

INTRODUZIONE

07-08-2012

Dispositivo impiantabile attivo = impiantato nel corpo umano ed alimentato da una sorgente energetica diversa dalla gravità o dal corpo umano (batterie)

Nascono 50 anni fa quando viene realizzato il primo pace-maker (1968). Poi sono molti anche altri D.I.A. (+ diffusi e proposte di sviluppo futuro).

Evoluzione continua, però sostanzialmente lenta: + lento dell'evoluzione dei dispositivi medici (a.e.m.) perché sono dispositivi critici (sostengono la vita del paziente)

↳ prima di operare modifiche bisogna essere certi di non causare rischi inutili.

Inoltre il contenuto tecnologico è tale che spesso durante l'impianto si ha bisogno della presenza di un biomedico ^{↳ soprattutto per i nuovi dispositivi: c'è un corso di apprendimento del medico} → x garantire la programmazione corretta

↳ messa a fase di apprendimento il medico ha un rendimento minore (tempo maggiore → meno pazienti trattati) ⇒ fattore che rallenta l'introduzione sul mercato di nuovi dispositivi

Inoltre la probabilità di utilizzare un nuovo dispositivo in modo ottimale è minore.

Medicina difensiva: il medico considera il suo rischio professionale prima di produrre una procedura

↳ tende a frenare l'uso di nuovi dispositivi

Notare sul mercato un nuovo dispositivo critico ogni -2 anni ⇒ opposto delle vendite ⇒ + lentamente

• PACEMAKER

• DEFIBRILLATORE CARDIOVERSORO IMPIANTABILE

↳ defibrillazione e resincronizzazione

• MONITOR CARDIACI INSERIBILI

• STIMOLATORI ELETTRICI per il controllo del dolore

encefalica per il controllo del tremore

• STIMOLATORI GASTROENTERICI (per recuperare la motilità)

↳ sono in numero minore di quelli cardiaci, ma una servono

• STIMOLATORI UROLOGICI

• STIMOLATORI PER LA FUNZIONE RESPIRATORIA

• DISPOSITIVI IMPIANTABILI ATTIVI A LIVELLO DI RICERCA (es. pipetta endoscopica)

Il capitolo che alcuni dispositivi sono emicriticamente usati in medicina veterinaria per poi passare alla medicina umana ^{↳ non rientrano sotto la 93/42}

Per i dispositivi impiantabili attivi esiste una direttiva di riferimento: 90/385

(e antecedente alla 93/42 perché la UE è partita dai dispositivi + critici)

è stata la prima direttiva europea. È stata poi modificata dalla 93/42, dalla 93/68 e dalla CE/2007.

La normativa nazionale dei DIA è rimasta in vigore → possibilità di vedere come evolverà che si sono via via uniformate negli anni.

DIA suddivisi in \rightarrow LIFE SUPPORT = se paziente esterne affinché il paziente riesca a sopravvivere (es. pacemaker)
 \rightarrow può essere impiantato sia per sopravvivere che solo per migliorare la condizione fisica.
 Ci sono regole molto strette per questi dispositivi
 NON LIFE SUPPORT

La 80/385 definisce un DIA.

10-03-2012

Problemi

- necessità di essere alimentati da una sorgente energetica (il + delle volte è contenuto nel dispositivo ma potrebbe anche non esserlo)
 \rightarrow X il futuro probabilmente sorgenti energetiche esterne

Il vantaggio di una sorgente esterna è la possibilità di sostituirla senza sostituire il DIA quando vogliamo.

\rightarrow non ci sarebbe neanche il bisogno di aver batterie molto potenti (o lungo durata).

per es. usando batterie ricaricabili: molto + economiche. \rightarrow Ma adesso in molti casi non è possibile: sono scomode, non vanno bene per i life support (troppo rischi)

Oggi in commercio tutti i DIA sono alimentati da batterie ENDOCRONTENUTE? \rightarrow ENDOCRONTENUTE

\rightarrow batterie non ricaricabili: già accumulatore non sono utilizzati (non servono)

Le batterie durano fino a 8-10 anni: è sufficiente, perché l'intervento è semplice, e in 10 anni la tecnologia, e quindi i dispositivi, sono migliorati \rightarrow si cambia.

Nei 10 anni non cambia le batterie di oggi \rightarrow meno affidabili, autonomia minore (2-10 anni)

in quella situazione l'idea di avere batterie ricaricabili dall'esterno era buona per durata a 8-10 anni

[fino al 1985 ci sono stati solo i pacemaker]

uno ditta ha pensato di trasferire energia dall'esterno all'interno con l'accoppiamento di due superfici (trasformatore). Segnale acustico da batteria bassa. Ricarica in una notte \rightarrow solenoidi sopra un pacemaker

Ma le batterie ricaricabili allora avevano un'autonomia di 4-6 mesi

\rightarrow me sono state levate poche centrali: il paziente tollerava male il procedimento, paura che

le batterie si scaricassero, che non funzionasse il segnale acustico \rightarrow pazienti ansiosi: peggior qualità della vita, n° alto di accessi al pronto soccorso per sicurezza \rightarrow si hanno combaci dopo poco.

Si è scoperto che il paziente non accetta un miglioramento delle sue condizioni se gli costa troppo sotto altri punti di vista.

C'è stato anche l'idea di sviluppare sorgenti energetiche nucleari (colore trasformato in energia): affidabilità

lungo durata, ma peso maggiore e dimensioni maggiori. Ne sono stati venduti pochi, anche

perché un portatore venne investito da un treno \rightarrow non capiti niente, ma poteva esserci una contaminazione ambientale \rightarrow non me sono + stati usati

Tutte le sorgenti energetiche ma l'unico usato oggi è la batteria non ricaricabile

Possibilità di programmare il dispositivo \rightarrow molte patologie diverse

\rightarrow sia terapia che diagnosi (sia dal paziente che dal dispositivo)

Poter inviare informazioni dall'interno all'esterno e anche viceversa → codice bidirezionale di trasmissione/ricezione

FONTE ENERGETICHE

Dimensioni molto minori delle batterie odierne rispetto ai primi dispositivi

Wilson - Greatbath: primo inventore del pacemaker
↳ è brevettato e venduto immediatamente il brevetto; non vuole produrre perché si rende conto che i pacemaker dimostrano di dare un tasso di crescita enzimica, ma le due produzioni di batterie erano inadatte → la chiave del pacemaker sono batterie adatte e sicure (sviluppare ancora per il pacemaker e le altre non vogliono prendersi la responsabilità legale di fare apposta batterie) ⇒ lui mette in piedi una ditta di batterie per pacemaker (inizio degli anni '60 → è la + importante ancora oggi)

Sino al 1970: batterie zinco + ossido di mercurio → 2-3 cm

↳ non erano sviluppate per pacemaker e non consentivano di determinare con accuratezza lo stato di carica
emettitori idrogeno gassoso (gas soltano)

- affidabilità
- determinare con forza lo stato di carica
↳ essere in anticipo quando sostituirlo

alora i dispositivi erano inglobati totalmente in un unico pacchetto

↳ bisogna trovare uno spazio per l'idrogeno ⇒ dimensioni maggiori

PR2: prima batteria LITIO-iodio (è ancora usata oggi x tutti i pm)

↳ è stato migliorato ma il tipo di cella è lo stesso nel giro di meno di 10 anni soppiantano tutte le altre

APC: inizio degli anni '80 (dopo 30 anni) si capisce che si potrebbero realizzare altre pacemaker

- defibrillatore cardiaco (tutti ultimi) [pacemaker → braducardia]

↳ c'era già la possibilità di vedere nelle camere cardiache e di monitorare il ritmo,

ma le batterie non erano adatte a scricche forti (batteria di max 10 mA)

sufficienti per pacemaker, ma non per defibrillatore

Greatbath punta allo sviluppo di una nuova batteria per ICD → nel 1984 viene presentato

la prima batteria LITIO-SIL (ossido di sodio e Argento) → l'anno dopo nasce il primo ICD

Stimolazione elettrica e pompe di infusione hanno richieste energetiche diverse (media 100 mA per ICD)

Dalla fine degli anni '80 si sono cercate altre possibili celle con possibilità intermedie

- Litio - CFx
- Litio - cloruro di tonite

15-03-2012

batteria = trasformo energia chimica in energia elettrica → reazioni di ossido-riduzione

2 materiali → ossidarsi, cedere elettroni → ANODO

ridursi, acquistare elettroni → CATODO

circuito interno: anodo + catodo + elettrolita fra i due

separatori: griglia fatta così da essere permeabile agli ioni ma isolare meccanicamente anodo e catodo

dall'esterno c'è un circuito metallico costituito da un cavo generico → escono elettroni: corrente

la corrente nel circuito esterno (elettroni) = corrente nel circuito interno (ioni)

l'anodo solitamente è allo stato solido (metallo). Il catodo può essere solido, liquido o gassoso.
 catodo solido → elettroliti solidi o liquidi
 liquido → elettroliti liquidi (dello stesso del catodo)
 gassoso → elettrolito liquido (in cui è disciolto il gas del catodo)

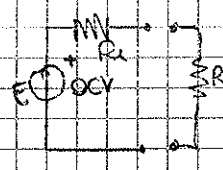
Normalmente anodo e catodo sono solidi, e l'elettrolito o solido o liquido → batterie x DIA

TERMINOLOGIA

• TENSIONE A VUOTO: Open Circuit Voltage (OCV), differenza di potenziale tra i suoi morsetti quando è chiuso su un carico infinito (= nessun carico = circuito aperto)

[Le batterie producono tensione continua, non alternata]

Modello elettrico semplificato: circuito equivalente di Thevenin (o Norton)
 ↳ trascurare solo alcuni effetti del secondo ordine



se collego la batteria ad un carico, scende una corrente

↳ la tensione che misuro tra i morsetti è + bassa della tensione a vuoto (perdita di tensione su R_i)

• TENSIONE A CIRCUITO CHIUSO: tensione tra i suoi morsetti quando la batteria è chiusa su un carico dato (→ varia a volume del carico)

• CAPACITÀ: carica elettrica immagazzinata nella batteria vuota
 si misura in Coulomb → espresso però come Ampere-ora ($1Ah = 3.6kC$)

• ENERGIA TOTALE = energia contenuta in una batteria → tensione a circuito chiuso * capacità
 si misura in Watt-ora [$A \cdot h \cdot V = W \cdot h$]

Si cercano, a parità di energia immagazzinata, batterie + piccole / leggere

• DENSITÀ GRAVIMETRICA DI ENERGIA: energia totale relativa ad una cella di massa unitaria (1kg)
 ↳ le batterie per DIA pesano da 2/3 a 20/50g
 unità di misura (Wh/kg) oppure (Wh/g)

• DENSITÀ VOLUMETRICA DI ENERGIA: energia totale relativa ad una cella di volume unitario (1L)
 unità di misura (Wh/L) → (Wh/cm³)

• CURVA DI SCARICA: diagramma (tensione di esercizio / carico elettrico erogato)

La batteria progressivamente ("scaricando") si impoverisce di carica elettrica → trascurare di carica
 ↳ 2.8V
 tensione rimane molto costante per una capacità trasferita abbastanza elevata, poi inizia a diminuire
 ↳ 2.2-2.3V
 rapidamente fino a che il carico non funziona + correttamente (tensione minima sotto la quale il dispositivo smette di funzionare)

funzionando l'anodo si ossida e il catodo si riduce; gli atomi di anodo che perdono elettroni diventano ioni che vanno in soluzione o si legano all'elettrolita (idem nel catodo)
 ↳ positivi
 ↳ si perde massa in anodo e catodo: tecnicamente la batteria è scarica quando anodo e catodo sono scomparsi (non capita nella realtà).

Li-I → si crea lo ione di litio dagli ioni (che è l'elettrolita)
 ↳ solido ↳ diventa r spesso

ma costi aumento E_0 resistenza interna delle batterie R_i

$R_L \rightarrow$ resistenza dell'elemento di passaggio di ioni

\rightarrow tensione a vuoto

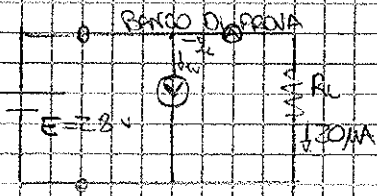
posizionando un carico molto alto su una batteria scarica, si misurerebbe emf E_0 tensione giusta ma con R_i normale, E_0 tensione si perde "tutto" su R_i che \bar{E} aumentata.

\bar{E} diminuzione di tensione $\left[\int \right]_{\bar{E}}$ è dovuto all'aumentare di R_i (E rimane uguale)

È importante poter stimare lo durata di una batteria (\times procedura 8 mesi, prima lo sostituisce - monitorare)

• controllare la tensione (conoscendo lo stato di scarica e i fabbisogni energetici del disposit)

Ottenere \bar{E} curva di scarica di una batteria (a carico del produttore di batterie)



Determinazione del carico

$E = 2.8V$ (tensione di immissione per tutte le batterie Extra-1000)

potenzier esclude 10-20mA di consumo continuo

Le batterie non danno origine a fenomeni Pireou

$R_L \approx 100 \Omega$

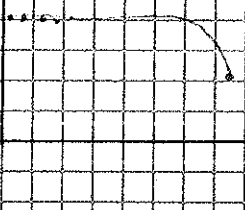
lo vedo a vedere come se funzionasse in maniera normale in un pm.

La batteria eroga una corrente $I_L + I_{R_L} \rightarrow$ ma con un voltmetro di resistenza alta (100 k Ω)

possa trascurare I_{R_L} (errore dell'ordine del 0.1%)

Costruisco un grafico partendo dallo tabella

V-I



t	V	I _L	R _L [Ω]	R _i
0 sec	2.8V	20mA	50Ω	60sec
			R _L	R _L + R _i

Capacità erogata

Coni tot di tempo ricavato un punto nel piano \rightarrow finisce quando la tensione scende sotto il valore soglia

Il punto decide di questo procedura e il tempo \rightarrow ci vanno degli anni (durata della batteria)

\rightarrow si usa per controlli di qualità sui lotti (se ne verifica un campione, si misura lo prova e si misura a vedere ed es. un anno dopo \rightarrow \times costa un margine di sicurezza)

\rightarrow continuo fino alla scarica per vedere se insorgono dei problemi

Per disegnare \bar{E} curva però non va bene \rightarrow in molto meno tempo

Se aumento lo corrente \rightarrow si abbassa R_L di un ordine di grandezza, il problema è che ci sono fenomeni non Pireou (es. lo capacità vuota) \rightarrow TEST DI SFERICA ACCELERATA:

batteria su un carico (10-20 volte minore) \rightarrow scaricata nel giro di 6-8 mesi

Lo curva ottenuto però deve essere modificata \rightarrow fattori correttivi

Le batterie non vengono vendute finché i test di scarica accelerata non sono finiti

\rightarrow questi due test (lungo e costi) sono molto costosi per il produttore (batteria: 600€)

BATTERIA LITIO-IOIO

Cella più importante per DVA. Nasce nel 1972 in Italia (1^o primo pm con Li-I è prodotto in Italia)

ANODO: Litio → anodo centrale collegato ad un reattore (ossido inox / molibdeno) che esce dal case della batteria tramite un involucro in vetro.

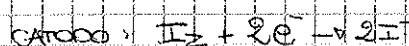
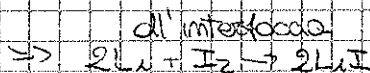
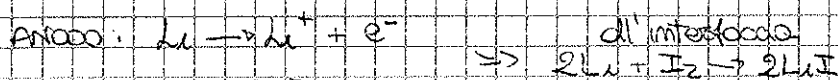
copertura sovrata con sovratura passiva.

L'anodo è completamente circondato da polivinil piridina (= "separator") materiale plastico poroso.

↳ inserito, fissato e chiuso

Il catodo è bialo (forse ad una bassa temp.) → si inverte il fuso da un buco: riempie

l'interno della batteria e solidifica (non tocca l'anodo, c'è il "separator"). Il fuso viene tappato e sigillato.



↳ lo ioduro di Litio è l'elettrolita solido

Nella fase di fabbricazione ci sono diversità tecniche → materiali che non si rompono e tamponano sigillati.
Questa reazione non dà origine a gas!

CAPACITÀ STECHIOMETRICA = capacità della batteria supponendo che si ottiene dall'utilizzazione

totale di anodo e catodo ⇒ non può mai essere superata

calcoliamo il n° di elettroni che possono essere liberati dall'anodo

Li: peso atomico 6.941 amu (è basso)

I: peso atomico 126.9 amu

} ⇒ due mol di LiI → 160.78 g (in proporzioni giuste)

↳ 2.6022E²³ atomi ⇒ ogni atomo libera un elettrone

$$\text{carica totale} = 6.022 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}$$

⇒ la carica liberata da 1g è 1370 C = 0.38 Ah

↳ considerando solo litio e i

la densità stechiometrica di energia per grammo (massimo) è 0.38 Ah = 1.06 Wh/g

Per una batteria, gli elementi attivi sono poco meno del 50% del peso della batteria

→ nella realtà 0.25-0.28 Wh/g

Per i prossimi 10-20 anni, le batterie non potranno superare i 0.5 Wh/g (perché il peso degli elementi attivi non sarà superiore a quello del contenitore) → prevedono miglioramenti del 50-60%

Inoltre nello stato tamponano sempre una certa quantità di anodo e catodo che non reagiscono perché non riesce a generare una tensione che fa funzionare il carico

es. potenziale: 60% peso → batteria → 50% volume

corrente nominale ⇒ corrente per la quale il costruttore ha caratterizzato la batteria in termini di capacità

OCV - BA → beginning of life - all'inizio della vita

auto-scarga: anche in assenza di corrente, le reazioni di ossidazione avvengono un po'

↳ per tenerle a magazzino sono limitate da questa corrente di auto-scarga

si tengono a basse temperature (-20°C)

Raramente un pm riesce a funzionare sotto tensioni di 1.8V

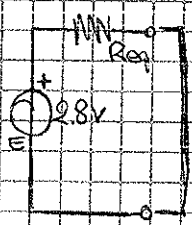
Curva del voltaggio della capacità della batteria al voltaggio costante ad mezzo vita.

↳ massimo da 10 a 30 μA

Dallo stato di scarica la tensione è $< 2.8V$ → parte cade sulla resistenza interna (ca 20mV con una corrente di 30 μA ⇒ $R_i = 660\Omega$ (distorsione incerto approssimato, stima di R_i)

21-03-2017

Perché le batterie Litio-Iodio da pacemaker hanno resistenza interna alta? (1-2 k Ω) è possibile fare con resistenza interna bassa (0-100 Ω).



col passare del tempo può capitare che l'azione che succede e' molto si deteriora e da origine ad un contatto metallico tra anodo e catodo non cortocircuito. In questa condizione $R_{ext} =$ resistenza di contatto tra catodo e case si applica la tensione ai capi di R_{ext} ⇒ dissipa una potenza $P_0 = \frac{U^2}{R_{ext}}$

Viene prodotto calore: potrebbe danneggiare i tessuti (non superiore a 40°-45°C)

Se $R_{ext} = 2k\Omega$ → $P_0 = 4mW$ non danneggia i tessuti a contatto con l'innocuo

LEGGE DI OHM TERMICA: $\Delta T = P_0 R_{temp}$ ⇒ variazioni di temperatura di 0.06°C
↳ $R_{temp} \approx 1-10^\circ C/W$

Pos' anche in cortocircuito o caso: guasto della batteria, guasto dell'elettronica

↳ il pacemaker smette di funzionare ma non si causano danni ai tessuti per la temp (per molti pazienti è il punto di intervenire, ma lavora solo in alcuni casi)

↳ il soggetto non si accorge del guasto: fare controlli periodici

Una resistenza interna alta limita la potenza disponibile (= massimo potenza attivo che il generatore riesce a trasferire al carico) del generatore ⇒ e scarica per funzionare correttamente deve vedere trasferire una certa potenza (\leq della potenza disponibile del generatore)

$P_{dis} = \frac{E^2}{4R_{int}}$ ⇒ 700-800 μW è sufficiente?

Un pacemaker assorbe 10-15 μA a 2.8V ⇒ $P = 30-40 \mu W$ si, è sufficiente

Quando si costruisce un nuovo p.m. bisogna valutare se c'è la sorgente energetica adatta.

- fornisce il giusto voltaggio? Si, oggi ci sono circuiti che funzionano fino anche a 800mV (le batterie presenti sono intorno ai 3V)
- eroga la potenza richiesta dal dispositivo? Si se la potenza disponibile è \geq potenza richiesta (normalmente si)
- eroga massima corrente richiesta per far funzionare il dispositivo? massima corrente di cortocircuito $I_{cc} = \frac{E}{R_{int}}$ 1.5-3mA (il caso di cortocircuito è $\frac{E}{R_{int}}$ deve essere $>$ (nostro) della corrente richiesta dal p.m)
- consentire l'autonomia minima necessaria ⇒ quanti anni minimo regola fatto di un capacitori → carico elettrica. Conoscendo la corrente media (costante costante nel tempo) posso calcolare la carica trasferita $Q = I \cdot T$ (corrente media [Ampere])

facendo i conti per 7anni

ampere · secondi = Coulomb
 $Q \approx 240 \cdot 10^6 \cdot 15 \cdot 10^6 = 3600 C$

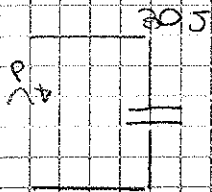
$C_n = \frac{Q}{3600}$ [Coulomb · h]
Capacitorio $C_0 = 1 Ah$ (tempo [secondi])

Le batterie litio-iodio sono in grado di erogare più di 1Ah (1.4 Ah \rightarrow 2 anni di vita)

[Questo conto è ottimistico: in realtà il pm consuma per garantire il funzionamento della circuiteria interna e per trasferire carica elettrica al cuore]

BATTERIA LITIO/SODIO

Defibrillatore cardioversore impiantabile \rightarrow devono scaricare un'energia \approx il potenziere (20-35 J per singolo scarico); tensioni di carica del condensatore dell'ordine dei kV, condensatore 10 μ F. Il problema è che si devono ricaricare energia + scariche successive (ogni arco 5-10 secondi). Il condensatore deve essere ricaricato in circa 5 secondi (ignesi di recupero a potenza costante (come se non è così))



$$P_m = \frac{305}{55} \approx 6W \quad \text{con una batteria di 3V deve erogare circa 2A}$$

Le batterie litio-iodio (per pm) non consentono di avere correnti di cortocircuito superiori a pochi mA \rightarrow negli anni 80 non esisteva

una batteria solida anche se e' elettronica sarebbe stato perfetto

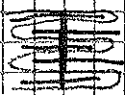
Le litio-iodio non garantisce la massima potenza disponibile e la massima corrente.

Nasce la batteria LITIO-SILVER VANADIUM OXIDE.

La corrente che posso ottenere da una batteria è legata alle superficie di anodo e catodo

La corrente elettrica \rightarrow molti scambi ioni \rightarrow superficie elevata di anodo e catodo

idea degli accumulatori: celle in serie, dove ogni singolo cella è fatta da un certo numero di piastre di anodo e piastre di catodo



LITIO: non garantirebbe la robustezza meccanica
Piastra di anodo con una struttura a serpentina: \dots piastre di nichel fissate a due lati con due fogli di litio. \downarrow supporto meccanico e raccolta degli elettroni

Catodo: miscela di carbonio grafite, SiO e un legante \rightarrow viene fatto aderire ad una rete

di titanio (a resistenza all'umidità)

La scopo meccanico + corrente (per elettroni di dare origine alla reazione di riduzione) le piastre del catodo sono inserite dentro al serpentino e collegate da un ponte conduttore

$$\text{Superficie attiva} = n^{\circ} \text{ piastre} * 2$$

Le piastre sono rettangolare sottili, ma ce ne sono tante (es. la massa di litio usata è simile a un prumo)

La capacità stoichiometrica è simile a primo (litio-iodio) \rightarrow 1-3 Ah

L'elettrolita è liquido \rightarrow è conveniente per correnti di scarico elevate

La soluzione organica con dissalati sali di litio

Per evitare un contatto diretto tra anodo e catodo, sono entrambe racchiuse in un materiale plastico semiparso

Fabbricazione: anodo + catodo inseriti nel contenitore, riempito con elettrolita liquido e si chiude

Vantaggio: consentono correnti di scarico molto + elevate \rightarrow 1.5-2A

↳ problema: se messo in cortocircuito scade molto di più

Resistenza interna dell'ordine di $\sim 2\Omega$

Tensione a vuoto: $3.2-3.3V$

$$P = \frac{V^2}{R_i} \approx 10W \rightarrow 1000 \text{ volte maggiore del Lito-Iodio}$$

$$\Delta T = P \cdot R_{th} \approx 10^\circ C \quad \text{decine di } ^\circ C$$

$$5 \frac{^\circ C}{W}$$

È un oggetto molto importante che deve essere tenuto in conto

↳ bisogna che le batterie siano costruite + scate per il cortocircuito

Ma dato che il cortocircuito può anche essere causato da un guasto di elettronica, bisogna progettare in modo che sia di durata limitata

Le batterie Li-I hanno una tensione a vuoto molto sensibile (variazioni di uno decimo di mV)

Le batterie Li-SiO messe in misce è minore: $3.2V - 3.3V$ + variabile, da curva di scarica è diverso

• me Compilano due → background: funzionamento normale

Consumo simile ad un pm, ^(0.2-20uA) ma il consumo è altissimo

quando deve erogare la scarica ($1-2A$)

→ pulse: non è standardizzato, bisogna leggere come è scarico

(carichi impulsivi, come che ampiezza)

simula una condizione di funzionamento possibile: es. 8-10 scariche successive

si ottiene simulando background per un certo tempo, poi un treno di impulsi e rest via

parte da una tensione a vuoto molto diversa, e dipende dalla corrente erogata che passa nella resistenza interna

background: c'è un primo plateau poi scade in modo considerevole, e poi un secondo plateau

Non posso fare affidamento solo sulla prima tensione, c'è ancora molto da dare dopo

anche se ad un voltaggio minore ⇒ progettare il dispositivo (l'elettronico) che funzioni

anche a $2.0V$ (oltre a $3.3V$)

Per determinare la capacità residua sembra + facile, ma interessa la parte finale della

curva → per predire quando sostituire. Oggi però abbiamo la possibilità di calcolare la

carica elettrica assorbita (stato x stato) ⇒ molto preciso: perché la determinazione del

quello di scarica dalla batteria è meno importante. Cmq l'olimpio viene ancora dato nel modo

vecchio perché ci sono errori sulla capacità iniziale.

Efficienza gravimetrica di energia minore che nelle batterie Li-I (e metal)

È un pol più spesso ($7.5mm$) della Li-I ma non molto

↳ gli Ico sono molto + spessi dei pm (il doppio)

Per gli stimolatori, il fabbisogno energetico è + alto del p.m. (correnti dell'ordine dei mA)

ma molto minore degli ICD \rightarrow fabbisogno intermedio.

Le batterie Li-I non vanno bene, e le Li-SIO ad elettrolita liquido sono esogene (efficienza bassa) e poco sicure

Dal 1985 si sono sviluppate celle per questi dispositivi \rightarrow celle LITHIO-SIO con elettrolita solido.

Catodo centrale (SIO aderito ad uno griglia), recoperto di un materiale poroso microporoso

Anodo di litio ^(treno) immerso in fase liquida

es. Efficienza maggiore del 80%, ma capacità doppia ed efficienza doppia rispetto alle Li-SIO liquide

Ci sono due curve di scarica: ottenute su correnti resistive molto diverse (16.5 k Ω , 300 Ω)

\rightarrow correnti dell'ordine: alcuni mA, o anche 200 μ A

possono funzionare in 2 modalità: stesso (50-100 μ A) senza stimolazione
stimolazione (qualche mA)

BATTERIA LITHIO/CFX ~ carbone fluorinato

non ha caratteristiche migliori del Li-SIO perché è stato trascurato

catodo centrale di carbone fluorinato (polvere + legante su uno griglia di nichel)

\rightarrow guscio di polipropilene.

Anodo: polvere di litio. Elettrolita liquido (litio in solvente organico)

Efficienza gravimetrica di energia + alta (0.33), tensione a vuoto di 3.3V, capacità elevata

La curva di scarica è molto piatta fino a fine vita. Resistenza interna: centomila di Ω .

Sto iniziando ad essere usato adesso, x ∞ è migliore delle LITHIO-SIO \rightarrow x stimolatori

Correnti dell'ordine delle centinaia di μ A di continuo

BATTERIA LITHIO/CLORURO DI TIONILUS

Anodo centrale di litio salutato da un non tessuto in fibra di vetro. Catodo: polvere di

carbone + legante su griglia di acciaio INOX. Elettrolita liquido (sali di litio in cloruro di stonite)

Non è molto diffusa, Tensione a vuoto alta: 3.6V. Curva di scarica: costante perfettamente

fino a fine vita, dove crolla la tensione (c'è un secondo plateau molto breve) molto velocemente.

Efficienza alta

\rightarrow poco tempo per coprire quando il dispositivo è attivato a fine vita.

\rightarrow molto usate in commercio ma non per dispositivi impiantabili

(non invenzione di nuovi)

Oggi \rightarrow migliorare le celle esistenti, x ∞ non ci sono dispositivi non ancora realizzabili perché

manca la batteria. Anche se si ipotizzano dispositivi molto piccoli non ancora

realizzabili, o dispositivi flessibili.

TELEALIMENTAZIONE

Trasferire dall'esterno del corpo umano energia d'OA

- per farlo funzionare per un tempo molto lungo (fino a tutto la vita del paziente)
→ può essere un dispositivo che funziona solo quando serve. (es. termometro impiantato)
riene attivato solo quando serve
- più ovvio dei momenti prevedibili di fatto (saggio energetico alto)
di lettura
(testo programmabile che comunica con l'esterno: consumo + alto es. da 10 a 100 μA)
→ si può usare la lettura di lettura per trasferire dati all'esterno ed energia all'interno
dai dispositivi sono fatti in questo modo, altri invece sono completamente autonomi

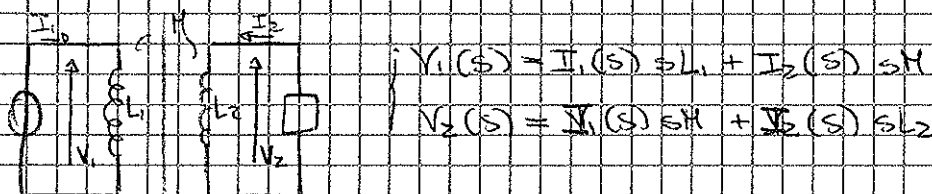
Come trasferire energia? Ci sono un certo numero di soluzioni, anche se alcune sono solo teoriche o di più sperimentale su animali (non vale su uomini) → me ramangono 2 (una mai fatto)

1. Mettere una cella fotovoltaica nel dispositivo impiantato, ed illuminarlo dall'esterno con un fascio di luce che attraversa i tessuti → ^{800-1000nm} infrarosso (per avere efficienza) è poco assorbito dai tessuti

Non è utilizzato perché consente di trasferire quelli di potenza bassi ed è poco efficienti

2. TRASFORMATORE INDUTTIVO

due induttori accoppiati → è possibile trasferire energia grazie all'accoppiamento magnetico. Primario all'esterno e secondario all'interno del corpo umano. Se sono vicini sono mutuamente accoppiati e trasferiscono energia



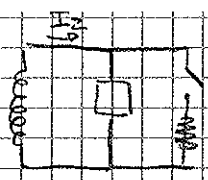
Consente di trasferire quelli di potenza sufficienti per trasferire dati poi all'esterno generatore (potrebbe essere sinusoidale) → in continuo il trasformatore non funziona

- se le frequenze sono basse, gli induttori devono avere valori elevati, e devono essere grandi
↳ meglio lavorare a frequenze alte per diminuire la dimensione degli induttori
- se le frequenze sono alte il campo magnetico variabile nel tempo genera un campo elettrico (Maxwell) → si generano correnti di conduzione nei tessuti tra primario e secondario e calore (ustioni, necrosi...)
↳ scende l'efficienza (il generatore deve garantire più potenza)
più alta è la frequenza, più le correnti sono elevate

⇒ si utilizzano frequenze da 10kHz a 1MHz a seconda dell'applicazione

Molti dispositivi usano questo metodo per comunicare con il dispositivo

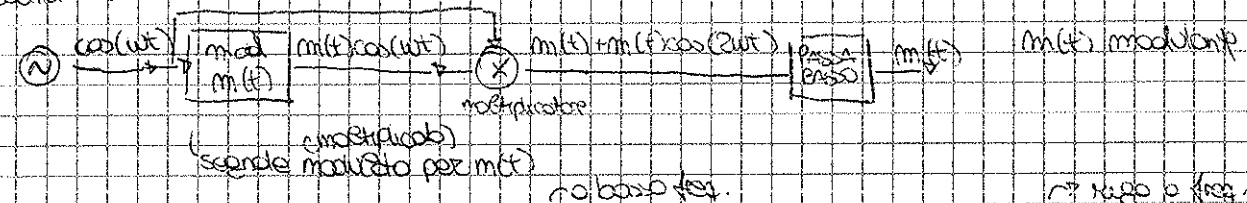
Caratteristico di essere in questa condizione: sia scorrendo I_1 e I_2 . Se I_2 cambia mentre I_1 resta costante cambia V_2 , ma cambia di conseguenza anche V_1 .



Aperto e chiudendo questo interruttore posso variare I_2 ; ma dato che E_1 tensione e primario risente delle variazioni di corrente o secondario, osservando V_1 posso avere informazioni sull'interruttore \rightarrow trasferisce informazioni dall'interno all'esterno

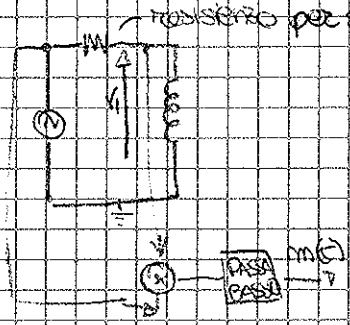
\Rightarrow PRINCIPIO DELLA IMPEDENZA RIFLESSA. Il problema è che le variazioni di V_1 sono molto piccole (simboli di piccola differenza tra i picchi) \rightarrow difficile distinguere

Se E_1 tensione di lettura si muove, varia $M \rightarrow$ varia $I_2 \rightarrow$ difficile discriminare le due variazioni oscillatore sinusoidale



Se le componenti frequenziali di $m(t)$ sono trascurabili rispetto a ωt , sono facilmente separabili. Con un filtro passabasso riesce ad ottenere il segnale modulante $m(t)$ (interruttore)

Tutto questo blocco è contenuto all'esterno, nella lettura gli lettura

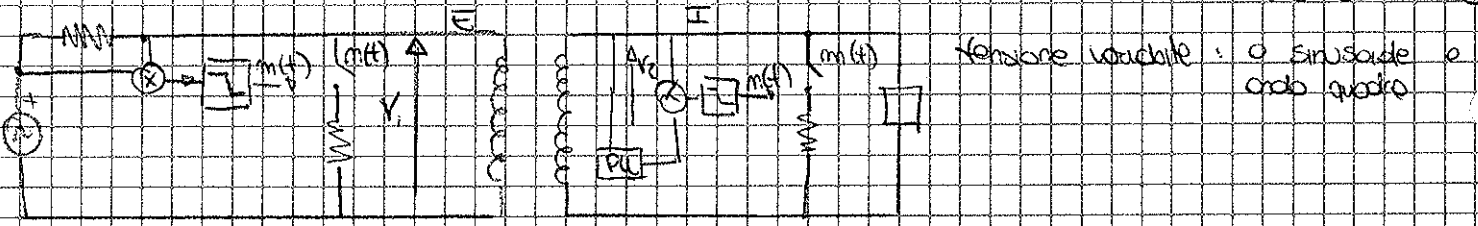


DEMODULAZIONE SINCRONA

Per usare questo metodo, uso veramente poca energia all'interno del corpo umano: devo solo aprire e chiudere un interruttore digitale.

Come trasferire informazione dall'esterno all'interno (es. programmare il dispositivo)

28-03-2012



Tensione variabile: 0 sinusoidale o onda quadrata

Trasferimento di energia è basato unicamente sul trasformatore induttivo.

Interruttore che permette di variare il carico o secondario \rightarrow varia la tensione V_1 e primario \Rightarrow trasferisce informazione dall'interno all'esterno

Ma noi vogliamo trasferire informazione anche nell'altro senso: dall'esterno all'interno (per programmare il dispositivo).

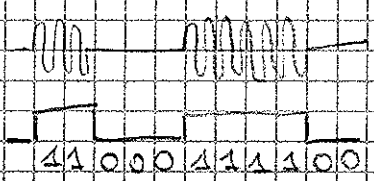
PROGRAMMATORE: dispositivo all'esterno del corpo umano che decide quando l'informazione viene

trasferita \rightarrow se avviene solo in un senso per volta \Rightarrow COMUNICAZIONE HALF DUPLEX

(la comunicazione telefonica è FULL DUPLEX)

Il primo modo per comunicare dall'esterno all'interno è usare lo stesso metodo di controllo. Il problema è cosa manda il moltiplicatore? manda il segnale di riferimento all'interno del corpo umano.

- mettere un generatore anche all'interno del dispositivo \rightarrow no! problema energetico; i due generatori interferiscono e la situazione si complica molto.
 - \rightarrow si potrebbe mettere un accumulatore per prendere energia e poi usarlo \rightarrow no!
- per dare un segnale all'interno del corpo uguale al riferimento si usa un oscillatore ad angolo di fase (PLL) \rightarrow genera un segnale di freq. desiderata, ampiezza costante e agganciato in fase \Rightarrow esatto replica o meno di un piccolo errore di fase.
 - \hookrightarrow questa è la strategia + seguita.
- in passato veniva modificato il generatore per errore dei pacchetti di oscillazioni. (il cui dato era l'informazione).



il problema di questa soluzione è che quando trasmetto gli ϕ non c'è trasferimento di energia all'interno. \hookrightarrow un tempo è sostituito lo ϕ con una sinusoidale in controfase. (ce ne sono altri metodi.)

Oggi si utilizza un trasformatore induttivo e un doppio circuito modulatore e demodulatore sincrono all'interno e all'esterno. Però su alcuni dispositivi questo metodo sta scomparendo: come un cordone di info verso l'esterno non basato sugli induttori; es. uno stimolatore per il controllo del tremore (parkinson) \rightarrow il paziente deve poter intervenire sullo stimolatore: accenderlo, spegnerlo, modificare la corrente (\rightarrow avere una specie di telecomando) comunicare ad una distanza delle decine di cm \rightarrow ricevitore a microonde e radiofrequenza: attraverso un campo elettrico (antenne piastre) (frequenze superiori a GHz, vicino alla banda di fase del cervello) \Rightarrow quando è stato sviluppata questa tecnologia, da 12 anni anche i dispositivi cardiologici (ICD, pmi) hanno questo cordone di informazioni (radiofreq.). Usano ancora la lettura di lettura per trasferire energia per far funzionare.

TELECONTROLLO (CONTROLLO REMOTO): controllo periodico con una certa frequenza (3-6 mesi) presso un centro ospedaliero \rightarrow visita + lettura memoria del dispositivo \rightarrow costo economico per il paziente ma anche per l'ospedale. \Rightarrow si potrebbe avere un controllo remoto del dispositivo: con un comunicatore, nel raggio di 2-3 metri, trasferisce info dal DIA al centro remoto (radiofrequenza e poi telefono) \rightarrow consente di ridurre le visite all'ospedale controllando chi il dispositivo.

ci sono condizioni patologiche in cui il dispositivo deve essere attivato es. 2-3 minuti 5-6 volte al giorno. \rightarrow è poco efficace sfruttare una sorgente energetica interna; una scorta di max. induttivo sarebbe molto utile \Rightarrow non ci sono ancora, ma si stanno studiando.