

Riassunto risultati

Tomografo ottico basato su NIRS dell'emoglobina

1. Tecnica NIRS (Near InfraRed Spectroscopy)

La spettroscopia nel vicino infrarosso (NIRS, Near InfraRed Spectroscopy) è stata recentemente indicata come una tecnologia tra le più promettenti nella prossima decade nel monitoraggio finalizzato alla protezione neurologica, essendo in grado di misurare a livello regionale parametri come la saturazione dell'ossigeno ed il flusso ematico cerebrale.

La NIRS utilizza un mezzo innocuo per studiare i tessuti biologici: si tratta della radiazione ottica nella banda spettrale del vicino infrarosso (NIR, Near InfraRed) che è compresa tra 700 e 950 nm.

Il fotone NIR non attraversa il tessuto biologico compiendo un tragitto rettilineo che va dalla sorgente e arriva al rilevatore; il percorso, invece, assomiglia ad una spezzata. Durante il cammino, infatti, il fotone NIR subisce due processi dipendenti dalla lunghezza d'onda: la diffusione (scattering) e l'assorbimento. La diffusione è il processo predominante nella banda spettrale NIR ed è alla base del tipico percorso a zig-zag del fotone all'interno del tessuto. La diffusione è misurata tramite il coefficiente di scattering (μ_s) che viene valutato con le recenti metodiche NIRS risolte nel tempo. L'assorbimento da parte del tessuto biologico è basso nella banda spettrale NIR ed è principalmente dovuto all'emoglobina. L'assorbimento è misurato tramite il coefficiente μ_a in modo indipendente da μ_s .

L'emoglobina ossigenata (HbO_2) e deossigenata (Hb) hanno spettri di assorbimento diversi nella regione NIR: questa proprietà permette di ricavare separatamente le concentrazioni delle due specie di emoglobina e quindi il livello di saturazione dell'ossigeno nel sangue.

Per scegliere le sorgenti e i rilevatori si possono seguire due strade.

La prima utilizza laser con lunghezza d'onda accordabile nella banda NIR e sistemi di fibre ottiche per raccogliere i fotoni provenienti dal tessuto biologico. Questa soluzione, però, da una parte incrementa notevolmente il costo dell'apparato e dall'altra aumenta l'ingombro dello strumento.

La seconda soluzione prevede l'utilizzo di dispositivi LED e di fotodiodi per ricevere il segnale. Questa scelta che riduce l'ingombro e il costo complessivo dello strumento, è sostenuta da alcuni studi relativi alla diffusione della luce sul corpo umano: quando un fascio proveniente da una sorgente coerente attraversa il corpo umano, perde le proprietà caratteristiche di coerenza.

La tecnica NIRS in campo biologico da una parte è sfruttata nella realizzazione dei pulsossimetri, dall'altra è alla base della tomografia ottica.

I pulsossimetri sono strumenti già diffusi sul mercato in grado di rilevare la saturazione dell'ossigeno nel sangue. Vengono applicati alle dita delle mani, dei piedi o agli orecchi. Siccome sono strumenti portatili, le sorgenti sono LED e i ricevitori sono fotodiodi.

La tomografia ottica permette di ricavare mappe dell'ossigenazione del sangue di un tessuto biologico. Gli strumenti in questo caso non sono portatili. La radiazione luminosa è generata da laser accordabili in lunghezza d'onda ed è inviata al tessuto tramite fibre ottiche. Anche per ricevere i fotoni vengono usati sistemi di fibre ottiche: la distanza tra l'estremità della fibra rivelatrice e quella che emette la radiazione

ottica è di solito 3, 4 cm in modo da permettere ai fotoni di penetrare nel tessuto biologico sottostante fino ad una profondità di 3 – 3.5 cm

Tramite la tomografia ottica è possibile riscontrare possibili danni cerebrali nei neonati (in particolare quelli nati prematuramente) dovuti a disfunzioni del sistema circolatorio. Rilevare tempestivamente questi danni cerebrali è importante perché costituiscono la maggiore causa di invalidità permanente nei neonati.

Un'altra applicazione della tomografia ottica basata sulla tecnica NIRS è la diagnosi di lesioni al seno. I test attuali sul seno sono piuttosto invasivi e scomodi. La tomografia ottica permette, invece, di identificare una lesione senza la necessità di comprimere il seno.

L'attività prevede prima di tutto la realizzazione di un pulsossimetro a basso costo usando diodi LED e fotodiodi. In un secondo momento si pensa di modificare lo strumento in modo da ottenere un'informazione globale del livello di ossigenazione applicando l'apparecchio al braccio e successivamente alla conclusione del programma, al capo. E' possibile, allora, pensare a uno strumento a basso costo per tecniche diagnostiche più complesse rispetto alla lettura della saturazione dell'ossigeno del dito (ci si riferisce al monitoraggio di situazioni di ictus o all'elaborazione di mappe di situazioni ipossiche protratte, ad esempio su un paziente addormentato).

2. Realizzazione del pulsossimetro a riflessione e del bracciale

Il sistema sonda del pulsossimetro è costituito da un diodo emettitore nella regione della radiazione rossa e da un diodo emettitore nella regione dell'infrarosso. Attorno ai LED vengono sistemati i fotodiodi (in ragione di 4 per mantenere limitata l'area della sonda). Il segnale in corrente proveniente dai fotodiodi viene sommato ed amplificato da uno stadio a transimpedenza, quindi convertito in digitale dal microcontrollore, che si occupa anche di controllare l'accensione ai LED e di inviare i dati ad un dispositivo di memorizzazione.

La cella base è stata realizzata in forma rettangolare allungata, in modo da effettuare il bracciale su supporto flessibile mediante l'affiancamento di più celle. Nel caso del bracciale si demandano sempre al microcontrollore e al software le operazioni di generazione del segnale corretto ai LED e di acquisizione.

Il prototipo del pulsossimetro è stato corredato di un sistema di trasmissione ZigBee. La tecnologia ZigBee rappresenta un protocollo per reti wireless indirizzata per applicazioni d'automazione e controllo remoto.

Il software residente sul PIC è stato modificato in modo da instradare correttamente i segnali provenienti dai sensori all'attivazione della luce rossa e infrarossa, e il segnale proveniente da un sensore di temperatura inserito per verificare la temperatura del dito.

La trasmissione avviene all'interno di una banda di frequenze senza licenza ISM 2.4GHz con modulazione O-QPSK.

Per ridurre il consumo, la potenza in uscita è stata impostata al minimo possibile (10 dBm) visto che non si devono coprire distanze consistenti.

Il dati in uscita dal microcontrollore sono in modalità seriale senza il controllo di parità con 1bit di stop e 8 bit per i dati a 9600 bps, velocità di trasmissione sufficiente a soddisfare le esigenze di flusso dati.

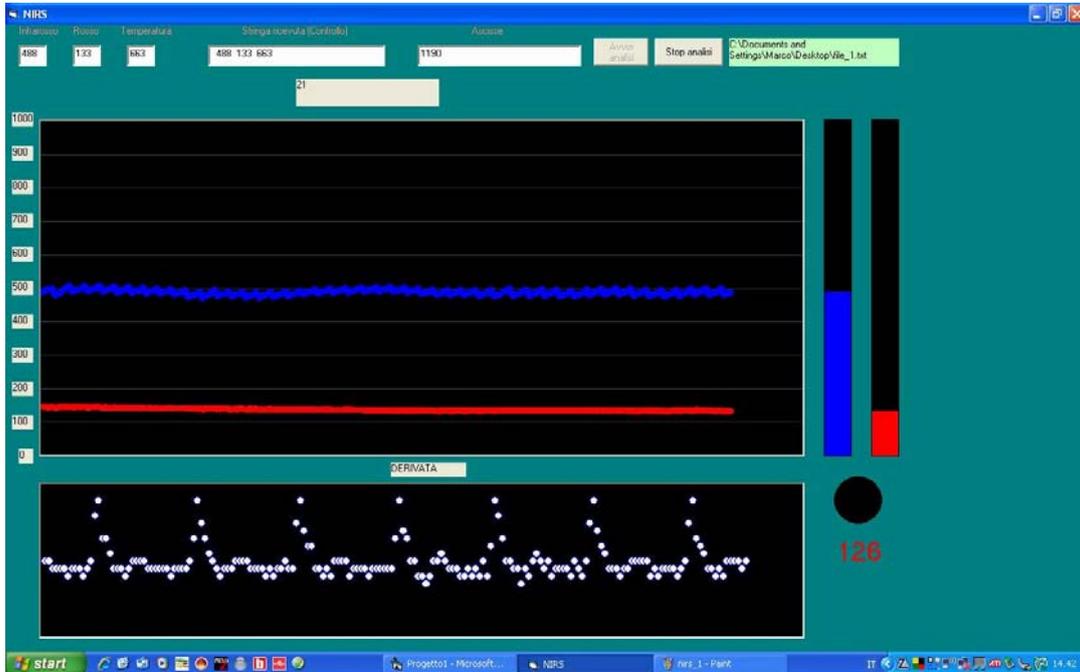
L'esigenza di vedere la misura in tempo reale ha portato alla realizzazione di un applicativo Windows con Visual Basic 6.

In tal modo si è potuto apprezzare l'andamento in real-time dei segnali di temperatura e di risposta del rosso e infrarosso e salvare i dati su file di testo per effettuare elaborazioni successive.

Tomografo ottico basato su NIRS dell'emoglobina

L'andamento del battito cardiaco, già ben evidente nei segnali di rosso e infrarosso, è stato filtrato digitalmente in modo da poter visualizzare numericamente nell'interfaccia grafica anche la frequenza cardiaca.

In figura è mostrata l'interfaccia grafica che permette di visualizzare l'andamento temporale dei segnali raccolti in modalità real time.



Esempi di schermata generata dall'interfaccia grafica