



Sistemi di Energy Harvesting e telealimentazione da radiazione elettromagnetica a RF per wireless sensor network

Alessandro Bertacchini

alessandro.bertacchini@unimore.it



Sommario

- Concetti base sull'Energy Harvesting (EH)
 - Fonti energetiche utilizzabili
 - Architettura di un sistema di EH
- Applicazioni di sistemi di EH
 - Nuovi campi applicativi
 - Wireless Sensor Networks (WSN) & Body Nets
- Sistema di EH da RF (esempio applicativo)
- Sistema di EH da EM (esempio applicativo)



Energy Harvesting (EH)

Cos'è?



Energy Harvesting (Energy Scavenging) è il processo per cui l'**energia è catturata e immagazzinata**.

Perchè per sensori wireless?

È una soluzione per **estendere la durata delle batterie** e dove possibile **sostituire le batterie** in un ampio range di applicazioni ULP (Ultra Low Power), non solo WSN

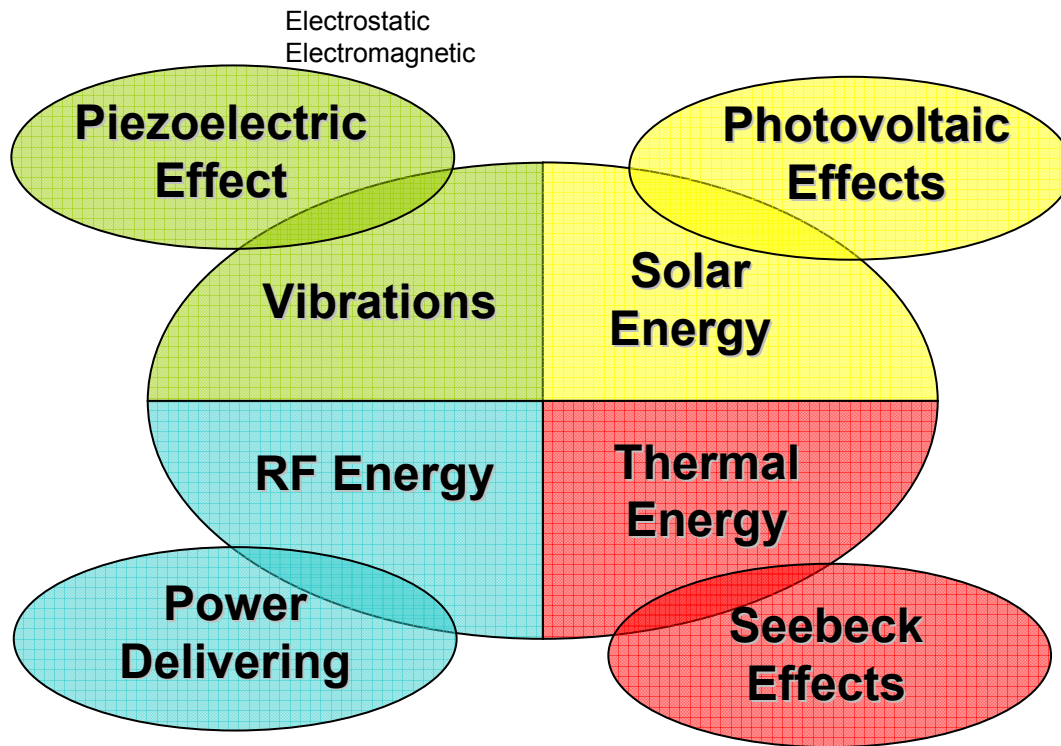
- Dispositivi portatili come MP3, cellulari, ecc...

Da quali sorgenti?

Fonti d'energia **Rinnovabili**



Energy Harvesting da quali fonti??



Energy Source	Harvested Power
Vibration/Motion	
Human	4 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Industry	100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Temperature Difference	
Human	25 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Industry	1–10 mW/cm^2
Light	
Indoor	10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
Outdoor	10 mW/cm^2
RF	
GSM	0.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
WiFi	0.001 mW/cm^2

Source: Texas Instruments, 2009



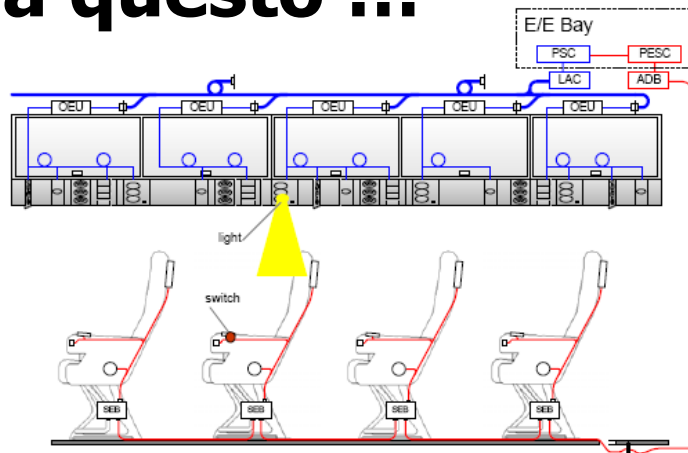
Energy Harvesting NON è nuovo !!





Nuovi campi di applicazione di sistemi di EH - AREONAUTICA

Da questo ...



- Complesso
- Costoso
- Pesante

... A questo

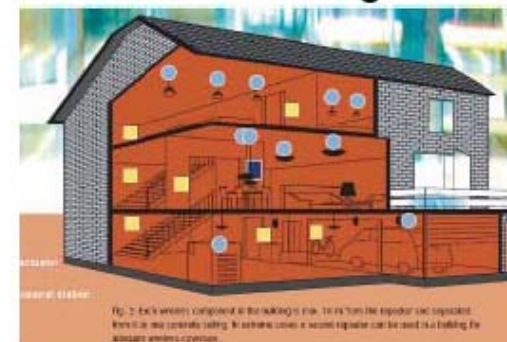
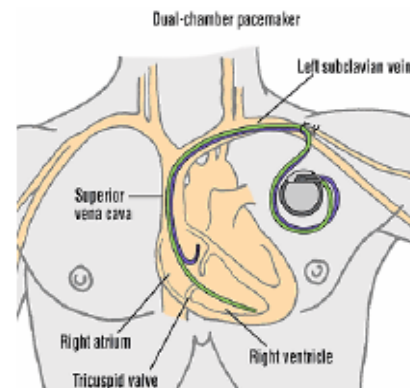
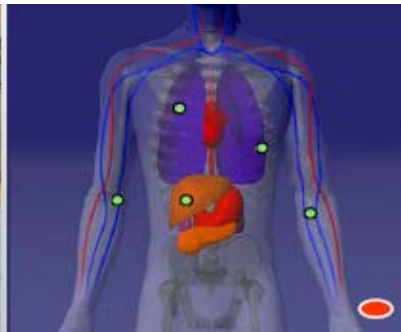


- Ogni posto a sedere è una mini WSN



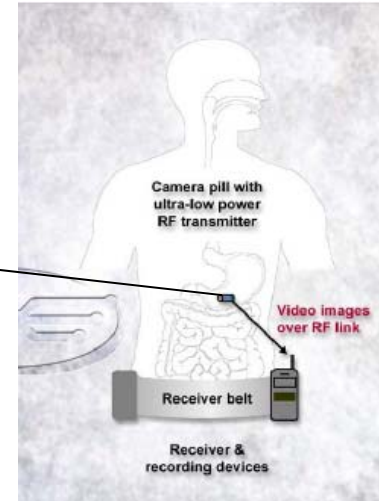
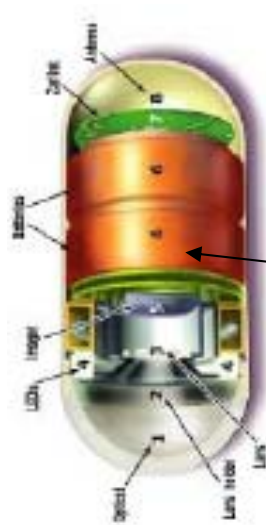
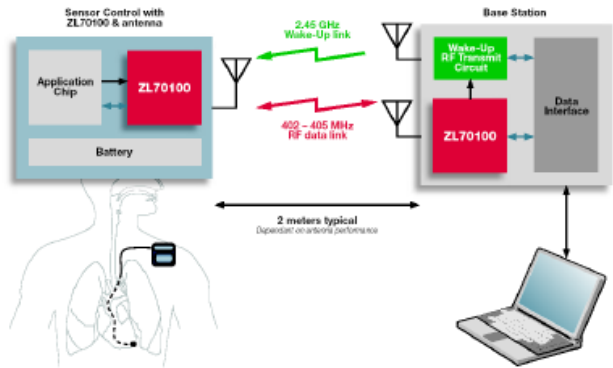
Nuovi campi di applicazione di sistemi di EH - WSN & Body Nets

- Monitoraggio Strutturale
- Domotica (Smart building)
- Monitoraggio Remoto di pazienti
- Sistemi alimentati 24h/24h
7gg/7gg





Nuovi campi di applicazione di sistemi di EH - BIOMEDICALE



Problemi

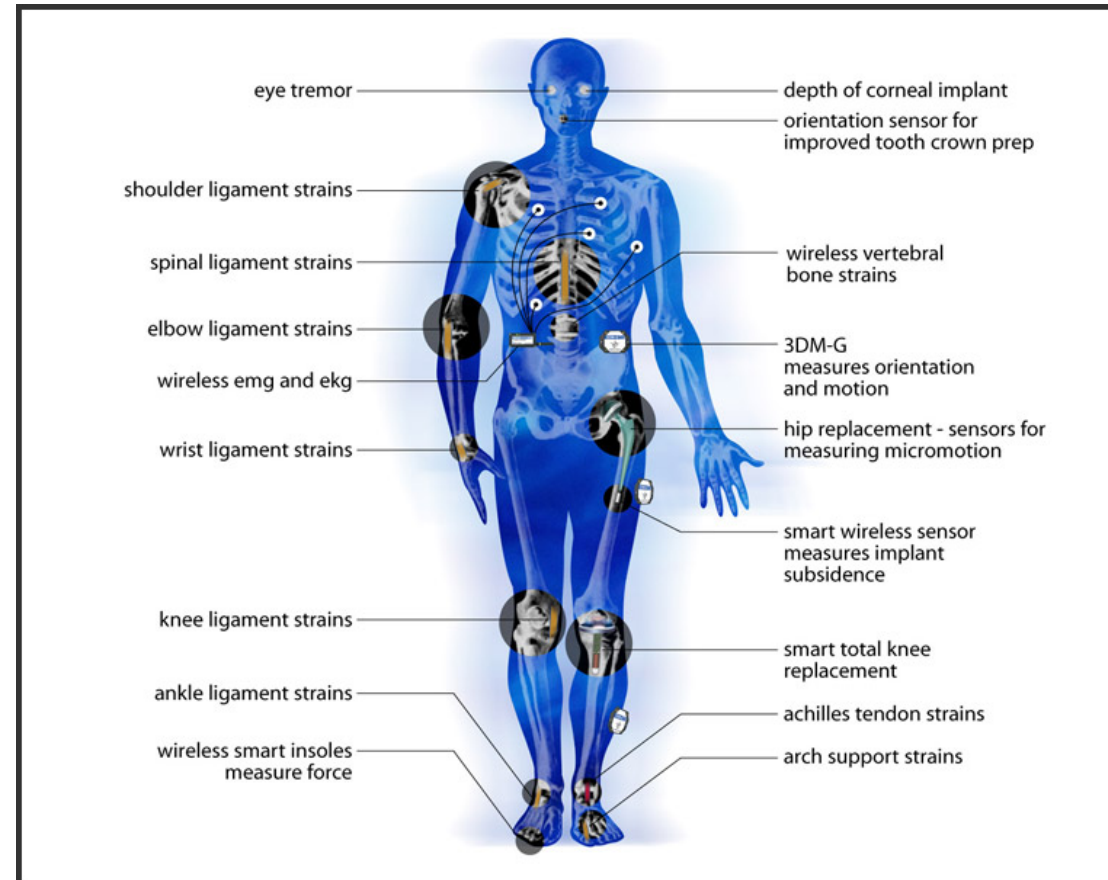
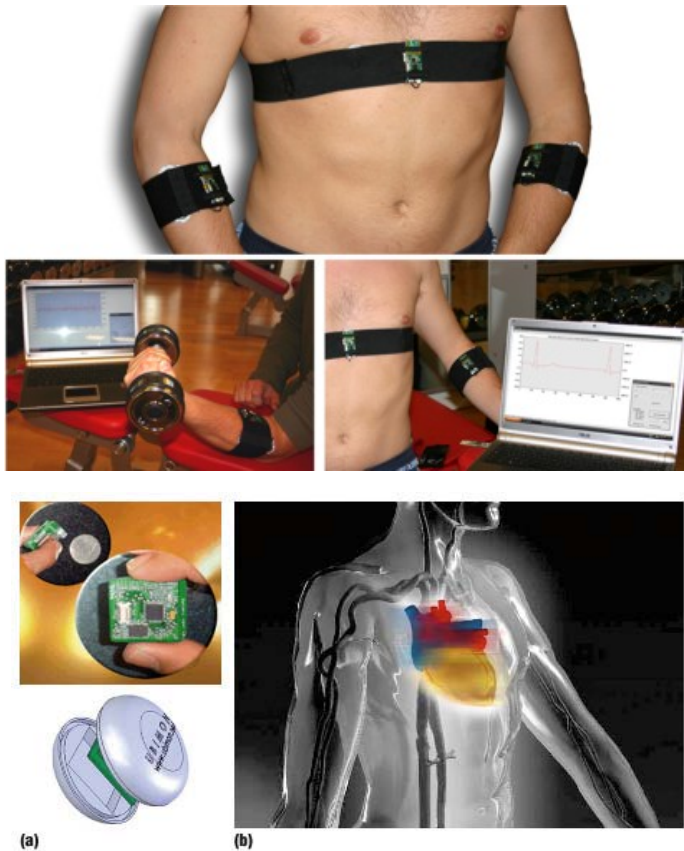
- Autonomia delle batterie
- Batterie sono tossiche

Soluzioni

- Energia raccolta dal corpo umano
- **Energia RF**



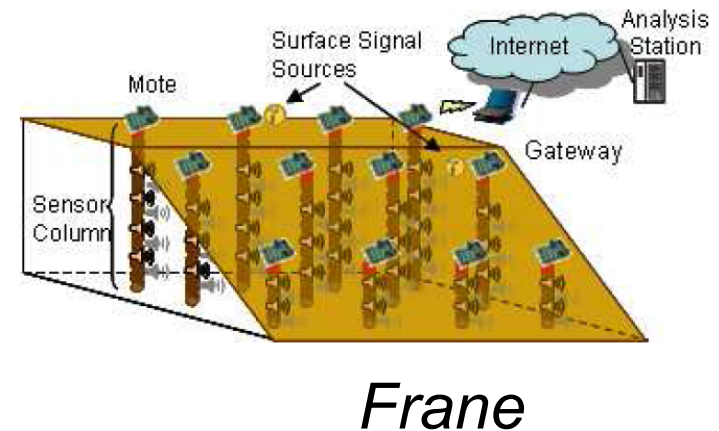
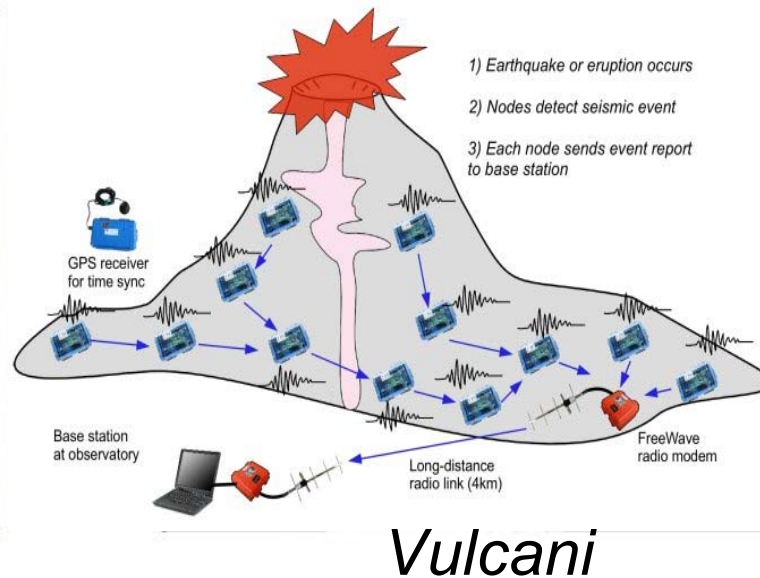
Applicazioni di WSNs – Body Net (HEALTHCARE)





Nuovi campi di applicazione di sistemi di EH - WSN & Body Nets

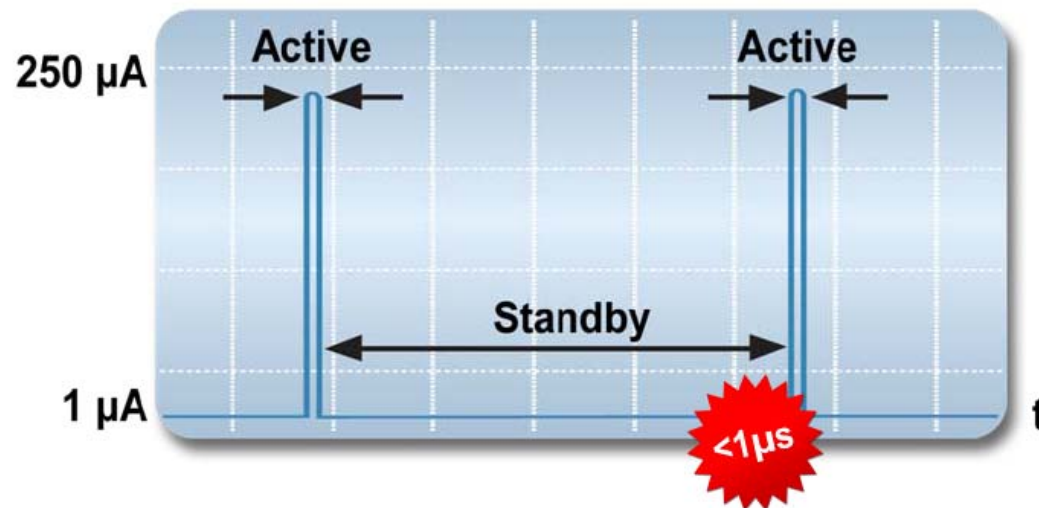
- Monitoraggio Ambientale
 - Luoghi pericolosi per l'operatore
 - Manutenzione costosa





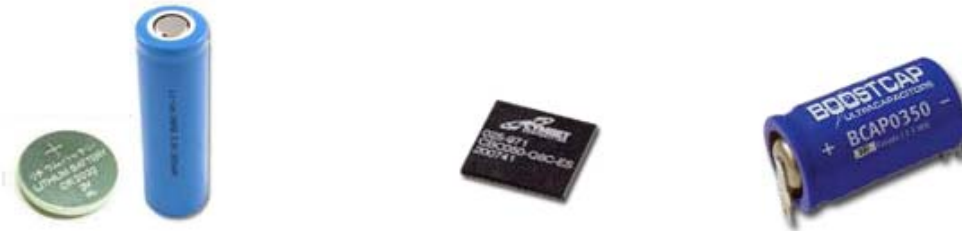
Caratteristiche comuni

- Connettività Wireless
- Basso Duty Cycle
- Basso Data Rate
- Consumo ULP





Come sono alimentati i sensori di WSN oggi?



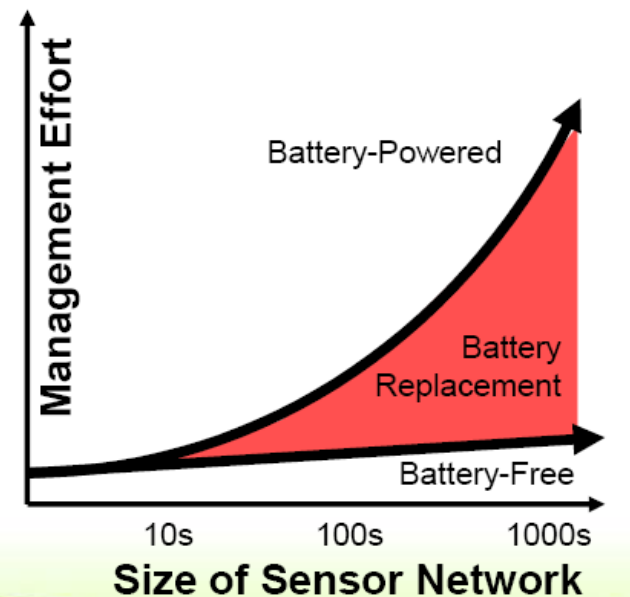
	Li-Ion	Thin Film Rechargeable	Super Cap
Recharge Cycles	100s	5k-10k	Millions
Self Discharge	Moderate	Negligible	High
Charge Time	Hours	Minutes	Sec-Minutes
SMT & Reflow	Poor-None	Good	Poor
Physical Size	Large	Small	Medium
Capacity	0.3-2500mAHr	12-700uAHr	10-100uAHr
Environmental Impact	High	Minimal	Minimal

Source: Texas Instruments, 2009



Perchè Energy Harvesting per WSN?

- Potenza di calcolo raddoppia ogni **2 anni**
- Capacità delle batterie raddoppia ogni **10 anni**
 - alto impatto ambientale
 - alti costi di sostituzione



C'è bisogno di un sistema più efficiente per aumentare la durata delle batterie



Compromessi legati a sistemi di EH



- No cavi di alimentazione
- Installazioni facili
- Poca manutenzione
- Eco-compatibili
- Lunghi tempi di funzionamento



- Dipendono dalla disponibilità di energia disponibile
- Budget di potenza molto limitati
- Tecnologia non ancora matura



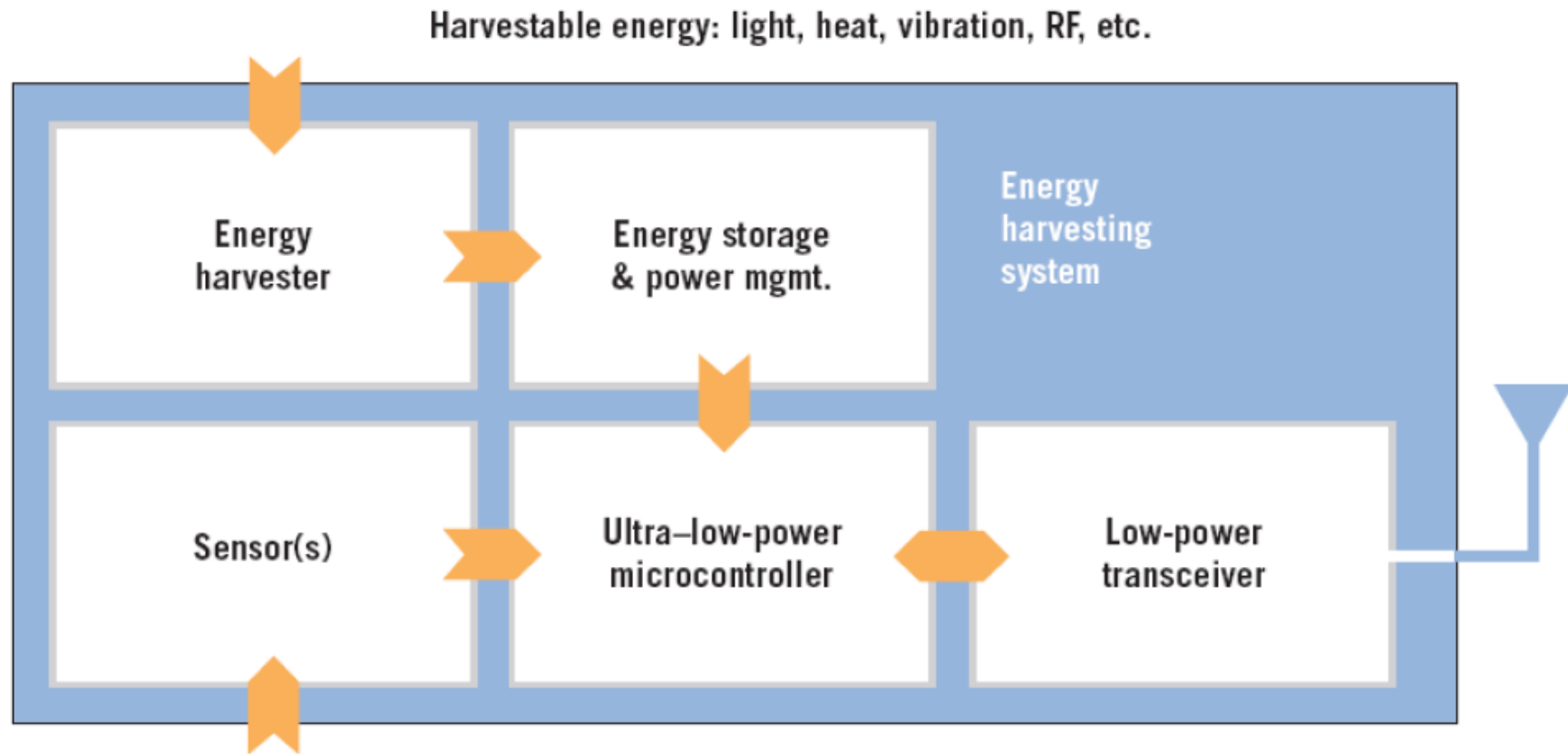
Quando ha senso Energy Harvesting?

- Esiste energia che è possibile raccogliere
- Esistono difficoltà di installazione e di alimentazione dei dispositivi
- Dispositivi difficili da raggiungere in caso di manutenzione
- Cavi troppo costosi
- Molti dispositivi
- E' richiesto un alto grado di ECO-compatibilità
- E' richiesto un tempo di vita dell' dispositivo molto lungo

Confrontato con l'uso di batterie, l' EH ha senso solo quando uno o più di questi fattori sono verificati



Schema a blocchi di Sistemi di EH





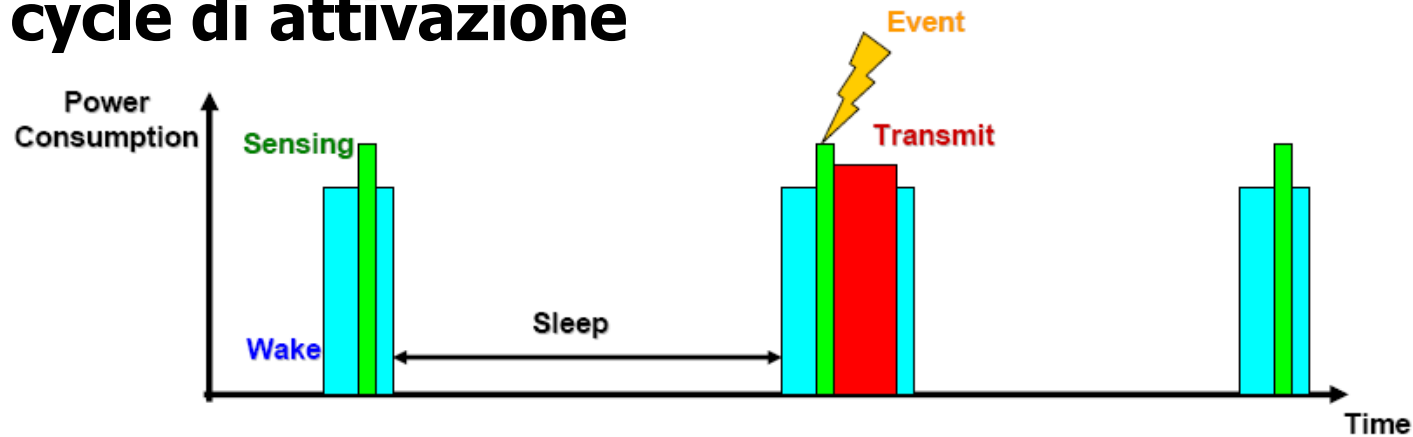
Progettare un sistema di EH

- Budget di potenza dell'applicazione e **Power Management**
 - Consumo di potenza di picco e consumo in stand-by
 - Stima del **duty cycle** con cui posso raccogliere energia nell'ambiente di funzionamento
 - **P_{in} vs. P_{out}** (*efficienza*)
- Sorgenti d'energia disponibili
- Come immagazzinare energia raccolta?
- Condizioni di funzionamento del sistema

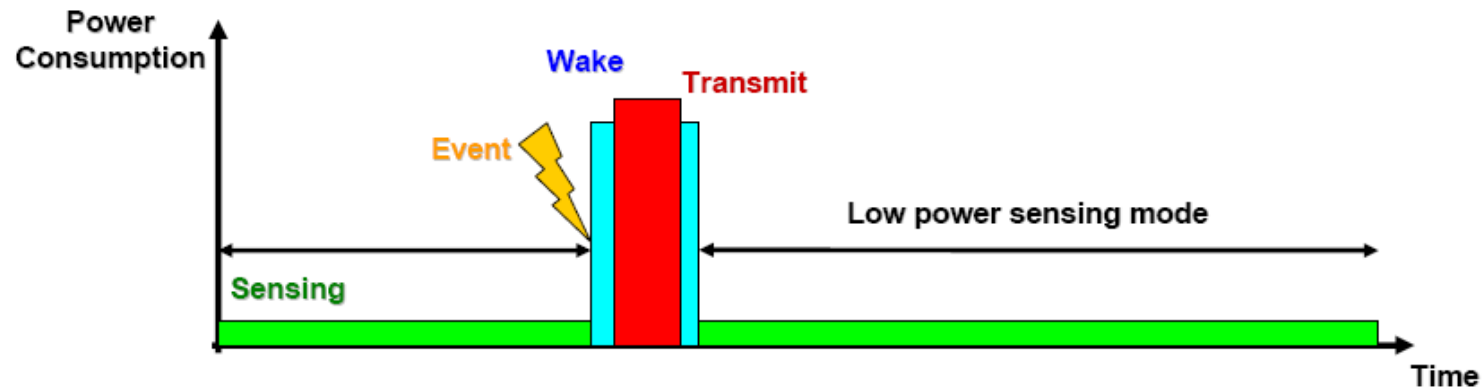


Power management – 1

Duty cycle di attivazione



Radio triggering o event driven wake

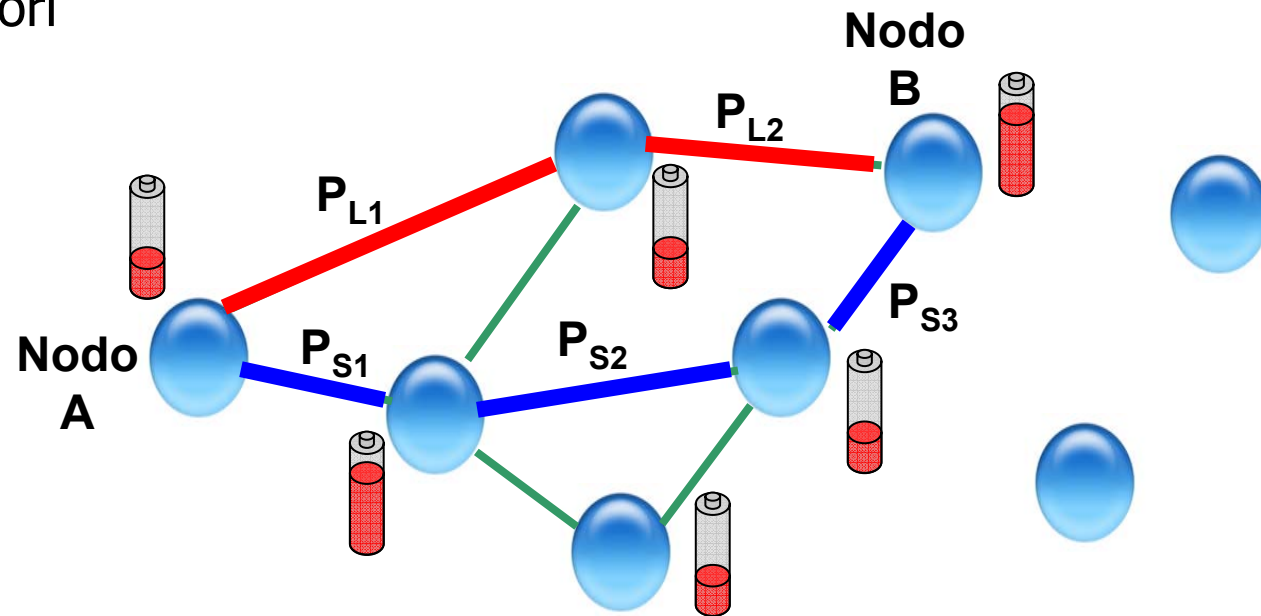




Power management – 2

Quale percorso "ottimo" da A a B?

- Algoritmi di gestione dei nodi per power saving
- Protocolli di trasmissione per power saving
 - Minimizzare il consumo medio di potenza all'interno dell'intera rete di sensori



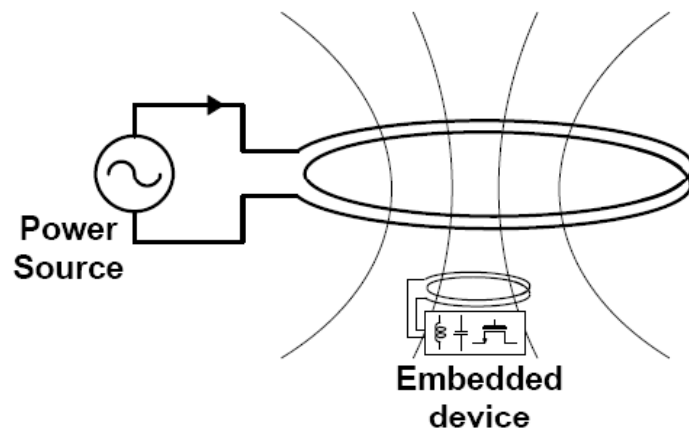


Sistemi di EH da EM e RF

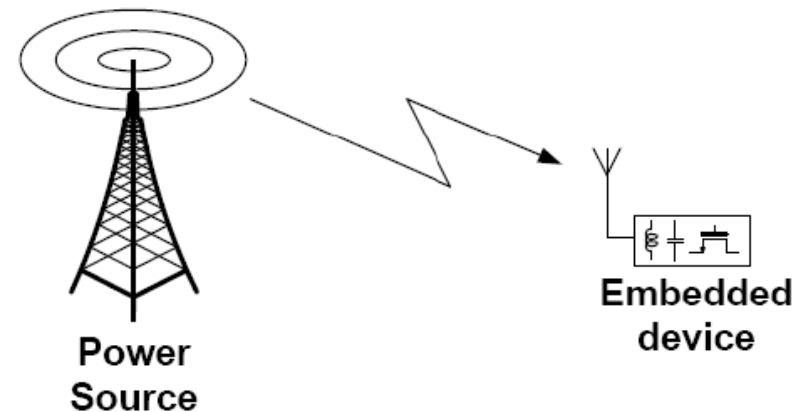
L'idea base è quella di fornire l'alimentazione al dispositivo attraverso

- la generazione di un campo elettro-magnetico
- l'utilizzo di rumore RF presente nell'ambiente
- **la generazione di segnali RF appositi (*power delivery*)**

Short Range → EM Coupling

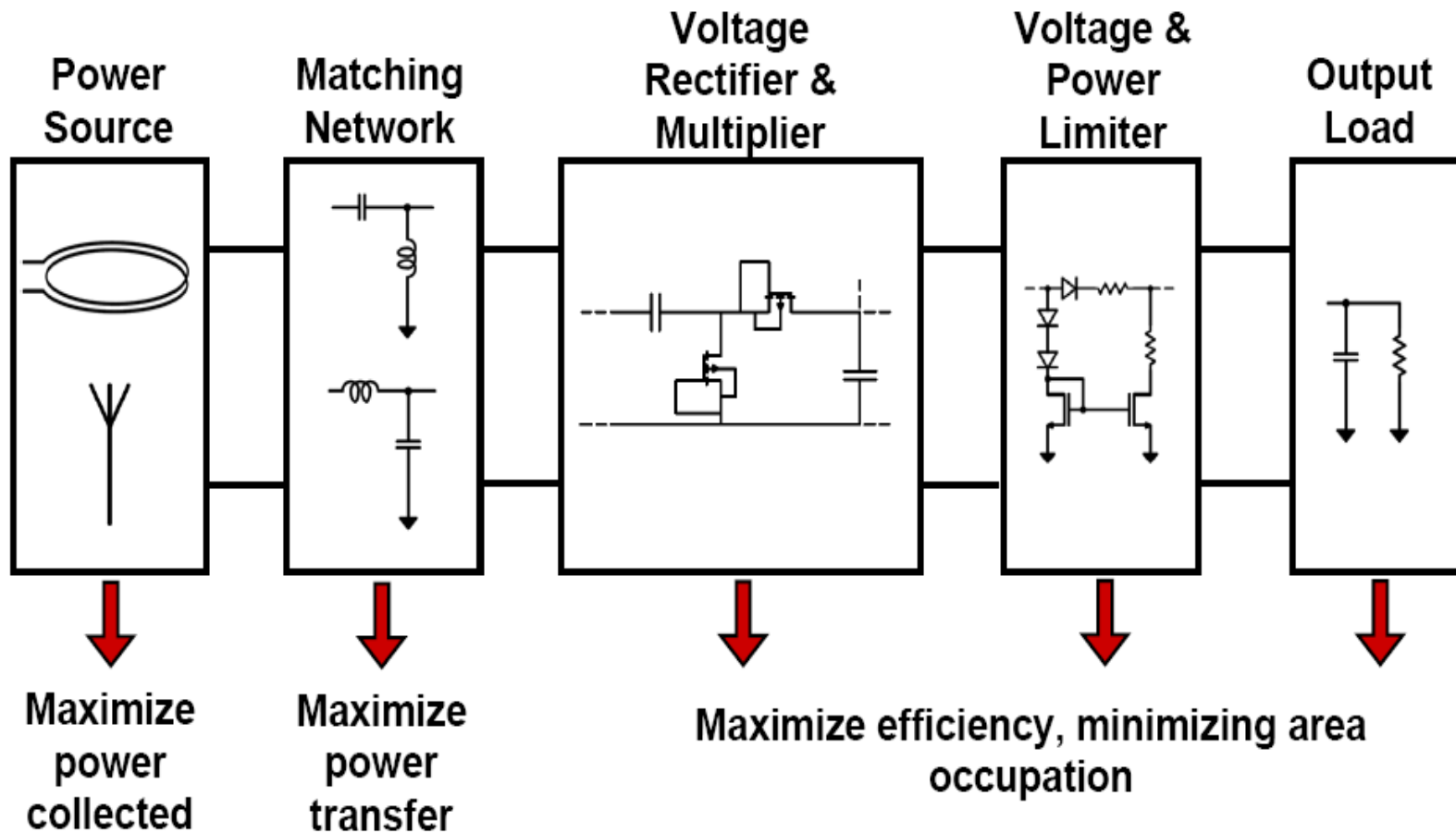


Long Range → RF



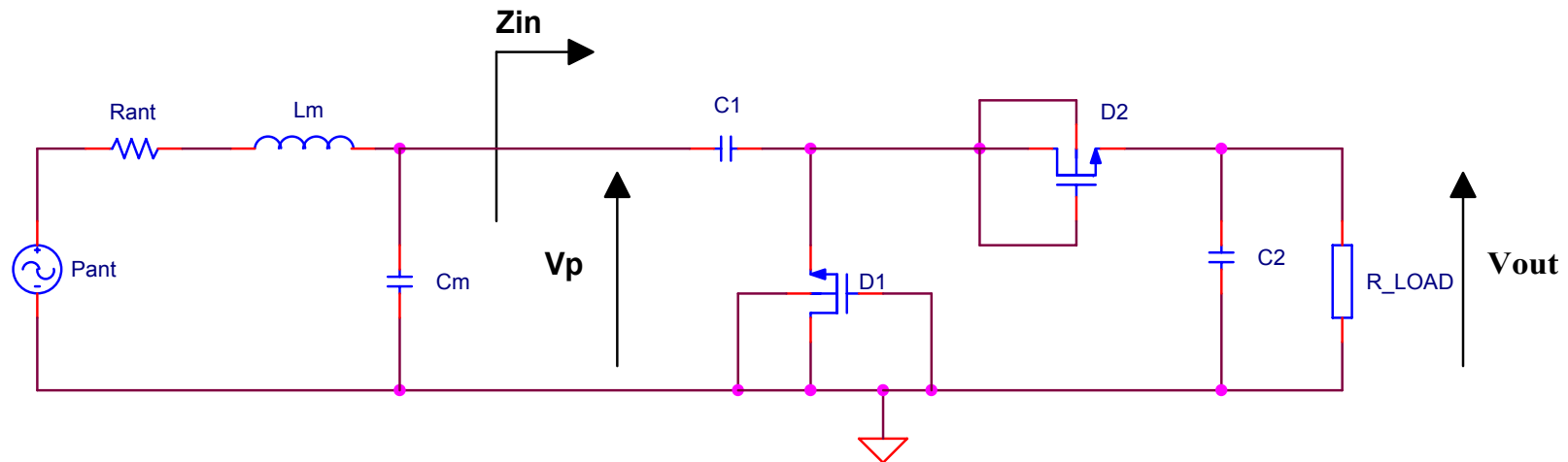


Sistemi di EH da EM e RF – Architettura





Case Study 1: Sistema EH a 868MHz

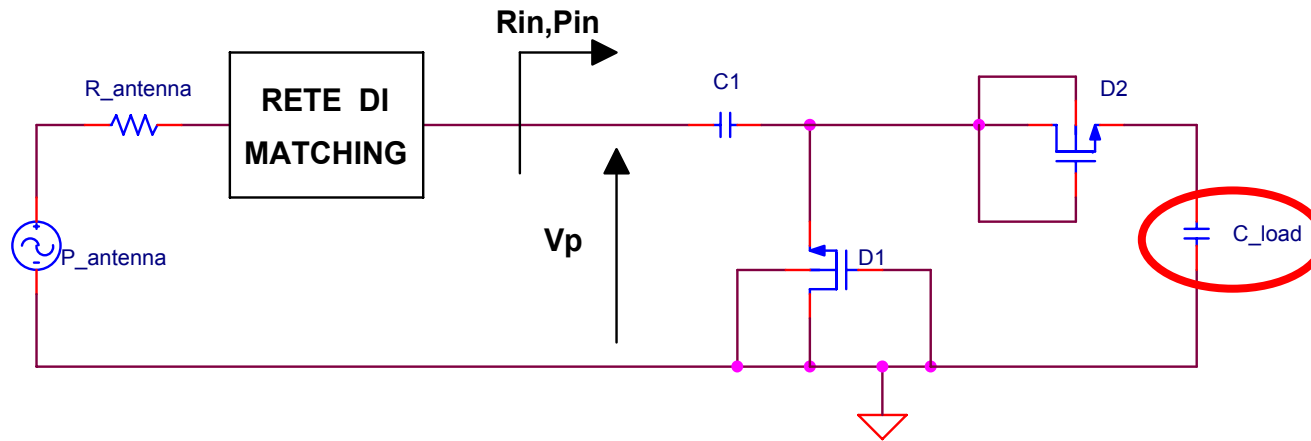


PARAMETRI LIBERI DI PROGETTO:

- Resistenza d'antenna R_{ant} (solo se si usano Antenne custom)
- Rapporto di forma dei transistor (W/L)
- Numero di stadi del moltiplicatore raddrizzatore (ns)



Ottimizzazione del circuito in regime transitorio



- Il circuito difficilmente lavora a regime
 - Applicazione fa cambiare continuamente R_{in}
- Per sopperire a questo si utilizza un buffer energetico (Cap, SuperCap)

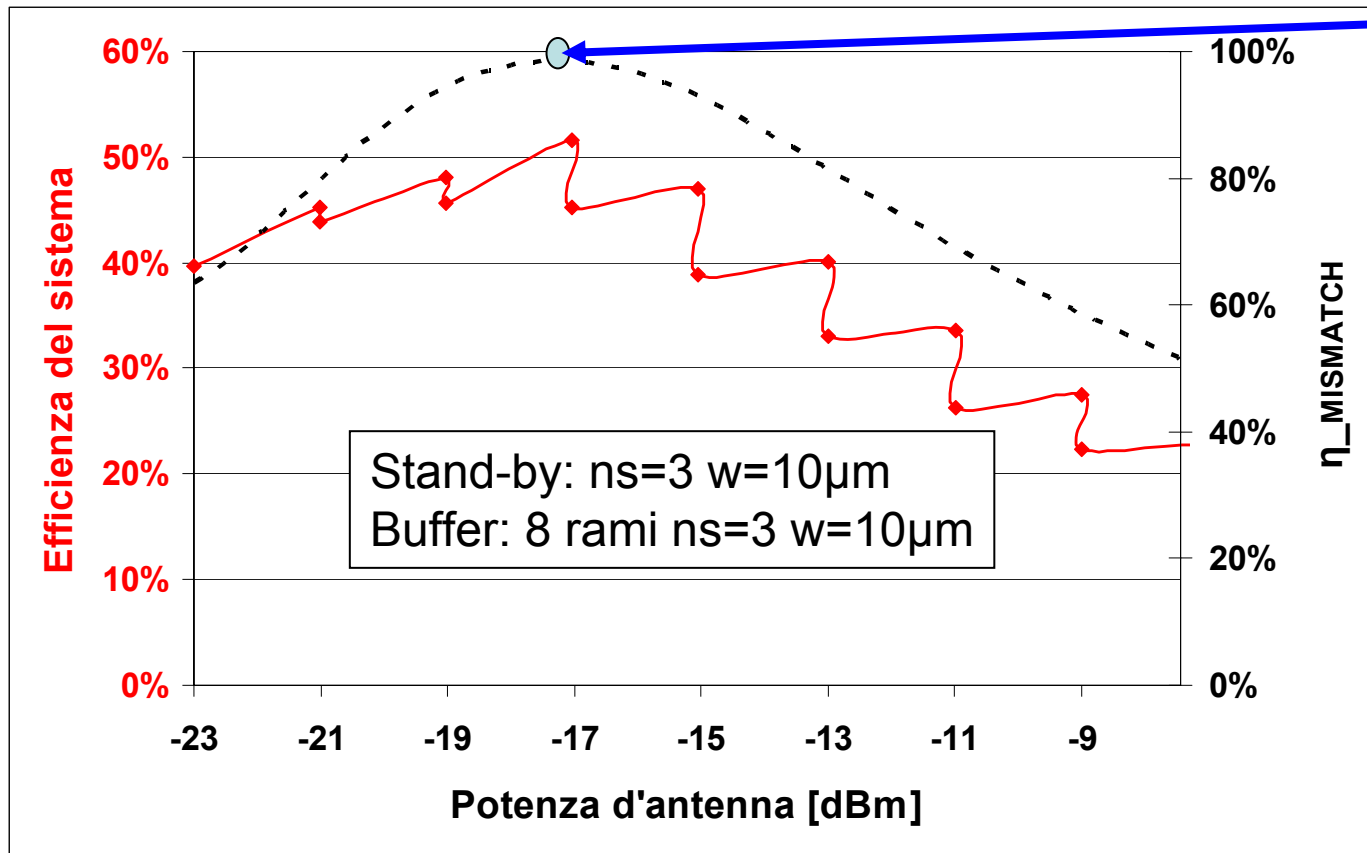


Realizzazione pratica di circuito di RF harvesting

- Il sistema da realizzare deve essere in grado di alimentare un nodo con TI MSP430
 - V_{DD} : 2V÷3.6V
 - $I_{STAND-BY}$: 1.1μA
 - I_{ON} : 21mA
 - t_{ON} : 20ms
- Deve svolgere 2 funzioni principali
 - FORNIRE L'ALIMENTAZIONE IN STAND-BY
 - IMMAGAZZINARE ENERGIA RACCOLTA IN ECCESSO (implementazione di energy buffer)



Efficienza Calcolata in simulazione

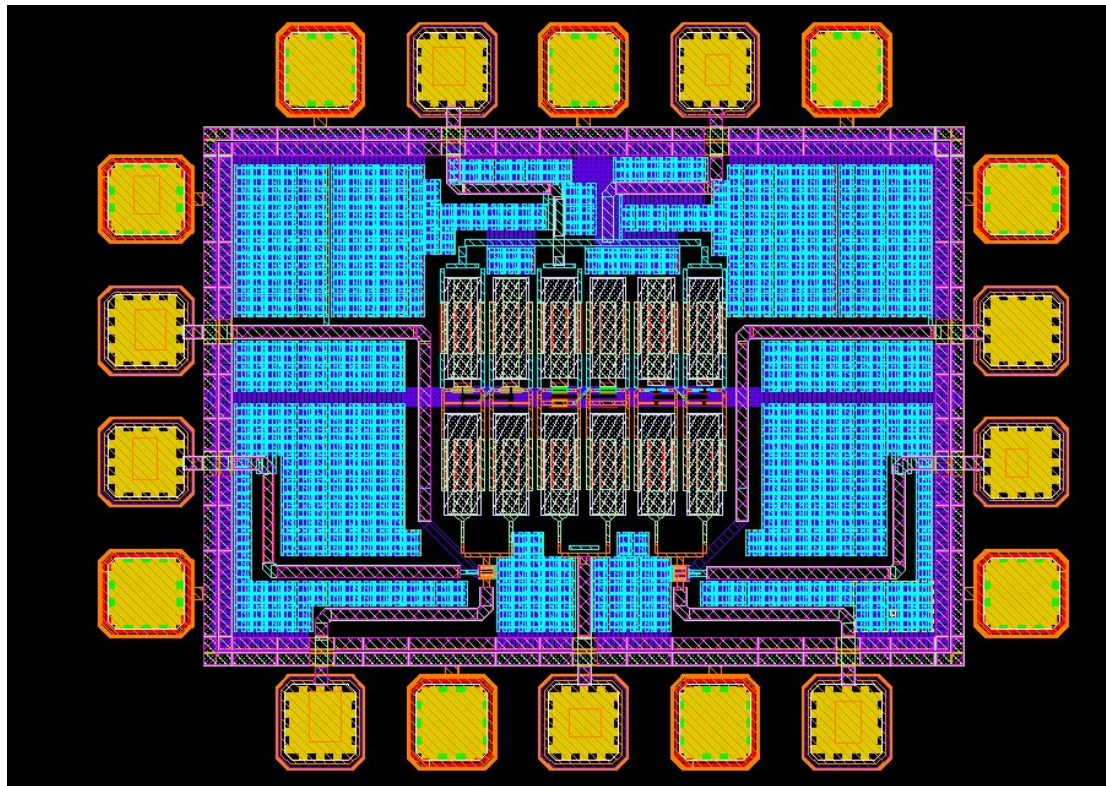


Picco di matching selezionabile in base all'applicazione



Layout del IC realizzato

Stadio stand-by + 2 stadi di immagazzinamento



Ic attualmente in fase
di realizzazione
Test a feb '10 (stima)



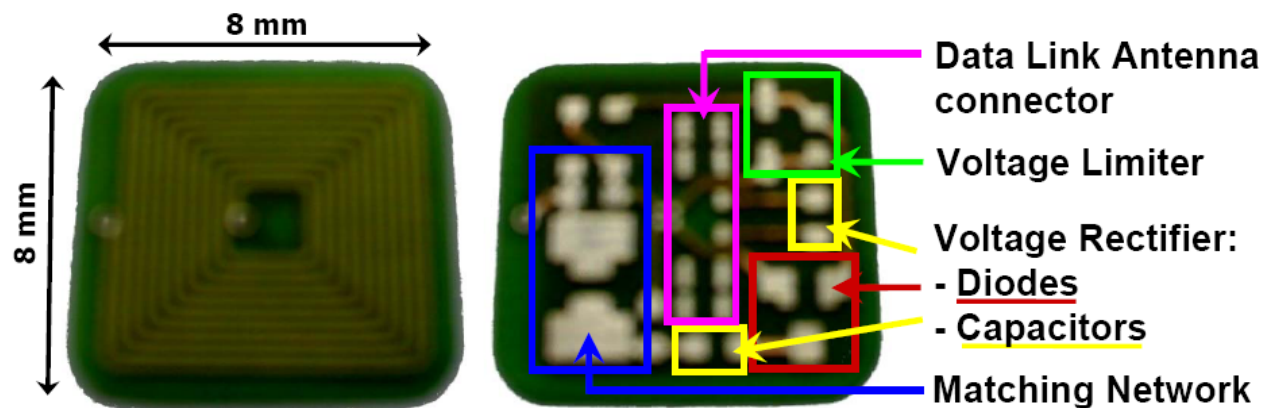
Case Study 2: Rettificatore di tensione per applicazioni bio-impiantabili

E' stato realizzato un rettificatore di tensione alimentato attraverso un link induttivo in grado di fornire l'alimentazione a dispositivi bio-impiantabili per il monitoraggio dell'attività

Specifiche:

- Inductive link frequency: 1 MHz
- Output Voltage: 2.2V
- Output Ripple: < 50 mV
- Output Power: 10 mW

**Efficienza
superiore al
60% nel range
1÷10 mW**





Grazie per l'attenzione !!

Alessandro Bertacchini

Università di Modena e Reggio Emilia, DISMI – Pad. Morselli

Via G. Amendola, 2 – 42122 Reggio Emilia Italy

Email: **alessandro.bertacchini@unimore.it**

Phone: +39 0522 522646

Fax: +39 0522 522609