

Internet of Things

Lecture 2 - Wireless Sensor Networks



<http://dilbert.com/strips/comic/2010-04-24/>

Moore

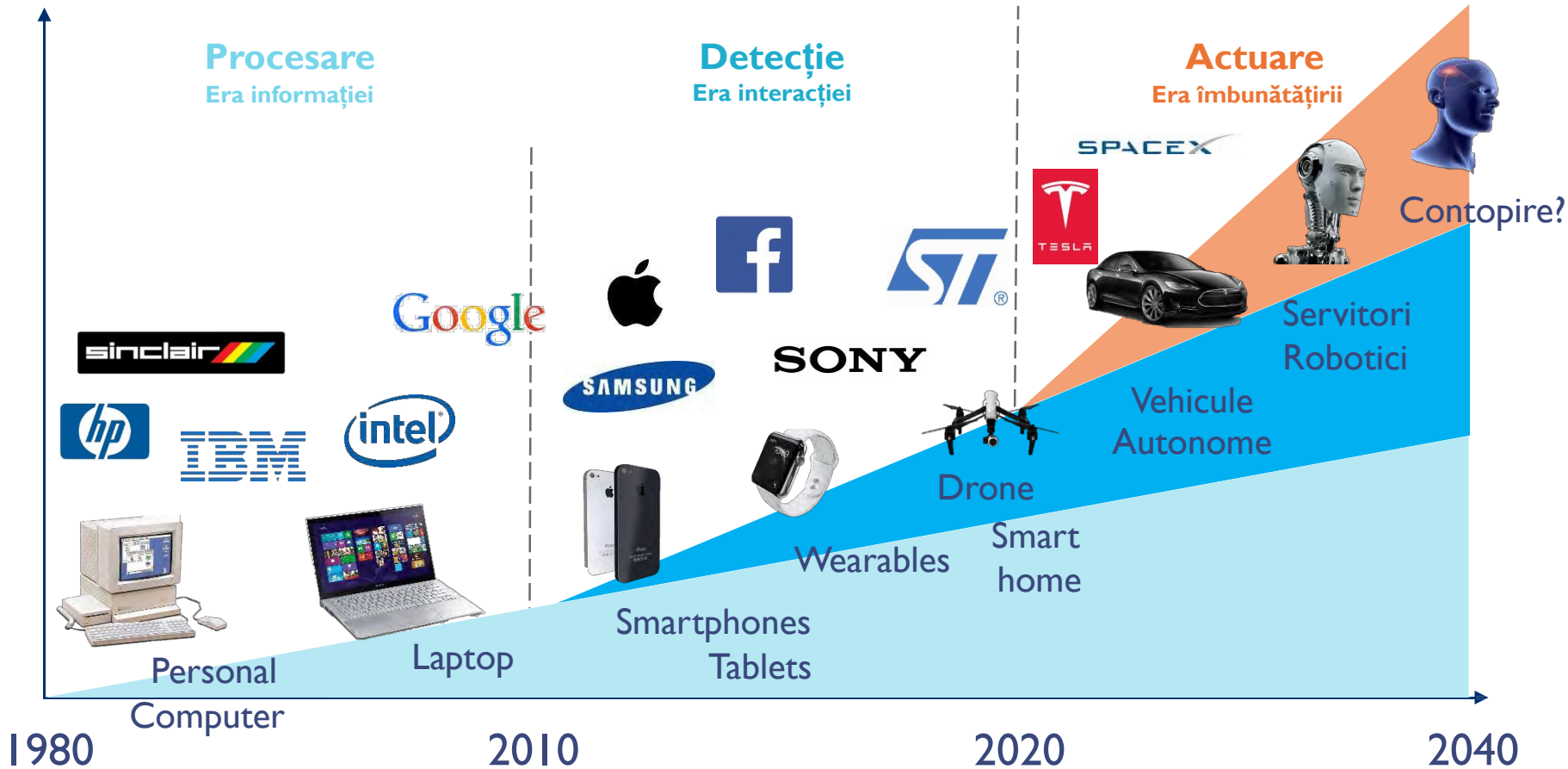
Procesare
Era informației

More than Moore

Detecție
Era interacției

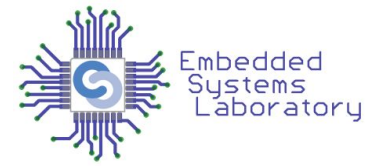
Beyond Moore

Actuare
Era îmbunătățirii



Creștere exponențială

Hype Cycle



Hype Cycle for Emerging Technologies, 2021



gartner.com

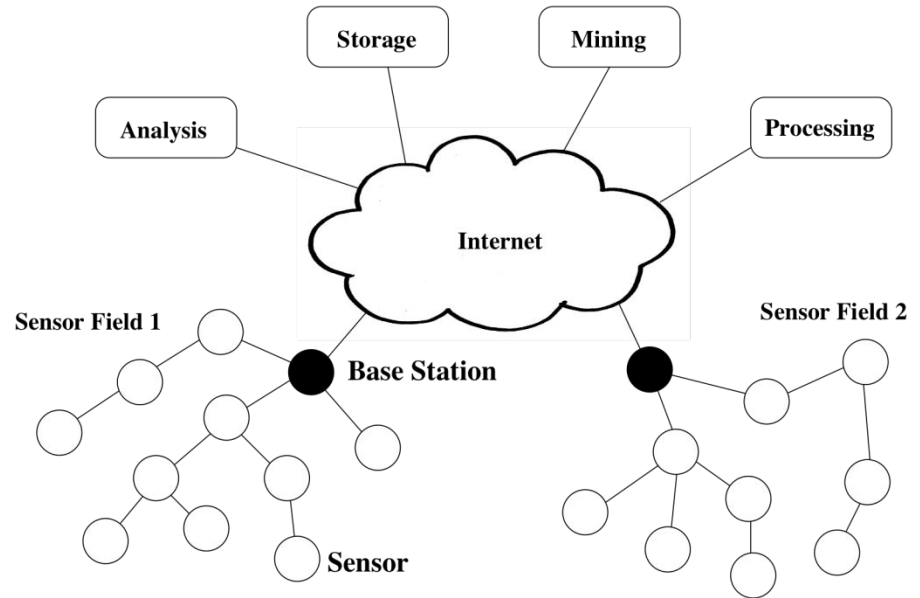
Source: Gartner
© 2021 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner and Hype Cycle are registered trademarks of Gartner, Inc. and its affiliates in the U.S. 1448000

Gartner

Wireless Sensor Networks

- O colecție de noduri senzoriale
- Formează o rețea
- Monitorizează parametrii din mediu

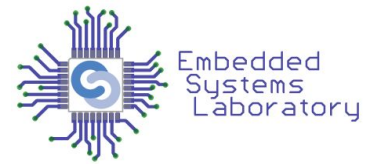
- Topologie ierarhică
- Gateway/base station
- Soluții cloud pentru stocare, analiză, procesare



- WSN:
 - Un număr mare de noduri răspândite pe zone extinse
 - Îmbunătățiri în domeniul fiabilității și reducerea consumului de energie
 - Capacități crescute de calcul și stocare.
- Smart Dust
 - Nodurile dintr-o rețea WSN vor ajunge la dimensiuni microscopice (grăunte de praf)

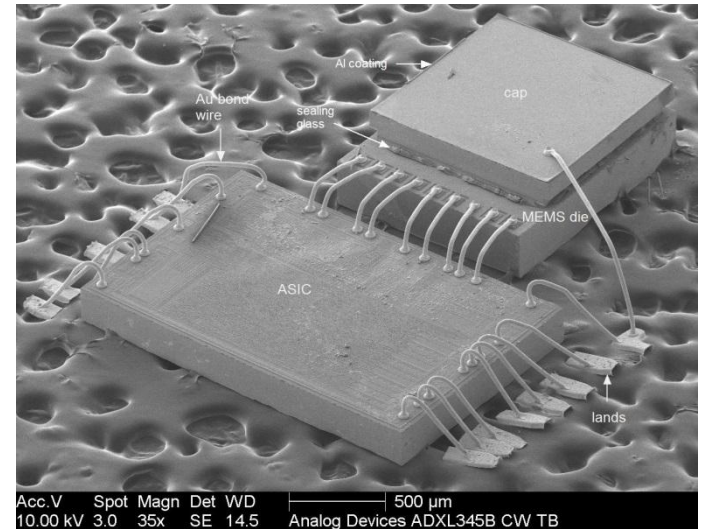
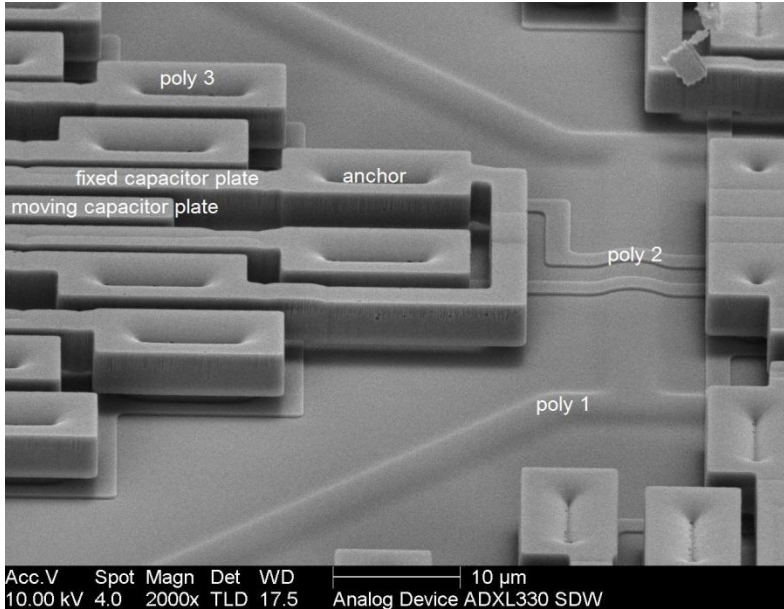
- DARPA:
 - Distributed Sensor Nets Workshop (1978)
 - Distributed Sensor Networks (DSN) program (early 1980s)
 - Sensor Information Technology (SensIT) program
- UCLA and Rockwell Science Center
 - Wireless Integrated Network Sensors (WINS)
 - Low Power Wireless Integrated Microsensor (LWIM) (1996)
- UC-Berkeley
 - Smart Dust project (1999)
 - Conceptul de “**mot**es”: noduri senzoriale extrem de mici
- Berkeley Wireless Research Center (BWRC)
 - PicoRadio project (2000)
- MIT
 - μ AMPS (micro-Adaptive Multidomain Power-aware Sensors) (2005)

Cum am ajuns aici?



- Dezvoltarea tehnologiei wireless
 - MEMS, VLSI
 - Bandwidth explosion
- Schimbări culturale și de legislație
 - Dispozitivele wireless sunt peste tot și oamenii sunt din ce în ce mai receptivi la noi aplicații
 - Conceptul de rețea (nu numai de date) este unul de bază în societatea noastră
 - Open source
- Computer Science
 - Teoria rețelelor, sistemelor de operare
 - Compilatoare ieftine și universal disponibile

Accelerometre, magnetometre, giroscoape, microfoane, difuzoare etc.



What is a Mote?

- **mote** *noun [C] LITERARY*
something, especially a bit of dust, that is so small it is almost impossible to see
---Cambridge Advanced Learner's Dictionary

Evoluția platformei senzoriale hardware (Berkeley)

WeC 1/00



Rene 11/00



Mica 1/02



Mica2 9/02



Mica2dot 9/02

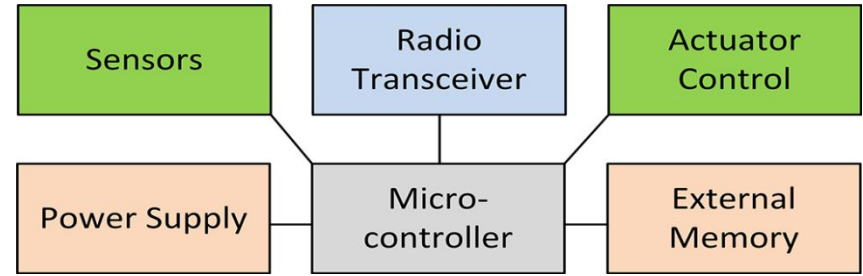


SPEC 5/03



Componentele unui nod

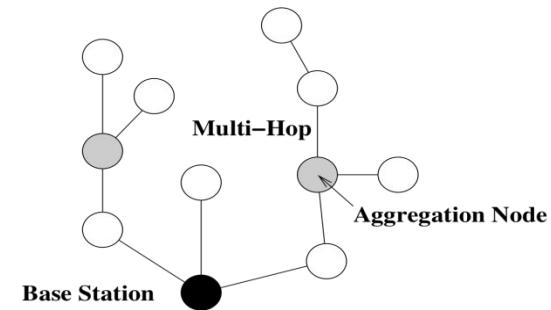
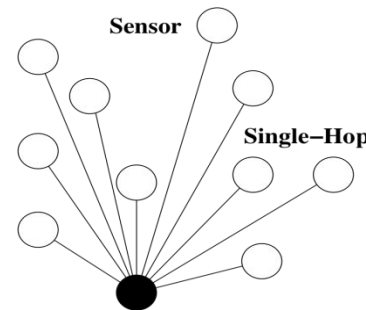
- Procesor low-power.
 - Putere de calcul limitată
- Memorie.
 - Capacitate limitată.
- Radio.
 - Low-power.
 - Viteza de transmisie mică.
 - Distanța de emisie redusă.
- Senzori.
 - Scalari: temperatură, lumină, etc.
 - Camere video, microfoane etc.
- Sursă de alimentare.



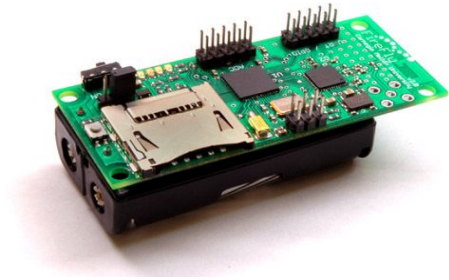
- Caracteristicile unui WSN tipic:
 - low data rate (comparabil cu un modem dial-up)
 - domeniu cu puternice constrângeri de energie
- Standardul IEEE 802.11 (Wi-Fi)
 - Cel mai răspândit pentru comunicația wireless
 - Pentru noduri fără constrângeri stringente de energie
- IEEE 802.15.4 este un standard pentru comunicația pe rază scurtă, proiectat special pentru rețelele WSN
 - low data rate
 - low power consumption
 - utilizare la scară largă în WSN academic sau soluții comerciale

Single-Hop versus Multi-Hop

- Topologie stea:
 - Fiecare senzor comunică direct (single-hop) cu base station
 - Poate necesita putere mare de transmisie și poate fi nefezabil pe o arie largă
- Topologie mesh
 - Sensorii au rol de repetitoare (forwarders) pentru alte noduri (multi-hop)
 - Poate reduce consumul de energie și poate mări raza de acoperire
 - Apare problema rutării



Exemple de noduri WSN

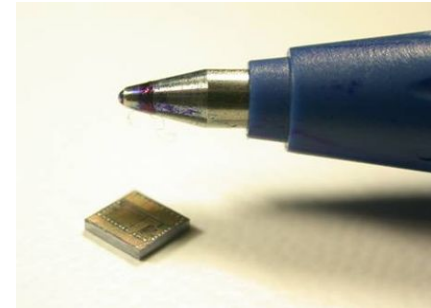


FireFly WSN Platform
Carnegie Mellon University



Berkeley **Mica** Node

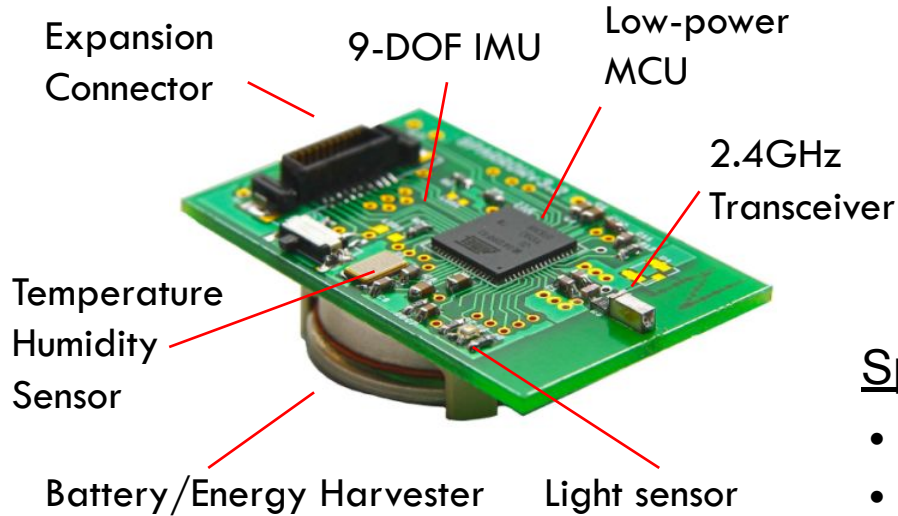
Berkeley **Spec** Node



Exemple de noduri WSN



Exemplu: Sparrow



Standardul IEEE 802.15.4

Rata de transfer 256kbps

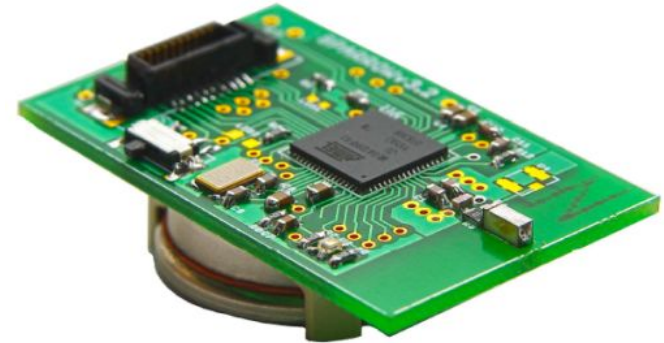
Specs:

- 16MHz
- 8KB RAM
- 128KB Flash
- ~ \$10
- 50mW, 36uW (sleep)
- 7g, 50x30x5mm



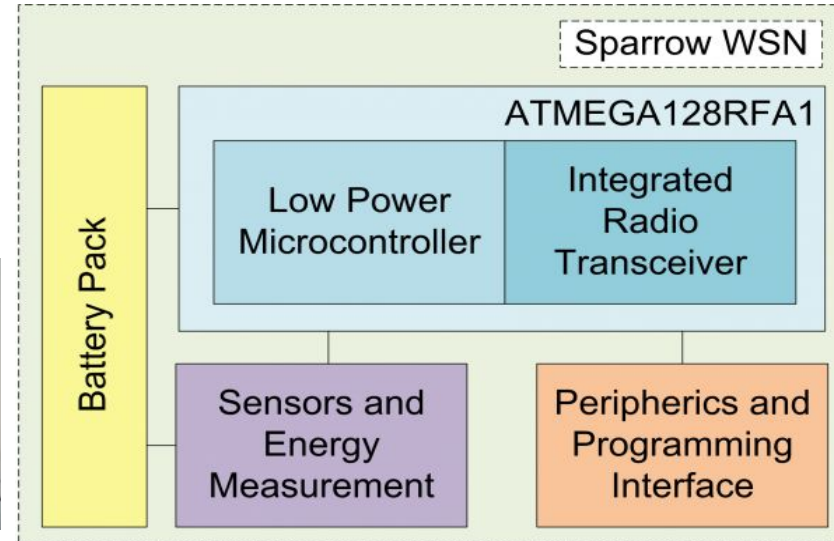
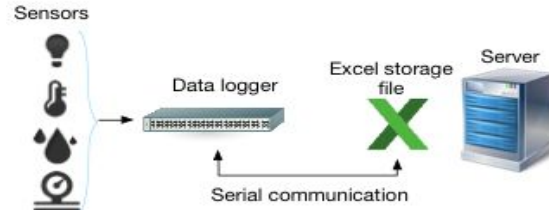
- 4.77MHz
- 16-256KB RAM
- 160KB Floppies
- ~ \$6,000
- ~ 64W
- 12kg, 500x140x400mm

- Sparrow - creată special pentru studiul energy harvesting
- Low-power (13mA Run-Time, 6uA Sleep)
- Poate rula o multitudine de sisteme de operare și stive de protocol
- Arduino compatible
- Autonomie măsurată în ani de zile (4 years and still going strong)

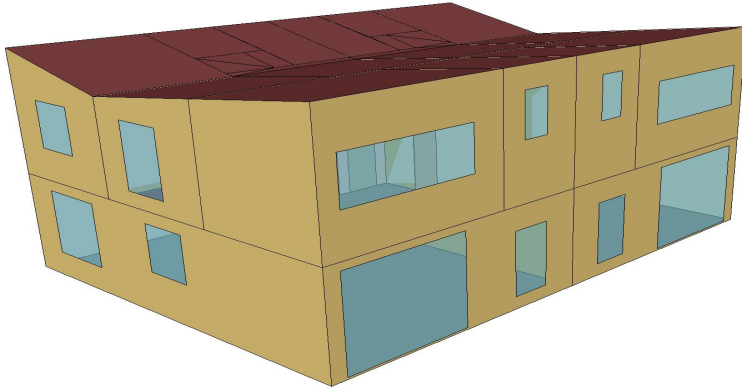


Technical specs

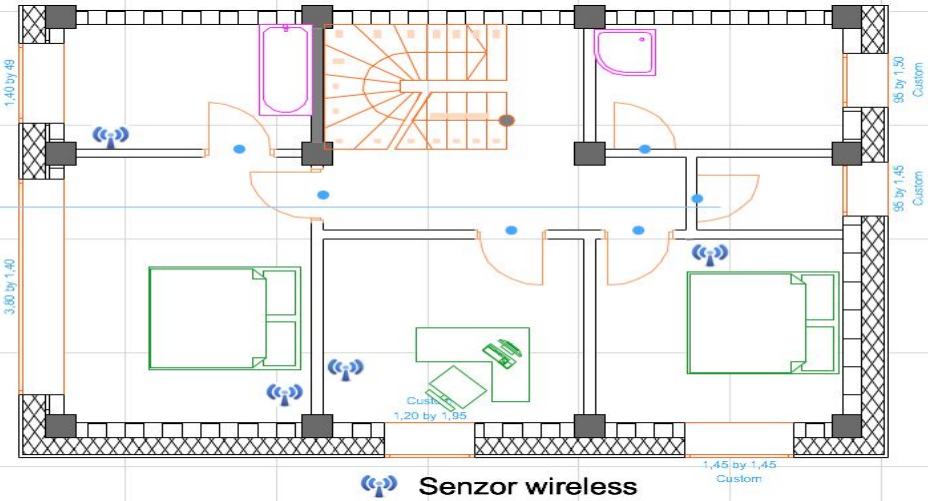
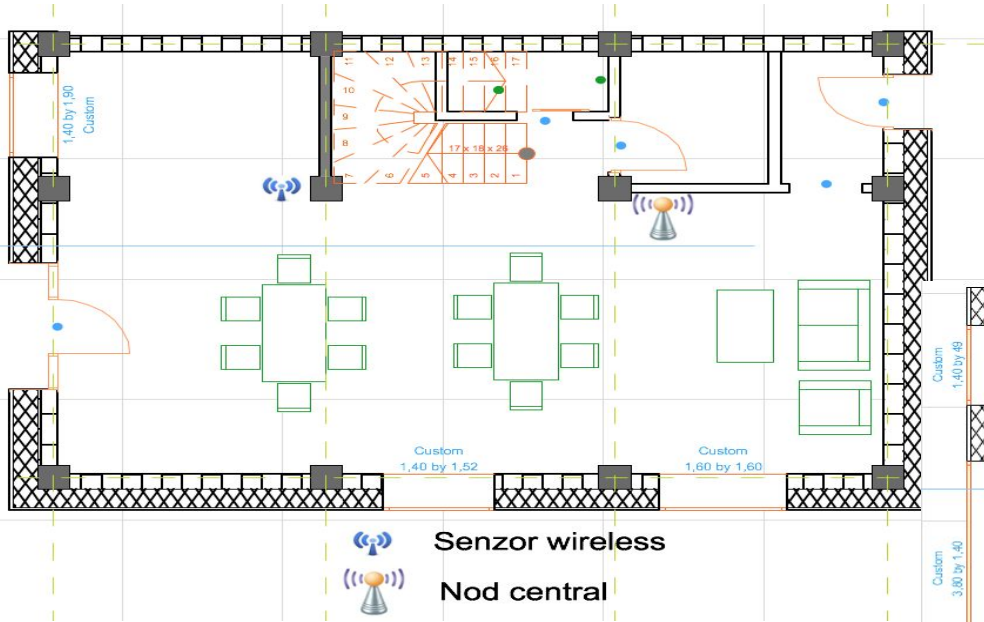
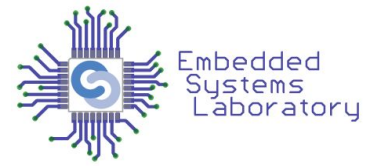
| | Range |
|-------------|---|
| Humidity | Meas. interval: 0 ... 100 % Meas. error: $\pm 2\%$ RH |
| Luminosity | Meas. interval: 0...100000lux Visible & IR UV index |
| Temperature | Meas. Interval: -40 ... 100°C Meas. error: $\pm 0.5^\circ\text{C}$ |

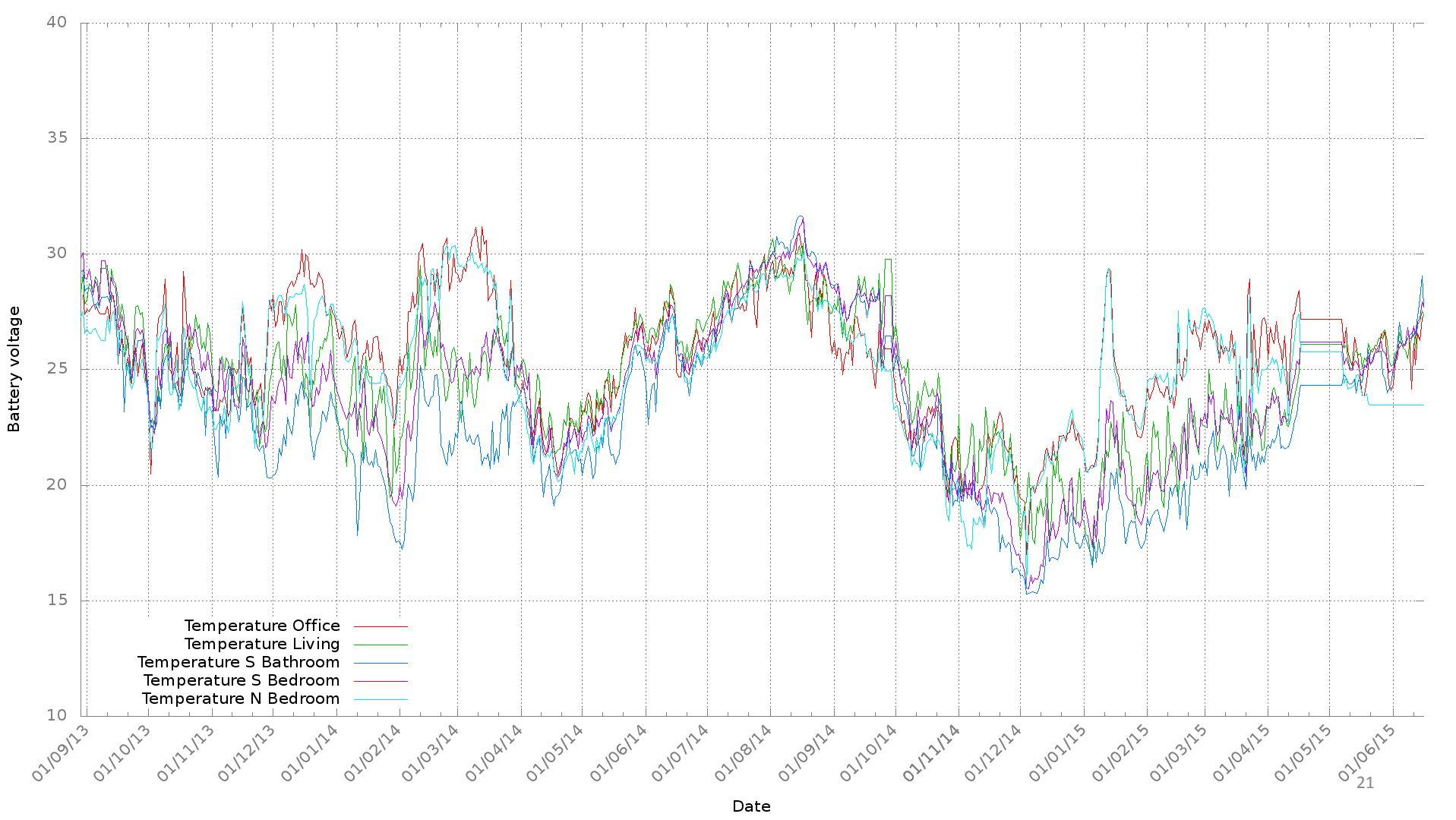


Deployment: Off-grid building



Floor plan



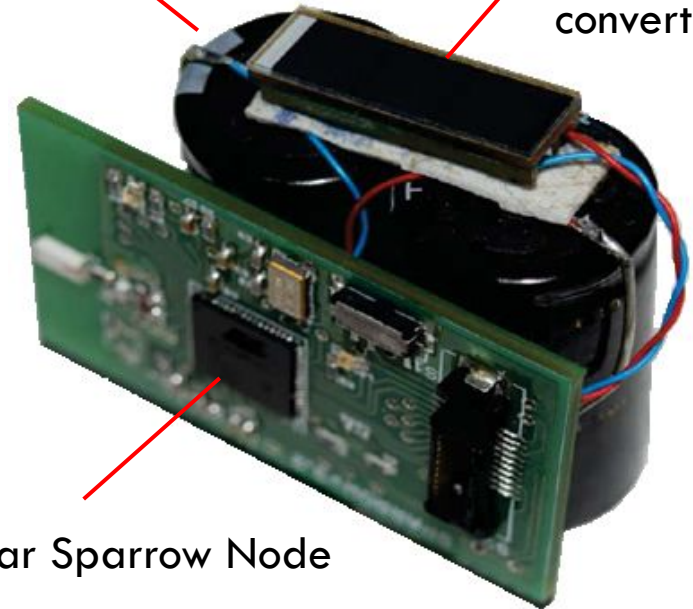


Energy-Independent Indoor WSN

- Design care folosește energy harvesting
 - Panou solar în miniatură
 - Convertor ultra low-power DC/DC
 - Stocare în super-condensator
 - Scalarea dinamică duty-cycle folosind algoritmi de estimare a energiei
 - Independență energetică totală pentru scenarii indoor/outdoor

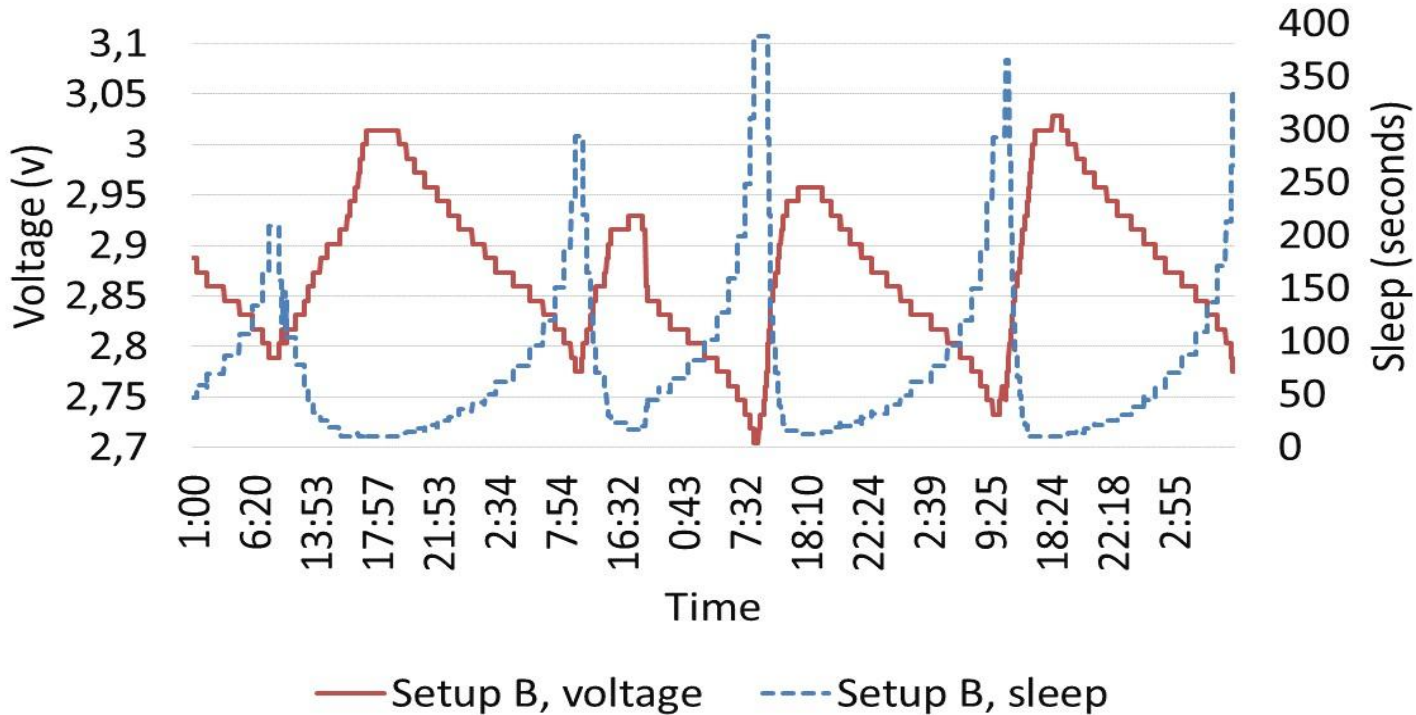
20F Supercap

PV panel
with DC/DC
converter

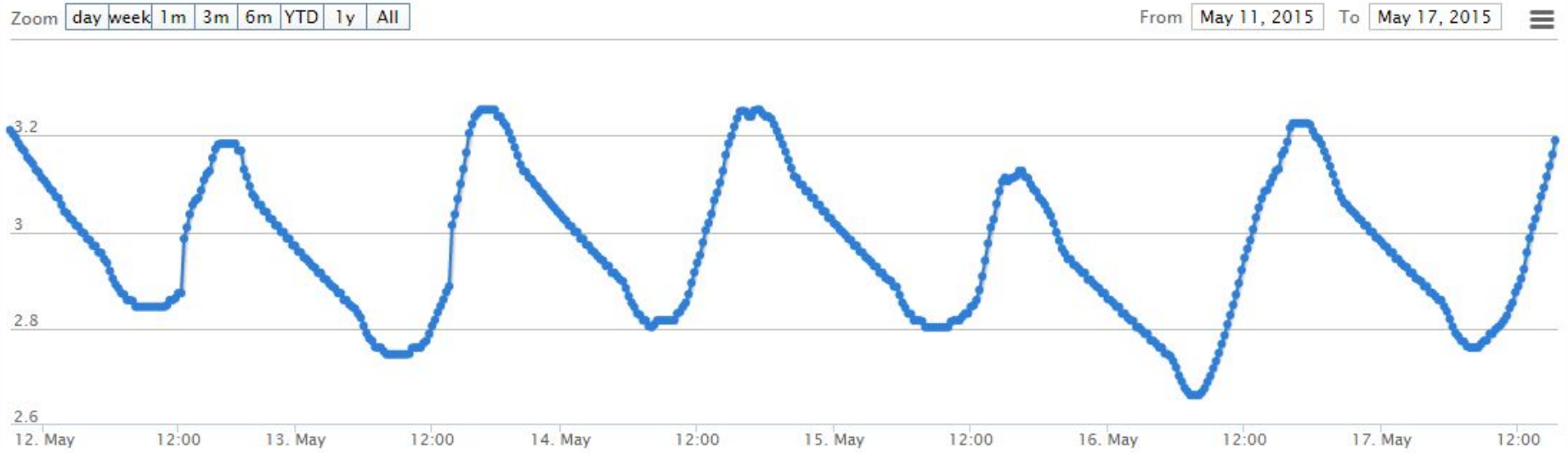
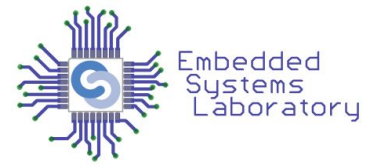


Regular Sparrow Node

Rezultate

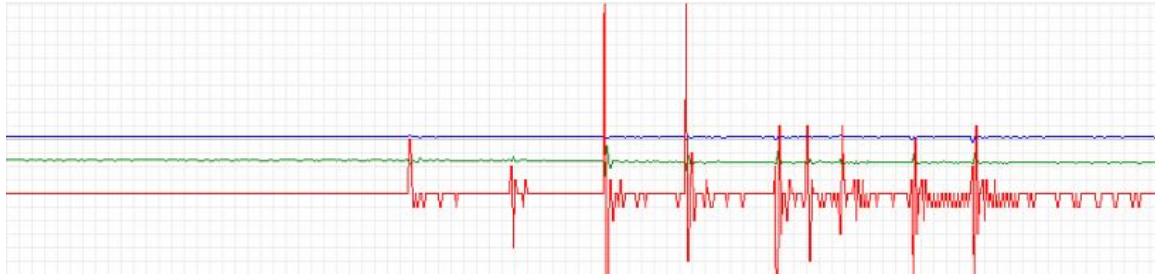
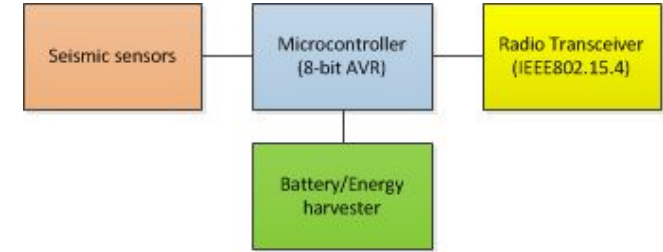


Rezultate

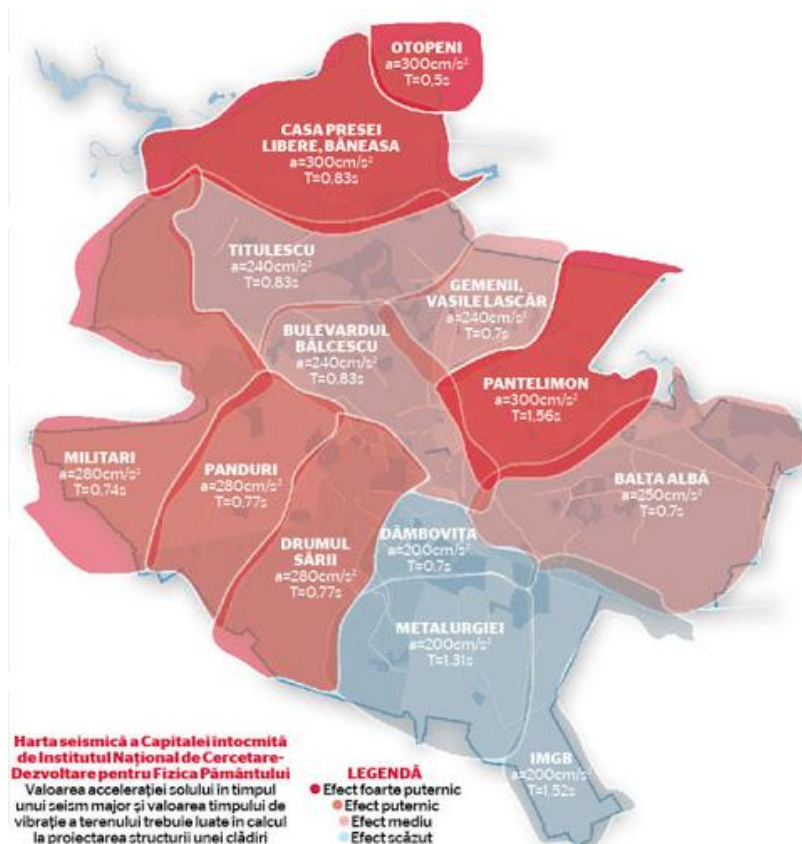


Seismic Building Monitoring

- Interacțiunea dintre mișcările seismice și structura de rezistență a unei clădiri nu sunt bine înțelese sau modelate
- Rețelele seismice existente nu pot detecta deformările structurale ale unei clădiri



Seismic Building Monitoring



Harta seismică a Capitalei întocmită de Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizica Pământului
Valoarea accelerației solului în timpul unui seism major și valoarea timpului de vibrație a terenului trebuie luate în calcul la proiectarea structurii unei clădiri

Descrierea sistemului

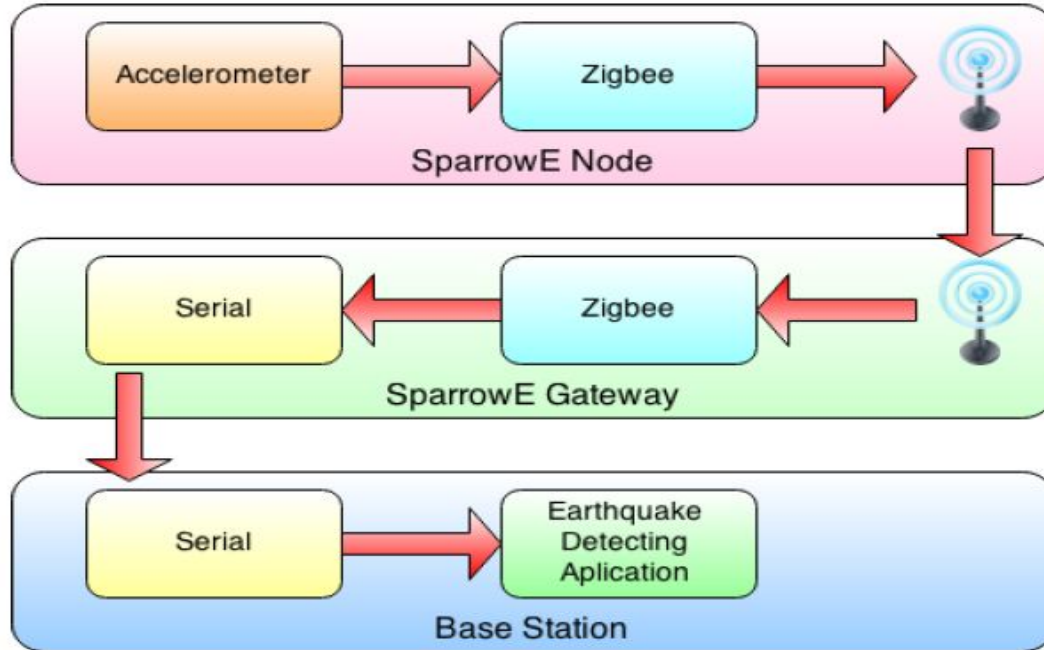
- Monitorizarea mișcărilor structurale
- Dezvoltarea unui algoritm pentru ca rețeaua să recunoască evenimentele seismice semnificative în timp real.
- Dezvoltarea unui model teoretic al mișcării clădirilor și al solului de la baza lor prin simulare numerică.
- Aplicarea monitorizării dense a clădirilor folosind platforma de noduri experimentale construite.



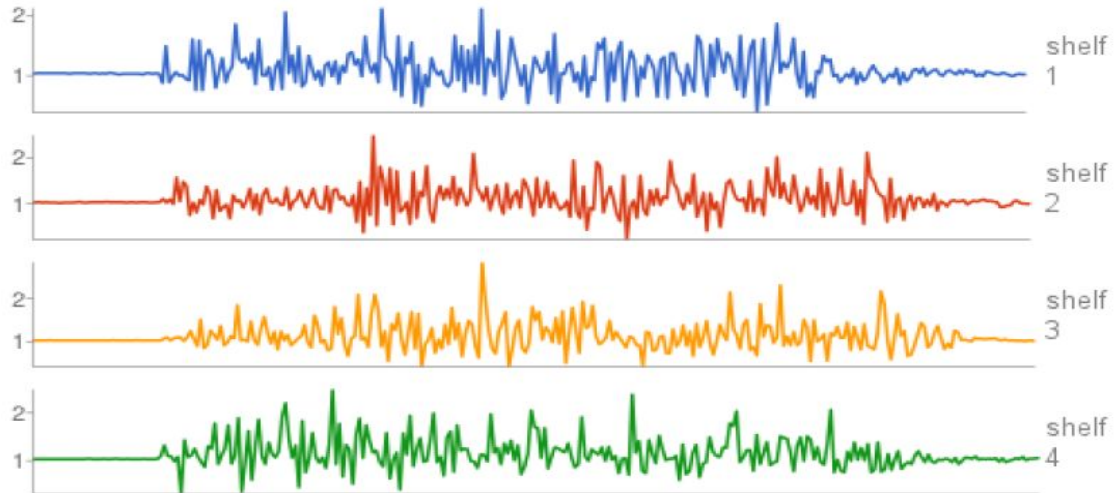
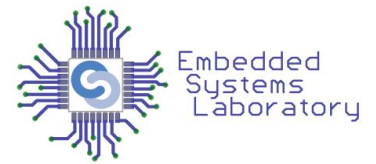
Descrierea sistemului



Rezultate



Rezultate

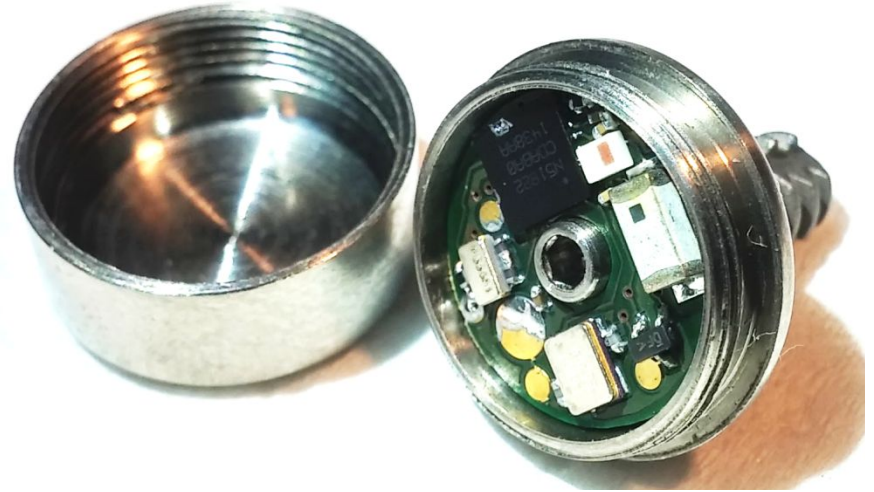
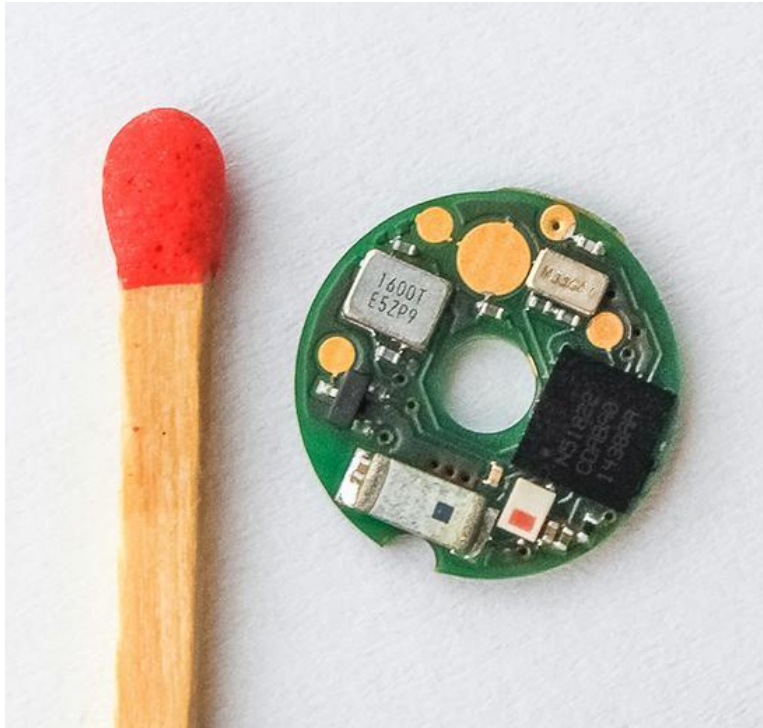


Microsal – Salivary Pacemaker

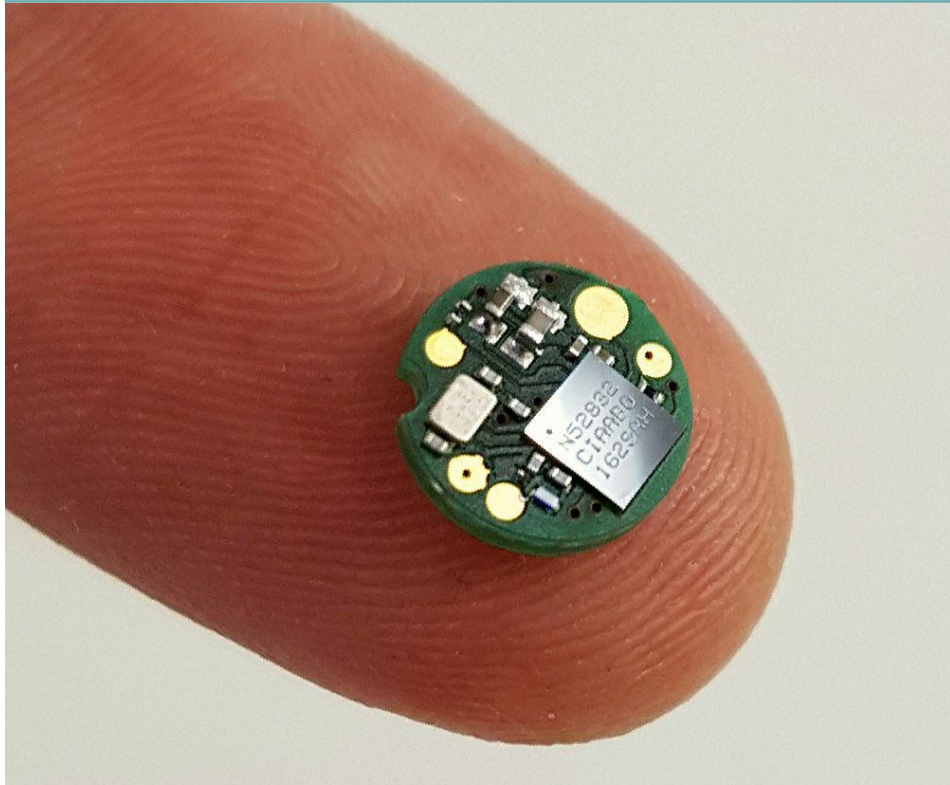
- Dispozitiv neuro-electrostimulator pentru glandele salivare
- Implantul măsoară și stochează nivelul pH-ului și al umidității
- Descărcarea datelor printr-un transceiver BLE standard



Microsal – Salivary Pacemaker



Microsal – Salivary Pacemaker



- Wireless Sensor Networks
- MEMS
- Mote
- Single-hop
- Multi-hop
- Sparrow