



ATTICUS

Ambient-intelligent Tele-monitoring System

Codice progetto: ARS01_00860

Deliverable D3.4

Design del sistema di aggancio meccanico del dispositivo elettronico



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DEL MOLISE**



Data: Gennaio 2020

Leader OR	MODA
Obiettivo realizzativo (OR)	OR3 – Analisi dei requisiti del sistema ATTICUS
Attività	3.4 – Design del sistema di aggancio meccanico del dispositivo elettronico
Descrizione dell'attività <i>(come da capitolato)</i>	Sarà progettato ed implementato il sistema di aggancio del dispositivo elettronico al capo indossabile. In particolare saranno analizzati i comuni metodi di aggancio meccanico tramite bottoni (automatici e magnetici) ai più elaborati sistemi di aggancio tramite pressione e slitta.
Partner coinvolti nell'attività	<ul style="list-style-type: none">• UNISANNIO
Stato del documento	Final draft
Confidenzialità	Ristretta

Indice del documento

1	Introduzione	6
2	Aggancio tramite snap-button.....	7
3	Aggancio tramite tasca impermeabile.....	12
4	Aggancio tramite sistema a slitta	16
5	Soluzione scelta	18
	Riferimenti bibliografici.....	19



Indice delle tabelle

No table of figures entries found.



Indice delle figure

Figura 1. Panoramica del sistema wearable proposto nel lavoro di Fuhrhop et al. [1].....	8
Figura 2. Dettaglio del sistema wearable proposto da Fuhrhop et al. [1] in cui si evidenzia la posizione della componente elettronica	9
Figura 3. Vista schematica delle sonde di misura ad accoppiamento capacitivo tessile.....	10
Figura 4. Modulo principale della componente elettronica.....	11
Figura 5. Panoramica dei prodotti Hexoskin	12
Figura 6. Vista interna del wearable di Hexoskin	13
Figura 7. Vista esteriore del wearable di Hexoskin	14
Figura 8. Dettaglio della tasca e del connettore del wearable di Hexoskin	15
Figura 9. Esempio di box per componenti elettronici realizzata tramite aggancio a slitta	16
Figura 10. La base di una componente meccanica a slitta	17
Figura 11. Base di un sistema a slitta con predisposizione per ingresso di un connettore	17

1 Introduzione

Il documento presenta il design del sistema di aggancio del dispositivo elettronico al dispositivo indossabile (wearable) all'interno del dispositivo S-WEAR. L'aggancio del dispositivo può avvenire in diversi modi, ognuno dei quali presenta vantaggi e svantaggi. La scelta della soluzione finale è stata guidata dai requisiti funzionali (es: lavabilità) e non-funzionali (es: affidabilità del segnale) individuati per il dispositivo S-WEAR.

Per quanto riguarda questi ultimi, particolare enfasi è stata data alla valutazione della stabilità dei connettori. Questi ultimi hanno il compito di far confluire i segnali acquisiti dagli elettrodi alla componente elettronica: soluzioni poco stabili possono compromettere la qualità del segnale e, quindi, la funzionalità dell'intero sistema. Le soluzioni prese in considerazione comprendono sia i più comuni metodi di aggancio meccanico tramite bottoni sia i più elaborati sistemi di aggancio tramite pressione, slitta o tramite tasca impermeabile costruita ad-hoc.

Il documento è organizzato come segue: i capitoli 2, 3 e 4 presentano le tre principali soluzioni valutate, ovvero, snap-button, tasca impermeabile e slitta. Il capitolo 5, infine, presenta la soluzione scelta e il suo rationale.

2 Aggancio tramite snap-button

L'aggancio tramite snap-button è uno dei metodi più utilizzati in letteratura scientifica e in commercio. L'approccio prevede di utilizzare uno snap-button, o un array di snap-button, al fine di far confluire i segnali acquisiti all'interno di una componente elettronica. Il rapporto è tra numero di snap-button e numero di segnali è, tipicamente, 1 a 1. Per ogni segnale acquisito, è necessario aggiungere uno snap-button dedicato alla trasmissione di tale segnale.

Questo tipo di soluzione permette di evitare l'utilizzo di un connettore elettronico. Infatti, i segnali trasportati dai cavi (tessili o metallici), invece di confluire in una specifica piedinatura, confluiscono alla componente elettronica tramite gli stessi bottoni.

Un esempio di utilizzo di un array di snap-button al fine di agganciare la componente elettronica al wearable è rappresentato dal lavoro proposto da Huhrop et al. [1]. In questo studio, gli autori presentano un wearable calato in un contesto di monitoraggio dell'ECG a lungo termine. Questo sistema indossabile presenta un sensore capacitivo (CCE, capacitively coupled electrodes) flessibile che viene fissato al corpo con un cinturino in gomma. Il materiale utilizzato per il CCE è un foglio di poliestere ramato con un rivestimento in nichel che viene tipicamente utilizzato per la schermatura da interferenze elettromagnetiche.

L'approccio, appena descritto, mostra buoni risultati ma, stando a quanto affermano gli autori, un elettrodo completamente integrato migliorerebbe il contatto tattile/tessile del dispositivo di monitoraggio, migliorando così l'ergonomia.

Una panoramica del sistema presentato in questo lavoro è raffigurata in Figura 1. Dalla figura si può notare come gli autori abbiano progettato un'area specifica sul capo in modo da poter installare un array di sei snap-button. L'array di bottoni installati sul wearable è composto da nodi femmina, mentre i rispettivi sei snap-button maschi sono adagiati nella parte inferiore dell'elettronica. Dalla figura, si può apprezzare anche l'elettrodo capacitivo che, però, non è completamente integrato nel tessuto del capo indossabile.

La Figura 2, invece, mostra la parte posteriore del sistema wearable da dove è possibile visualizzare la posizione dell'elettronica. Quest'ultima è stata adagiata sul fianco sinistro, approssimativamente all'altezza dell'addome. Uno dei vantaggi è dato dallo spessore ridotto dell'elettronica che permette di eseguire movimenti del braccio senza particolari problemi.



Figura 1. Panoramica del sistema wearable proposto nel lavoro di Fuhrhop et al. [1]

Gli autori affrontano anche il tema dell'integrazione tra il livello tessile, l'elettrodo e l'elettronica più nel dettaglio. In particolare, il loro sensore capacitivo, che funge da elettrodo, è diviso in due parti: una struttura tessile flessibile (che costituisce l'area accoppiata capacitiva) ed un circuito di amplificazione su un PCB (circuito stampato) standard. Questo approccio risulta molto utile per la lavabilità del capo.

Di seguito, sono riepilogate le componenti:

- **Elettrodo tessile:** la parte tessile dell'elettrodo è costituita da una struttura a strati. Per la protezione, la messa a terra e per realizzare l'elemento di *sensing* è stato usato un materiale altamente conduttivo [1]. Gli strati isolanti sono realizzati con una rete in poliuretano. La struttura dell'elettrodo tessile è rappresentata schematicamente nella Figura 3.

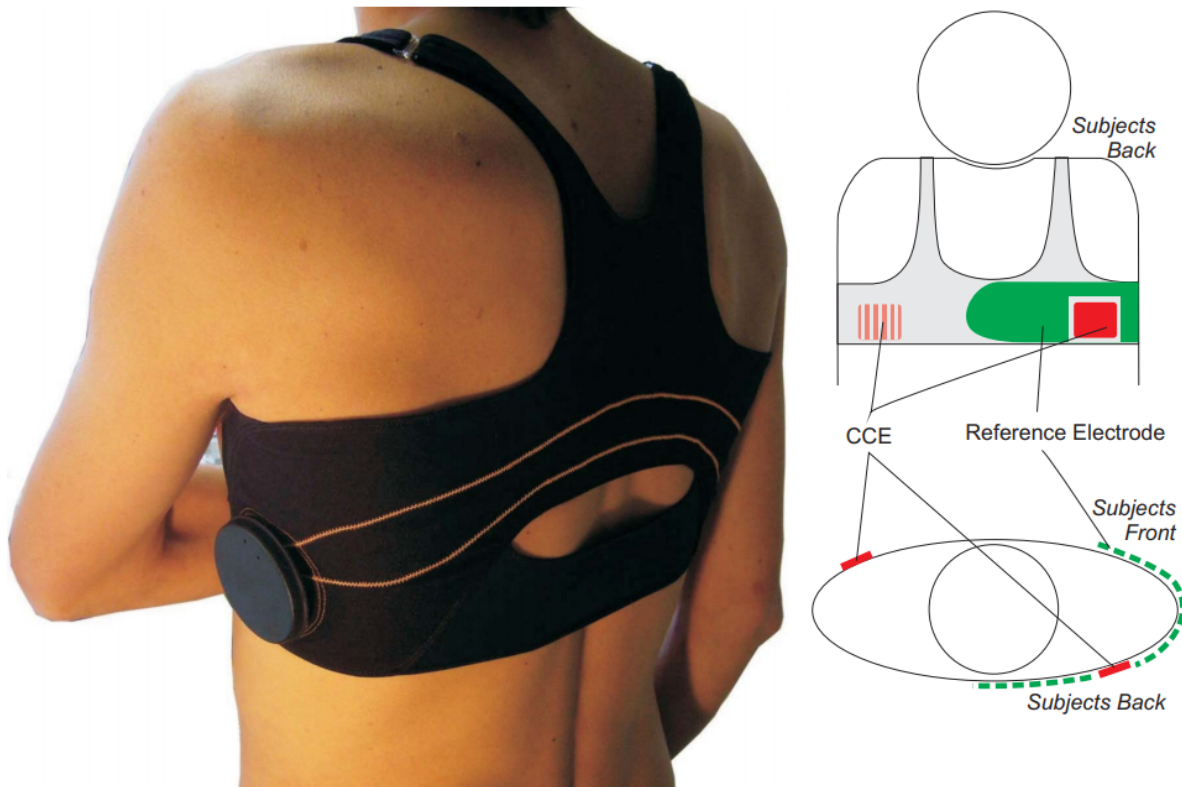


Figura 2. Dettaglio del sistema wearable proposto da Fuhrhop et al. [1] in cui si evidenzia la posizione della componente elettronica

- Scheda di corrispondenza dell'impedenza:** Al fine di migliorare la qualità del segnale, sul retro della parte tessile del CCE è fissata una scheda di *Impedance Matching*. Questa consiste in un convertitore di impedenza per bufferizzare il segnale ECG ad alta impedenza. Il buffer fornisce anche una protezione dell'area capacitiva, in modo da ridurre le interferenze elettromagnetiche con la linea di alimentazione. Infine, un filtro passa alto passivo a 0,35 Hz riduce la deriva della linea di base a bassa frequenza dovuta al movimento tra l'elettrodo ed il corpo. I contatti meccanici ed elettrici tra l'elettrodo tessile e la scheda sono stati realizzati tramite perni a pressione. La scheda è alimentata dal modulo principale e, a differenza della maggior parte dei sistemi CCE, è progettata con componenti a bassa potenza e funziona con una tensione di esercizio di 3,3 V a singola alimentazione. Questo aiuta a soddisfare le esigenze di bassa potenza del monitoraggio a lungo termine.

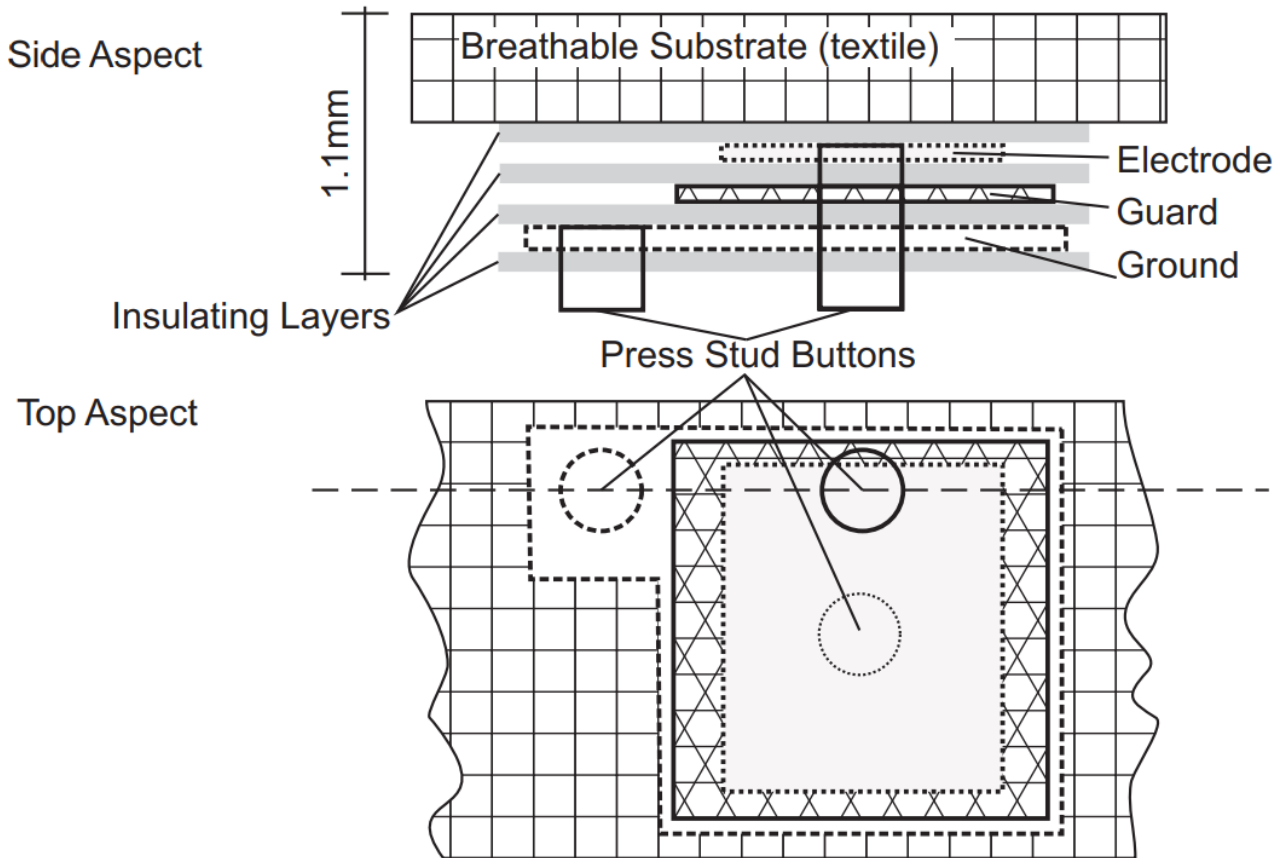


Figura 3. Vista schematica delle sonde di misura ad accoppiamento capacitivo tessile.

Infine, gli autori del lavoro in questione [1], esplicitano alcuni dettagli relativi alla componente elettronica. In particolare, il modulo elettronico principale è stato usato per l'acquisizione dati e per la telemetria (mostrato in Figura 4). Esso è costituito principalmente da una batteria agli ioni di litio da 500 mAh, circuito di alimentazione, amplificatore differenziale e convertitore A/D per l'acquisizione di ECG, sensore di accelerazione per il rilevamento di movimento e artefatti, microcontrollore e modulo Bluetooth. I componenti del sistema sono stati scelti per esigenze di bassa potenza. Per attivare il componente, basta “agganciarlo” alla matrice di perni a pressione (ad esempio snap button) del capo d’abbigliamento. Dopo aver inviato il comando appropriato al modulo, questo inizia ad acquisire l'ECG e a trasmettere i dati attraverso il BT-link stabilito. In

modalità inattiva, le modalità BT a bassa potenza vengono utilizzate per risparmiare energia. Analogamente alla procedura di accensione, il modulo elettronico si spegne automaticamente quando viene rimosso dall'indumento, migliorando così ulteriormente il risparmio energetico.



Figura 4. Modulo principale della componente elettronica

3 Aggancio tramite tasca impermeabile

Un secondo tipo di aggancio è realizzato tramite la costruzione di una specifica tasca impermeabile sul capo indossabile, nella quale deve essere progettato un connettore che permetta l'acquisizione dei segnali e la stabilità di contatto tra il wearable e la componente elettronica.

Questa tipologia di design è stata realizzata da Hexoskin¹, leader del settore di smart wearable che opera nel campo dal 2012. Hexoskin ha recentemente annunciato di aver raggiunto la *milestone* delle oltre cento pubblicazioni scientifiche peer-reviewed in cui è stato utilizzato un loro prodotto.

La Figura 5 mostra una panoramica dei prodotti Hexoskin disponibili sul mercato. In particolare, vi sono kit composti da capi di abbigliamento diversi in base al genere (maschile o femminile) ed in base alle funzionalità offerte. Inoltre, vi sono una serie di prodotti tecnologici che permettono di visualizzare i segnali acquisiti ed una serie di informazioni aggregate.



Figura 5. Panoramica dei prodotti Hexoskin

¹ <https://www.hexoskin.com/>

Il kit di Hexoskin è composto da tre elettrodi tessili, di cui due disposti all'altezza dei pettorali ed uno sotto l'addome. Probabilmente, l'elettrodo posto più in basso funge da misura di riferimento.



Figura 6. Vista interna del wearable di Hexoskin

Le Figura 7 e Figura 8 mostrano la parte esterna del prodotto ponendo una particolare attenzione alla cerniera che permette l'accesso alla tasca impermeabile.



Figura 7. Vista esteriore del wearable di Hexoskin



Figura 8. Dettaglio della tasca e del connettore del wearable di Hexoskin

4 Aggancio tramite sistema a slitta

In questa sezione verrà discusso un altro sistema di aggancio: il sistema a slitta. Tale meccanismo di aggancio è diffuso in molte applicazioni commerciali. Nell'ambito delle applicazioni di telemedicina, il sistema a slitta può risultare utile per ancorare la componente elettronica al tessuto del wearable. Infatti, si può ricorrere all'utilizzo della slitta quando si conoscono le dimensioni dell'ingombro della componente elettronica: lunghezza, larghezza e spessore. In tal caso, è possibile progettare una box *ad-hoc* capace di contenerla. La box che contiene la componente elettronica deve potersi agganciare ad una parte sottostante, installata (ad esempio, tramite cucitura) sul capo indossabile. L'aggancio può essere realizzato tramite questo meccanico, denominato "a slitta" (a titolo esemplificativo, si veda la Figura 9).

In questo modo, è possibile ottenere un sistema meccanico che permetta di far slittare una componente elettronica in una scatola appositamente progettata. Questo implica che la scatola stessa deve essere progettata, a sua volta, in modo tale che possa essere installata su un dispositivo wearable. Ad esempio, piccoli fori laterali possono consentire la cucitura della scatola su un tessile (Figura 10).

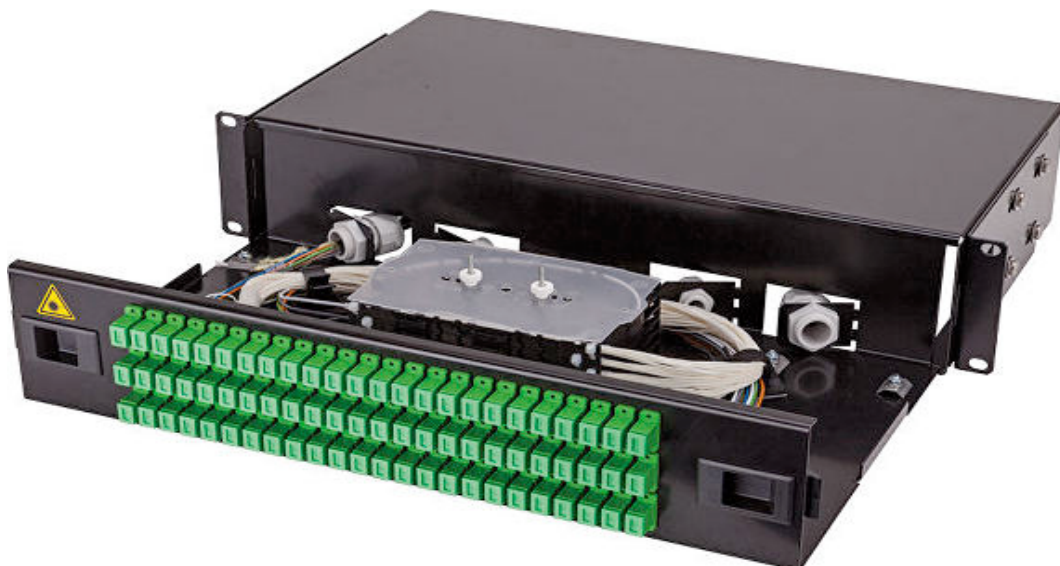


Figura 9. Esempio di box per componenti elettronici realizzata tramite aggancio a slitta

Inoltre, entrambe le parti di un sistema di aggancio a slitta, devono considerare l'ingresso di un connettore e, quindi, necessitano di una predisposizione in tal senso. A titolo esemplificativo, si veda la Figura 11.

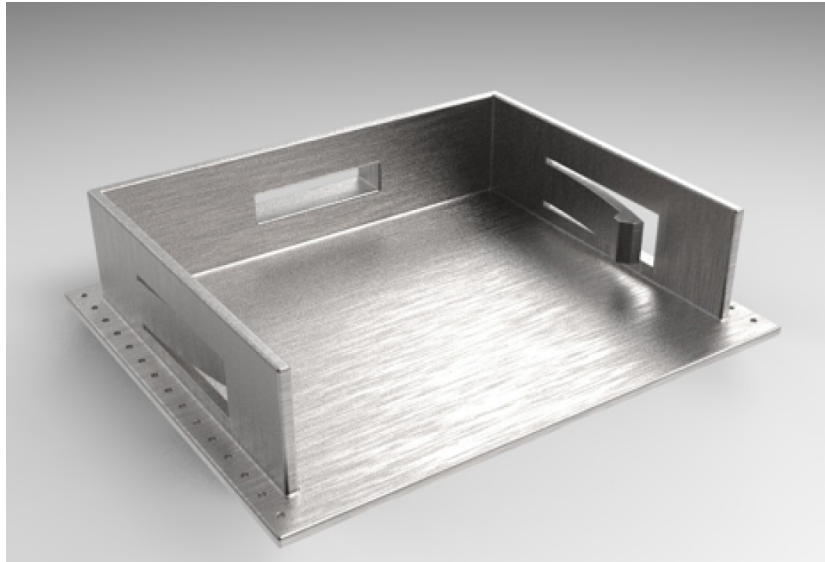


Figura 10. La base di una componente meccanica a slitta

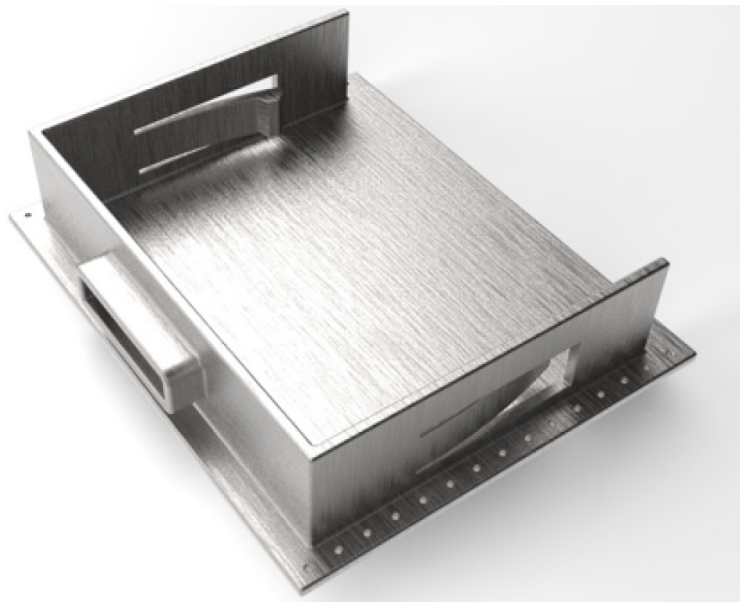


Figura 11. Base di un sistema a slitta con predisposizione per ingresso di un connettore

5 Soluzione scelta

Nel prototipo di pre-industrializzazione, il dispositivo S-WEAR di ATTICUS integrerà una tasca impermeabile per consentire la connessione tra capo indossabile e componente elettronica.

La scelta è stata guidata dai seguenti motivi:

- la soluzione è di facile realizzazione ed è già utilizzata in altri modelli di successo;
- la soluzione può essere quasi completamente indipendente dalla dimensione della scheda: questo costituisce un vantaggio poiché la versione iniziale (di prova) della scheda può avere dimensioni diverse rispetto alla versione finale pronta per la produzione; per questo motivo, una tasca impermeabile consente di ospitare anche possibili varianti o versioni preliminari dell'elettronica;
- la soluzione protegge la componente elettronica da eventuali colpi o piccoli urti meglio rispetto alle altre soluzioni proposte;
- la soluzione permette alla componente elettronica di non entrare in contatto con altri indumenti consentendo di evitare possibili interferenze;
- la soluzione permette una facile estrazione della componente elettronica soddisfacendo il requisito di lavabilità del capo indossabile, dato che l'utente finale riuscirà autonomamente a sganciare e ri-aggianciare l'elettronica.

Riferimenti bibliografici

- [1] Fuhrhop, S., Lamparth, S., & Heuer, S. (2009). A textile integrated long-term ECG monitor with capacitively coupled electrodes. 2009 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference. doi:10.1109/biocas.2009.5372095
- [2] Novonic. (2009, Aug.) E-blocker. [Online]. Available: <http://www.novonic.de/>

