

Bezvadu Sensoru Tīkli

Sensoru mezglu resursi un daži tipiski pārstāvji

Reinholds Zviedris
Datorikas fakultāte
Latvijas Universitāte
17.09.2014.

Atkārtojums

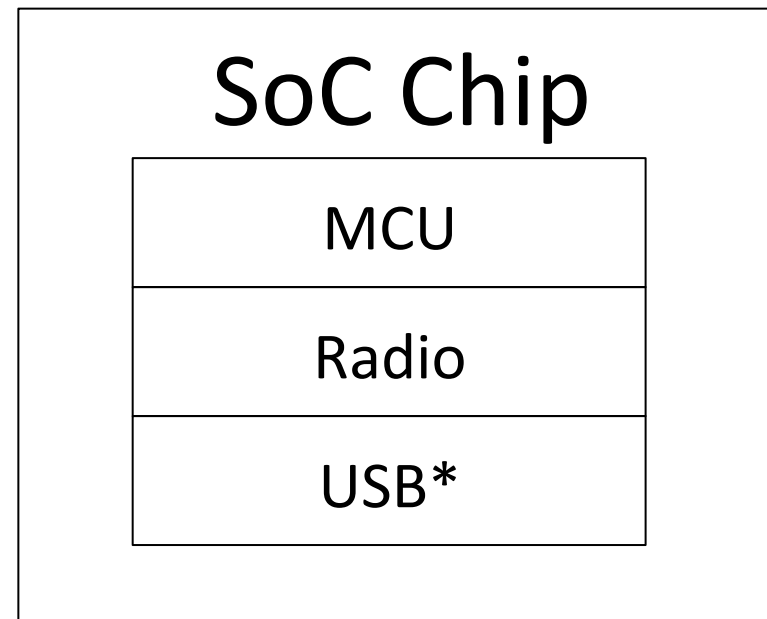
- Mote = Sensori + Dators + Radio
- Tas viss: mazs izmēros un energo taupīgs

Tipiska motes uzbūve

Uzzīmēt uz tāfeles!

System-on-Chip risinājumi

- Viss vienā čipā
- Mazāks energo patēriņš
- Ērtāk

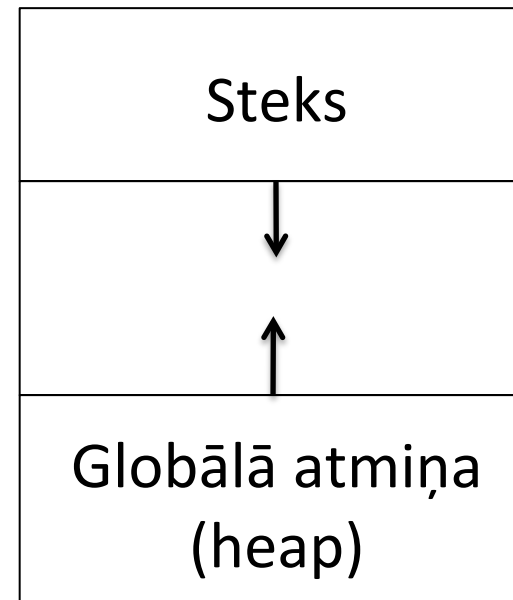


MCU: Motes sirds

- Lasa programmu no flash atmiņas
- Izpilda instrukcijas
- Tipiskās takts frekvences: 1-20MHz
- Strāvas patēriņš:
 - Aktīvā režīmā: 1-10mA
 - Sleep mode: <1mA

Operatīvā atmiņa (RAM)

- Glabā izpildes laika mainīgos, konstantes
- Tipiskie izmēri: 256B – 16KB



Programmas koda atmiņa

- Glabā programmu: instrukcijas un konstantes
- Tipiskie apjomi: 10-128KB

Ārējā atmiņa

- Parasti Flash vai EEPROM
- Tipiskie izmēri 1-4MB vai 16KB-1MB
- Var pieslēgt arī SD karti
- Parasti izmanto SPI vai I2C saskarnes

Skaitītāji un taimeri

- Uzstāda skaitīšanas ātrumu un top vērtību
- Tiek ģenerēts pārtraukums, sasniedzot top
- Darbojas arī sleep modēs, ne visās
- Var darbināt no ārēja oscilatora
- Izmanto paužu ģenerēšanai un laika mērīšanai

Kā darbojas pārtraukumi?

- Pārtraukumi dod iespēju programmatūrai reaģēt uz dzelžu izmaiņām
- Piemērs:
 - motei pieslēgts LED pie GPIO kājas un PIR sensors pie pārtraukumu izsaucošas kājas
 - tiklīdz PIR sensors nosaka kustību, tā programma saņem pārtraukuma signālu no dzelžiem
 - programma izpilda pārtraukuma kodu, piemēram, ieslēdzot LED

Taimeru tipiskie parametri

- Parasti MCU piedāvā vismaz 2 skaitītājus
- Tipiski 8-bitu un 16-bitu skaitītāji
- Tipiskais solis (frekvence): 1KHz – 4MHz

GPIO: kājas uz ār pasauli

- General Purpose I/O, iziet uz āru no čipa
- Konfigurējot norāda virzienu: Input/Output
- Output kājām var uzstādīt vērtību
- Input kājām - tikai nolasīt vērtību

GPIO specifika

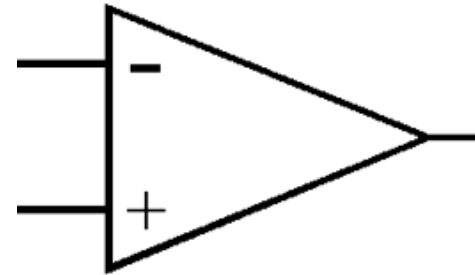
- Kāju skaits atkarīgs no čipa, parasti 20-40
- GPIO kājām var ieslēgt arī specifiskas funkcijas (UART, SPI, timer output,...)
- Var ģenerēt pārtraukumu, kad mainās input kājas vērtība
- Arī LEDi pieslēgti GPIO

Analog-to-Digital Converter (ADC)

- Pārvērš analogu spriegumu skaitlī
- Izšķirtspēja tipiski 10-12 biti – ar ārējo ADC čipu līdz pat 16 bitiem
- Kanālu skaits tipiski 6-8
- Daži kanāli pieslēgti iekšējiem sensoriem: temperatūra, spriegums
- ADC nolasīšana prasa zināmu laiku

ADC uzbūve

- Skaitītājs: 0, 1, ...
- DAC: ģenerē analogu spriegumu
- Komparators: salīdzina 2 signālus



Aparātiskas datu maģistrāles

- Asinhronas:
 - UART
- Sinhronas:
 - SPI
 - I2C / One-wire
 - ir arī citas
- Sinhroni-asinhronās:
 - USART

Jautājums

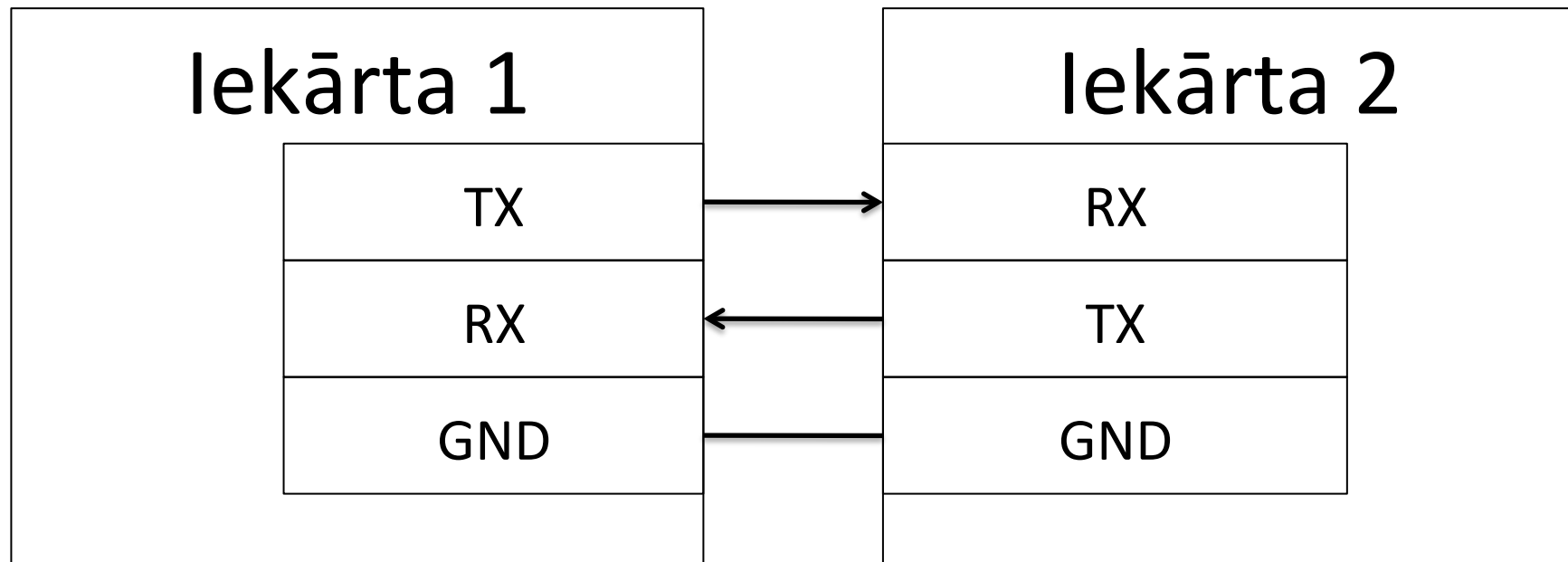
- Kas ir sinhrona maģistrāle? Kāda ir asinhrona?

Atbilde

- Kas ir sinhrona maģistrāle? Kāda ir asinhrona?
- Sinhronā maģistrālē viens partneris ģenerē takts signālu, otrs tai pieskaņojas. Asinhronā gadījumā takts signāla nav, ritmu “mēģina uzminēt”

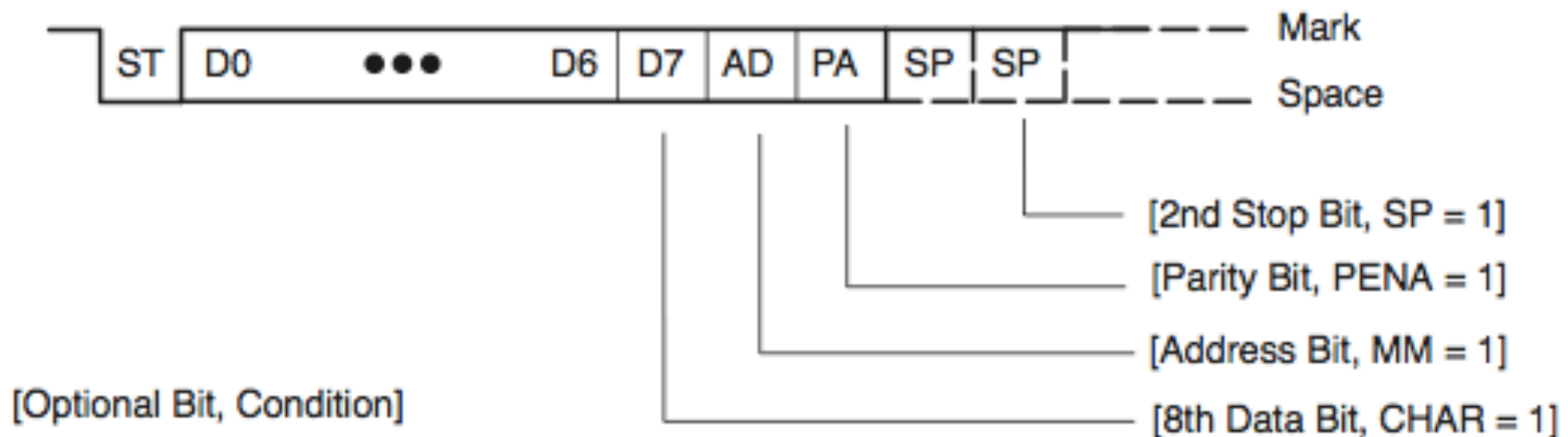
UART asinhronā maģistrāle

- Savieno tieši divas iekārtas
- Katrs savā galā uzstāda pulksteni. Un ja nu uzstāda dažādus?



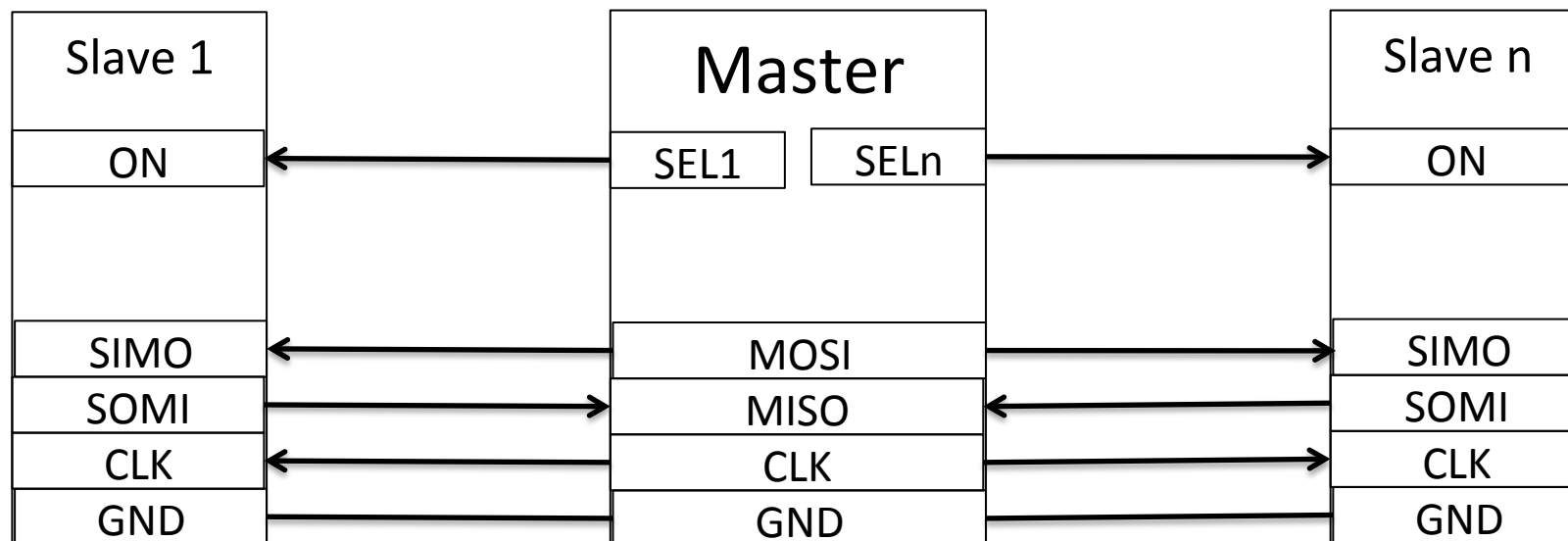
UART datu pārraide

- Var sūtīt un saņemt vienlaikus
- Saņemot baitu, pārtraukums
- Datu pārraides protokols:

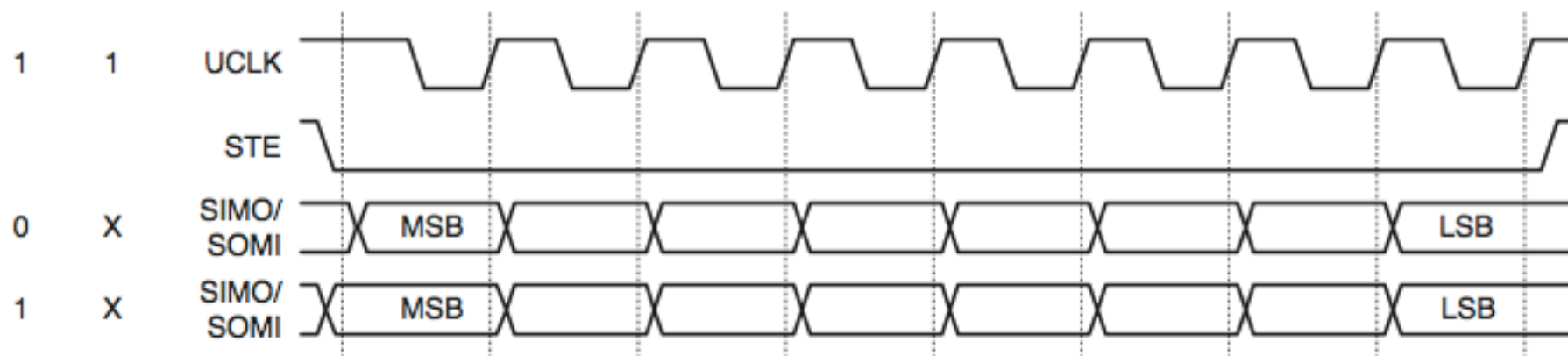


SPI sinhronā maģistrāle

- Viens master, n slave iekārtas
- Vienlaikus 1 slave aktīvs, izvēlas ar SELx
- SI/SO un CLK kājas tiek koplietotas

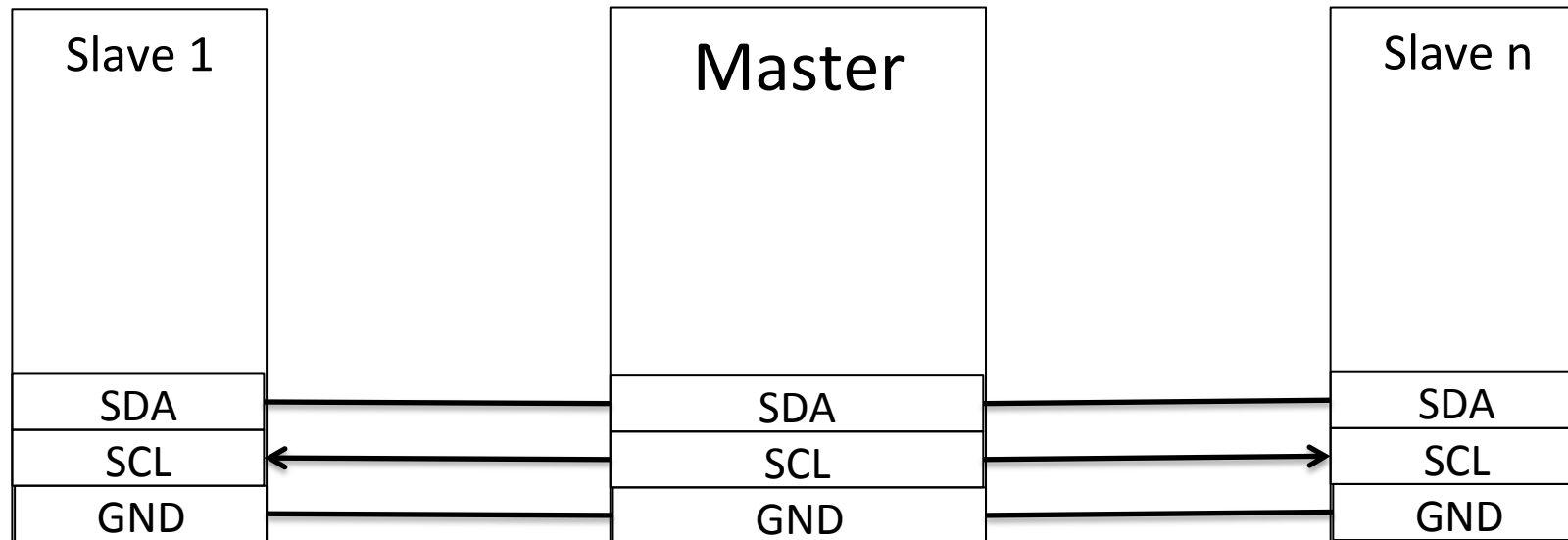


SPI datu pārraide



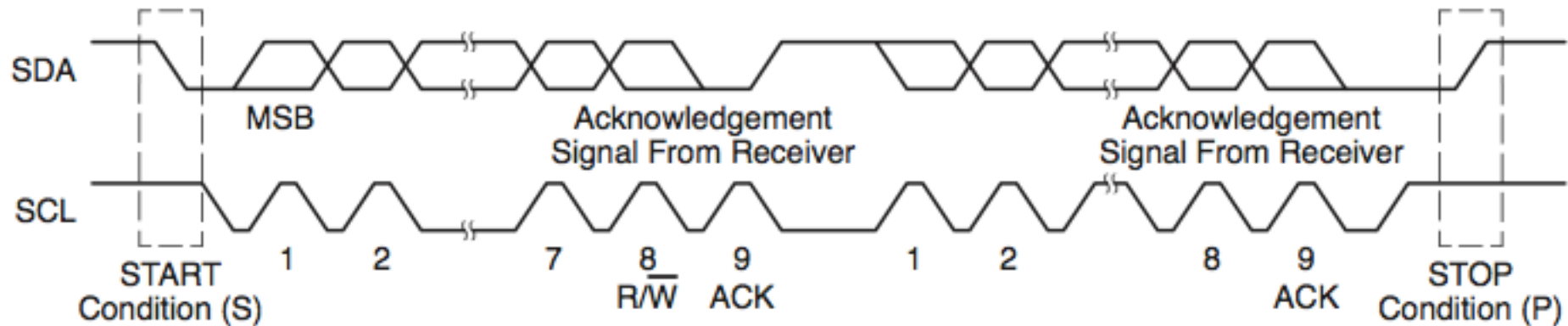
I2C sinhronā maģistrāle

- Izmanto tikai 2 datu līnijas, SDA virzienu nosaka protokols
- Iekārtām katrai sava adrese



I2C datu pārraide

- Protokols nosaka, kurš kurā brīdī runā



Analogie sensori

- Dod izejā mainīgu spriegumu (vai strāvu)
- Slēdz pie ADC
- Plusi:
 - Vajag tikai 1 datu kāju
 - Sensori ir +/- savietojami, apstrāde analogiska
- Mīnusi:
 - Parasti trokšņaini, nav kalibrēti

Digitālie sensori

- Čips izdod apstrādātu signālu ciparu formā
- Slēdz pie UART, SPI, I2C vai GPIO
- Plusi:
 - Parasti kalibrēti
 - Konfigurējami
 - Mēdz būt vienā čipā vairāki sensori
- Mīnusi:
 - Lielāks pieradināšanas laika *overhead*
 - Katram sensoram specifiskas komandas

Tipiskie sensoru mezglu radio

- Tipiski pārstāvji: CC2420, CC1000
- Parasti implementē PHY un daļu MAC
- Enerģijas patēriņš: 20mA
- Pārraidē ātrumi: 10-250kbps
- Protokoli: 802.15.4, ZigBee
- DSSS, QPSK modulācijas

Vēl par radio

- Piedāvā pakešu (vai baitu) līmeņa pārraidi
- Parasti SPI interfeiss
- Sūtīšana un saņemšana nedarbojas vienlaikus!
- Ģenerē pārtraukumu, saņemot datus

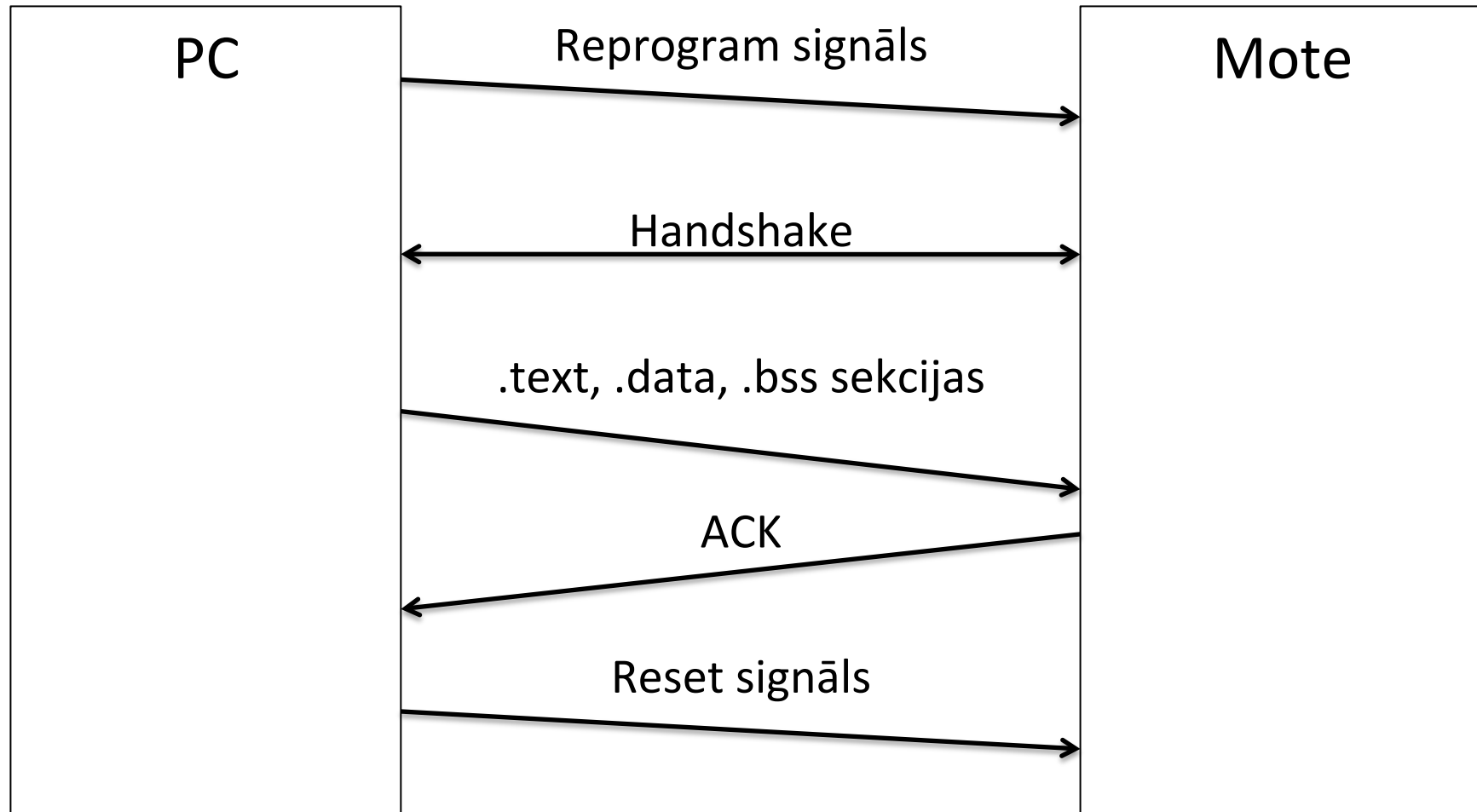
USB interfeiss

- Parasti izmanto UART-USB konvertoru
- Tipiski pārstāvji:
 - kompānijas FTDI čipi, kuriem uz Mac un Win PC vajadzīgs FTDI draiveris, Linux tas ir iebūvēts
 - kompānijas Atmel čipi (jaunākiem Arduino – ARV8 vai AVR16), kas simulē pilnvērtīgu USB iekārtu un var iztikt bez draiveriem
 - kompānijas TI čipi – darbojas līdzīgi kā Atmel čipi

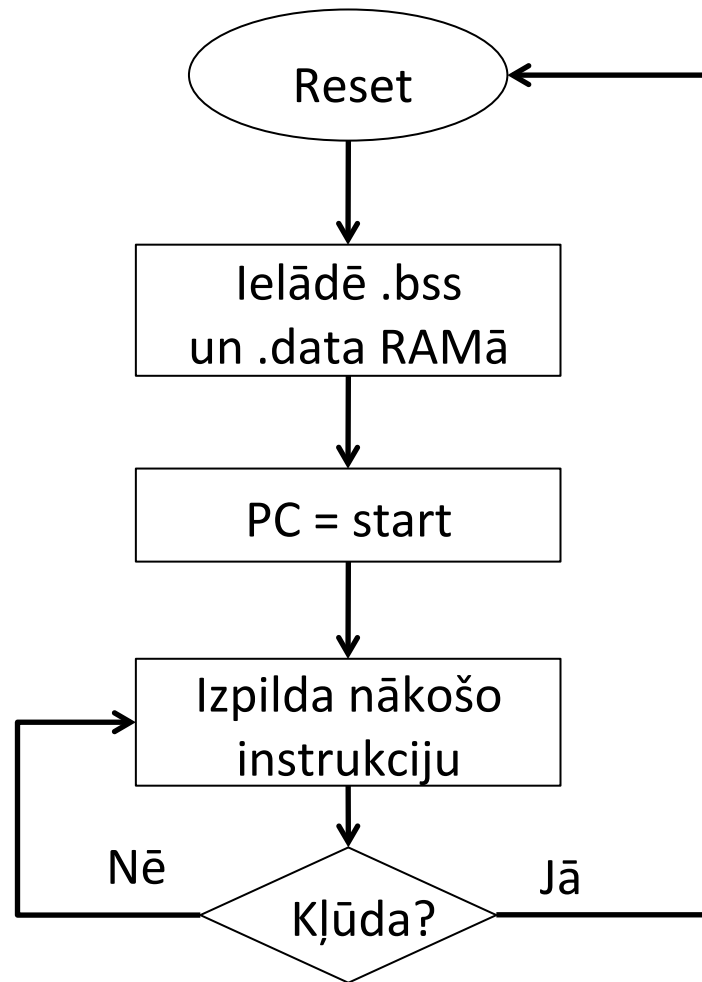
Motes programmas uzbūve

- Programma sastāv no binārām sekcijām:
 - .text: programmas kods
 - .data: konstantes
 - .bss: izpildes laika mainīgie
- Noteiktā adresē .text sekcijā ir starta pozīcija, pirmā izpildāmā instrukcija

Motes programmas ielāde



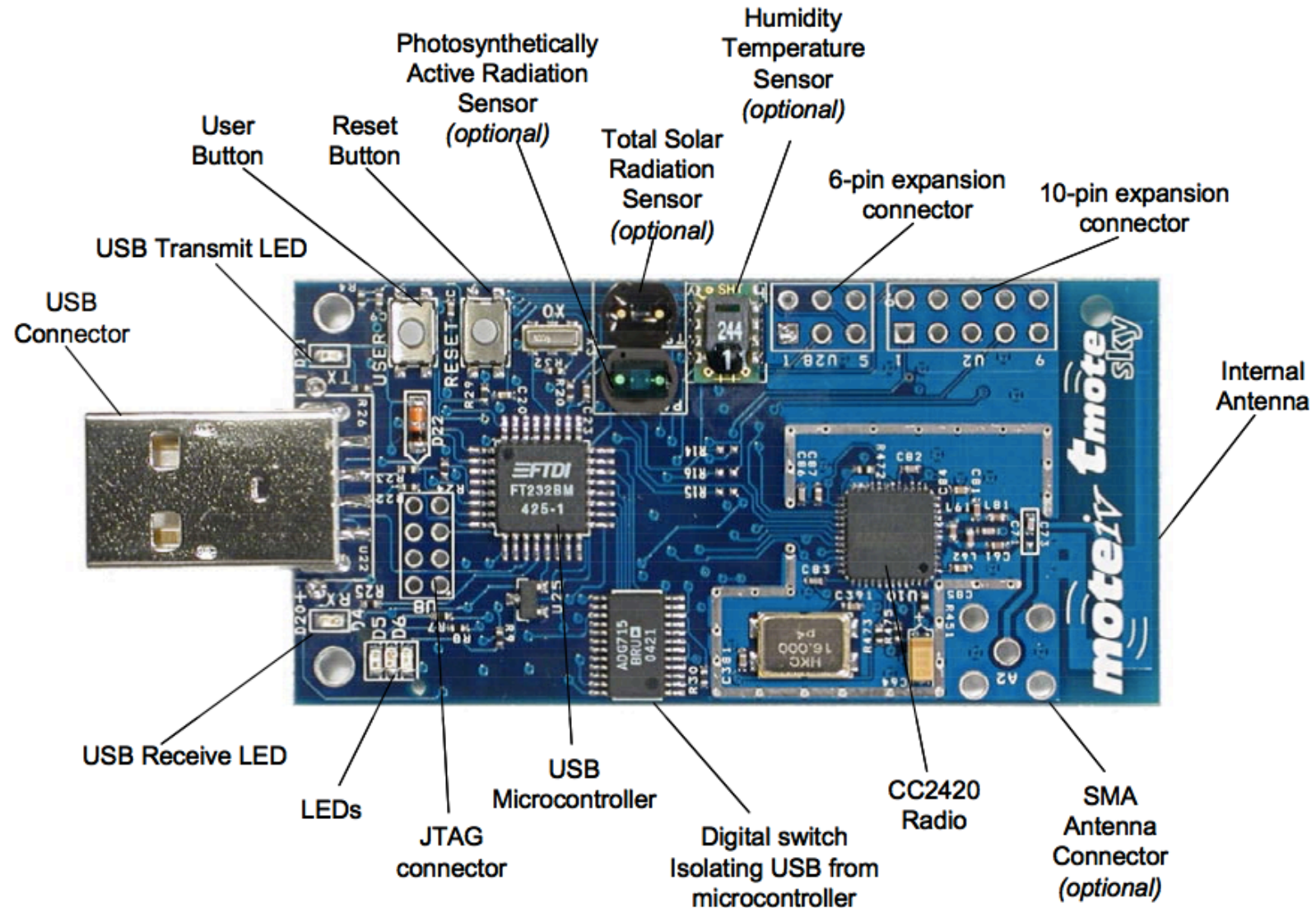
Motes programmas izpilde



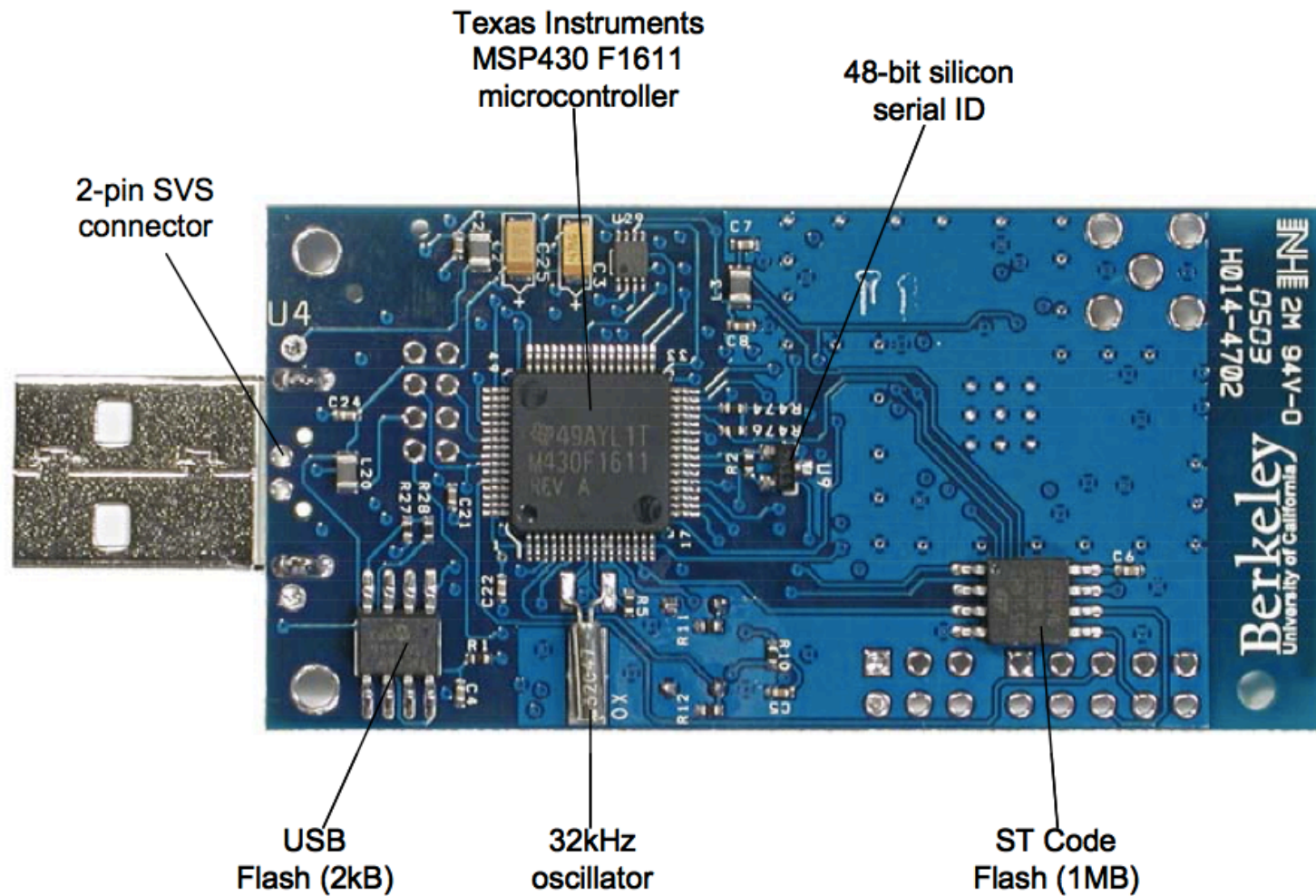
Tipiskais pārstāvis: TelosB mote

- Kopš 2006. gada vairs neražo
- TMote Sky un TMote Mini iepakojumi, funkcionāli (gandrīz) analogiskas
- Ir sekotāji (principi saglabājas):
 - ePic mote
 - Zolertia Z1
 - AdvanticSys XM1000

TMote Sky priekšpuse



TMote Sky aizmugure



TMote Sky strāvas patēriņš

Režīms	Patēriņš	Mūžs no 2200mAh baterijas
Radio RX	23mA	~ 4 dienas
Radio TX	21mA	
Tikai MCU	2.4mA	~ 40 dienas
Sleep	21uA	> 1 gads (pašizlāde)

Duty cycling

- Duty Cycling = darīt īsas darbības, pārējā laikā gulēt
- Darbinot radio 1s ik minūti, mūžs ~240d
- Varam ietaupīt
- Bet sarežģītāka komunikācija

TMote Sky MCU resursi

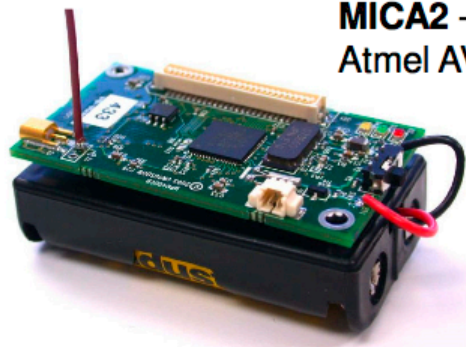
- CPU: MSP430, 16-bit, 8MHz (lieto 4MHz)
- RAM: 10KB
- Programmas flash: 48KB
- 12-bit ADC, DAC

TMote Sky radio

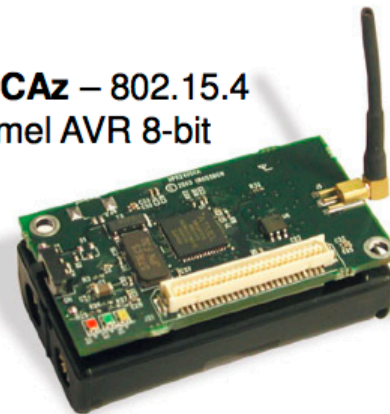
- Čips: CC2420
- Nesējfrekvence: 2.4GHz
- Protokols: 802.15.4
- Datu pārraides ātrums: 250kbps
- Pārraides attālums ārā: līdz 125m
- Pārraides attālums telpās: līdz 50m

TMote Sky sensori

- Mitrums
- Temperatūra
- Gaisma: redzamā un fotosintētiski aktīvā



MICA2 – 433MHz
Atmel AVR 8-bit



MICAz – 802.15.4
Atmel AVR 8-bit

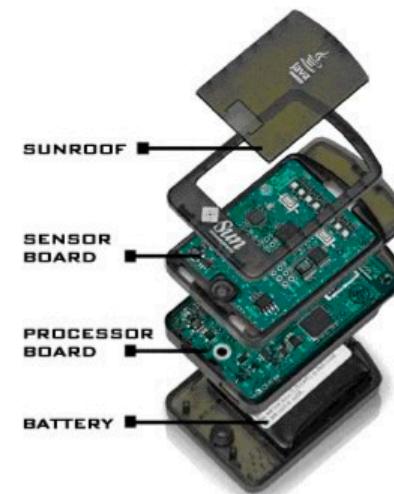
Imote2 – 802.15.4
PXA271 XScale 32-bit



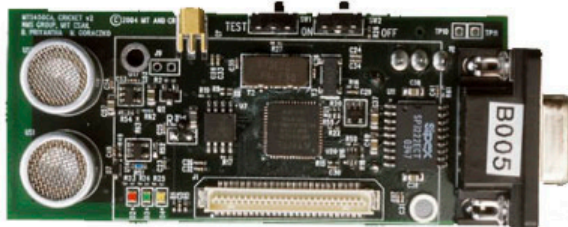
Telos – 802.15.4
TI MSP430



SunSPOT – 802.15.4



Cricket – 433 MHz



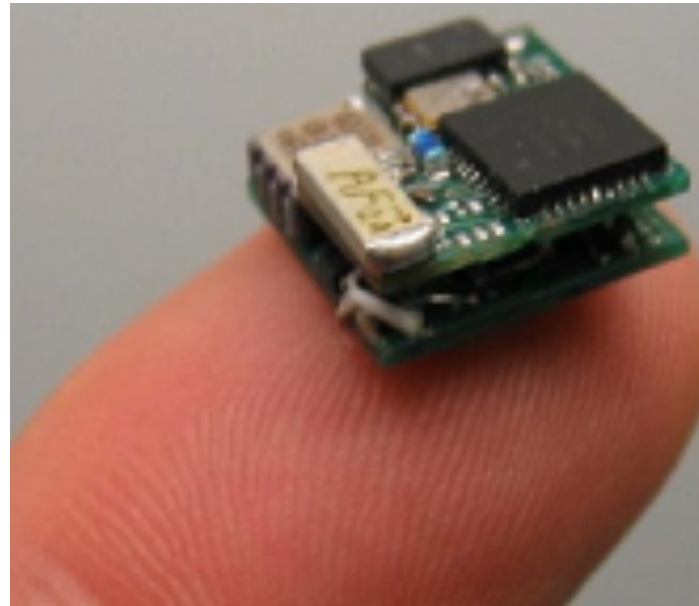
Iris – 802.15.4
Atmel AVR 8-bit



Sensoru tīklu “muzejs”: <http://www.snm.ethz.ch/>

Eco Mote: 2 grammi intelekta

- 2006.g., University of California
- Sākotnēji zīdaiņu kustību novērošana

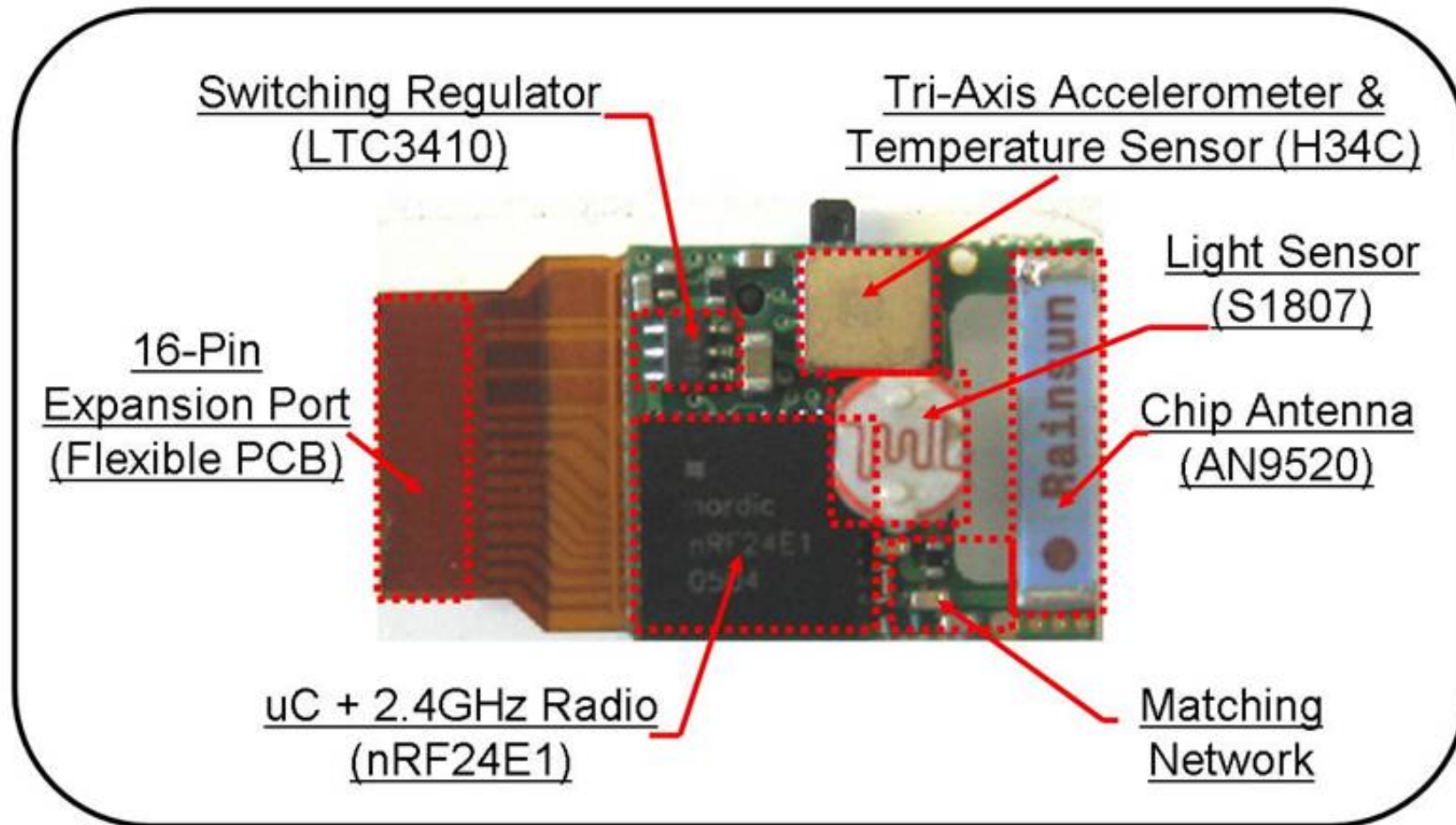


Eco Mote dizaina prasības

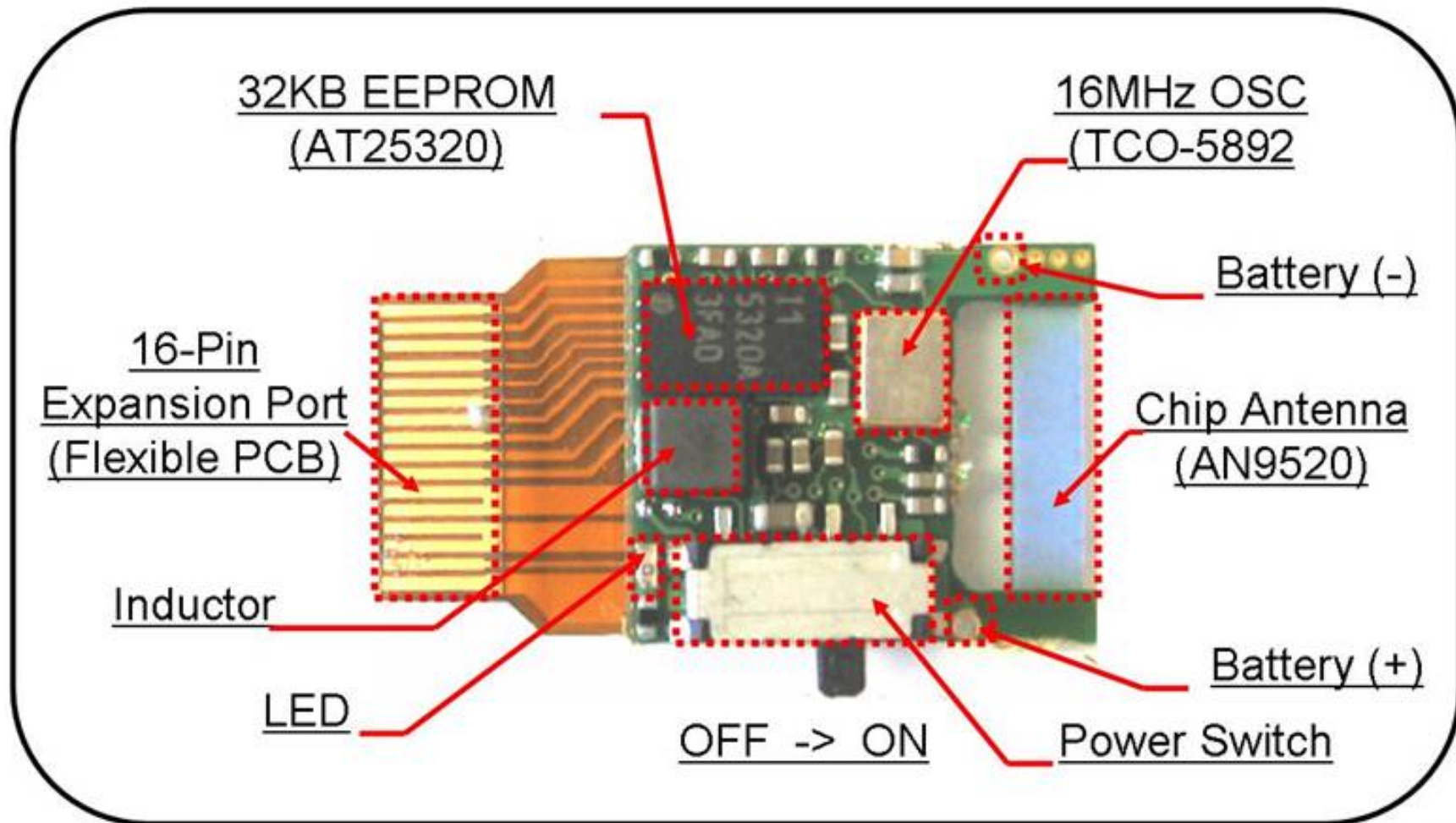
- Mazi gabarīti un svars
- Dati reālā laikā
- Ilga darbība no baterijas (ambulatori apstākļi)
- Zemas izmaksas (zem 50\$)

<http://www.ecomote.net/>

Eco Mote priekšpuse



Eco Mote aizmugure



Eco Mote resursi

- CPU: 8051-savietojams, 16MHz
- Radio: 2.4GHz, GFSK, 1Mbps
- RAM: 256B
- Programmas flash: 4KB
- Ārējais flash: 32KB
- Sensori: 3D aksel., temperatūra, gaismā
- Baterija: LiPoly, 40mAh, dzīvo 12h pie 20% duty cycle

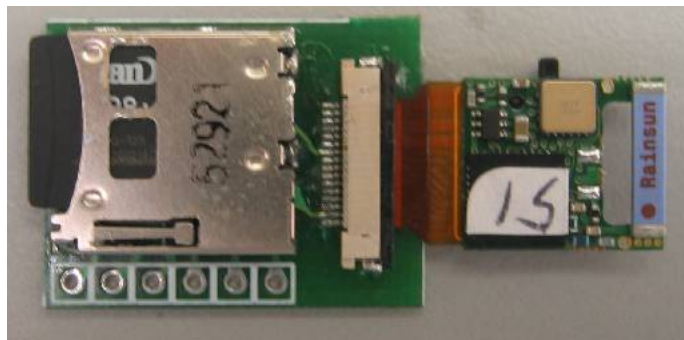
} Vienā
čipā

Eco Base Station

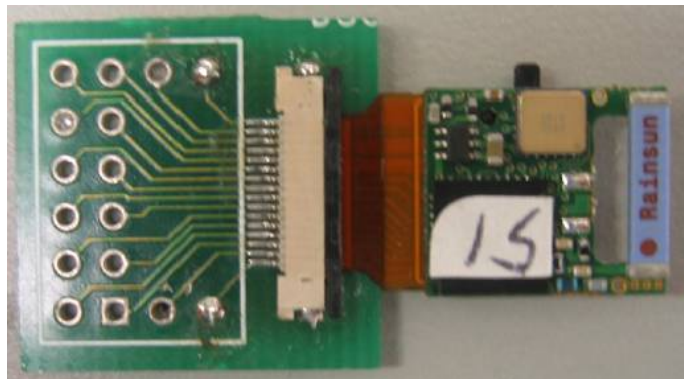
- Vārteja starp motēm un WiFi



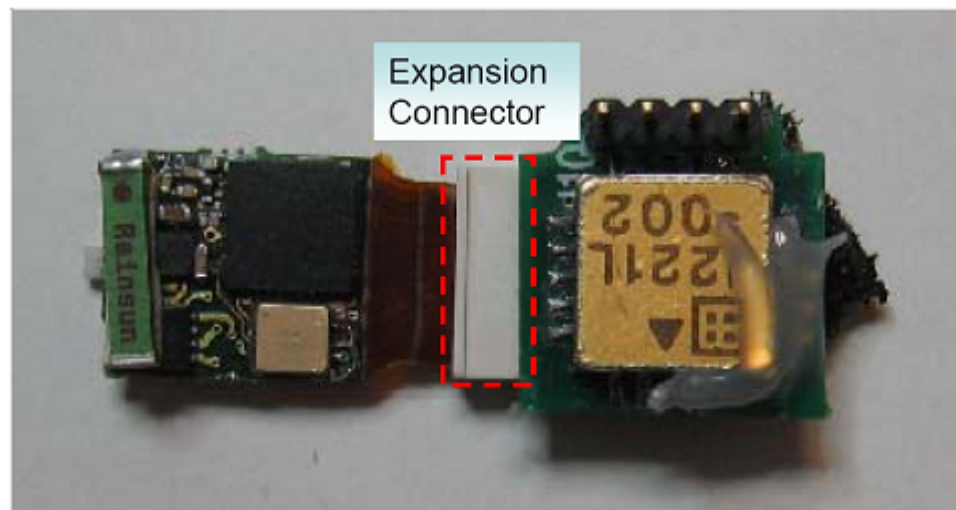
Eco Paplašinājumi



TransFlash paplašinājums



Universāls paplašinājums



Papildus sensoru paneļa paplašinājums

Eco izstrādes iekārtas



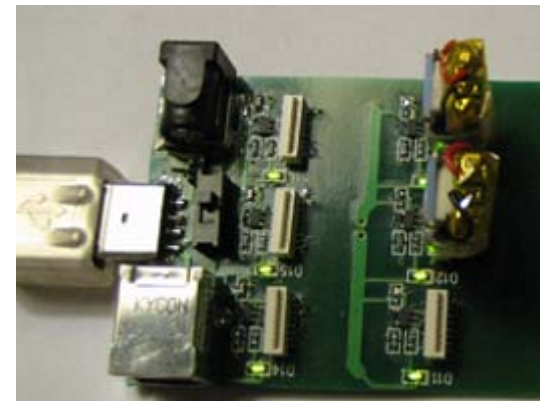
USB Bāzes stacija



USB programmers



Atklūdošanas platforma



Bateriju lādētājs

Daudz dažādas motes

- EPIC mote
- WASP mote
- AdvanticSys XM1000
- Zolertia Z1
- Arduino
- Raspberry Pi
- Odroid
- Gumstix computers



arī Arduino & Co var būt
motes – ir pieejami gan
radio moduļi, gan sensori

Kopsavilkums

- Motes ir dažādas
- Principi un ideoloģija ir kopīga

3. eseja: motes sastāvdaļas

- Uzzīmējiet tipiskas motes sastāvdaļas diagrammas veidā!
- **Zīmēt ar roku**, atsūtīt epastā noskanētu / nofotogrāfētu!
- Terminš: 24.09.2014. 10:00