in pelle tende a scrostarsi lasciando fuoriuscire l'imbottitura, che essendo porosa tende ad assorbire il sudore e l'umidità fino a deteriorarsi.

L'archetto è un altro componente che tende a rompersi con facilità, perché continuamente soggetto a tensione dal momento in cui le cuffie si allargano per essere indossate. Essendo non facilmente sostituibile nella maggior parte dei casi, è spesso il motivo per cui molti modelli vengono gettati quando questo si rompe.

Un'altra delle componenti che più spesso viene danneggiata è il cavo; nello specifico, la parte in cui questo incontra il connettore. Questo problema spesso può causare l'assenza di suono in uno degli altoparlanti, o in entrambi. Il connettore, infatti, è una delle componenti più fragili delle cuffie; se non maneggiato correttamente quando viene scollegato, può danneggiarsi addirittura piegandosi. Il driver, invece, può rompersi a causa di danni fisici ma anche utilizzando un volume troppo alto, che lo porta ad esaurirsi. In questi casi è quindi possibile non sentire alcun suono oppure percepire l'audio come distorto o stridente.

Sostituzione per aggiornamento tecnologico

Il driver, essendo un componente essenziale, deve poter essere sostituito con il modello più aggiornato, in modo tale che lo stesso paio di cuffie possa rimanere al passo con gli avanzamenti tecnologici per garantire sempre la miglior qualità del suono possibile. Il pezzo in questione, quindi, non deve essere saldato o connesso in modo irreversibile al resto del circuito, ma deve poter essere raggiunto e scollegato con facilità. Alcune cuffie, come ad esempio la versione wireless delle TM-2 di AIAIAI, presentano, infatti, il driver che viene connesso al circuito stampato tramite un connettore JST; progettato proprio per essere un terminale che non necessita di saldature. In questo modo, è possibile estrarre il driver semplicemente disconnettendolo dal resto.



Connettore JST da 3 pin

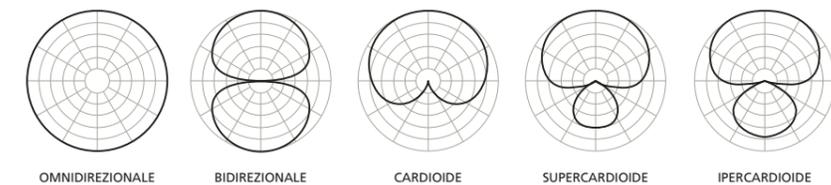


Driver con connettore JST

La cuffia, però, dovrebbe anche presentare lo spazio necessario nel caso in cui, ad esempio, si voglia sostituire il driver con uno dalle dimensioni più grandi.

Gli speaker, infatti, variano dai 20 ai 50 mm di diametro, ma generalmente sono quelli da 40 mm i più utilizzati.

Anche il microfono è un componente che, specialmente se utilizzato per il gaming, deve avere determinate caratteristiche e quindi deve poter essere aggiornato. Può essere omnidirezionale, per catturare il suono da tutte le direzioni, oppure unidirezionale; quest'ultimo, anche detto microfono cardiode, può quindi captare solamente i suoni provenienti dalla parte anteriore ed è quindi quello più utilizzato nei microfoni a braccetto. Invece, i supercardioidi e gli ipercardioidi sono ancora più sensibili e registrano il suono in modo molto più chiaro, catturando anche una porzione di suono dietro al microfono.



Diagrammi polari di alcune tipologie di microfono

La batteria, contenuta nelle cuffie di tipo wireless, ha anch'essa il bisogno di essere aggiornata e quindi sostituita nel momento in cui le sue prestazioni calano o diventano obsolete. Anch'essa, in alcune cuffie, si presenta con un connettore JST, in modo da poter essere scollegata dal circuito stampato per essere sostituita con una nuova. Le batterie generalmente utilizzate all'interno delle cuffie sono quelle agli ioni di litio da 3.7 V, che possono avere forme e dimensioni diverse.

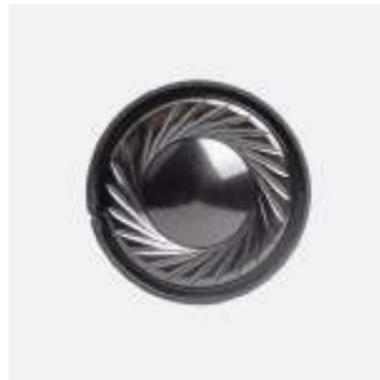
Anche il connettore posto alla fine del cavo deve poter essere aggiornato in base alle eventuali modifiche che possono subire i connettori standard. Ad esempio, da quando Apple ha rimosso l'attacco jack dall'iPhone preferendo quello USB-C, la maggior parte delle cuffie cablate sono diventate incompatibili, e si è dovuto ricorrere all'utilizzo di un adattatore.

Un componente che necessita molto spesso di essere aggiornato, è il modulo Bluetooth, che permette alle cuffie di essere wireless; infatti, da esso dipende la versione Bluetooth che avrà il dispositivo. Questo può avvenire tramite un aggiornamento del software se il modulo lo prevede, ma in tutti gli altri casi diventa

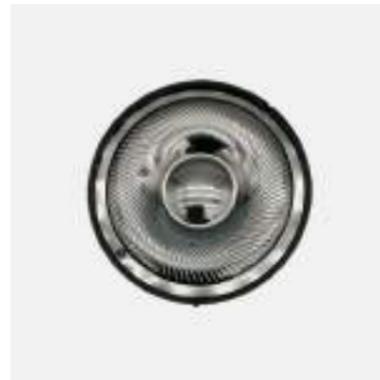
necessario sostituirlo per avere la versione più recente. Infatti, le versioni più recenti differiscono in meglio per velocità, range, compatibilità, fabbisogno di potenza e affidabilità.

Sostituzione per cambio di funzionalità

I driver devono poter essere sostituiti anche sulla base del suono che si preferisce ottenere ed ascoltare; ad esempio, avere una buona risposta ai bassi oppure una definizione maggiore delle frequenze più alte. A questo proposito, gli speaker possono essere composti da materiali differenti e quindi presentare delle specifiche tecniche diverse, quali la risposta in frequenza, l'impedenza e la sensibilità.



Driver dinamico con diaframma in grafene



Driver dinamico con diaframma in berillio

Anche i pad devono poter essere sostituiti per rispondere alle esigenze dell'utente in termini di comfort e funzionalità. Deve essere possibile passare da quelli circumaurali a quelli sovraaurali o sostituirli con la forma e il tipo di imbottitura che più si preferisce.

Anche l'archetto deve poter essere sostituibile in modo che l'utente possa scegliere quello più adatto alla funzione che deve svolgere; ad esempio, può essere più imbottito per quando le cuffie vengono indossate per molte ore, oppure meno ingombrante per quando vengono trasportate e utilizzate durante gli spostamenti. Cavo e connettore sono altri due componenti che devono poter essere sostituiti a seconda delle proprie esigenze. Il cavo può essere, ad esempio, più o meno lungo o arrotolato a spirale, mentre il connettore non deve precludere il numero di tipi di attacco a cui le cuffie possono essere connesse.

Anche i padiglioni dovrebbero poter essere modificabili a seconda del tipo di suono che si vuole ottenere; quindi poter essere più o meno isolati con l'esterno grazie al grado di apertura che si sceglie di utilizzare.

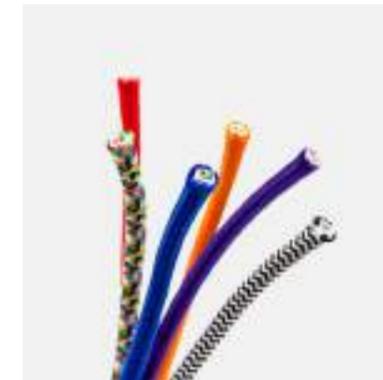
Sostituzione per scopi di personalizzazione

Alcuni componenti devono poter essere sostituibili per modificare l'aspetto estetico del prodotto in modo da risultare sempre diverso e nuovo.

I padiglioni possono essere personalizzati in modo tale che con materiali, colori o design diversi possano cambiare l'aspetto e offrire nuove caratteristiche. I cavi possono essere di colori differenti ma anche di materiale diverso, che può andare dal rivestimento in gomma a quello in tessuto.



Cavo rivestito in canapa (Ledkia)



Cavi rivestiti in tessuto (Elettroplastica)

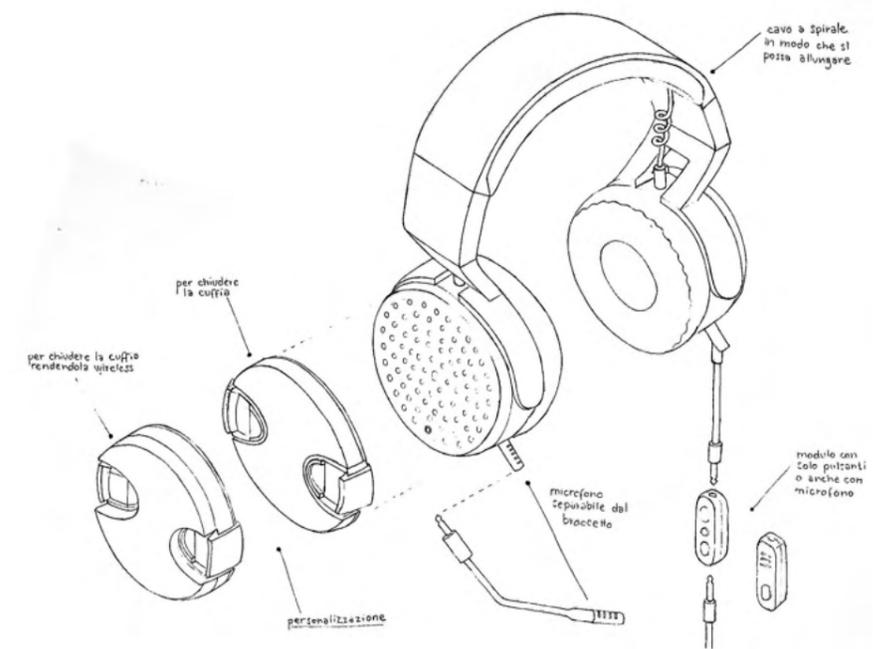
4

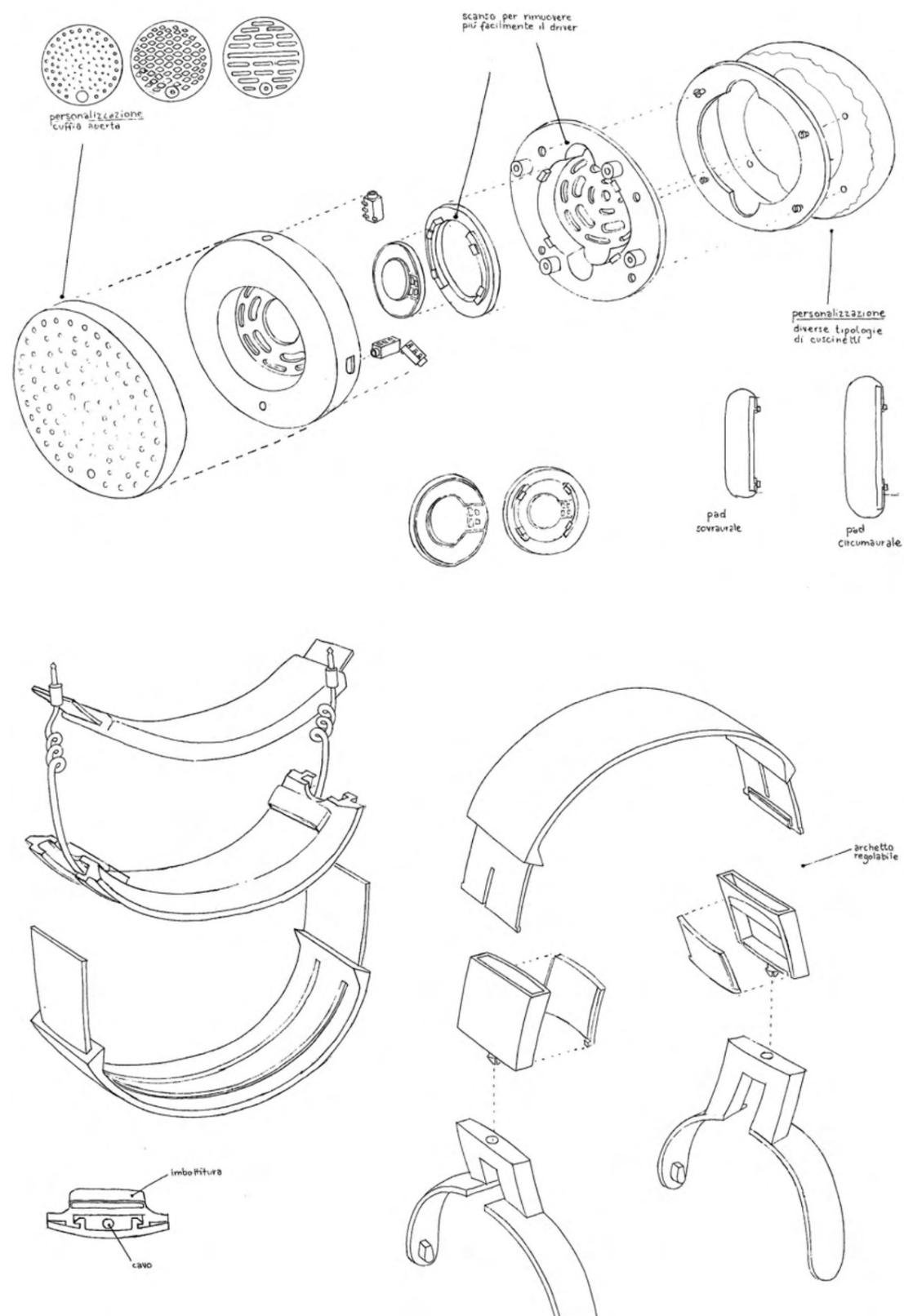
4. Fase di progettazione

4.1 Idee, problemi e soluzioni iniziali

Per permettere di modificare la configurazione delle cuffie, da aperta a chiusa, è stato necessario partire da una cuffia aperta alla quale aggiungere un elemento di blocco per impedire, all'occorrenza, la fuoriuscita del suono. Inizialmente, la soluzione pensata è stata quella di prevedere, per ciascun padiglione, una sorta di tappo con le stesse caratteristiche dei copriobiettivi utilizzati nelle macchine fotografiche per proteggere la lente. In questo modo, premendo ai lati del tappo, con un meccanismo a scatto questo si sarebbe agganciato al padiglione tappandone l'apertura. Questa soluzione è stata poi scartata perché scomoda in quanto l'utente avrebbe dovuto avere sempre con sé i due tappi da agganciare, con il costante rischio di perderli.

Si è quindi optato per un meccanismo che non prevede alcun elemento da sganciare ripetutamente.





Le cuffie aperte difficilmente sono wireless perché i componenti necessari, soprattutto la batteria, formano un discreto ingombro che se posto sui padiglioni può ostacolare l'apertura. Le Grado GW100 sono un esempio di cuffie aperte wireless che all'interno contengono proprio una batteria e un circuito stampato abbastanza grandi da occupare entrambi i padiglioni, rendendole così meno efficaci rispetto al modello cablato. Invece, il Deva Bluemini di Hifiman è una soluzione alternativa per rendere wireless le cuffie aperte senza però collocare i componenti all'interno di esse. Questo dispositivo è stato creato principalmente per sfruttare le potenzialità delle cuffie aperte Hifiman già in commercio anche attraverso la tecnologia bluetooth. Si tratta, infatti, di un modulo aggiuntivo che si collega al padiglione dotato di ingresso jack, dove originariamente veniva invece connesso il cavo. Le componenti collocate in questa scocca a forma di mezzaluna sono quindi più compatte.



Grado GW100 wireless



Interno dei padiglioni delle Grado GW100 wireless



Deva Bluemini (Hifiman)



Interno del Deva Bluemini

La soluzione progettuale proposta, quindi, prevedeva anche in questo caso un modulo aggiuntivo, da connettere al padiglione tramite presa jack, con le stesse caratteristiche del tappo precedentemente descritto. Successivamente, studiando più nel dettaglio la componentistica necessaria, è stato possibile inserirla lungo il perimetro del padiglione, in modo tale da non tappare la parte centrale da cui fuoriesce direttamente il suono prodotto dal driver.

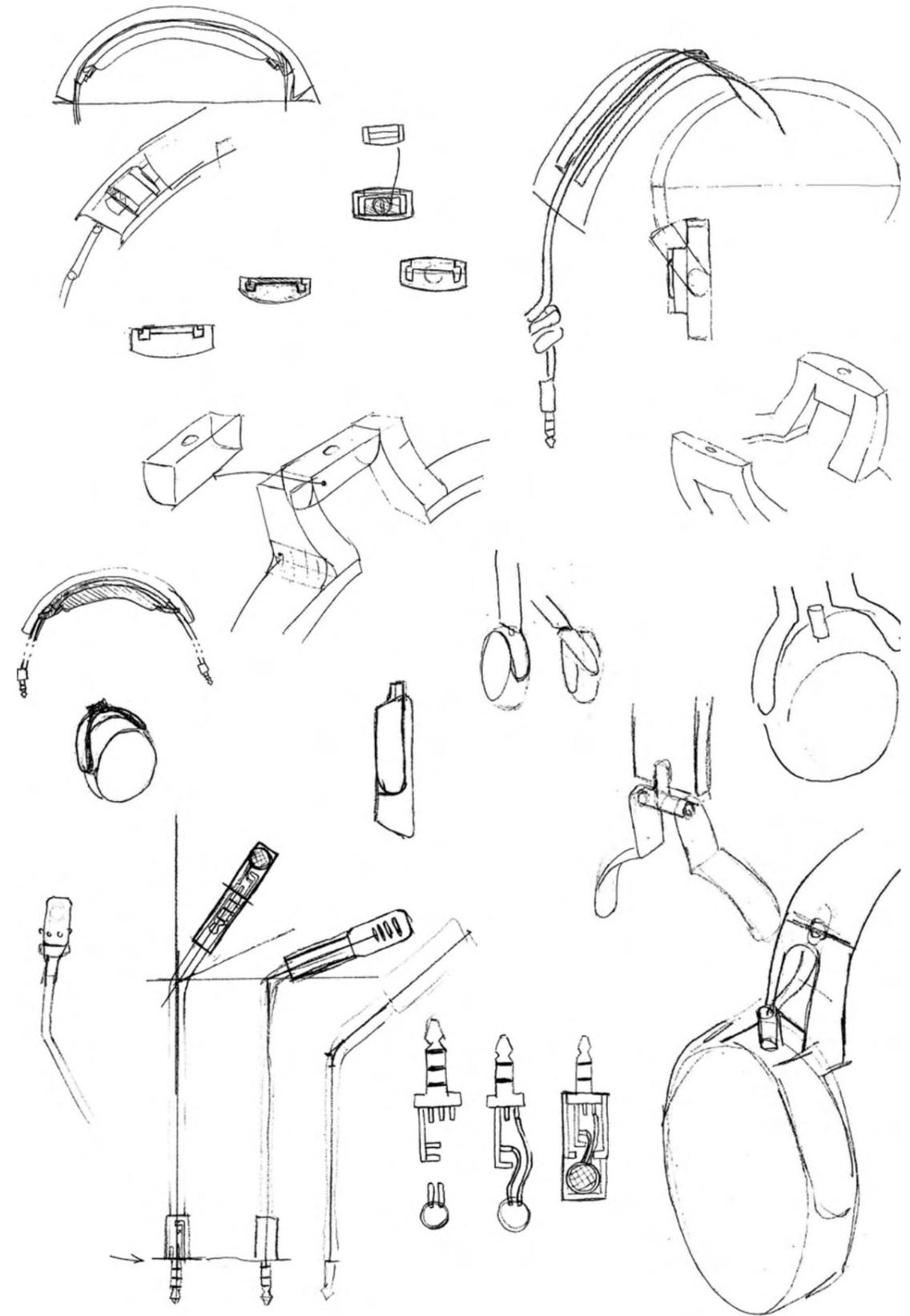
Per connettere i due padiglioni in modo reversibile, senza ricorrere a saldature, si è scelto di usare un cavo con la presa jack su entrambe le estremità. Esso è in parte spiralato per essere in grado di allungarsi assieme all'archetto, nel momento in cui lo si regola in base alle proprie esigenze. Affinché il cavo possa essere inserito e scollegato senza difficoltà dalla parte superiore del padiglione, il gancio che unisce quest'ultimo all'archetto è stato pensato aperto nel mezzo e curvato verso l'esterno.

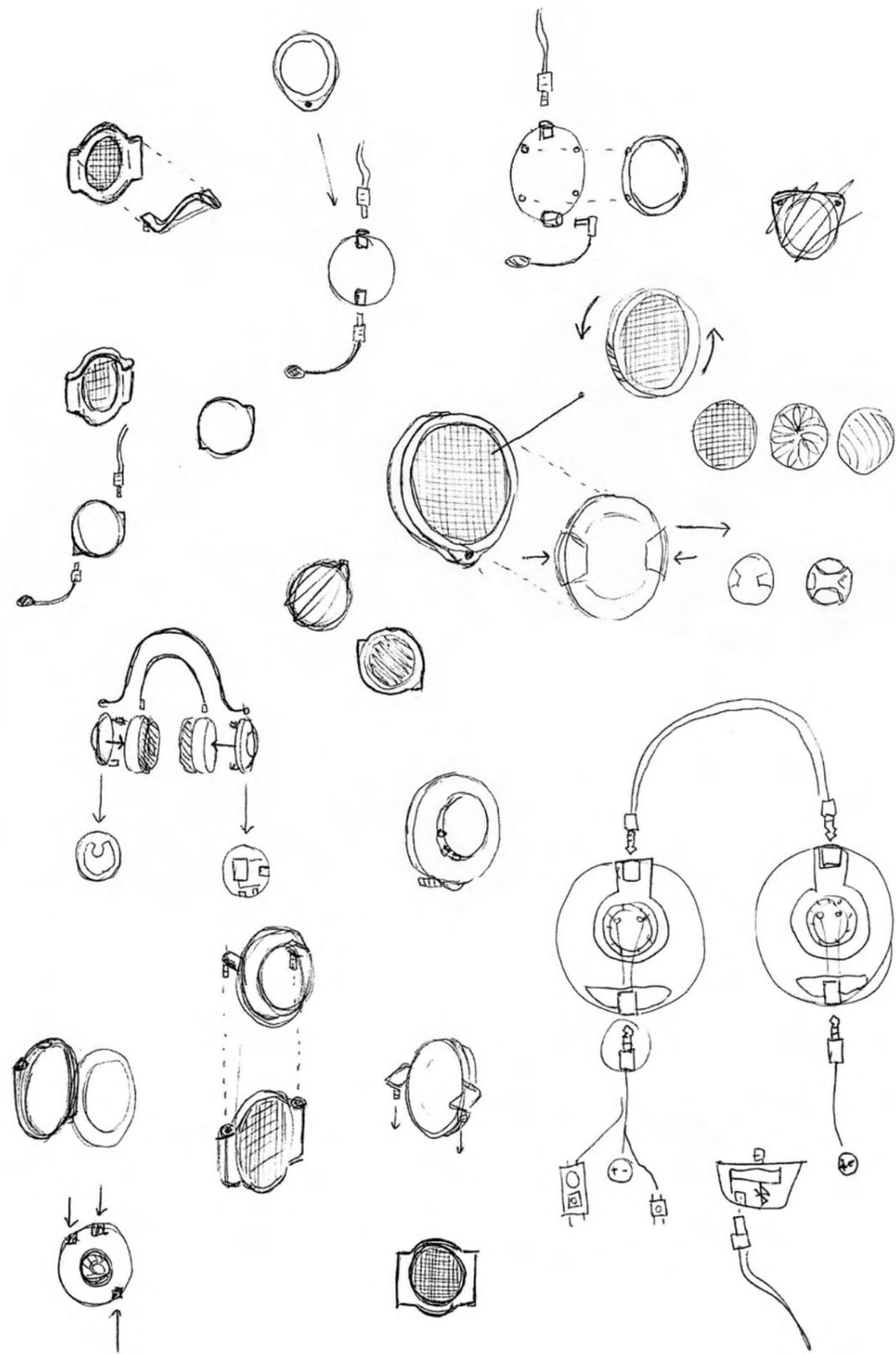
Il cavo viene bloccato a ridosso dell'archetto principale grazie all'inserimento a scorrimento di un secondo arco che lo va a nascondere. Quest'ultimo presenta anche due fessure nelle quali possono venire inserite le estremità dell'imbottitura, che quindi può essere aggiunta o tolta quando se ne ha la necessità.

Tutti gli elementi che vanno a formare l'archetto sono uniti tra loro con incastri a scatto, in modo che possano essere facilmente separabili. Lo stesso meccanismo viene utilizzato per unire il gancio all'archetto, facendo anche da perno in modo da far ruotare il padiglione lungo il suo asse verticale.

La seconda entrata jack, presente su entrambi i padiglioni, serve a collegare il microfono a braccetto e/o il cavo, per i momenti in cui non si vuole utilizzare il bluetooth. Lungo il cavo in questione può essere aggiunto un modulo che racchiude i pulsanti per controllare la riproduzione musicale o in alternativa anche un piccolo microfono. Il modulo può così essere personalizzato secondo le proprie esigenze.

Anche il microfono a braccetto, grazie al connettore jack, può venire sconnesso quando non lo si utilizza più. Inoltre, il microfono che si trova all'estremità del braccetto stesso, può anch'esso venire separato. Questa modalità è stata pensata per dare la possibilità di sostituire la tipologia di microfono, che può variare a seconda dell'utilizzo che se ne deve fare, e per connetterlo direttamente al padiglione, senza braccetto.





La grandezza del padiglione scelta è stata basata sulle dimensioni del driver più grande che si può utilizzare. In questo modo, diventa possibile inserire anche tutti quelli di dimensioni inferiori. Per fare questo, i driver più piccoli verranno prima bloccati in un disco intermedio, della grandezza ideale per agganciarsi al padiglione. Quest'ultimo, inoltre, presenta due scansi per aiutare a rimuovere il driver con le dita, senza l'utilizzo di alcuno strumento.

I pad sono agganciati a un disco, il quale viene unito al padiglione tramite incastro. Con questa modalità è quindi possibile sostituire il tipo di cuscinetto, che può variare per dimensioni, materiale e colore; l'unica caratteristica che deve rimanere invariata è appunto il tipo di incastro che deve combaciare con il padiglione.

4.2 Modelli di studio



Padiglione chiuso



Padiglione aperto



Lato esterno del padiglione (chiuso)



Lato interno del padiglione



Nel padiglione chiuso, le aperture sono completamente bloccate



Il padiglione viene aperto dopo aver tirato e ruotato la parte più esterna



Archetto allungato



Archetto chiuso



Punto di presa



Rotazione



Apertura e chiusura del semiarchetto



Archetto con cavo



Interno del padiglione



Driver separato dal padiglione



Driver separato dal supporto



Gancio



Imbottitura del pad ricavata da una spugna



Rivestimento del pad





4.3 Materiali

La scelta dei materiali da utilizzare deve ricadere tra quelli che possono contribuire il più possibile alla circolarità del prodotto.

Rivestimento esterno degli elementi imbottiti

Per il rivestimento delle parti imbottite era necessaria un'alternativa alla pelle che fosse morbida, liscia, traspirante e resistente all'abrasione e all'umidità, in quanto a contatto con la pelle anche per lunghi periodi di tempo. Allo stesso tempo, questo materiale, per quanto possibile, doveva contenere meno materiale polimerico rispetto alle pelli totalmente sintetiche. Quindi, per questo specifico tipo di applicazione, è stata presa in considerazione una serie di materiali diversi.

Ohoskin

Ohoskin è un materiale tessile biologico composto per il 32% da biopolimeri derivati da sottoprodotti agricoli dell'industria cosmetica e alimentare siciliana: arancia e pala di fico d'india. Il restante 68% è PVC riciclato, privo di lattice e ftalati. Questo biopolimero riveste uno strato di supporto in cotone o, in alternativa, poliestere.



La texture di Ohoskin
(Ohoskin, n.d.)



Strato di supporto
(Material Connexion, n.d.)

Si tratta di un materiale più sostenibile della pelle perché utilizza prodotti di scarto di origine vegetale, privi di valore alimentare sia per gli animali che per l'uomo, che necessitavano altrimenti di essere smaltiti con elevati costi ambientali ed economici. Inoltre, utilizzando PVC proveniente da plastiche riciclate, Ohoskin

previene l'estrazione di fossili vergini riducendo così le emissioni di carbonio del 90%, oltre a non rilasciare microplastiche essendo un materiale non soggetto alla degradazione (Ohoskin, n.d.). Le sue caratteristiche tecniche gli conferiscono una buona resistenza a strappo, abrasione ($\geq 100,000$ secondo il test Martindale¹), trazione e umidità, permettendogli di durare dai 10 ai 20 anni (Material Connexion, n.d.).

Per quanto riguarda l'aspetto della personalizzazione, Ohoskin è riproducibile in qualsiasi colorazione Pantone, ed è disponibile in tre texture differenti.

Vegea

Si tratta di un'alternativa alla pelle realizzata per il 90% da materiale organico costituito dalle bucce e dai semi d'uva residui dalla vinificazione; il restante 10% è poliuretano. Alla base, questo biopolimero presenta uno strato di supporto che può avere diverse composizioni a seconda delle esigenze: cotone o poliuretano. Di conseguenza, il materiale può essere più o meno degradabile.

Si tratta di un'alternativa sostenibile in quanto i residui agroindustriali vengono valorizzati trasformandoli in nuovi materiali. Viene impedito a tonnellate di vinaccia di essere gettate nei rifiuti, in particolare i vinaccioli che vengono recuperati perché servono proprio per realizzare la fibra.

Vegea è quindi un materiale morbido al tatto e idrorepellente che, a seconda della composizione, può avere diverse proprietà tecniche ed estetiche, come spessore, finitura e colore (Vegea, n.d.)



La texture di Vegea
(Vegea, n.d.)

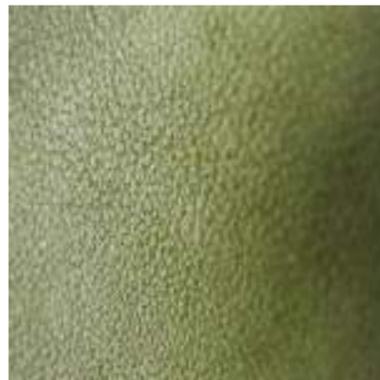


Collezione Serapian realizzata con Vegea
(Vegea, n.d.)

¹ Test per verificare la resistenza all'abrasione dei tessuti, ovvero quanto questi sono in grado di durare se sottoposti a un processo di attrito ripetuto con altri materiali. Se il risultato del test è compreso tra 10,000 e 15,000, il tessuto in questione è adatto ad uso domestico (Testex, 2022).

Desserto

Desserto è un biopolimero formato per il 90% da materiale di origine vegetale, derivato dalle piante di cactus; il restante è un materiale polimerico non specificato. Questo biopolimero può presentarsi con varianti differenti a seconda del diverso tipo di strato di supporto, che può essere in poliuretano, in cotone o policotone. Ad esempio, la versione “green” ha il supporto composto al 65% da poliestere e al 35% da cotone, mentre quello di “blue navy” è 100% cotone riciclato. Esiste anche la variante “ferrero” che, invece, ha il supporto composto in parti uguali da cotone e poliestere, entrambi riciclati e non vergini (Williams, 2022).



*La texture di Desserto
(Desserto, n.d.)*



*Portafoglio realizzato con Desserto
(Desserto, n.d.)*

Si tratta di un materiale morbido e con un'elevata resistenza alla trazione, allo strappo e all'abrasione (Martindale 75,000); è sicuro per la pelle, traspirante e completamente personalizzabile; può infatti venire colorato con pigmenti naturali e organici.

Oltre ad avere una percentuale di materiali polimerici di molto inferiore rispetto alle pelli totalmente sintetiche, Desserto viene considerato come un materiale sostenibile perché la materia prima vegetale viene raccolta senza danneggiare la coltivazione. Infatti, dalle piante di cactus vengono raccolte solo le foglie mature e i campi riescono a sopravvivere solo con l'acqua piovana, senza dover ricorrere a specifici sistemi di irrigazione. Anche il processo di essiccazione avviene senza ricorrere all'utilizzo di energia elettrica. Il processo di produzione è quindi in grado di ridurre la carbon footprint del 20% rispetto alla vera pelle.

Confronto

Tra i materiali elencati, si è voluto preferirne uno italiano che fosse ottenuto da scarti provenienti da altre lavorazioni rispetto a uno, come Desserto, che invece preleva la materia prima direttamente da una coltivazione. Infatti, sia Ohoskin che Vegea vengono prodotti conferendo un nuovo valore rispettivamente a scarti di arance e fichi d'india e scarti di vinaccia, che altrimenti verrebbero gettati via con conseguenti costi di smaltimento.

La differenza tra i due è data principalmente dalla composizione. Vegea è composto da una percentuale più alta di materiale organico (90%) rispetto a Ohoskin (32%). L'azienda, però, non entra nello specifico della composizione chimica del materiale.

Ohoskin, invece, contiene una parte di PVC riciclato che, rispetto al poliuretano contenuto in Vegea, non è degradabile e dunque non inquina rilasciando microplastiche nell'ambiente. Non essendo vergine, a questo PVC riciclato ormai prodotto viene trovato un utilizzo. Esso ha anche il vantaggio di migliorare la durata del materiale, allungandone così la vita, fino anche a quasi 20 anni.

In conclusione, la scelta del materiale da utilizzare come rivestimento è ricaduta su Ohoskin. Questo materiale, essendo anche traspirante e sicuro a contatto con la pelle, è quello più adatto per il tipo di applicazione che ne deve essere fatta.

Struttura

L'intera struttura delle cuffie deve essere formata da un materiale robusto e abbastanza resistente e flessibile da permettere di realizzare incastri a scatto. Se possibile è preferibile utilizzare un'alternativa ai materiali polimerici, ma comunque adatta alle tecniche di stampaggio a iniezione.

Mixcycling

Mixcycling è una miscela biocomposita realizzata per l'80% da rifiuti organici, (ad esempio legno, sughero, lolla di riso, crusca, caffè) provenienti da lavorazioni industriali e per il restante 20% da un additivo polimerico.



Mixcycling utilizzato nei tappi Gipy Monolith (Labrenta, n.d.)



Mixcycling Vinium con scarti di vinaccia (Materially, n.d.)

La miscela è quindi personalizzabile utilizzando diversi tipi di fonti organiche e vari materiali polimerici di base che possono essere vergini, riciclati o biodegradabili. A seconda della composizione, quindi, questo biopolimero può essere riciclabile o biodegradabile. È possibile ottenere risultati estetici, tecnici e meccanici differenti proprio variando la grandezza dei granuli del componente organico, il tipo di legante e le percentuali del composto.

Si tratta di un materiale che, prodotto sotto forma di pellet, può essere lavorato mediante stampaggio a iniezione ed estrusione, utilizzando le attrezzature standard, ma anche tramite soffiaggio, stampaggio rotazionale e stampa 3D (Material Connexion, n.d.). Per questa ragione le applicazioni sono molteplici: packaging, arredo, settore automotive, alimentare, industriale, prodotti per la casa e device elettronici.



Scatola di derivazione elettrica di Geros (Geros, n.d.)



Finitura lucida dei secchielli di Brevetti WAF (Livingcap, n.d.)

Mixcycling è definito come materiale sostenibile perché il Life Cycle Assessment (LCA) è molto inferiore rispetto a quello di materiali simili derivati da fonti fossili. Infatti, con l'utilizzo di biopolimeri vergini, l'LCA di Mixcycling è comunque inferiore del 73%. Anche confrontandolo con polimeri biodegradabili, questa miscela ha un LCA più basso del 41% (Genovesi & Pellizzari, 2021).



Sedia realizzata con Mixcycling (Mixcycling, n.d.)



Corktoys, giochi per cani di Livingcap (Mixcycling, n.d.)

Imbottitura

Per l'imbottitura di pad e archetto è necessario un materiale morbido a bassa densità; possibilmente un'alternativa più sostenibile rispetto alla schiuma poliuretana.

Zetaloft+

Zetaloft+ è un'alternativa sostenibile adatta a sostituire la schiuma utilizzata per le imbottiture. Si tratta di un tessuto non tessuto monopolimerico, che viene prodotto utilizzando, al posto di materie prime vergini, delle fibre riciclate provenienti, ad esempio, dalle bottigliette in PET. Questo composito può essere riciclato al 100%. Possono venire utilizzate anche fibre naturali come lino, kenaf, cotone e lana, mescolate con almeno un 5% di fibra legante.

A seconda delle fibre utilizzate, le proprietà che si possono ottenere sono molto diverse.



*Materiale che compone Zetaloft+
(Tenowo)*



*Pannelli di Zetaloft+
(Tenowo)*

Rispetto alla schiuma poliuretana è più traspirante, perché non accumula calore. Le sue caratteristiche gli permettono di essere tagliato, anche tramite fustellatura, per ottenere la forma desiderata.



5

5. Modulhear

5.1 Il progetto

Descrizione

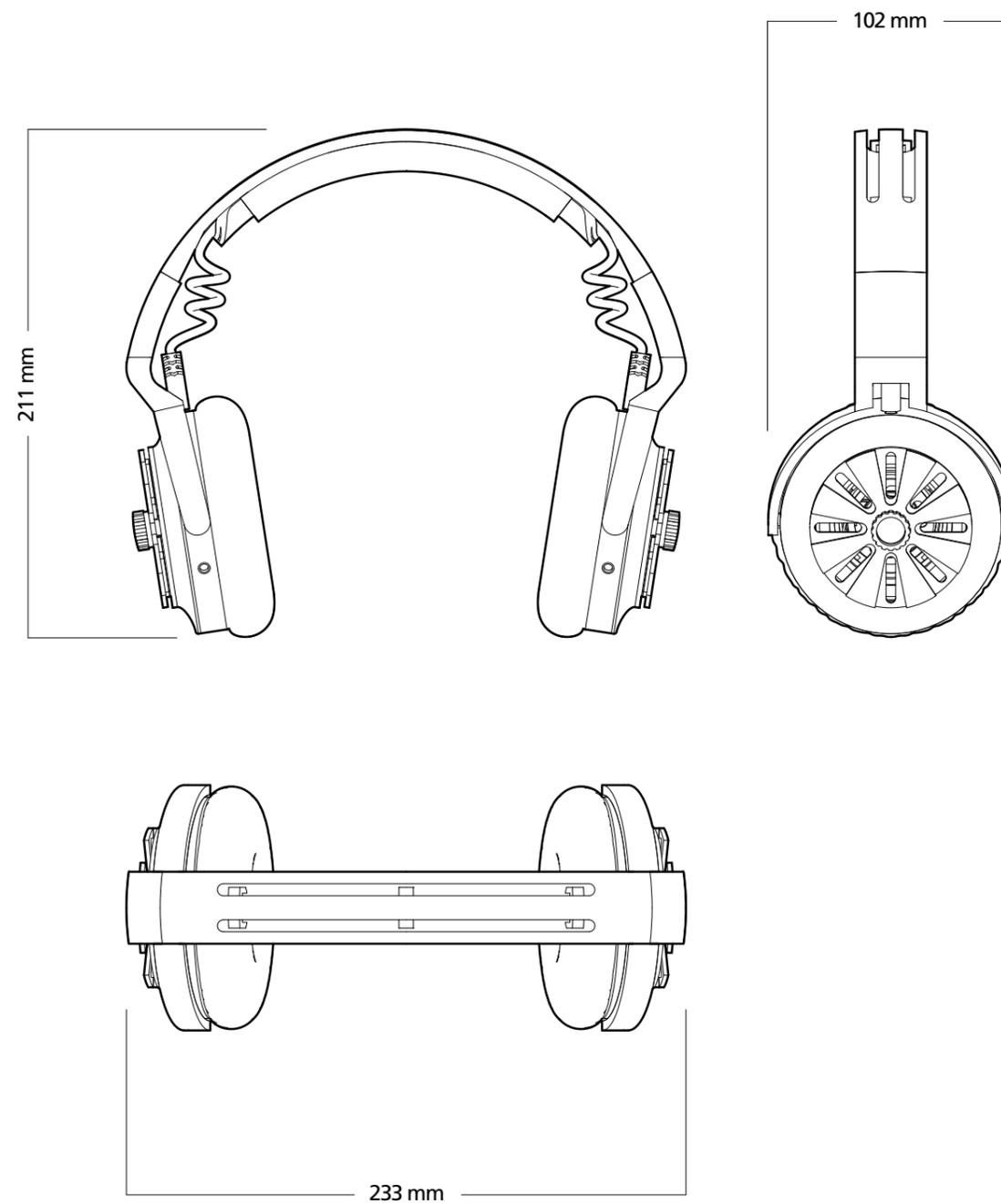
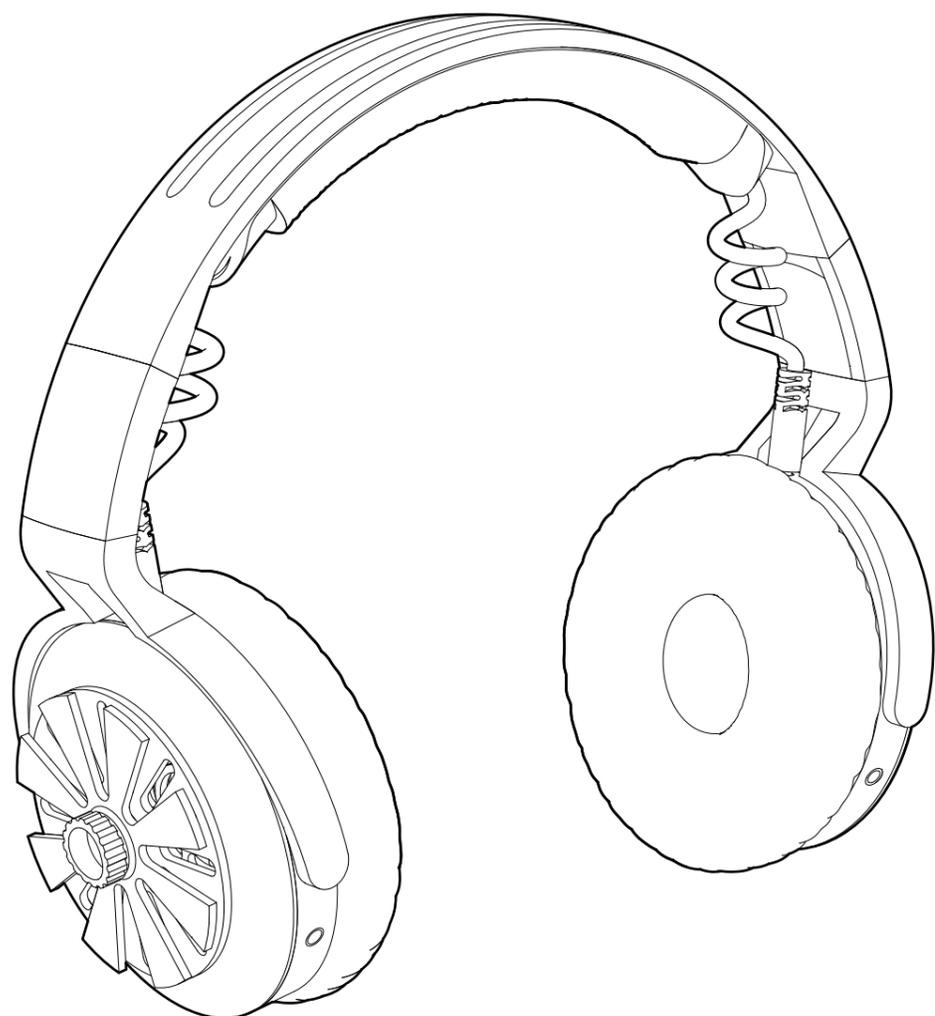
Modulhear è un paio di cuffie progettate con l'obiettivo di limitare quanto più possibile l'obsolescenza programmata, sia di tipo tecnico che psicologico. La struttura della cuffia, quindi, è facilmente disassemblabile; le diverse parti che la compongono, infatti, sono unite tra loro con agganci snap fit reversibili. Non vengono utilizzati né viti né collanti, per questo ogni pezzo è separabile senza dover ricorrere all'utilizzo di alcuno strumento. Le stesse accortezze sono state rivolte alla parte elettronica contenuta all'interno. Si è cercato il più possibile di utilizzare connettori reversibili, senza ricorrere alla saldatura; in questo modo diventa possibile sostituire con facilità le componenti principali, quali driver, batteria e microfono; anche in questo caso senza l'utilizzo di particolari attrezzi. Per quanto riguarda il lato psicologico, grazie alla facilità di separazione dei pezzi, Modulhear permette di creare la combinazione più adatta sulla base delle proprie esigenze. Diventa così possibile ottenere la versione di cuffie più vicina alle proprie preferenze, di tipo tecnico (es. tipologia di driver, tipo di microfono, etc.), di tipo estetico (es. personalizzazione) e di tipo funzionale. La caratteristica principale delle cuffie Modulhear, infatti, è quella di poter cambiare funzione al momento dell'utilizzo; il padiglione, all'esterno, presenta un meccanismo a rotazione che permette di aprire o chiudere la cuffia a proprio piacimento, per avere esperienze di ascolto differenti. Inoltre, la possibilità di scegliere il tipo di microfono (a braccetto o più corto) le rende adattabili ad altri tipi di esigenze, legate all'attività che si vuole svolgere (es. gaming, chiamate di lavoro, etc.). Le cuffie Modulhear possono quindi adattarsi a diversi scenari di utilizzo.

Pertanto, questi accorgimenti progettuali combinati con la scelta di materiali il più possibile sostenibili, allungano la vita del prodotto rendendo Modulhear un dispositivo che combatte l'obsolescenza, al contrario della maggiorparte delle cuffie esistenti.

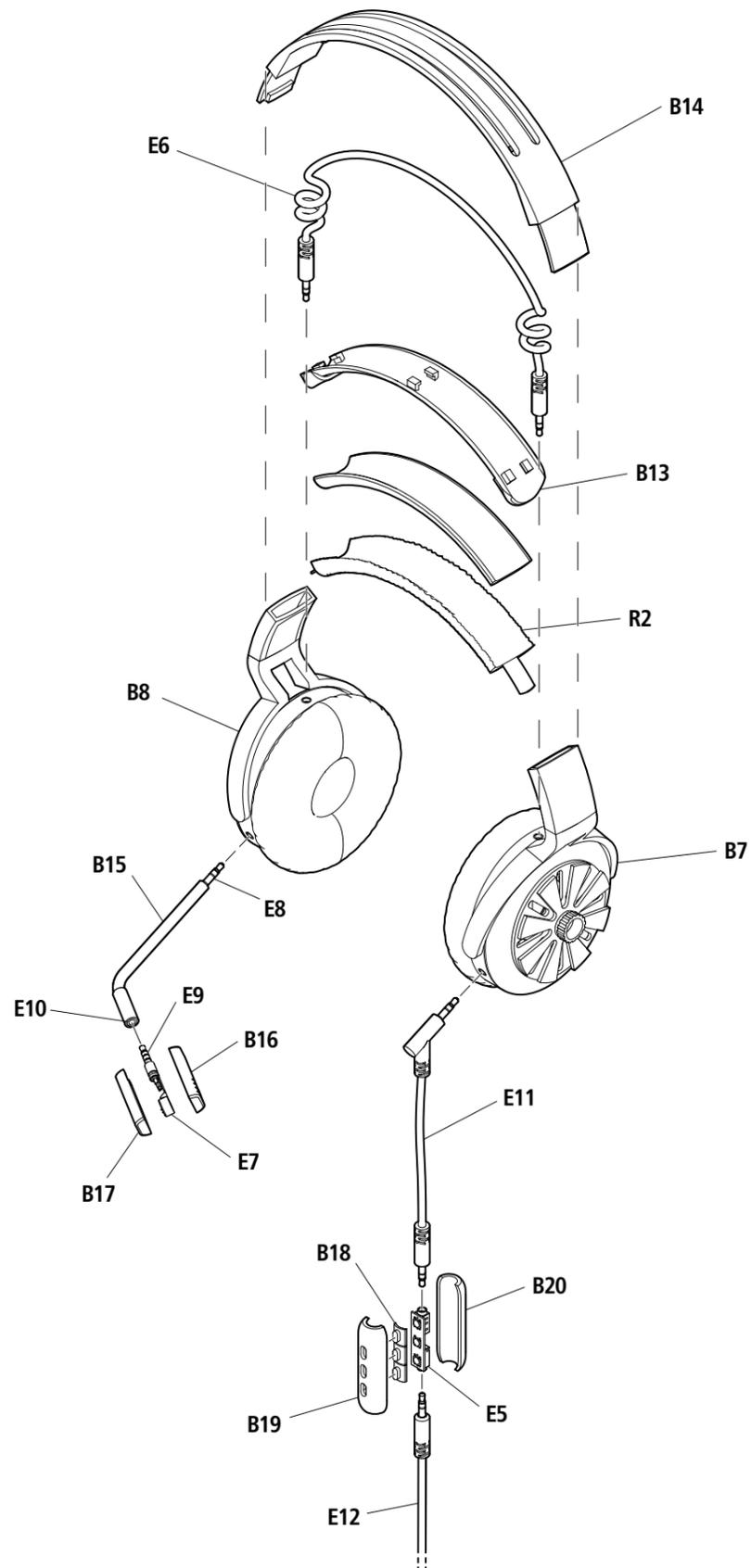
5.2 Tavole tecniche

Cuffie assemblate

Vista prospettica e ingombri massimi

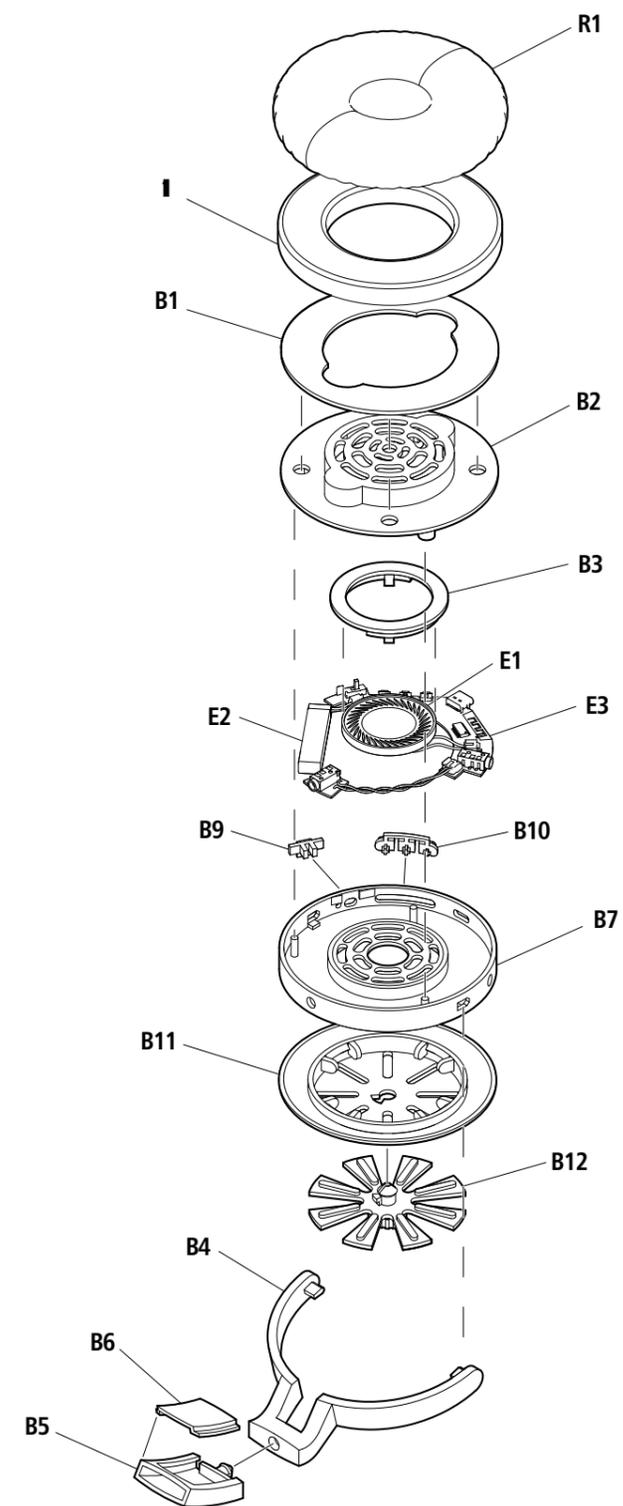


N°	Descrizione
R1	RIVESTIMENTO PAD
R2	IMBOTTITURA ARCHETTO
I1	IMBOTTITURA PAD
I2	IMBOTTITURA ARCHETTO
B1	AGGANCIO PAD
B2	ALLOGGIO DRIVER
B3	SUPPORTO DRIVER
B4	GANCIO
B5	SEMIARCHETTO
B6	CHIUSURA A SCORRIMENTO
B7	ALLOGGIO COMPONENTI - DX
B8	ALLOGGIO COMPONENTI - SX
B9	TASTO ON/OFF
B10	TASTI PLAY/PAUSA/SKIP
B11	PADIGLIONE APERTO
B12	MECCANISMO DI CHIUSURA
B13	COPERTURA DEL CAVO
B14	ARCHETTO
B15	BRACCIO MICROFONO
B16	SCOCCA MICROFONO - FRONTE
B17	SCOCCA MICROFONO - RETRO
B18	TASTI PLAY/PAUSA/SKIP (CAVO)
B19	SCOCCA MICROFONO - FRONTE
B20	SCOCCA MICROFONO - RETRO
E1	DRIVER (40 mm)
E2	BATTERIA (500 mAh - 3.7 V)
E3	PCB (PADIGLIONE DX)
E4	PCB (PADIGLIONE SX)
E5	PCB (SCOCCA CAVO)
E6	CAVO SPIRALATO - JACK 3.5 mm
E7	MICROFONO
E8	JACK 3.5 mm (PADIGLIONE-BRACCIO)
E9	JACK 3.5 mm (BRACCIO-MICROFONO)
E10	INGRESSO JACK FEMMINA 3.5 mm
E11	CAVO - JACK ANGOLATO 3.5 mm
E12	CAVO - JACK 3.5 mm
E13	CAVO RICARICA - USB-C

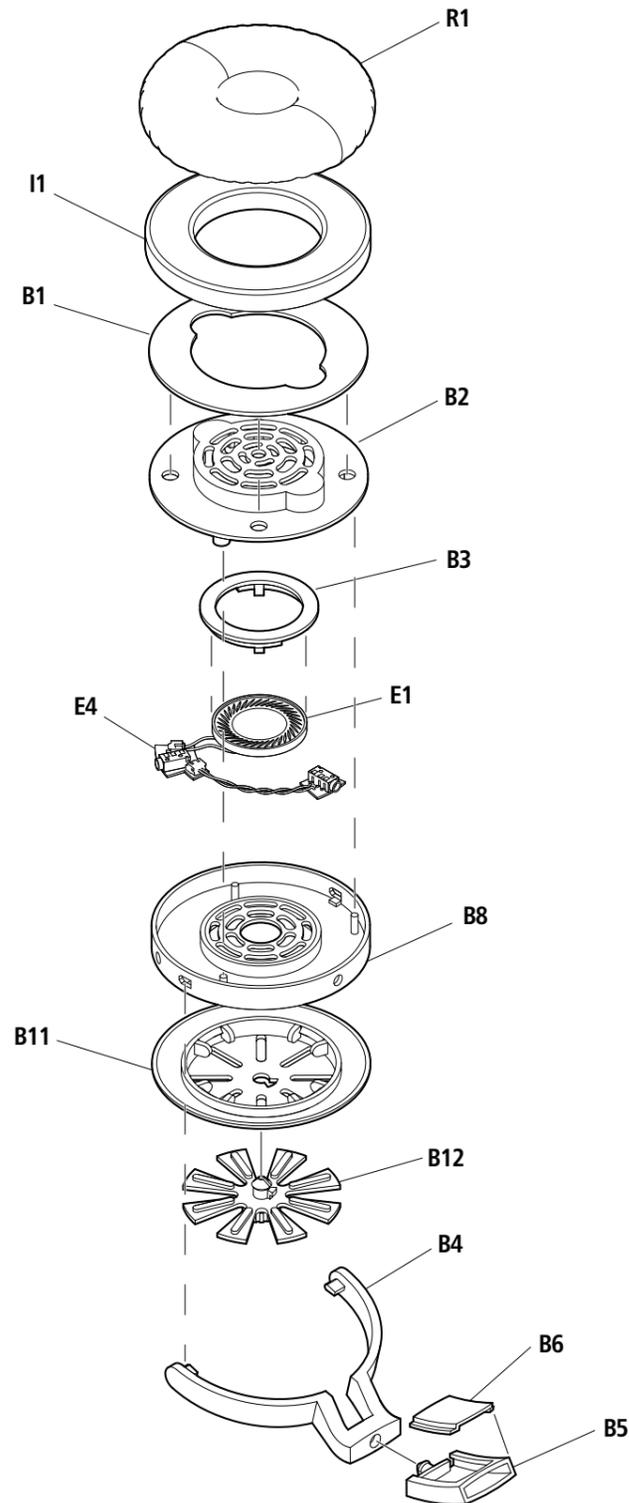


Cuffie disassemblate

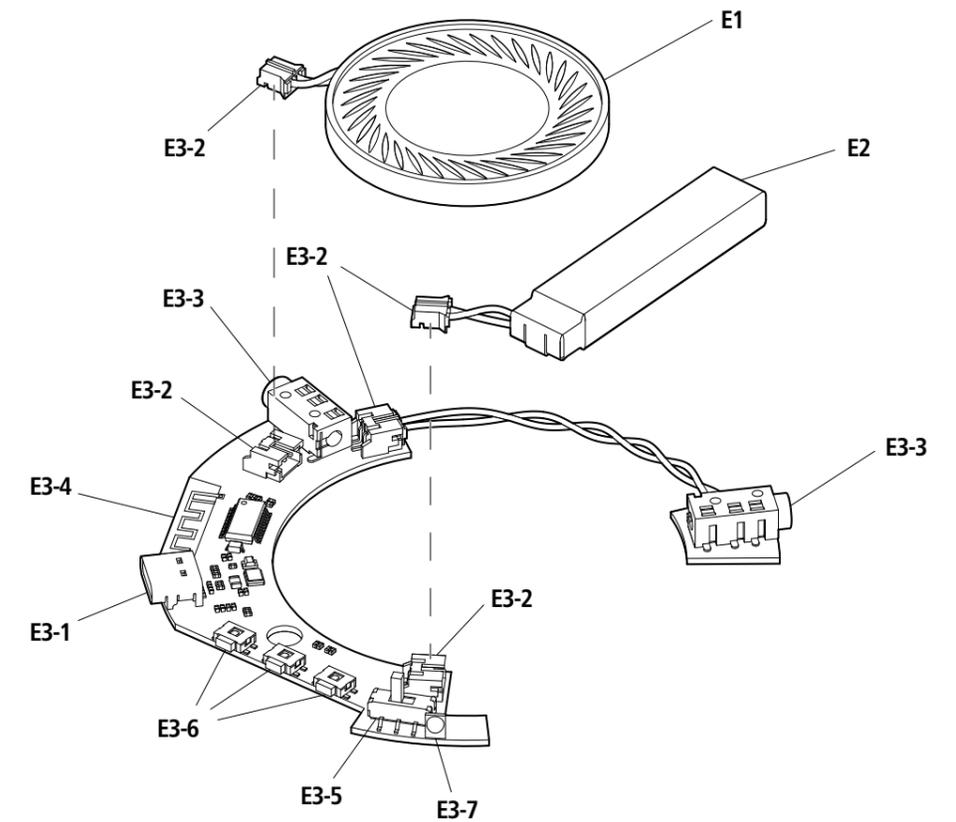
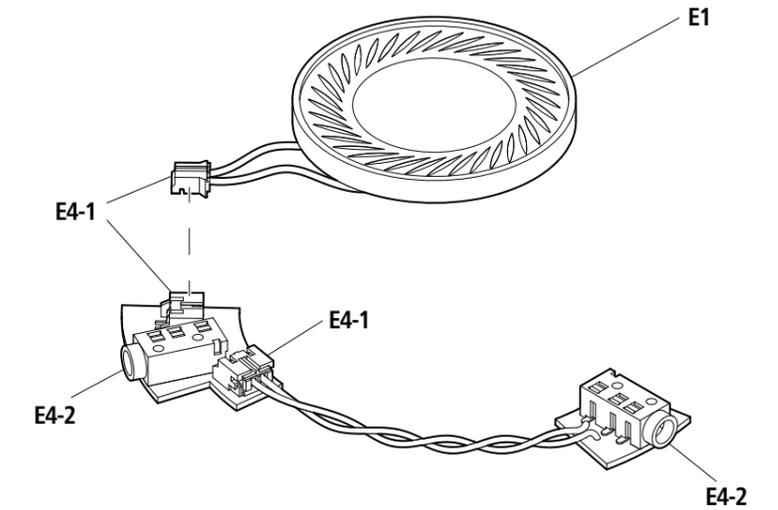
Esploso assometrico del padiglione destro e sinistro



N°	Descrizione
R1	RIVESTIMENTO PAD
R2	IMBOTTITURA ARCHETTO
I1	IMBOTTITURA PAD
I2	IMBOTTITURA ARCHETTO
B1	AGGANCIO PAD
B2	ALLOGGIO DRIVER
B3	SUPPORTO DRIVER
B4	GANCIO
B5	SEMIARCHETTO
B6	CHIUSURA A SCORRIMENTO
B7	ALLOGGIO COMPONENTI - DX
B8	ALLOGGIO COMPONENTI - SX
B9	TASTO ON/OFF
B10	TASTI PLAY/PAUSA/SKIP
B11	PADIGLIONE APERTO
B12	MECCANISMO DI CHIUSURA
B13	COPERTURA DEL CAVO
B14	ARCHETTO
B15	BRACCIO MICROFONO
B16	SCOCCA MICROFONO - FRONTE
B17	SCOCCA MICROFONO - RETRO
B18	TASTI PLAY/PAUSA/SKIP (CAVO)
B19	SCOCCA MICROFONO - FRONTE
B20	SCOCCA MICROFONO - RETRO
E1	DRIVER (40 mm)
E2	BATTERIA (500 mAh - 3.7 V)
E3	PCB (PADIGLIONE DX)
E4	PCB (PADIGLIONE SX)
E5	PCB (SCOCCA CAVO)
E6	CAVO SPIRALATO - JACK 3.5 mm
E7	MICROFONO
E8	JACK 3.5 mm (PADIGLIONE-BRACCIO)
E9	JACK 3.5 mm (BRACCIO-MICROFONO)
E10	INGRESSO JACK FEMMINA 3.5 mm
E11	CAVO - JACK ANGOLATO 3.5 mm
E12	CAVO - JACK 3.5 mm
E13	CAVO RICARICA - USB-C



N°	Descrizione
E1	DRIVER (40 mm)
E2	BATTERIA (500 mAh - 3.7 V)
E3	PCB (PADIGLIONE DX)
E3-1	INGRESSO USB-C FEMMINA
E3-2	CONNETTORE JST
E3-3	INGRESSO JACK FEMMINA 3.5 mm
E3-4	MODULO BLUETOOTH E ANTENNA
E3-5	INTERRUTTORE ON/OFF
E3-6	PULSANTE A PRESSIONE LATERALE
E3-7	LED
E4	PCB (PADIGLIONE SX)
E4-1	CONNETTORE JST
E4-2	INGRESSO JACK FEMMINA 3.5 mm
E5	PCB (SCOCCA CAVO)
E5-1	PULSANTE A PRESSIONE
E5-2	INGRESSO JACK FEMMINA 3.5 mm





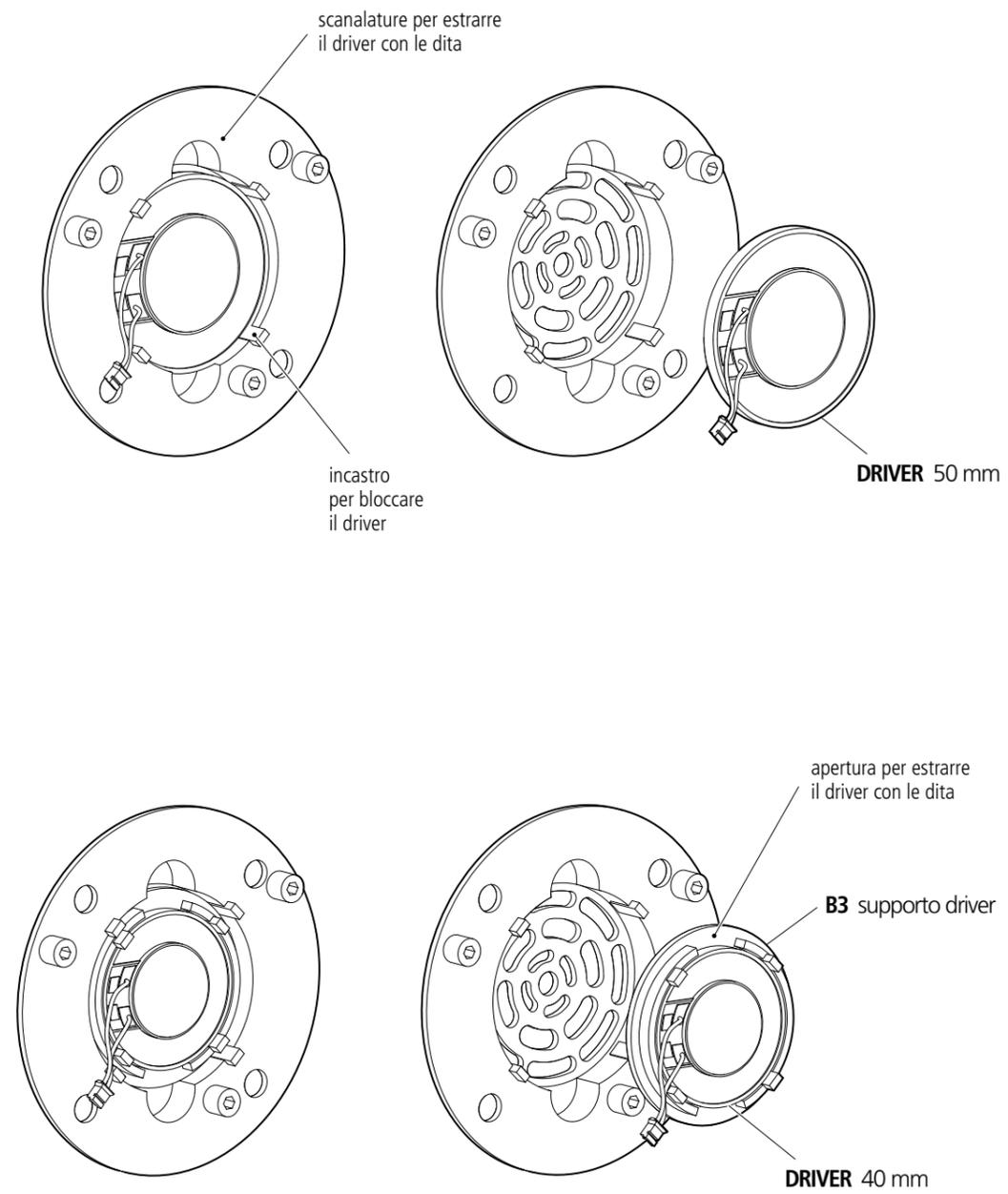
Distina Base - BOM (Bill of Materials)

N°	Parte	Q.	Materiale
R RIVESTIMENTO			
R1	rivestimento pad	x 2	Ohoskin
R2	rivestimento archetto	x 1	Ohoskin
	Tot	3	
I IMBOTTITURA			
I1	imbottitura pad	x 2	Zetaloft+
I2	imbottitura archetto	x 1	Zetaloft+
	Tot	3	
B BIOPOLIMERO			
B1	aggancio pad	x 2	Miscycling
B2	alloggio driver	x 2	Miscycling
B3	supporto driver	x 2	Miscycling
B4	gancio	x 2	Miscycling
B5	semiarchetto	x 2	Miscycling
B6	chiusura a scartamento	x 2	Miscycling
B7	alloggio componenti (destra)	x 1	Miscycling
B8	alloggio componenti (sinistra)	x 1	Miscycling
B9	tasto on/off	x 1	Miscycling
B10	tasti play/pause/skip	x 1	Miscycling
B11	padiglione aperto	x 2	Miscycling
B12	meccanismo di chiusura	x 2	Miscycling
B13	copertura del cavo	x 1	Miscycling
B14	archetto	x 1	Miscycling
B15	braccio microfono	x 1	Miscycling
B16	scocca microfono - fronte	x 1	Miscycling
B17	scocca microfono - retro	x 1	Miscycling
B18	tasti play/pause/skip (cavo)	x 3	Miscycling
B19	scocca cavo - fronte	x 1	Miscycling
B20	scocca cavo - retro	x 1	Miscycling
	Tot	30	

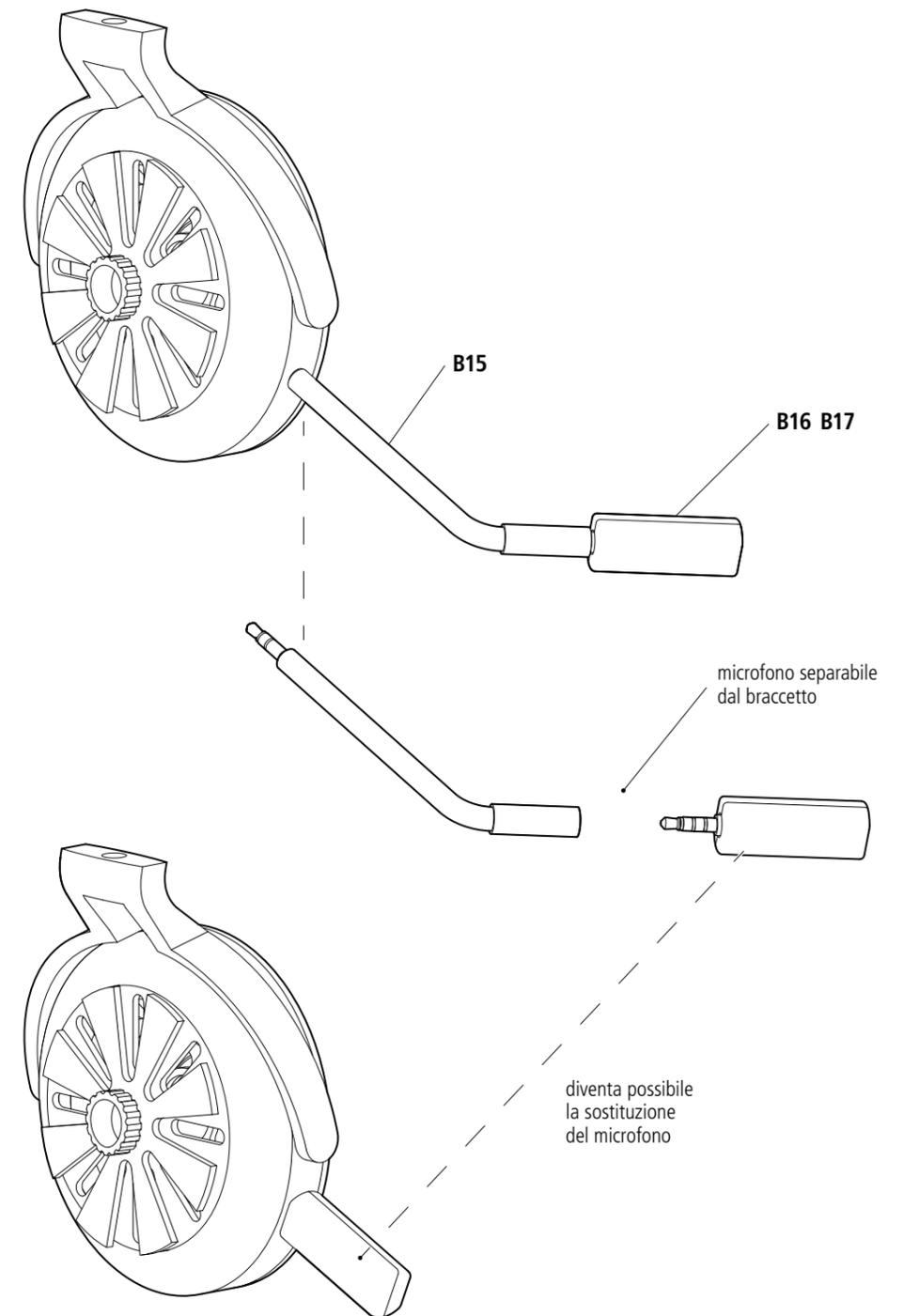
N°	Parte	Q.
E ELETTRONICA		
E1	driver (40 mm)	x 2
E2	batteria (500mAh - 3.7 V)	x 1
E3	PCB (padiglione dx)	x 1
	E3-1 ingresso USB-C femmina	
	E3-2 connettori JST	
	E3-3 ingressi jack femmina 3.5 mm	
	E3-4 modulo bluetooth e antenna	
	E3-5 interruttore on/off	
	E3-6 pulsante a pressione laterale	
	E3-7 LED	
E4	PCB (padiglione sx)	x 1
	E4-1 connettori JST	
	E4-2 ingressi jack femmina - 3.5 mm	
E5	PCB (scocca lungo il cavo)	x 1
	E5-1 pulsanti a pressione	
	E5-2 ingressi jack femmina - 3.5 mm	
E6	cavo spirale da jack 3.5 mm a jack 3.5 mm	x 1
E7	microfono	x 1
E8	jack 3.5 mm (padiglione-braccio)	x 1
E9	jack 3.5 mm (braccio-microfono)	x 1
E10	ingresso jack femmina - 3.5 (microfono)	x 1
E11	cavo da jack angolato 3.5 mm a jack 3.5 mm	x 1
E12	cavo da jack 3.5 mm a jack 3.5 mm	x 1
E13	cavo di ricarica USB-C	x 1
	Tot	14
TOT		50

5.3 Giunzioni e incastri reversibili

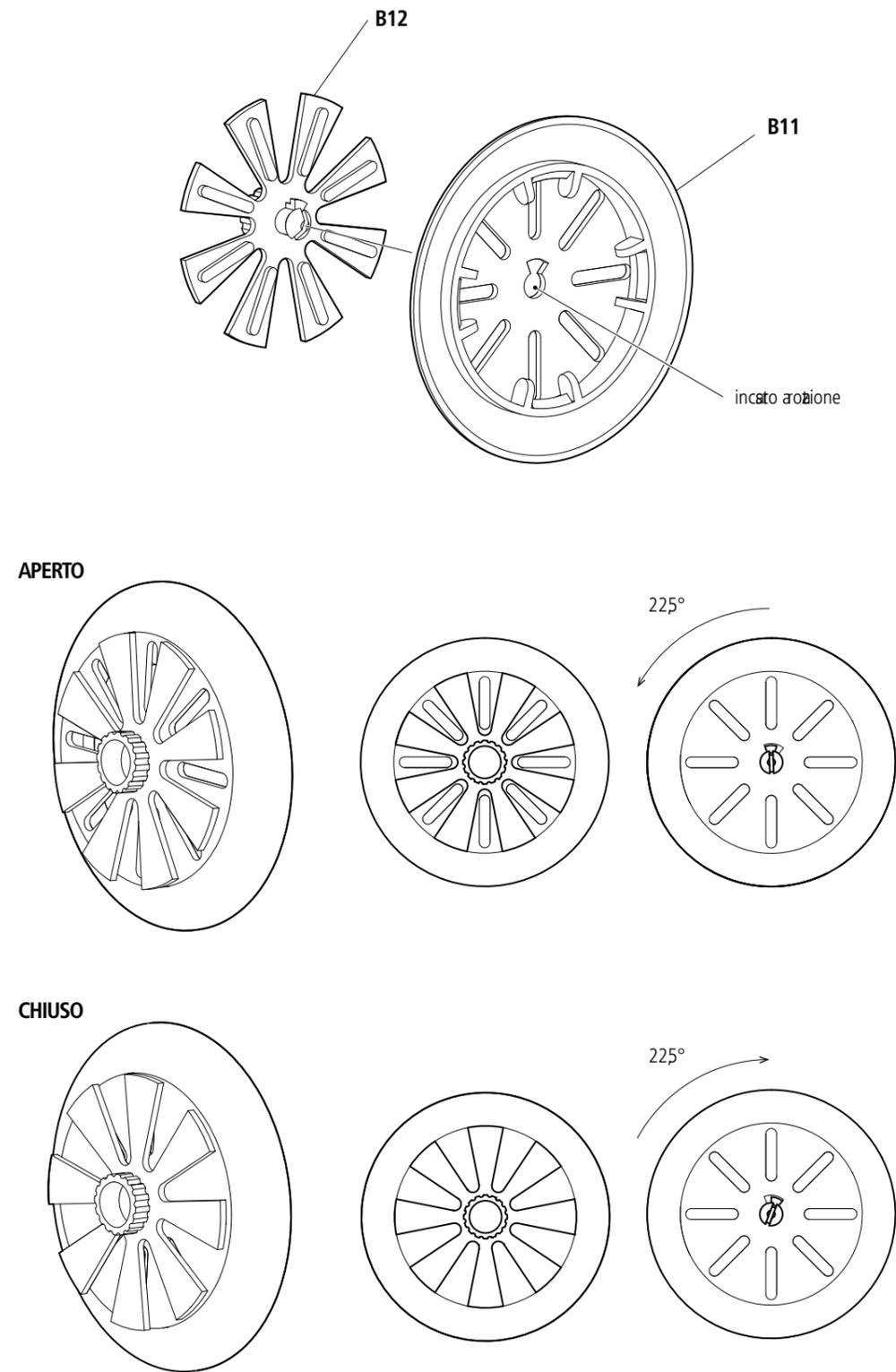
Separazione del driver dall'alloggiamento



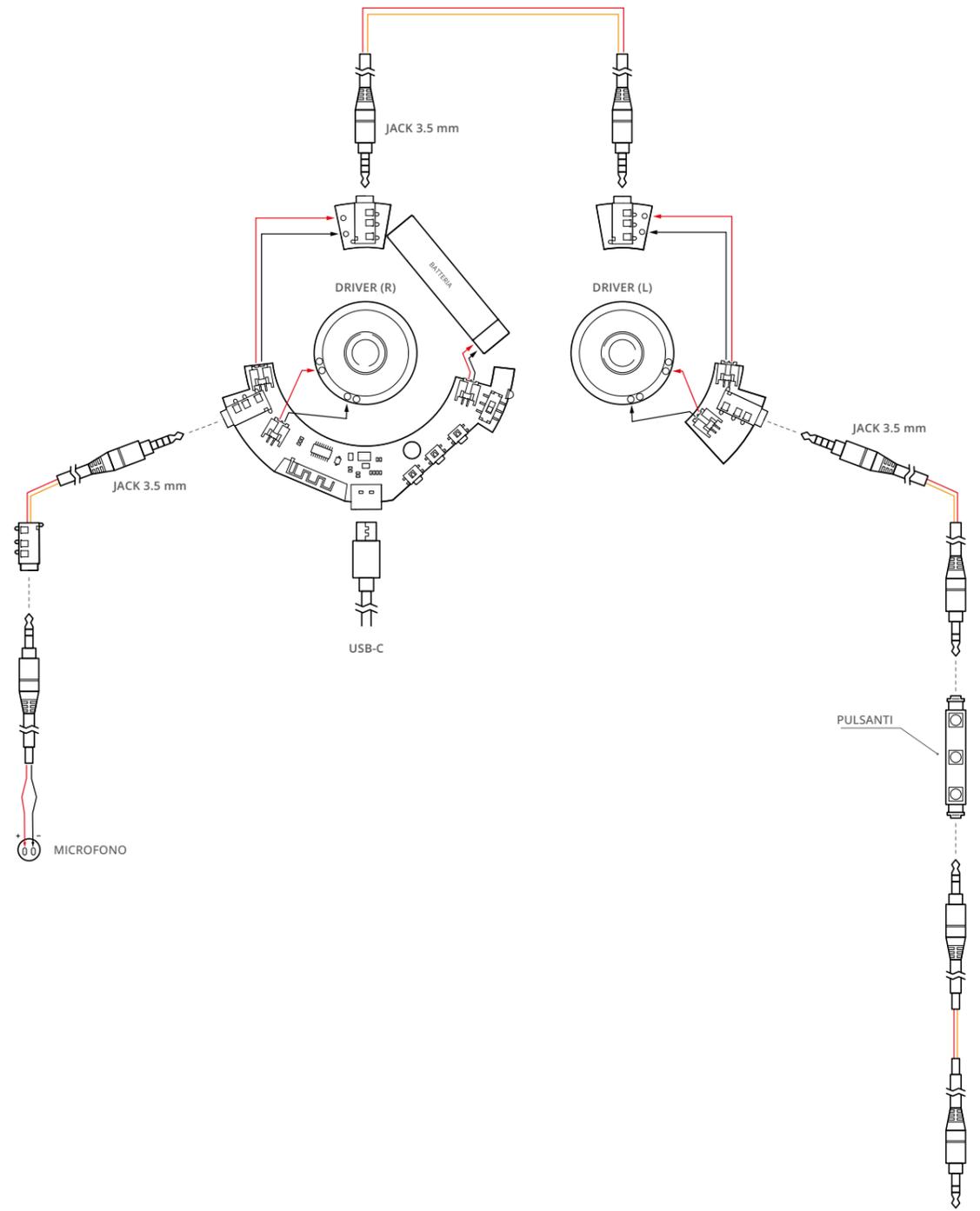
Separazione e sostituzione del microfono



Funzionamento del meccanismo di apertura e chiusura



5.4 Schema elettrico





5.5 Render esplicativi





Rivestimento pad



Imbottitura dell'archetto



Pad sinistro



Cavo spiralato connesso al padiglione



Interruttore e led



Cavo spiralato inserito nell'archetto



Padiglione sinistro - interruttore con led; tre tasti per la regolazione (play, pausa, skip)



Padiglione sinistro - ingresso USB-C per il cavo di ricarica



Cavo spiralato per facilitarne l'allungamento durante la regolazione dell'archetto



Meccanismo di apertura e chiusura del padiglione - padiglione aperto



Vista superiore dell'archetto con due fessure, in modo da utilizzare meno materiale possibile



Meccanismo di apertura e chiusura del padiglione - padiglione chiuso



Meccanismo a rotazione



Punto di presa del meccanismo



Texture per facilitare la presa



Jack angolato connesso al padiglione



Scocca lungo il cavo



Microfono a braccetto



Microfono a braccetto connesso al padiglione



Microfono a capsula connesso al padiglione



Imbottitura rimovibile



Aggancio del pad sovraurale con snap fit



Aggancio tra l'archetto e la fascia che nasconde e protegge il cavo



Aggancio del pad circumaurale con snap fit



Archetto senza imbottitura



Pad circumaurale



Snap fit archetto



Pad sovraurale



Archetto regolabile



Snap fit del meccanismo a rotazione



Wireless – wireless con microfono a capsula – wireless con microfono a braccetto



Cablate – cablate con microfono a capsula – cablate con microfono a braccetto

5.6 Render delle componenti interne



Componenti racchiuse nel padiglione sinistro



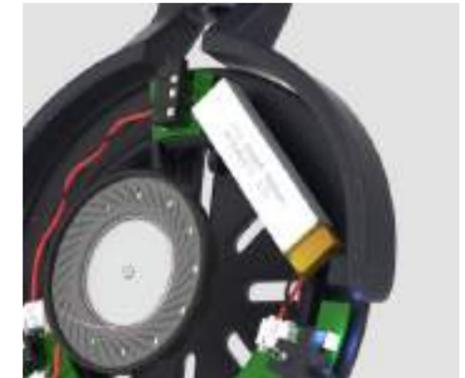
Driver da 40 mm, inserito nel supporto



Driver da 50 mm



Dettaglio PCB del padiglione sinistro



Batteria



Componenti racchiuse nel padiglione destro



Componenti per la regolazione tramite cavo



Componenti del microfono a braccetto

5.7 Possibilità di personalizzazione – varianti del meccanismo



5.8 Scenari d'utilizzo

Monitoraggio professionale da DJ

La versione di Modulhear chiusa e dotata di cavo può essere utilizzata dal DJ per monitorare il suono in ambienti rumorosi. All'occorrenza, il meccanismo di apertura del padiglione agevola la necessità di controllare come si comporta il suono nell'ambiente esterno, senza dover spostare il padiglione dall'orecchio.

I colori scuri sono quelli che meglio si addicono all'ambiente buio in cui opera il DJ; la finitura lucida risalta con le luci colorate dei locali.



Ascolto quotidiano

La cuffia Modulhear chiusa e wireless è utilizzabile, ad esempio, da uno studente che frequenta luoghi pubblici, come biblioteche, aule studio e mezzi di trasporto.

La possibilità di non dover necessariamente utilizzare il cavo permette di spostarsi con più facilità in luoghi affollati e mentre si è impegnati in altre attività oltre all'ascolto in cuffia. In questi casi la possibilità di aprire i padiglioni torna utile nel momento in cui diventa importante sentire cosa succede all'esterno: per controllare il traffico cittadino o riuscire a sentire quello che dice una persona. Modulhear diventa così un'alternativa all'ascolto trasparente attualmente fatto attraverso microfoni appositi; è quindi una soluzione più economica che non richiede componentistica in aggiunta, la quale col tempo diventerebbe obsoleta.



Ascolto binaurale nel gaming

La cuffia Modulhear aperta, dotata di microfono a braccetto e cavo, è utilizzabile dai gamer che impiegano diverso tempo con attività videoludiche. La possibilità di aprire i padiglioni permette al giocatore di godere di un audio binaurale migliore per poter vivere un'esperienza di gioco più immersiva. Il meccanismo di chiusura permette di isolarsi dall'esterno nel momento in cui si decide di giocare online assieme ad altre persone; diventa quindi necessario fare in modo che il suono non fuoriesca dai padiglioni per non venire captato dal microfono.

I colori scuri abbinati a colori neon più accesi sono lo standard in questo ambito.



Ascolto di audio più definito per audiofili

La versione aperta di Modulhear, dotata di cavo, può essere utilizzata dagli ascoltatori che vogliono avere un'esperienza uditiva più immersiva, nello specifico chi vuole ascoltare contenuti caratterizzati da audio binaurale (es. musica, ASMR, etc.).

I padiglioni aperti permettono di ottenere un suono che si avvicina di molto a quello naturale che si ha tramite diffusori collocati in una stanza.

I toni caldi e la parvenza di un materiale legnoso sono caratteristiche ricorrenti nelle cuffie rivolte agli audiofili, i quali cercano un prodotto il cui aspetto esprima al meglio la qualità del suono che produce.





6

6. Conclusioni

La maggior parte delle cuffie attualmente presenti sul mercato è progettata con l'obiettivo di durare poco nel tempo, affinché il consumatore sia portato ad acquistarne un paio nuovo ogni qualvolta questo diventa obsoleto o malfunzionante. L'obsolescenza, infatti, si basa proprio su una logica di "usa e getta" della materia, senza tenere conto che si tratta di un qualcosa di finito e limitato. Pertanto, il disfarsi di una cuffia perché malfunzionante, rotta o non più esteticamente attraente è una pratica che si oppone all'economia circolare. Con questi prodotti dalla vita breve, anche la riparazione, la sostituzione e il ricondizionamento diventano procedimenti complessi proprio perché questi oggetti, in origine, non sono stati pensati per essere disassemblati.

Il disassemblaggio, infatti, è fondamentale non solo per i motivi appena citati, ma anche e soprattutto nel momento in cui l'oggetto arriverà alla fine della propria vita, anche dopo molti anni; se i pezzi di cui questo è composto sono tenuti insieme da colle, saldature e altre giunzioni irreversibili o presentano particolari rivestimenti e finiture non rimovibili, la materia di cui sono composti non potrà essere recuperata nella totalità della sua purezza. Dunque, la possibilità di separare le componenti con facilità, senza che si danneggino o vengano contaminate irrimediabilmente, oltre a garantire un corretto recupero di materiale, permette all'oggetto di essere più facilmente modificabile e alterabile nella sua forma. In questo modo, l'oggetto potrà essere aggiornato per rimanere al passo con il continuo miglioramento tecnologico, potrà essere modificato per soddisfare i gusti estetici mutevoli degli utilizzatori e potrà essere riparato con più facilità. La cuffia Modulhear, infatti, è stata progettata proprio con l'obiettivo di limitare il più possibile ogni tipo di obsolescenza. Per questo, l'intera struttura è disassemblabile e ricomponibile con facilità e senza l'utilizzo di alcuno strumento. Per unire i pezzi non si è ricorso a nessun tipo di vite né tantomeno di collante; ogni punto di giuntura presenta un aggancio a scatto reversibile (snap fit) per il quale non è necessario impiegare molta forza. Anche le componenti elettroniche sono

collegate alle rispettive schede a circuito stampato mediante connettori reversibili, e non con la saldatura. Quindi, la più facile aggiunta e sostituzione di alcune componenti dà la possibilità di modificare anche la funzione propria della cuffia. Pertanto, la facilità di disassemblaggio, la modularità e la varietà di personalizzazioni, unite alla utilizzo di materiali sostenibili, fanno in modo di allungare il più possibile la vita del prodotto. Proprio per questa ragione, infatti, le Modulhear sono composte da un buon numero di pezzi (50), se confrontate con le cuffie analizzate che vanno dai 20 ai 69 pezzi. Nel caso di Modulhear, però, la numerosità delle componenti è necessaria per garantire una durata di vita maggiore, diventando così un vantaggio a favore di questo prodotto. In conclusione, le caratteristiche di Modulhear la rendono una cuffia in grado di limitare l'obsolescenza programmata attraverso una progettazione volta alla circolarità: l'obsolescenza tecnica viene eliminata grazie alle possibilità di aggiornamento, di sostituzione e riparazione delle componenti; l'obsolescenza psicologica, invece, viene contrastata dall'ampio range di personalizzazione e customizzazione di tipo estetico e funzionale.

Riferimenti

- AIAlAI. (n.d.). *Design for disassembly*. <https://aiaiai.audio/pages/design-for-disassembly>
- AIAlAI. (n.d.). *TMA-2 - Builder*. <https://aiaiai.audio/headphones/tma-2-build-your-own/s02h02e02c02>
- AKG. (n.d.). *Y40 refurbished*. <https://www.akg.com/Headphones/Over-ear%20%26%20On-ear/Y40BLU-Z.html?ged=off> [consultato il 5 gennaio 2023]
- Alcantara. (n.d.). *Il materiale*. <https://www.alcantara.com/it/materiale/>
- AlQahtani, A. S., Alshammari, A. N., Khalifah, E. M., Alnabri, A. A., Aldarwish, H. A., Alshammari, K. F., Alshammari, H. F. & Almudayni, A. M. (2022, gennaio). *Awareness about the relation of noise induced hearing loss and use of headphones at Hail region*. *Annals of Medicine and Surgery*. 73, 103113. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.103113>
- Arroyo Cruz, A. (2019). *Estudio y producción audiovisual con audio en 8D*. [Tesi di laurea, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://recercat.cat/handle/2072/365527>
- Babbitt, C. W., Althaf, S., Rios, F. C., Bilec, M. M., & Graedel, T. E. (2021). *The role of design in circular economy solutions for critical materials*. *One Earth*, 4(3), 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.02.014>
- Bakker, C., den Hollander, M., van Hinte, E. & Zijlstra, Y. (2019). *Products that last. Product design for circular business models*. Bispublishers.
- Bartels, B., Ermel, U., Pecht, M., & Sandborn, P. A. (2012). *Strategies to the prediction, mitigation and management of product obsolescence*. *Introduction to Obsolescence Problems*, 1-16. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118275474>
- Bayer Material Science. (n.d.). *Snap-fit joints for plastics*. MIT Fab Lab. https://fab.cba.mit.edu/classes/S62.12/people/vernelle.noel/Plastic_Snap_fit_design.pdf
- Bode, M. I. (2019, 27 agosto). *Autonomous Sensory Meridian Response (ASMR) as a marketing tool: an examination of the online phenomenon's potential in the promotion mix of slow tourism destinations*. [Tesi di laurea, Università di Scienze Applicate di Brema]. <https://media.suub.uni-bremen.de/bitstream/elib/4200/1/00107653-1.pdf>
- Bogue. (2007). *Design for disassembly: a critical twenty-first century discipline*. *Assembly Automation*, 27(4), 285–289. <https://doi.org/10.1108/01445150710827069>
- Bompan, E., Brambilla, I. N. (2021). *Che cosa è l'economia circolare* (2. ed.). Edizioni Ambiente.
- Cheng, S. M., & Raja Mamat, T. N. A. (2021). *Design for disassembly in electric rice cooker manufacturing*. [Paper di ricerca, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia]. *Progress in Engineering Application and Technology*, 2(1), 731–742. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/peat/article/view/808>
- Criniti, A. & Masoero, M. (2019). *Tecnologie di spazializzazione audio per la ripresa e la riproduzione multicanale*. [Tesi magistrale, Politecnico di Torino]. <https://webthesis.biblio.polito.it/11636/1/tesi.pdf>
- Crowther, P. (2005). *Design for disassembly—themes and principles*. *Environment design guide*, 1-7. <http://www.jstor.org/stable/26149108>
- Data Intelligence. (2022, 22 dicembre). *3D audio market is segmented by component (hardware, AVRs, software), by end-user (personal/in-house, commercial), and by region (North America, Latin America, Europe, Asia Pacific, Middle East, and Africa) – share, size, outlook, and opportunity analysis, 2023-2030*. <https://www.datamintelligence.com/research-report/3d-audio-market>

Dehankar, S. G. & Gaurkar, S. S. (2022). *Impact on hearing due to prolonged use of audio devices: a literature review*. *Cureus*, 14(11), e31425–e31425. <https://doi.org/10.7759/cureus.31425>

Dobrucki, A., Maurycy, K. I. N. & Bartłomiej, K. R. U. K. (2013). *Preliminary study on the influence of headphones for listening music on hearing loss of young people*. *Archives of acoustics*, 38(3), 383-387. *Archives of Acoustics*. <https://dx.doi.org/10.2478/aoa-2013-0045>

Desserto. (n.d.). <https://desserto.com.mx/home>

DonnaASMR. (2017, 16 aprile). *ASMR. Double Microphone Brushing*. [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=7EtXHyglE0o>

Ellen Macarthur Foundation. (n.d.). *Headphones as a service: Gerrard Street*. <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/gerrard-street>

Erbes, V., Schultz, F., Lindau, A. & Weinzierl, S. (2012). *An extraaural headphone system for optimized binaural reproduction*. Audio Communication Group. https://www.researchgate.net/publication/257132860_An_extraaural_headphone_system_for_optimized_binaural_reproduction

European Parliament. (2022, dicembre). *Circular economy: definition, importance and benefits*. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits> [consultato il 18 dicembre 2022]

Fairphone. (2021). *Fairphone's impact 2021. Change is in your hands*. [Report aziendale]. <https://www.fairphone.com/wp-content/uploads/2022/06/Fairphone-Impact-Report-2021.pdf>

Fairphone. (n.d.). *Longevity*. <https://www.fairphone.com/en/impact/long-lasting-design/>

Future Market Insights. (2022, giugno). *Earphone and headphone market outlook (2022-2028)*. <https://www.futuremarketinsights.com/reports/earphones-headphones-market>

Garcia-Argibay, M., Santed, M. A., & Reales, J. M. (2019). *Efficacy of binaural auditory beats in cognition, anxiety, and pain perception: a meta-analysis*. *Psychological research*, 83(2), 357–372. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-1066-8>

Genovesi, E. & Pellizzari, A. (2021). *Neomateriali 2.0 nell'economia circolare*. Edizioni Ambiente.

Geronazzo, M., Spagnol, S., Rocchesso, D. & Avanzini, F. (2012). *Model-based customized binaural reproduction through headphones*. In Proc. XIX Colloquio di Informatica Musicale, 186-187 [contributo in atto di convegno]. http://cim.lim.di.unimi.it/2012_CIM_XIX_Atti.pdf

Geros. (n.d.). *Pensiero ecologico con Mixcycling partner*. <https://www.geros.it/news>

Google Trends. (2023). *ASMR*. https://trends.google.com/trends/explore?date=all_2008&gprop=youtube&q=ASMR [consultato il 19 gennaio 2023]

Granberg, B. (1997). *The quality re-evaluation process: Product obsolescence in a consumer-producer interaction framework*. Stockholm: University of Stockholm, Department of Economic History, 423. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.147>

Grand View Research. (2019). *Wireless earphone market size, share & trends analysis report by application (virtual reality, music & Entertainment), by distribution channel (offline, online), by region, and segment forecasts, 2020 – 2027*. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/wireless-earphone-market>

Iida, K. (2019). *Head-related transfer function and acoustic virtual reality*. Springer. https://doi-org.ezproxy.is.ed.ac.uk/10.1007/978-981-13-9745-5_1

Kiley, T. (2022, 15 giugno). *What Is PU Leather?*. Btod. <https://www.btod.com/blog/what-is-pu-leather/>

Labrenta. (2021, 17 dicembre). *Defining a new and green product line*. <https://labrenta.com/en/news/gipy-monolith-sustainable>

Latouche, S. (2015). *Usa e getta. Le follie dell'obsolescenza programmata*. (2. ed.). Bollati Boringhieri.

Lixandru, A., Venkatesan, P., Jönsson, C., Poenaru, I., Hall, B., Yang, Y., Walton, A., Güth, K., Gauß, R. & Gutfleisch, O. (2017). *Identification and recovery of rare-earth permanent magnets from waste electrical and electronic equipment*. *Waste Management*, 68, 482-489. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.028>

Livingcap. (n.d.). *Packaging for planet lovers*. <https://www.livingcap.com/it/>

Manhattan Shop. (n.d.). *Cuffie stereo con microfono e regolazione del volume*. https://www.manhattanshop.it/cuffie-stereo-con-microfono-e-regolazione-del-volume.html?gclid=CjwKCAiAh9qdBhAOEiwAvxlokzNEh1Mj1rQP5g9Jhaq1-AiYdgHX5t2uD39uuYu_34eiqfIR7d9_6RoCR4kQAvD_BwE [consultato il 5 gennaio 2023]

Material Connexion. (n.d.). [Database] <https://materialconnexion.com/>

Materially. (n.d.). *Mixcycling. Organic material blends*. <https://www.materially.eu/it/m-selection/mixcycling>

Mayes, J., & Fink, D. (2021). *Personal audio systems unsafe at any sound*. *The Hearing Journal*, 74(12), 36-37. <https://doi.org/10.1121/2.0001452>

McLellan, T. (2019). *Things come apart 2.0*. (2. ed.). Thames & Hudson.

Minini, A. (n.d.). *L'entropia nell'economia ambientale*. <https://www.andreaminini.org/fisica/termodinamica/entropia-in-economia>

Mixcycling. (n.d.). *La nuova vita degli scarti*. <https://mixcycling.com/>

Munten, P., Vanhamme, J., & Swaen, V. (2021). *Reducing obsolescence practices from a product-oriented PSS perspective: A research agenda*. *Recherche et Applications En Marketing (English Edition)*, 36(2), 42–74. <https://doi.org/10.1177/2051570720980004>

Ohoskin. (n.d.). *FAQ*. <https://www.ohoskin.com/it/faq/>

Paramveer. (2021). *Dampen*. [Progetto universitario]. <https://www.pbhachu.co.uk/case-study/dampen>

Poerio, G. L., Blakey, E., Hostler, T. J. & Veltri, T. (2018). *More than a feeling: Autonomous sensory meridian response (asmr) is characterized by reliable changes in affect and physiology*. *PloS One*, 13(6), e0196645–e0196645. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196645>

Print+. (n.d.). *Say hello to our DIY headphones*. <https://www.print.plus/diy-headphones-kit>

Rafaely, B., Tourbabin, V., Habets, E., Ben-Hur, Z., Lee, H., Gamper, H., Arbel, L., Birnie, L., Abhayapala, T. & Samarasinghe, P. (2022, 12 ottobre). *Spatial audio signal processing for binaural reproduction of recorded acoustic scenes—review and challenges*. *Acta Acustica*, 6, 47. <https://doi.org/10.1051/aacus/2022040>

Ramprasad, C., Gwenzi, W., Chaukura, N., Azelee, N. I. W., Rajapaksha, A. U., Naushad, M., & Rangabhashiyam, S. (2022). *Strategies and options for the sustainable recovery of rare earth elements from electrical and electronic waste*. *Chemical Engineering Journal*, 135992. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.135992>

Rau, T., Oberhuber, S. (2019). *Material Matters. L'importanza della materia. Un'alternativa al sovrasfruttamento*. Edizioni Ambiente.

Relandini, S. (2012, 23 agosto). *Sull'impedenza acustica*. *Tecnologiamusicale*. <https://tecnologiamusicale.wordpress.com/2012/08/23/sullimpedenza-acustica/>

Repeat. (n.d.). *Gerrard Street is now: Repeat*. <https://repeat.audio/en/>

Repreve. (n.d.). *The future is yesterday*. <https://repreve.com/>

Ridgway, E. (n.d.). *Ear speakers - research, design, and evolution*. Valve Index. <https://www.valvesoftware.com/en/index/deep-dive/ear-speakers>

Sachdeva, S. & Kumar, M. (2018, marzo). *Study on health impacts of ear and headphones among students lives in Chandigarh*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology. 6(3). <http://doi.org/10.22214/ijraset.2018.3738>

Schlieper, R., Li, S., Preihs, S., & Peissig, J. (2019, agosto). *The relationship between the acoustic impedance of headphones and the occlusion effect*. In Audio Engineering Society Conference: 2019 AES International Conference on Headphone Technology. Audio Engineering Society. <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=20506>

Schneiderwind, C., Neidhardt, A. & Meyer, D. (2021, maggio). *Comparing the effect of different open headphone models on the perception of a real sound source*. In Audio Engineering Society Convention 150. Audio Engineering Society. <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=21082>

Schultz, F., Lindau, A., Makarski, M., Weinzierl, S., & Berlin, T. (2011). *An extraaural headphone for optimized binaural reproduction*. 26th Tonmeistertagung. http://www2.ak.tu-berlin.de/~akgroup/ak_pub/2011/Schultz_2011_Anextraauralheadphoneforoptimizedbinauralreproduction_26TMT.pdf

Slade, G. (2009). *Made to break: technology and obsolescence in America*. Harvard University Press. <https://doi.org/10.4159/9780674043756>

Soh, S. L., Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2014). *Design for disassembly for remanufacturing: methodology and technology*. Procedia CIRP, 15, 407-412. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.06.053>

Stahel, W. R. (2021). *Economia circolare per tutti. Concetti base per cittadini, politici e imprese*. Edizioni Ambiente.

Stasiunas, R. (n.d.) *Overview of headphones*. Aalto Universtiy. [Paper relativo a un seminario di ingegneria elettronica]. https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/666520/course/section/128564/Rytis%20Stasiunas_1929995_assignsubmission_file_Modeling_of_Headphones%20Rytis%20Stasiunas%20revised%20final.pdf

Sundera, K., Gan, W. S. & Tan, E. L. (2015). *Modeling distance-dependent individual head-related transfer functions in the horizontal plane using frontal projection headphones*. The Journal of the Acoustical Society of America 138, 150. <https://dx.doi.org/10.1121/1.4919347>

Tenowo. (n.d.). <https://www.tenowo.com/en/>

Testex. (2022, 4 maggio). *Cos'è il test di abrasione Martindale?*. https://www.testextextile.com/it/test-di-abrasione-martindale/#How_to_read_the_Martindale_test_result

Toni, F. (2015, marzo). *I fondamenti dell'economia circolare*. Fondazione per lo Sviluppo sostenibile. <http://www.comitatocientifico.org/temi%20SD/documents/Green%20economy/FEDERICO%20Appunti%20di%20economia%20circolare%20250315.pdf>

Transparency Market Research. (2022, gennaio). *3D Audio Market (component: hardware, software, and services; end-use: personal/in-house and commercial) - global industry analysis, size, share, growth, trends, and forecast, 2021-2031*. <https://www.transparencymarketresearch.com/3d-audio-market.html>

Tripaldi, L. (2020). *Menti parallele. Scoprire l'intelligenza dei materiali*. Effequ.

Vegea. (nd.) *Company. Bio materials for fashion, furniture, packaging, automotive & transportation*. <https://www.vegeacompany.com/>

Verified Market Research. (2022, dicembre). *Global gaming headset market size by product type (wired gaming headset, wireless gaming headset), by application (multiplatform gaming, PC/MAC gaming), by geographic scope and forecast*. <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/gaming-headset-market/>

Vezzoli, C. A. (2018). *Design for Environmental Sustainability Life Cycle Design of Products*. (2nd ed. 2018.). Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7364-9>

Williams, S. (2022). *Sustainable leather alternatives: A comparison of cactus leather mechanical properties*. [Ricerca, California State Polytechnic University]. <https://scholarworks.calstate.edu/downloads/jm214v95j>

WEEE Forum. (n.d.) (2022). *International E-Waste day: of 16 billion mobile phones possessed worldwide, 5.3 billion will become waste in 2022*. https://weee-forum.org/ws_news/of-16-billion-mobile-phones-possessed-worldwide-5-3-billion-will-become-waste-in-2022/

Xing, K., Wang, H. F., & Qian, W. (2013). *A sustainability-oriented multi-dimensional value assessment model for product-service development*. International Journal of Production Research, 51(19), 5908-5933. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.810349>



