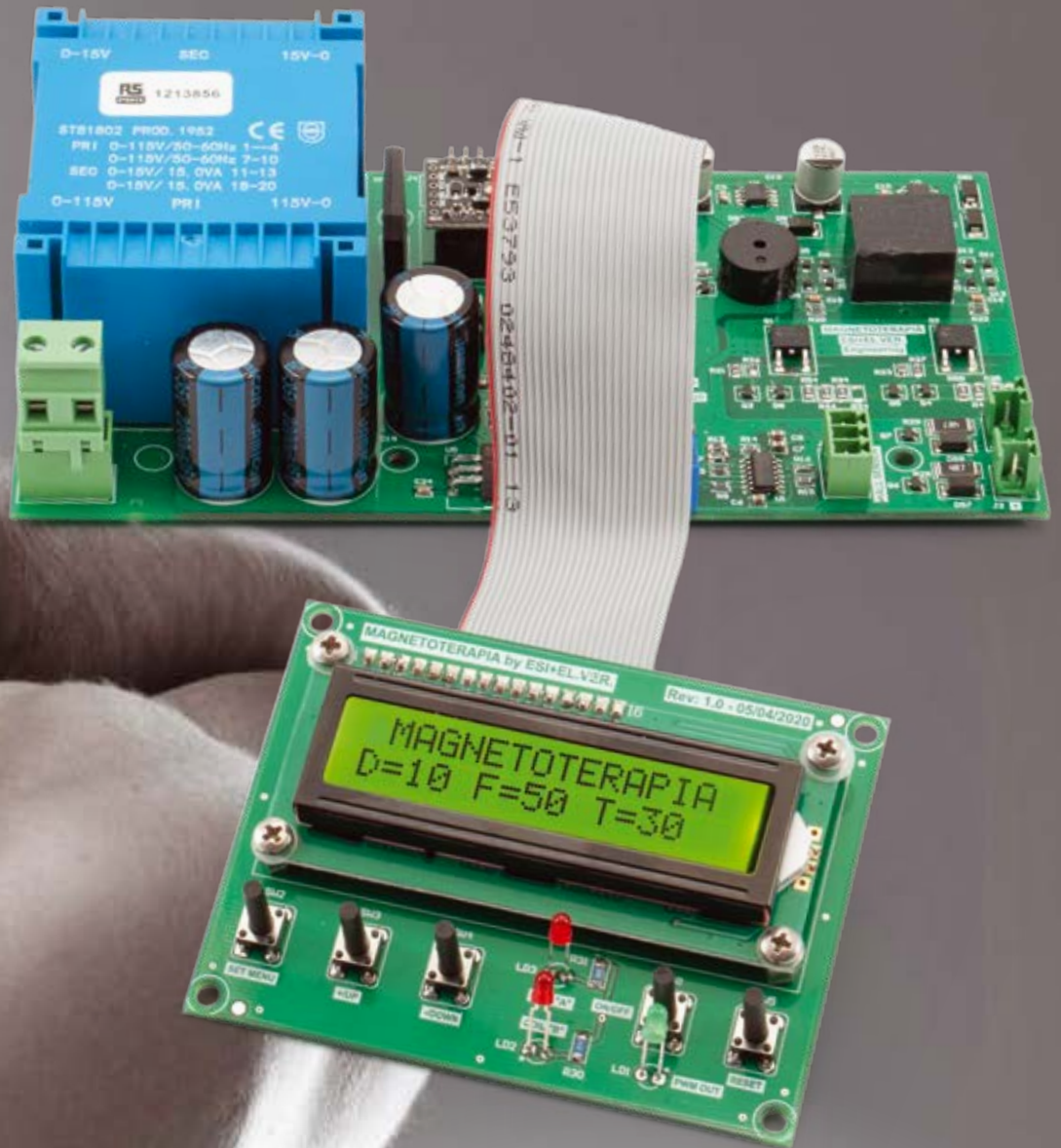


MAGNETOTERAPIA BICANALE BF

di **ALESSANDRO CORTOPASSI**
e **FRANCO OCCHINI**





Un classico dell'elettromedicale, ma realizzato con Arduino Pro Mini.

C

apita spesso, a chi pratica sport o nel corso della vita, la necessità di alleviare dolori articolari di natura traumatica o provocati da varie patologie come quelle osteoarticolari, muscolari e neurologiche. Sappiamo che la via più netta, ma non priva di effetti collaterali, è quella di ricorrere a farmaci e -laddove questi non siano risolutivi- alla chirurgia, quando sia indicata. Ma ci sono anche rimedi alternativi che non rientrano necessariamente tra le cure palliative o soluzioni che hanno più della credulità

che della scienza: ci riferiamo a rimedi naturali e a tecniche assistite dall'elettricità e dall'elettronica. Una di queste è indubbiamente la magnetoterapia, utilizzata da molto tempo nella riabilitazione post-operatoria e post-traumatica, per esempio, dimostratasi efficace e suffragata da considerazioni scientifiche ineccepibili, quali quelle correlate all'effetto delle onde elettromagnetiche sui processi vitali e rigenerativi del corpo umano.

La magnetoterapia è un qualcosa di realizzabile anche in casa e non necessariamente in un centro fisioterapico o in ospedale: basta mettere insieme un apparato anche elementare, sebbene i migliori risultati e l'ampiezza delle patologie e soprattutto dei soggetti trattabili, si ottengano con circuitazioni raffinate e soluzioni tecniche complesse. In queste pagine vogliamo proporvi proprio l'autocostruzione di un apparato per magnetoterapia che funziona sfruttando le potenzialità della scheda ARDUINO PRO Mini, che ci permette di avere un apparecchio elettronico relativamente facile da costruire, pur disponendo di tutte le funzionalità presenti in un apparecchio professionale, utile quale terapia del dolore e per una vasta gamma di patologie. Il vantaggio dell'autocostruzione DIY (fai da te, per chi non ama i termini anglosassoni), oltre al piacere di realizzare qualcosa con le proprie mani, è anche economico perché il costo di un apparecchio commerciale completo di bobine si aggira sui 400+500 euro.

COS'È LA MAGNETOTERAPIA E COME AGISCE

La magnetoterapia può essere considerata una forma di fisioterapia che utilizza l'energia elettromagnetica, invece del contatto fisico, per stimolare la rigenerazione dei tessuti. Essa si inserisce nell'ambito della terapia fisica utilizzando campi magnetici di varia natura: pulsanti unidirezionali a bassa frequenza (BF) e a bassa intensità, alternati, ad alta frequenza (AF) ed anche ad alta frequenza pulsata in BF. La magnetoterapia in alta frequenza è in molti casi sconsigliabile, giacché induce calore (diatermia), cosa inaccettabile in parti del corpo contenenti placche metalliche esito di interventi chirurgici; per combinare gli effetti dell'alta frequenza con quelli della bassa frequenza, si può ricorrere alla pulsazione di brevi treni di AF in bassa frequenza: ciò mitiga gli effetti avversi.

La più usata magnetoterapia, e comunque quella che vi proponiamo di realizzare, è quella che opera pulsata bassa frequenza a basso campo magnetico, condizione determinante per mettersi al riparo da problemi che potrebbero insorgere nel paziente.

Il trasduttore impiegato per la generazione del campo magnetico consiste in una bobina percorsa da una corrente elettrica opportuna, che nel nostro caso è unidirezionale.



Fig. 1
Il sistema al completo con una bobina e il sensore magnetico.

Per campo magnetico unidirezionale si intende che la sua polarità N (Nord) - S (Sud) non cambia nel tempo. Le bobine della magnetoterapia emettono un campo magnetico che determina un'induzione, misurata in Gauss (G), variabile nel tempo con forma rettangolare, a bassa frequenza variabile, e rapporto ON/OFF (duty-cycle) anch'esso variabile in modo da poter regolare a piacere l'intensità media del campo magnetico. La magnetoterapia esplica un'azione che favorisce i processi riparativi dei tessuti e stimola le difese naturali organiche.

L'azione terapeutica dei campi magnetici a bassa frequenza può essere individuata sia come azione antiflogistica che come azione stimolante per i processi di riparazione tissutale. Le membrane cellulari sono sede di una d.d.p (differenza di potenziale) di cui è stato possibile misurare il valore: per esempio nelle cellule nervose sane si misura tra il nucleo interno e la membrana esterna una differenza di potenziale di 90 millivolt, mentre nelle altre cellule questa tensione si aggira intorno ai 70 millivolt.

Quando la tensione all'interno delle cellule si modifica, l'organismo ne avverte le conseguenze sotto forma di processi infiammatori, dolori alle ossa, alle articolazioni, alla schiena, ferite che non rimarginano. Quando le cellule si ammalano, per un'infezione o un trauma o una qualsiasi altra causa, perdono la loro vitalità e quindi una cellula ammalata presenta una d.d.p. ridotta rispetto a una sana. Quando questa d.d.p. scende al di sotto di un valore minimo si ha la necrosi, cioè la morte della cellula. Lo scopo della magnetoterapia è quello di rivitalizzare le cellule ammalate.

L'insieme delle patologie dell'apparato muscolo-scheletrico rappresenta il campo di applicazione più specifico della magnetoterapia.

Tutti gli eventi traumatici, dal piccolo trauma distorsivo alla grave frattura, possono trarre vantaggio da questa terapia, portando a tempi di guarigione a volte sensibilmente accelerati.

Anche altre patologie ossee trattate con la magnetoterapia hanno mostrato processi riparativi e tempi di recupero più brevi.

Si può quindi dire che la magnetoterapia, sfruttando le basse frequenze, può rappresentare un metodo terapeutico molto utile specie nella patologia flogistica, traumatica e degenerativa dell'apparato osteoarticolare e muscolo-tendineo.

BENEFICI DELLA MAGNETOTERAPIA

I benefici della magnetoterapia sull'apparato

muscolo-scheletrico sono di seguito riassunti :

- migliora l'osteogenesi, stimolando l'attività degli osteoblasti, accelerando la formazione del callo osseo e mobilitando gli ioni di calcio;
- stimola la produzione di collagene;
- riduce le infiammazioni;
- migliora il flusso sanguigno dei capillari e la microcircolazione, grazie all'azione del campo elettromagnetico che causa l'alternarsi di dilatazione e contrazione delle pareti dei vasi;
- favorisce il riassorbimento di edemi e liquidi interstiziali (per la ragione appena esposta);
- migliora lo scambio cellulare;
- allevia il dolore, attuando quindi un'azione che è anche analgesica.

Durante una seduta magnetoterapica il paziente non ha alcuna percezione diretta del trattamento in corso. L'azione è strettamente collegata alla capacità reattiva dei componenti tissutali al campo d'induzione magnetica. Un ruolo di primaria importanza è la durata dell'esposizione al campo d'induzione magnetica che andrà considerata in relazione alla patologia da trattare.

L'azione graduale e l'efficacia del trattamento può pienamente manifestarsi in tempi lunghi.

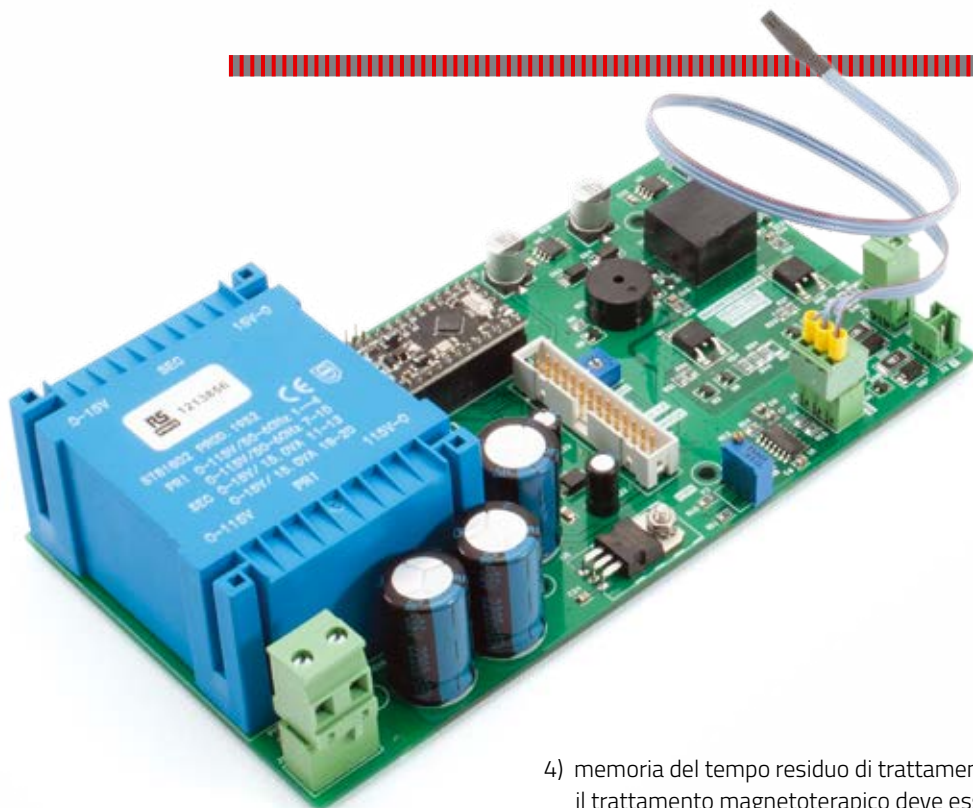
Il trattamento magnetoterapico è da preferirsi nelle patologie croniche ma anche il trauma acuto può trarne vantaggio con una riduzione significativa dei tempi di recupero.

CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA MAGNETOTERAPIA BF

L'apparecchio ha due canali indipendenti che alimentano ognuno una bobina a forma di disco che produce un campo d'induzione magnetica unidirezionale pulsante il cui valore medio è regolabile da pochi Gauss fino a circa 100 Gauss. La magnetoterapia può essere impiegata indifferentemente con



Fig. 2
La scheda base.



uno o due canali e le impostazioni di funzionamento valgono simultaneamente per tutti e due i canali. Le caratteristiche tecniche della magnetoterapia sono le seguenti:

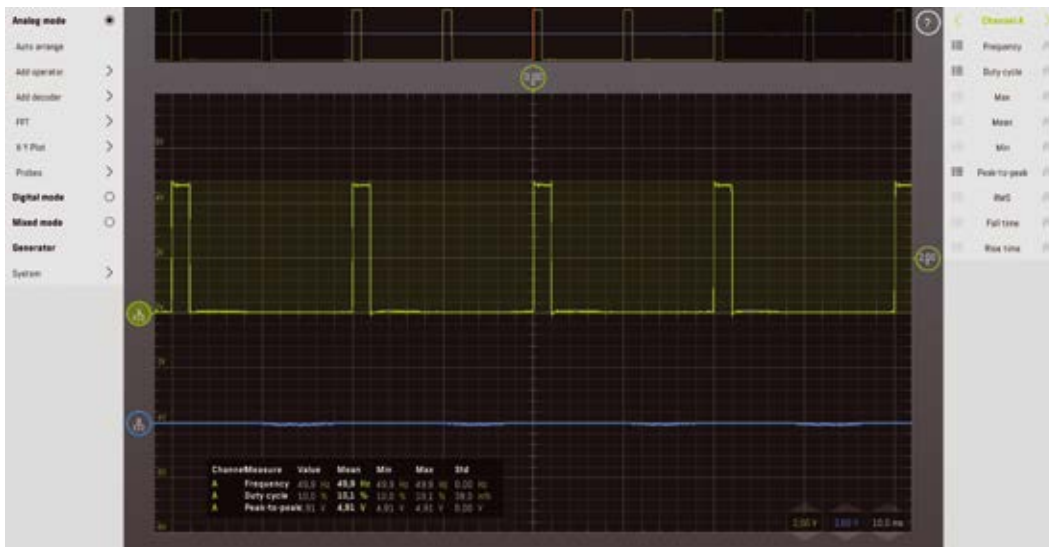
- 1) forma d'onda quadra di alimentazione delle bobine con ciclo di lavoro (duty-cycle) variabile a passo unitario fra 5 e 40 %;
- 2) frequenza variabile a step di 1Hz, da 5 a 100Hz;
- 3) temporizzatore del tempo di trattamento a passi di 1 minuto, da 30 a 180 minuti, con autospegnimento dopo il tempo T e indicazione del tempo residuo durante il trattamento;
- 4) memoria del tempo residuo di trattamento: se il trattamento magnetoterapico deve essere momentaneamente interrotto per qualsiasi ragione (SW1_OFF), l'apparecchio tiene in memoria il tempo rimanente e quando riattivato (SW1_ON) riprende il decremento di T fino ad esaurire il tempo impostato;
- 5) segnalazione sonora di fine trattamento trascorso il tempo T;
- 6) intensità dell'induzione magnetica impostabile fra 20 e 100 Gauss;
- 7) gaussmetro con sensore di Hall per la misura della direzione (polarità) e intensità del campo d'induzione magnetica (con impostazione del parametro D) generato dalle bobine;
- 8) indicazione a LED dell'erogazione di corrente alle bobine durante il trattamento;
- 9) protezione delle uscite verso le bobine contro il cortocircuito.

Fig. 3
Il circuito contenente il display.



DESCRIZIONE DEL CIRCUITO

La magnetoterapia si compone di due PCB collegati tra di loro con un cavo piatto a 26 poli che fa capo al connettore J5 di entrambe le schede e che provvede a trasferire i segnali e le alimentazioni ai blocchi circuitali ospitati su di essi. La vista d'insieme dell'apparecchio è in **Fig. 1**. La **Fig. 2** mostra il PCB principale (*scheda base*) con la sezione di alimentazione, l'Arduino Pro Mini che è il cuore di tutta la magnetoterapia, e i generatori di corrente a MOSFET per l'alimentazione delle bobine generatrici del campo magnetico (da connettere a J2 e J3 sulla scheda base). La **Fig. 3**, infine, mostra il circuito dell'interfaccia utente (*scheda display*) con il display LCD a 2 righe x 16 caratteri, i pulsanti, da

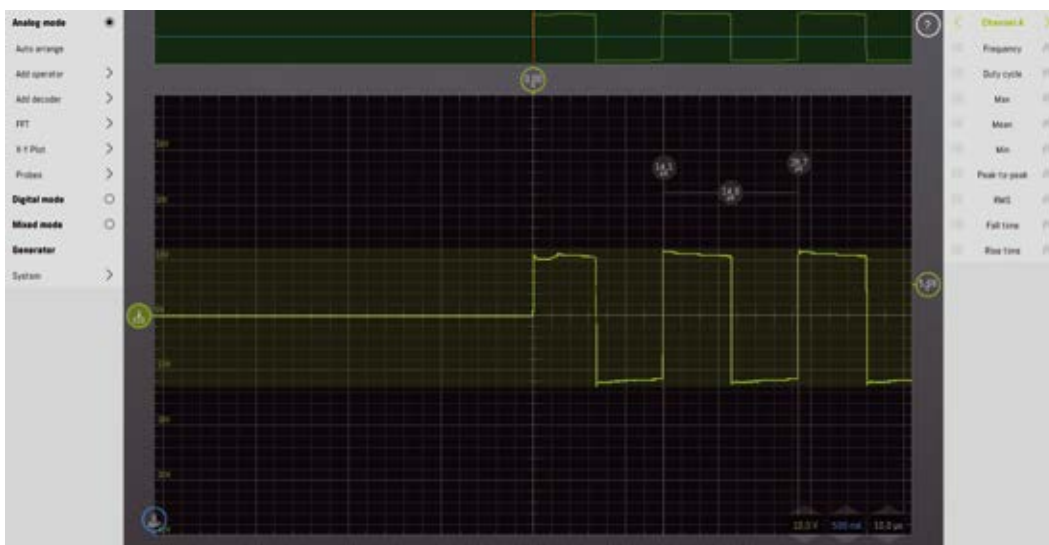


← **Fig. 4**
Segnale PWM
fornito da
Arduino.

SW1 a SW5 per gestire il funzionamento dell'intero apparato e i LED LD1, LD2 e LD3 per la segnalazione del suo stato di funzionamento. Lo schema elettrico che vedete in queste pagine comprende sia la sezione del PCB principale che quella relativa al PCB del visualizzatore. Nello schema elettrico, si vede il circuito di alimentazione di tipo classico con i regolatori lineari 7805 e 7812 per le tensioni di +5 Vcc e +12 Vcc. L'unica particolarità consiste nella scelta di TF1 che è un trasformatore di sicurezza (a norme EN 61558, CEI 96-3) con doppio isolamento tra primario a 230 Vca e secondario B.T. Questo per garantire la massima sicurezza all'utilizzatore della magnetoterapia, come prescritto per gli elettromedicali.

La scheda Arduino Pro Mini fornisce sull'uscita B0 il segnale PWM, vedi **Fig. 4**, al gate-driver (circuito formato da U2, U3, U4 e TF2) che pilota i due MOSFET che formano i generatori indipendenti di corrente per le due bobine.

Questa soluzione circuitale presenta una particolarità interessante. L'oscillatore U2, un 555 in configurazione astabile, genera sul pin 3 un segnale di frequenza a circa 70 kHz con duty-cycle del 50% (vedi **Fig. 5**). Questo segnale, insieme al segnale PWM generato sulla porta B0 della scheda Arduino visibile nell'oscillogramma in **Fig. 4**, viene inviato ai due gate-driver U3 e U4 che formano un ponte ad "H" intero alimentato tra GND e +12 Vcc, sulla cui diagonale (uscita) è alimentato il primario del



← **Fig. 5**
Segnale base
a 70 kHz.

Mensile di elettronica applicata, attualità scientifica, novità tecnologiche.

Elettronica In

www.elettronica.in.it

oltre l'elettronica