

# PAMETNI SENZORI

– Primer pametnog senzora baziranog na  
IEEE 1451 standardu –

Nenad Jevtić, [n.jevtic@sf.bg.ac.rs](mailto:n.jevtic@sf.bg.ac.rs)

Vujo Drndarević, [vujo@etf.rs](mailto:vujo@etf.rs)

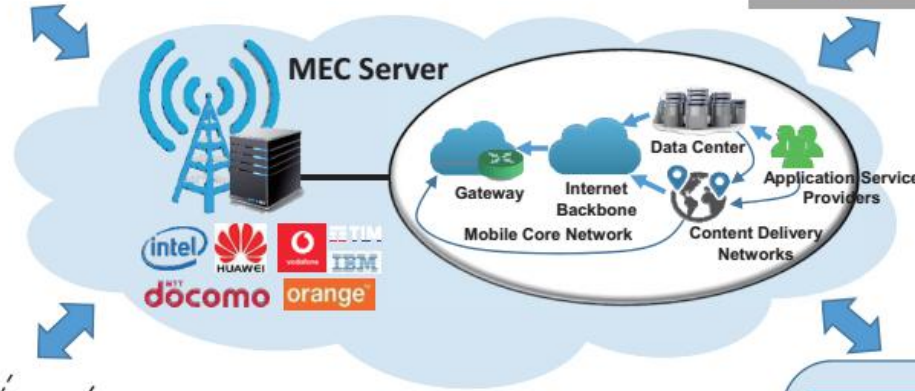
# MOTIVACIJA



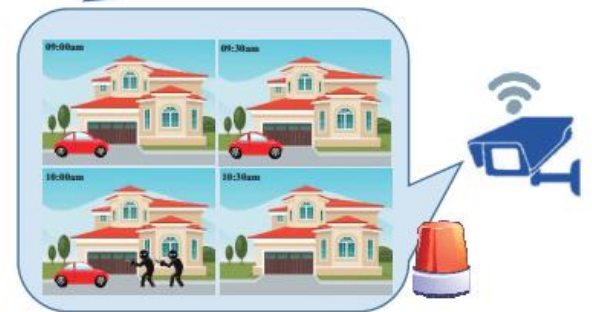
Smart Devices Applications



Connected Vehicles



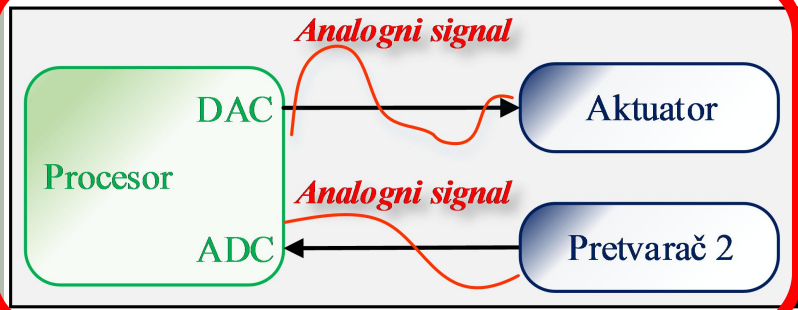
Health Monitoring



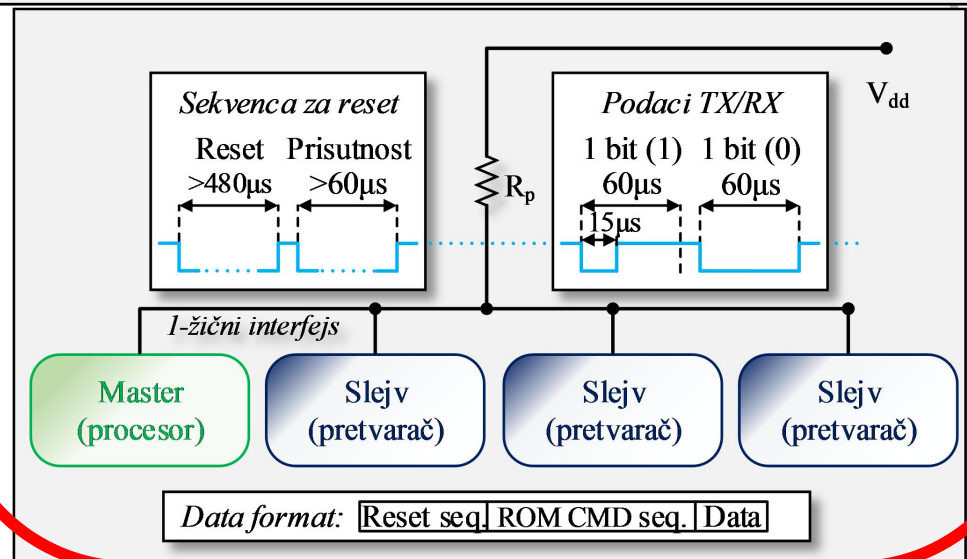
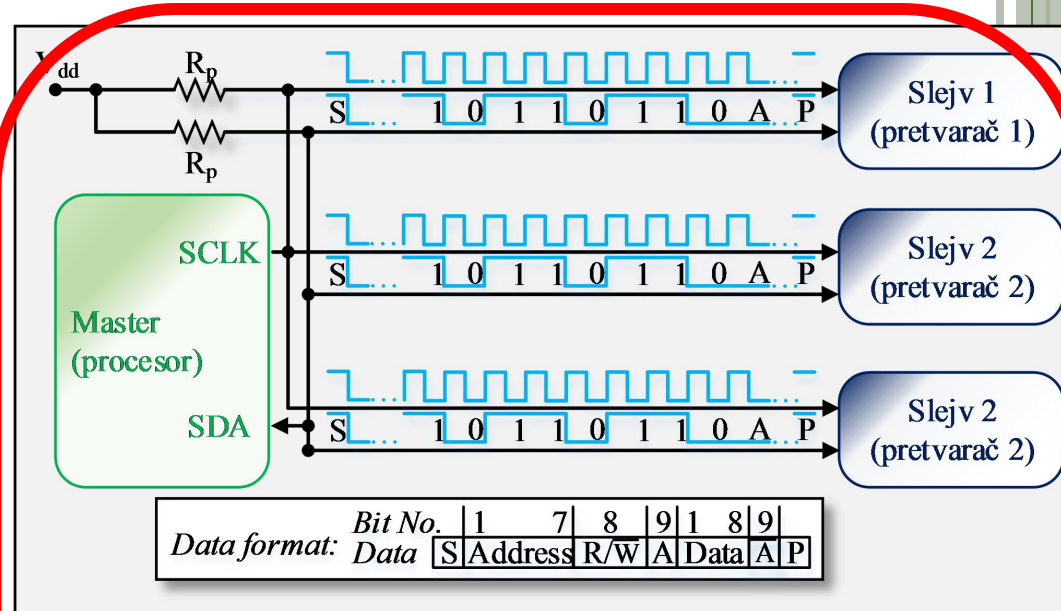
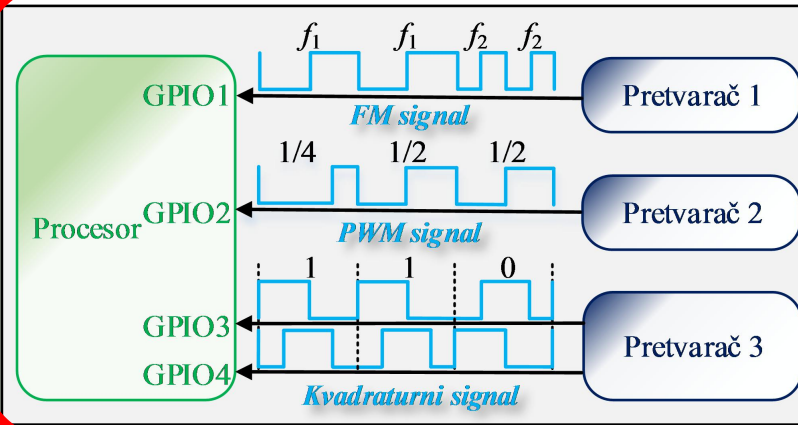
Surveillance Networks



## Analogni senzori



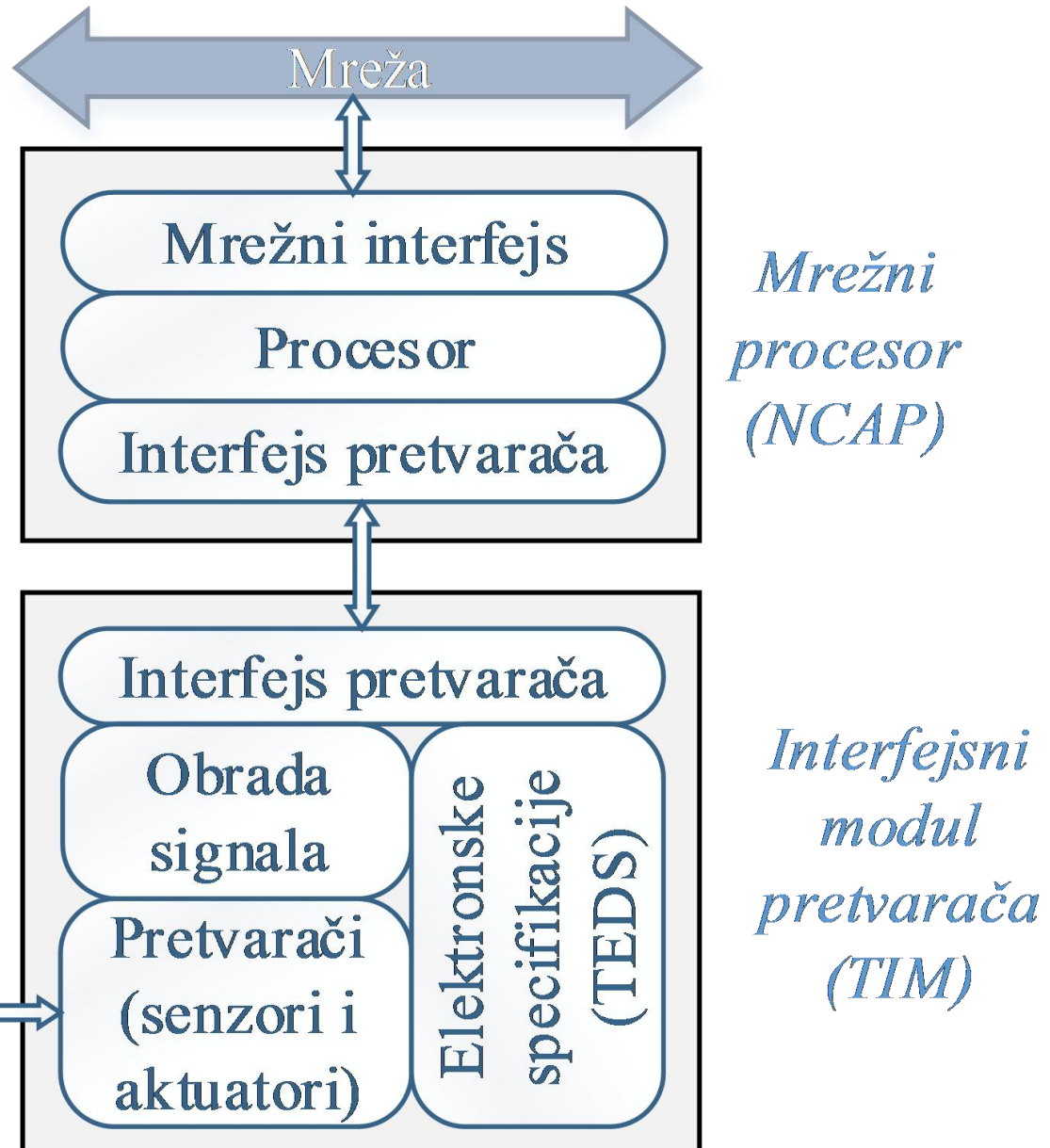
## Digitalni senzori Kvazi-digitalni senzori



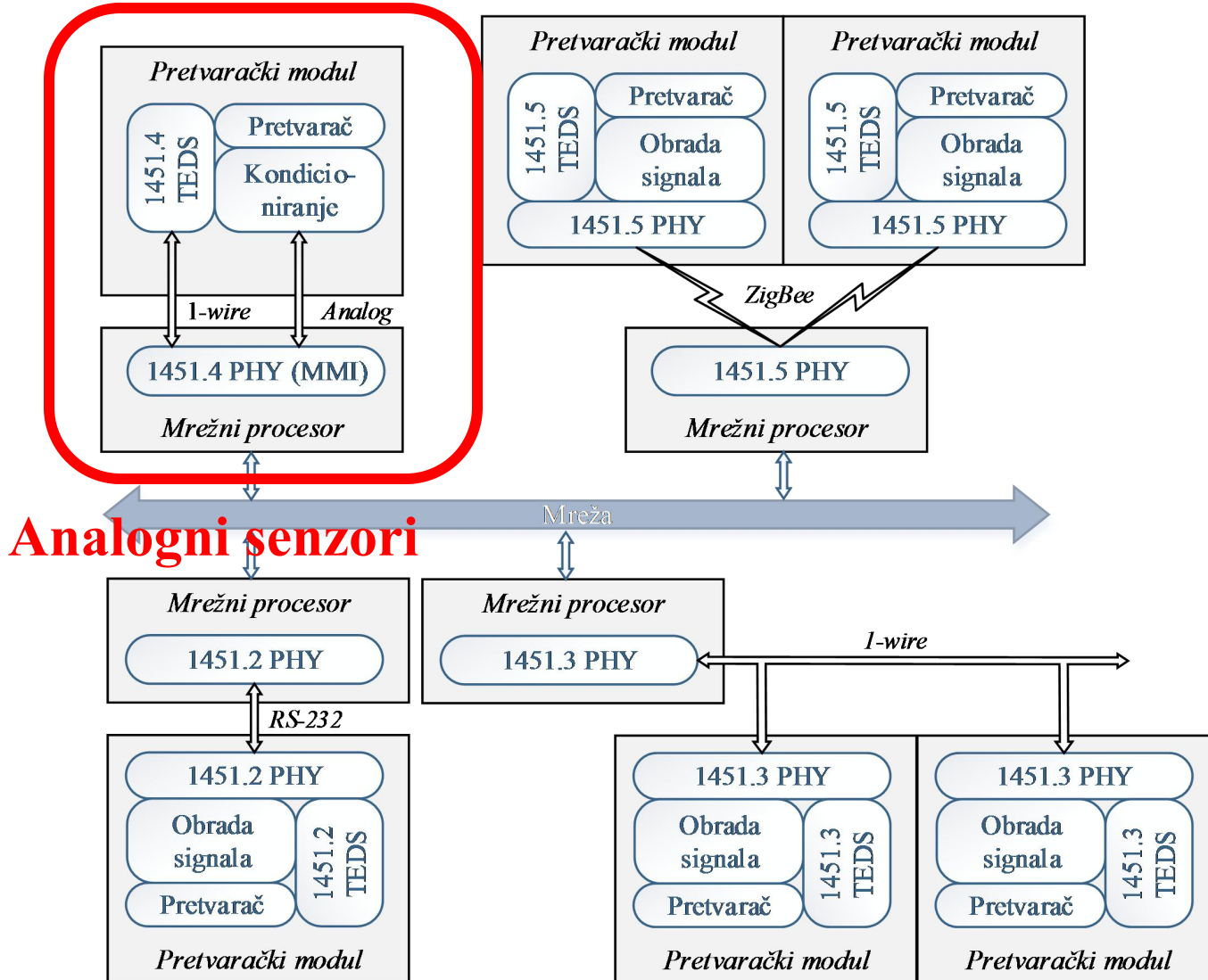
# PAMETNI SENZORI (PREMA IEEE 1451 STANDARDU)

Osim mernih podataka, pametni senzori obezbeđuju i druge funkcije među kojima su:

- lokalna obrada podataka,
- povezivanje u mrežu,
- automatska identifikacija
- automatska konfiguracija pri povezivanju u merni sistem...



# IEEE 1451 STANDARD (ISO/IEC/IEEE 21451 STANDARD)



IEEE 1451 nomenclature (status)	ISO/IEC/IEEE 21450(1) nomenclature (status)	Description
1451.0 (active)	21450 (active)	Covers high-level common operations and a general <a href="#">TEDS</a> format. Runs on the NCAP.
1451.1 (active)	21451-1 (active)	Provides smart-transducer network services, including “transducer discovery, transducer and TEDS data access, event notification, and transducer management services to support the <a href="#">interoperability</a> of networked smart transducers.”
1451.2 (active)	21451-2 (active)	Provides a digital TIM-to-NCAP connection. A revision is in progress (balloting targeted by 2016.) that will include serial interfaces (SPI, I <sup>2</sup> C, and RS-232/UART).
1451.3 (dropped)		Provided a multi-drop TIM-to-NCAP connection based on HPNA – the home phone protocol.
1451.4 (active)	21451-4 (active)	Provides an analog mixed-mode interface for analog sensors that have analog transducer and digital <a href="#">TEDS</a> modes. It allows both digital and analog information on the same wires to a system. Involves registering manufacturer IDs. A revision is in progress (balloting targeted by 2016.). Note: the IEEE description of 21451-4 is incorrect – it appears to be a copy of the 21451-2 description.
1451.5 (active)	21451-5 (active; not yet on IEEE site)	Adaptation layers between 1451.0 and <a href="#">WiFi</a> , <a href="#">Zigbee</a> , <a href="#">Bluetooth</a> , and <a href="#">6LowPAN</a> . Revision planned for balloting in 2016/7.
1451.6 (dropped)		Provides (provided?) a TIM-to-NCAP interface via the <a href="#">CANopen</a> protocol for safety-critical applications.
1451.7 (superseded)	21451-7 (active)	Provides for interfacing with sensors that communicate via RFID tags.
1451.001 (working)	21450-001 (working)	Standardizing sensor data processing for local fusion and actuator control decision-making
	P21451-1-4 (working)	Protocol for session/transport/security as extension of XMPP

# STATUS IEEE 1451 STNDAR DA

# IEEE 1451 STANDARD (ISO/IEC/IEEE 21451 STANDARD)

- **IEEE 1451.0** standard definiše zajedničke funkcije, komande i elektronske specifikacije (*Transducer Electronic Data Sheets - TEDS*) za pamerne senzore i aktuatore. Uloga standarda je da obezbedi funkcije koje su nezavisne od komunikacionog interfejsa za povezivanje senzora. *Status*: aktivan od 2008. Usvojen i kao **ISO/IEC/IEEE 21450** standard.
- **IEEE 1451.1** definiše softverski model za realizaciju mrežnih servisa za pristup pametnim sensorima. Mrežni servisi podrazumevaju komunikaciju sa pametnim sensorima i prenos relevantnih informacija o senzoru (TEDS), obaveštenja o događajima, kao i mernih podataka preko mreže. *Status*: aktivan od 1999 i revizija u toku. Usvojen i kao **ISO/IEC/IEEE 21451-1** standard.
- **IEEE 1451.2** definiše digitalni interfejs između senzora i mrežnog procesora. Prva verzija standarda ponudila je specifičan TII interfejs ali je kasnije dopunjena tako da obuhvati sve popularne serijske interfejse, kao što su SPI, I2C, RS-232/UART. *Status*: aktivan od 1997 i revizija je u toku. Usvojen i kao **ISO/IEC/IEEE 21451-2**.

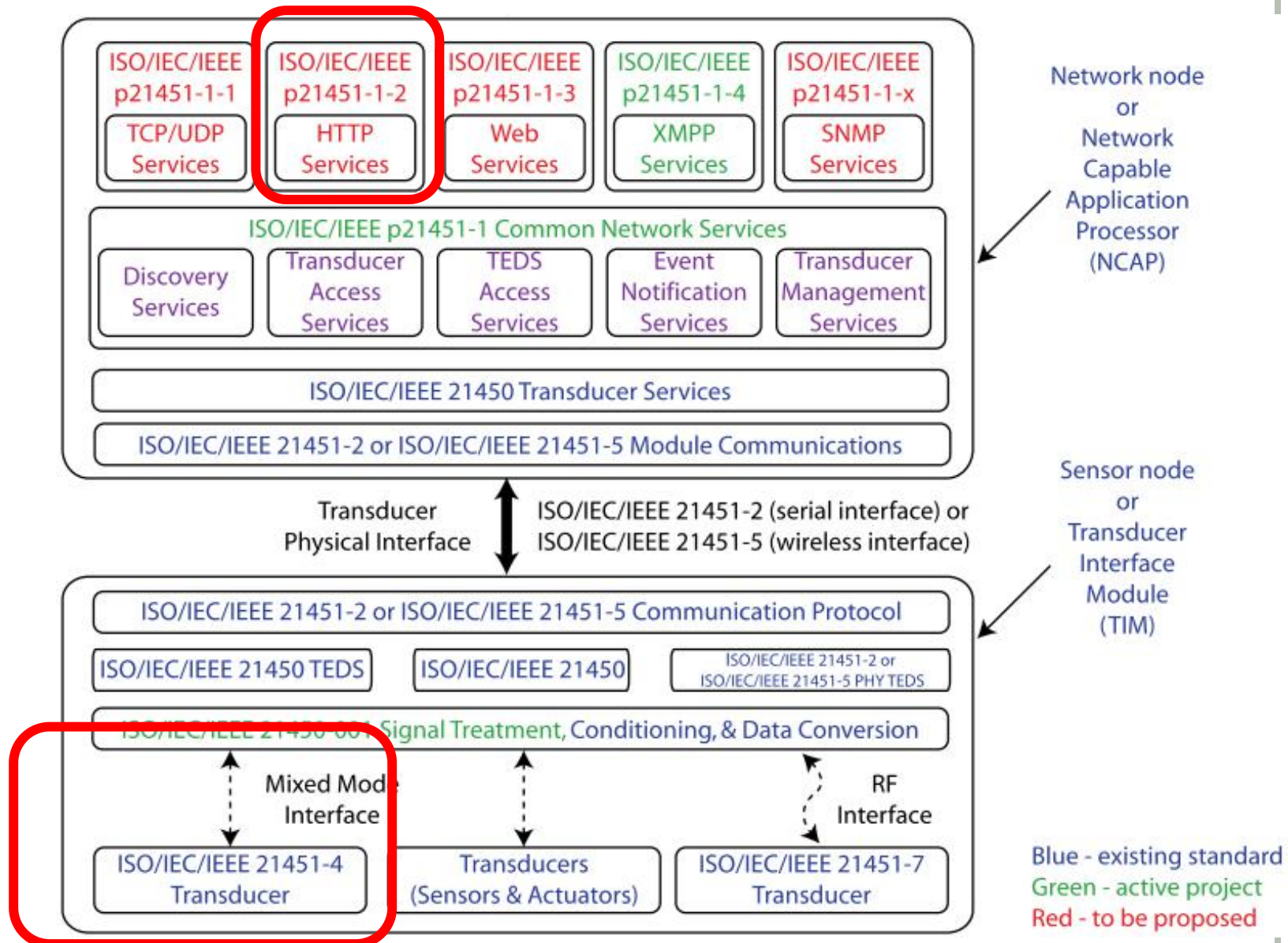
# IEEE 1451 STANDARD (ISO/IEC/IEEE 21451 STANDARD)

- **IEEE 1451.4** definiše mixed-mode interface (MMI) koji omogućava razmenu analognih podataka sa analognim sensorima i aktuatorima kao i digitalnih TEDS podataka preko istog interfejsa. Standard definiše jednožični (*one-wire*) protokol za MMI. *Status*: aktivan od 2004 i revizija u toku. Usvojen i kao **ISO/IEC/IEEE 21451-4** standard.
- **IEEE 1451.5** je standard za bežično povezivanje (*wireless communication*) senzora i mrežnog procesora. Standard podržava bežični prenos preko postojećih popularnih protokola za bežične komunikacije, kao što su IEEE 802.11x (*WiFi*), IEEE 802.15.1 (*Bluetooth*), IEEE 802.15.4 (*ZigBee*) i 6LowPAN. Protokol 6LowPAN je zasnovana IP protokoli (kompatibilan sa IPv6) koji omogućava i direktan pristup pretvaračima preko Interneta. *Status*: aktivan od 2008 a u planu je proširenje i revizija. Usvojen je i kao **ISO/IEC/IEEE 21451-5** standard.
- **IEEE 1451.7** standard obezbeđuje podršku za senzore koji se baziraju na *Radio Frequency Identification* (RFID) sistemu. On definiše posebne komande, protokole za komunikaciju kao i TEDS strukture za RFID senzore. Standard međutim ne protokole za radio komunikaciju već se oslanja na već postojeće standarde. *Status*: nova verzija je u pripremi. Usvojen je i kao **ISO/IEC/IEEE 21451-7** standard.

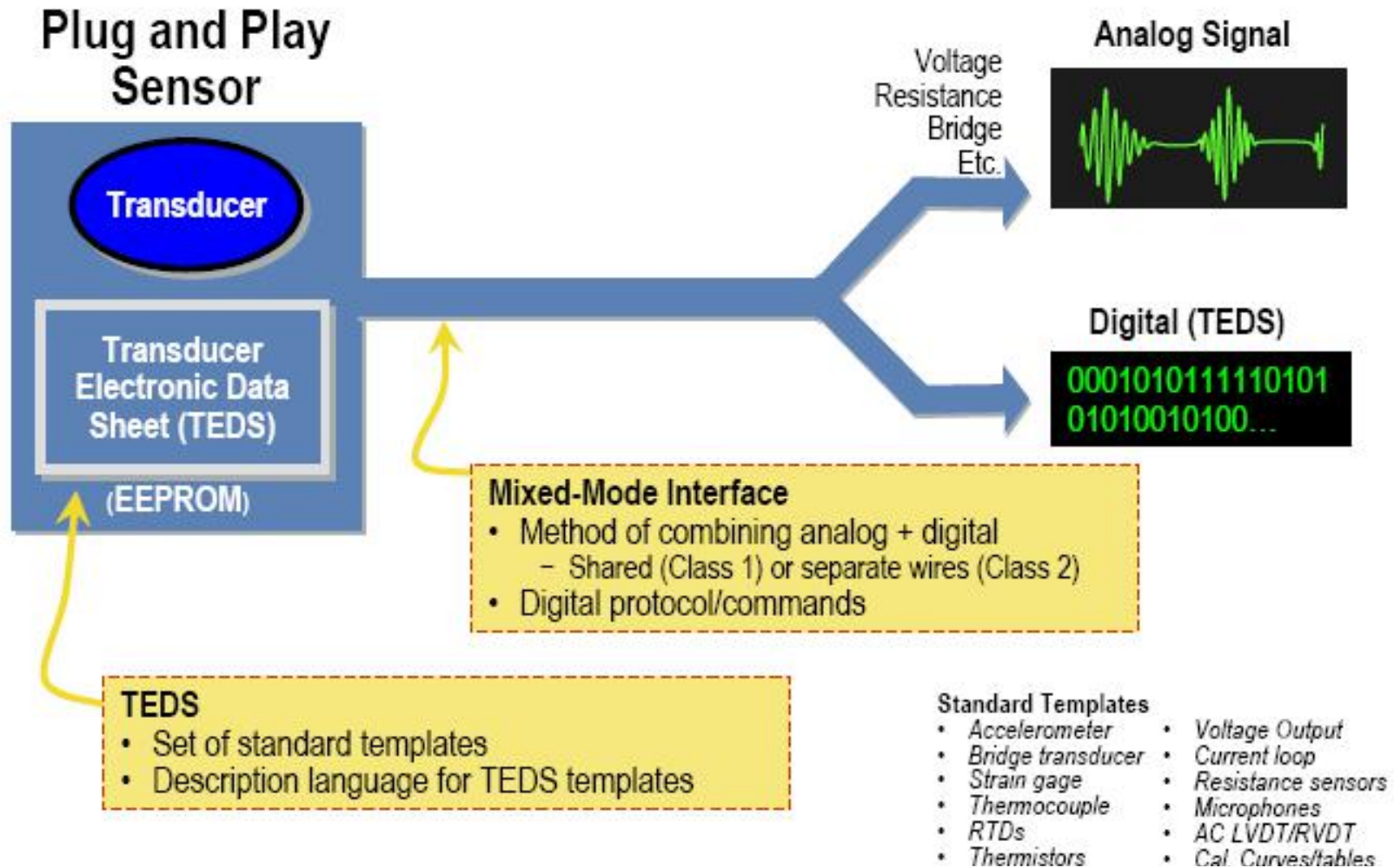
- **IEEE 1451.1.4** definiše način za prenos IEEE 1451 poruka preko mreže korišćenjem *eXtensible Messaging and Presence Protocol* (XMPP). Za uspostavljanje sigurne konekcije, pouzdanu komunikaciju i identifikaciju između mrežnog klijenta i servera uređaji koriste identifikacione meta-podatke na bazi IEEE 1451 TEDS specifikacija. Trenutno postojeći standardi ne obezbeđuju podršku za pitanja sigurnosti i zaštite podataka pri prenosu. *Status*: u fazi razvoja. Nosi i oznaku **ISO/IEC/IEEE 21451-1-4** standard.
- **IEEE 1451.001** definiše uobičajene procedure za obradu signala i strukture podataka za pametne senzore u cilju lakšeg deljenja informacija. Ovaj standard treba da omogući pametnim sensorima i aktuatorima različitih proizođača da razmenjuju podatke koji su tretirani na isti način i stoga kompatibilni. Primena standarda je univerzalna i uključuje oblasti kao što su industrija, medicina i zdravstvo, monitoring okoline i slično. Smisao standarda je da obezbedi standardizovan univerzalni okvir koji omogućava pametnim sensorima da karakterišu i tumače signale koji se generišu ili mere. Na taj način “sirovi” podaci se mogu prevesti u informacije, odnosno poznavanje prirode posmatranog signala. Ovo poznavanje signala se dalje može iskoristiti za fuziju informacija sa različitih senzora. *Status*: u razvoju, zajednički projekat IEEE i *Industrial Electronics Society*. Označen je takođe i kao **ISO/IEC/IEEE 21450-001** standard.

# IZMENE IEEE 1451 STANDARDA

Analogni senzori

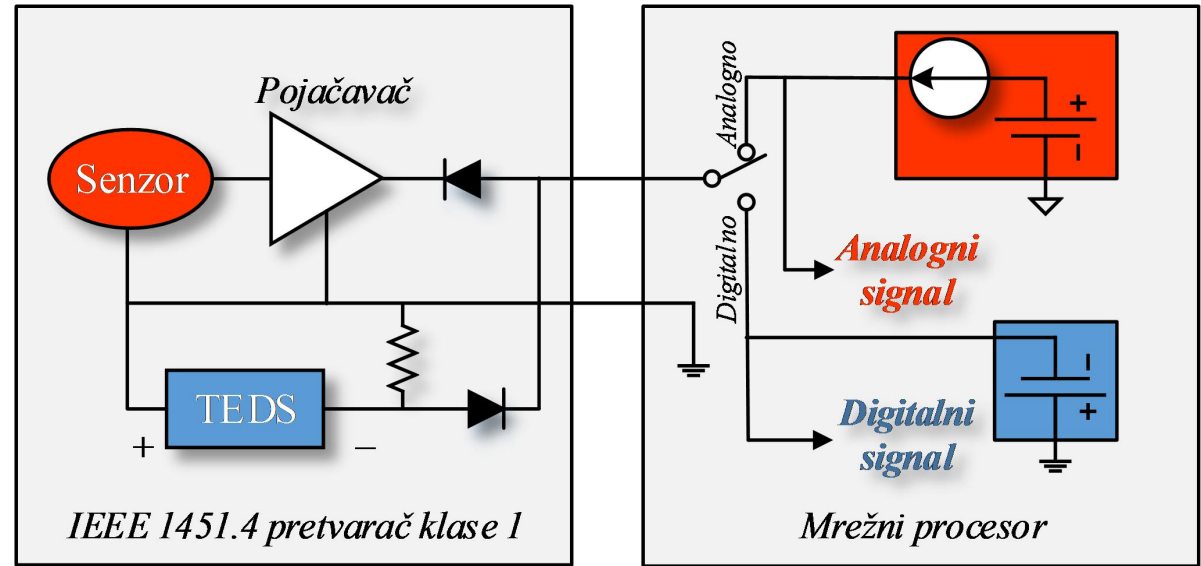


## IEEE 1451.4 Standard for Plug and Play Sensors

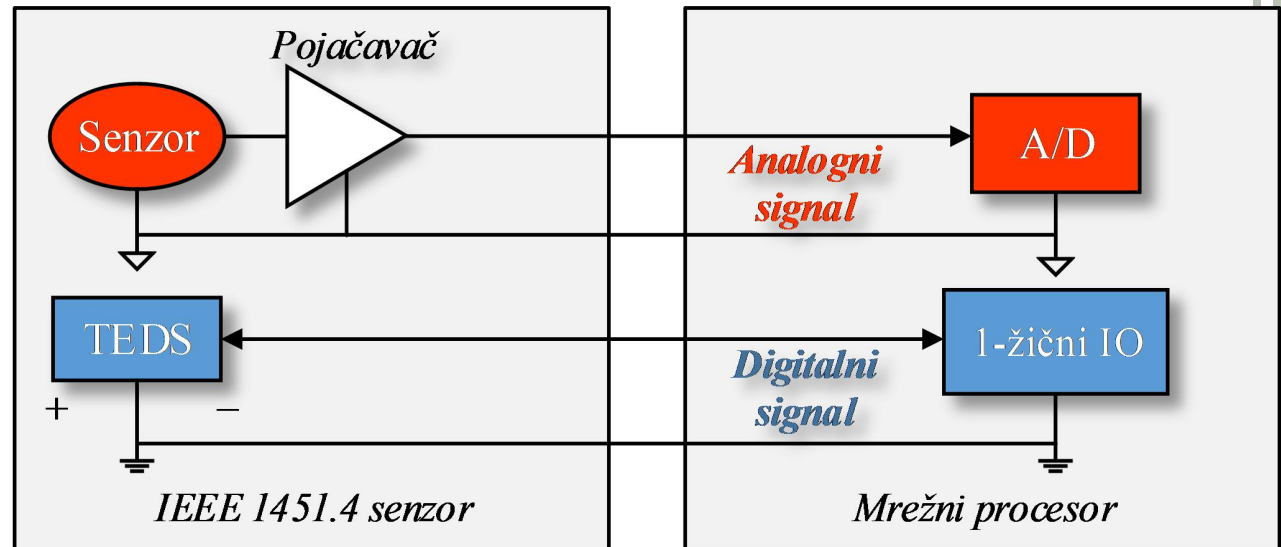


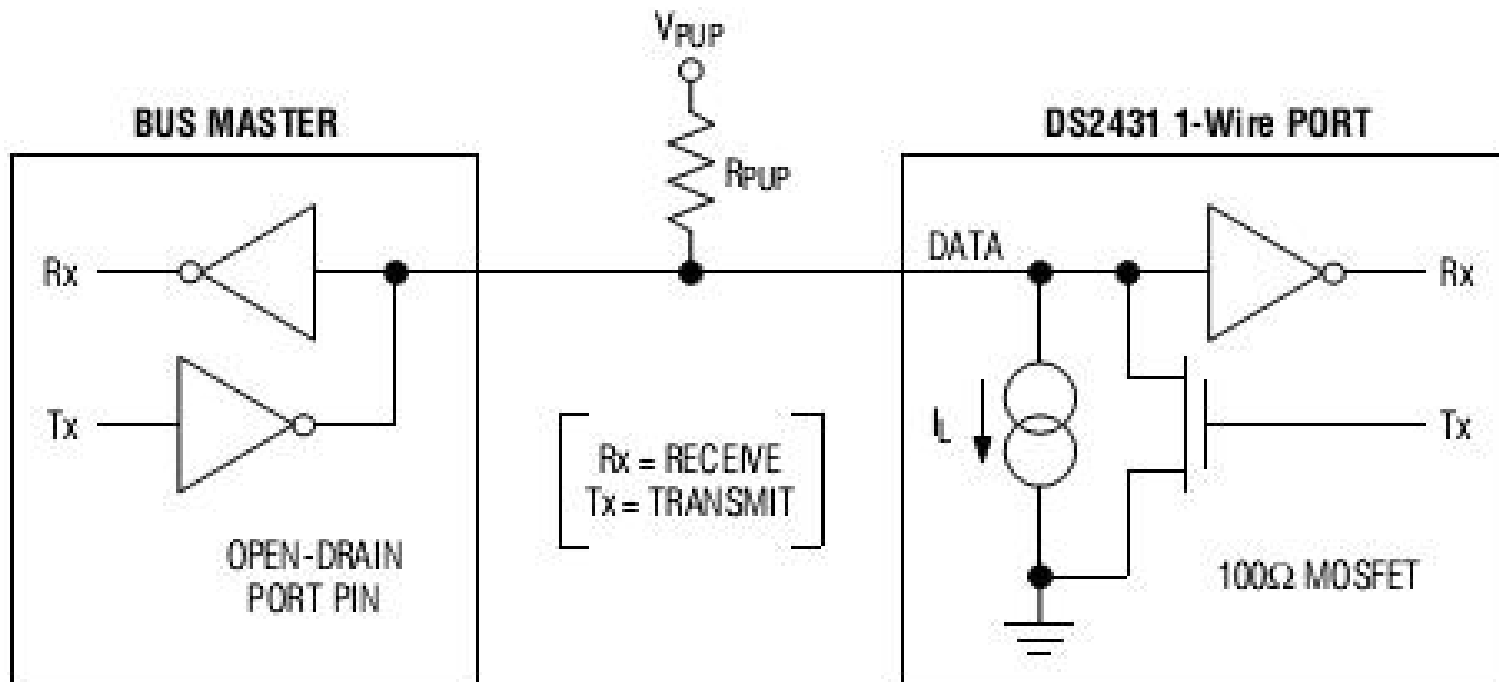
*Mixed – mode Interface*

**Class 1  
Mixed-mode  
Interface**  
(senzori sa stujnim  
izlazom: akcelerometri,  
miikrofoni, ...)



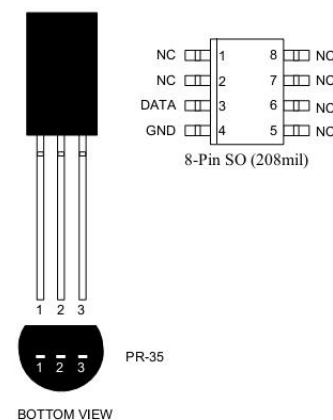
**Class 2  
Mixed-mode  
Interface**  
(senzori koji ne mogu  
imati prekidačke  
elemnte na liniji  
anaognog signala:  
mostni senzori,  
termoparovi, ...)



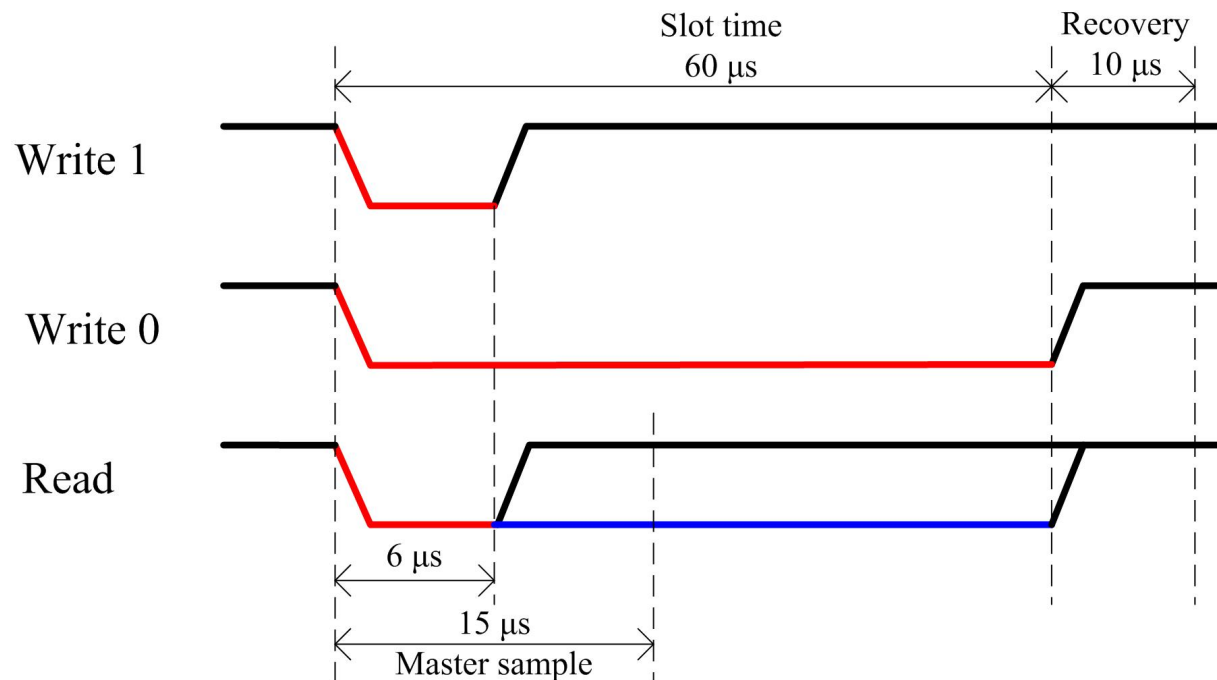
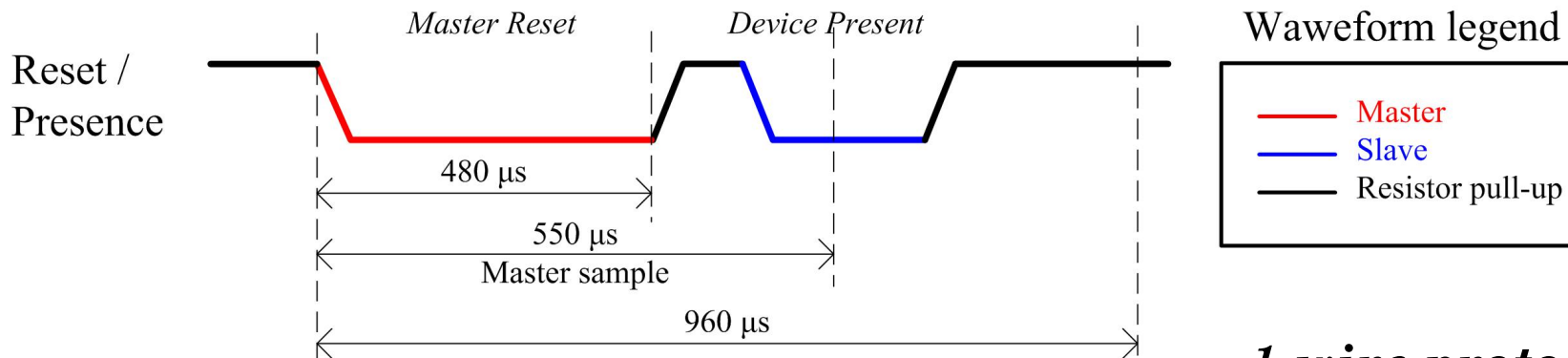


## 1-žično povezivanje:

1. Ista žica se koristi za napajanje memorije, Rx i Tx
2. Prenos komandi i podataka vrši se bit po bit (Read/Write)
3. Prenos svakog bita kontroliše i uvek započinje *master*



# DIGITALNI INTERFEJS (VREMENSKI DIJAGRAMI)

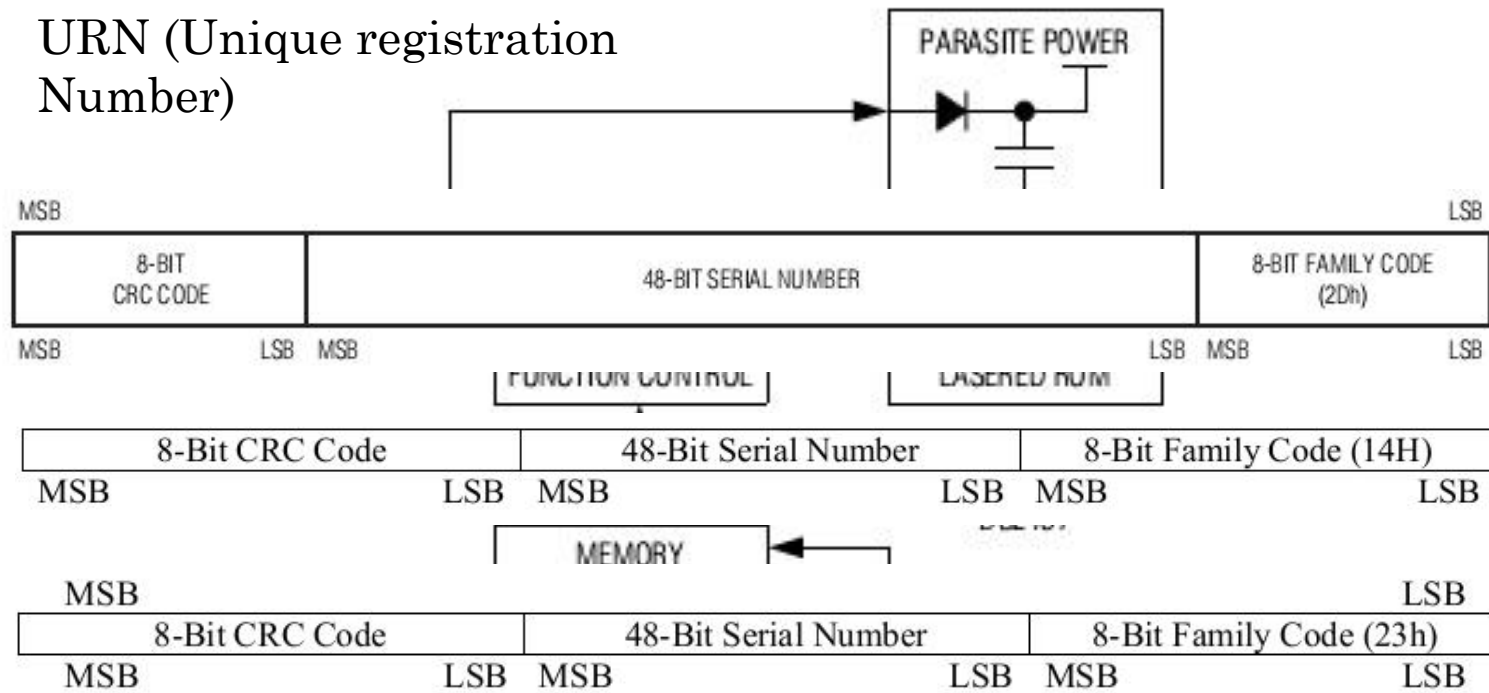


## 1-wire protocol:

1. Resetovanje uređaja
2. Selektovanje uređaja na bazi URN (*Unique Registration Number*)
3. Prenos podataka bit po bit (Read/Write)

# DIGITALNI INTERFEJS (MEMORIJSKI ČIPOVI)

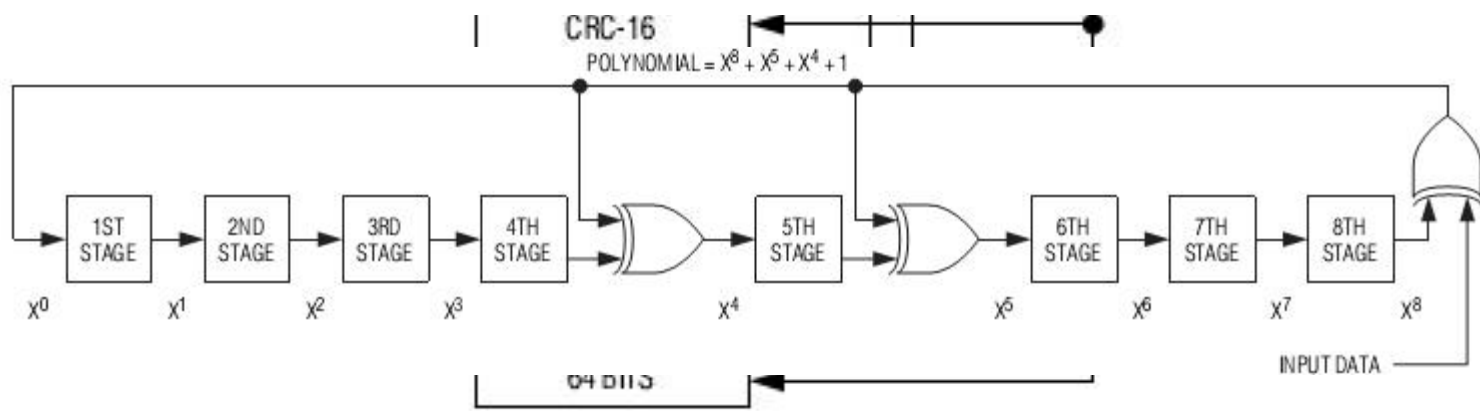
URN (Unique registration Number)



DS 2431

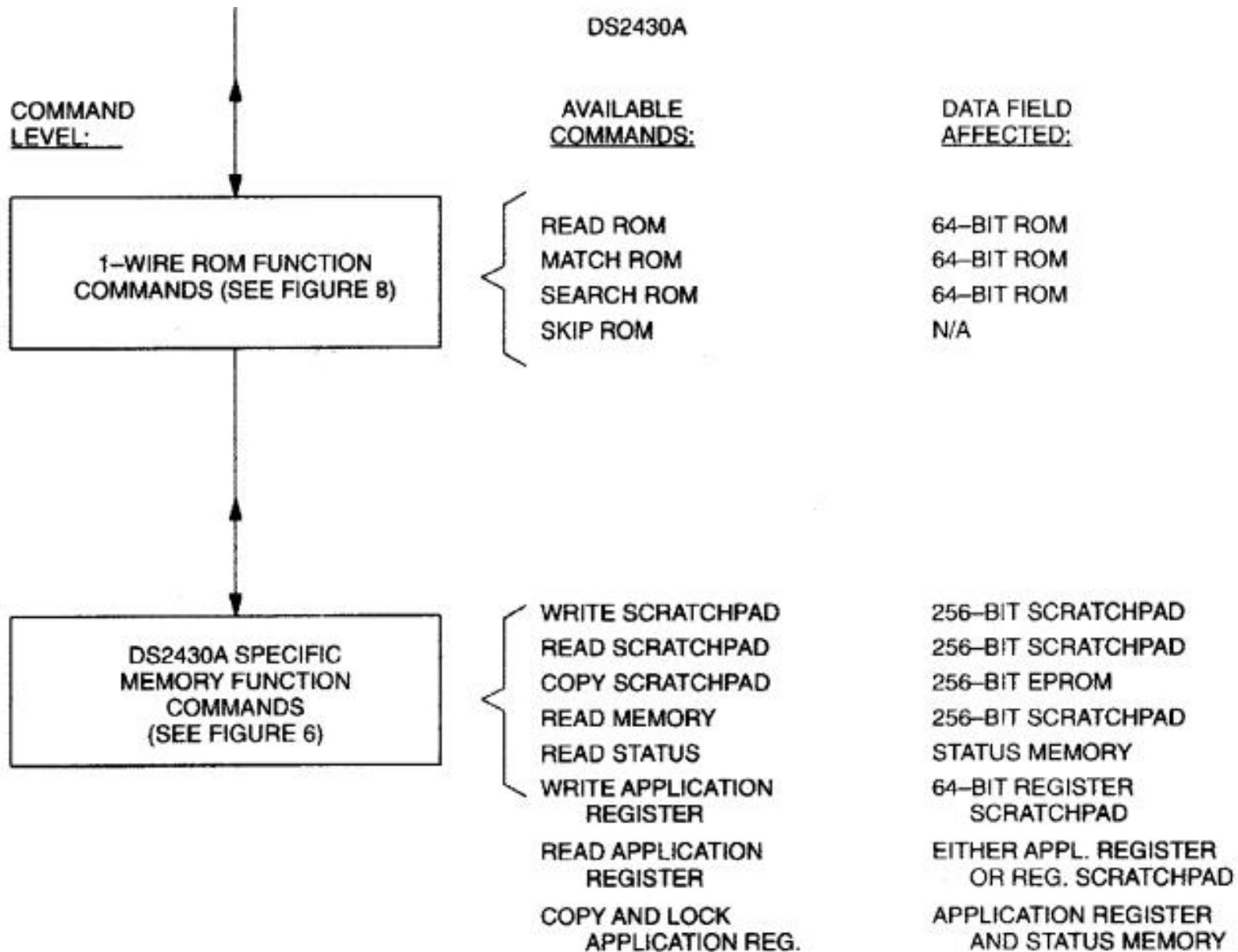
DS 2430A

DS 2433



CRC generator

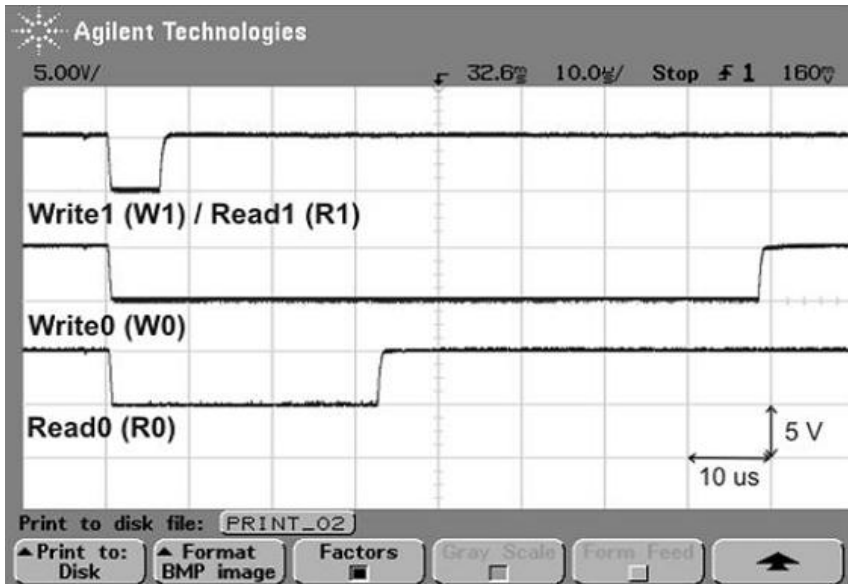
# DIGITALNI INTERFEJS (KOMANDE)



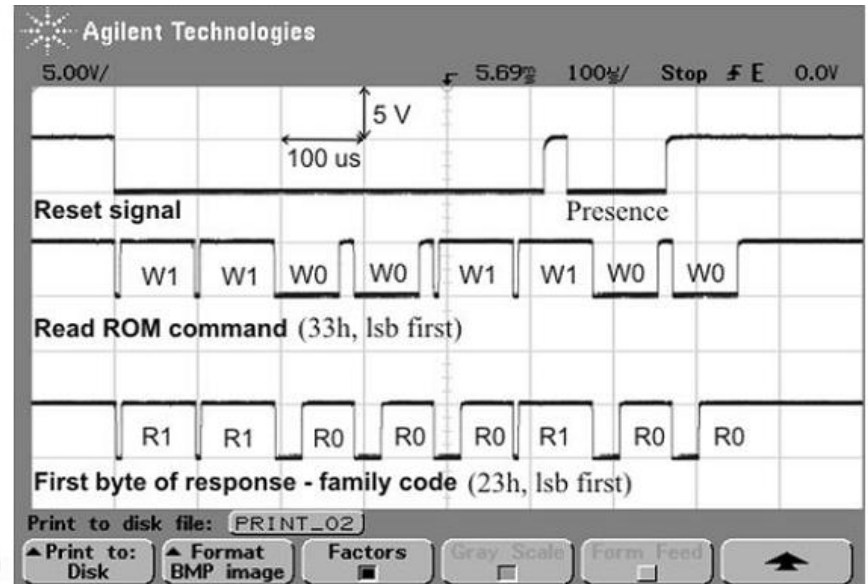
## MEMORY FUNCTION EXAMPLE

Example: Write 2 data bytes to data memory location 0006 and 0007. Read entire data memory.

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
TX	Reset	Reset pulse (480 $\mu$ s to 960 $\mu$ s)
RX	Presence	Presence pulse
TX	CCh	Issue "Skip ROM" command
TX	0Fh	Issue "Write Scratchpad" command
TX	06h	Start address = 06h
TX	<2 Data Bytes>	Write 2 bytes of data to scratchpad
TX	Reset	Reset pulse
RX	Presence	Presence pulse
TX	CCh	Issue "Skip ROM" command
TX	AAh	Issue "Read Scratchpad" command
TX	06h	Start address = 06h
RX	<2 Data Bytes>	Read scratchpad data and verify
TX	Reset	Reset pulse
RX	Presence	Presence pulse
TX	CCh	Issue "Skip ROM" command
TX	55h	Issue "Copy Scratchpad" command
TX	A5h	Validation key
TX	<Data Line High>	Data line is held high for 10ms by the bus master to provide energy for copying data from the scratchpad to EEPROM



a)



b)

## Tipičan primer:

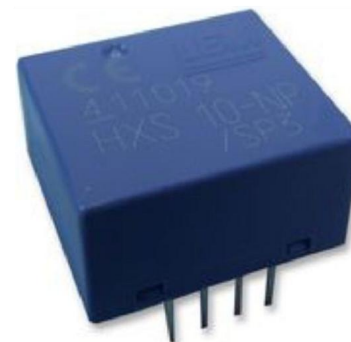
*Transducer  
Electronic  
Data  
Sheet  
(TEDS)*

<b>Osnovni TEDS</b>	<i>Manufacturer ID, Model number, Version number, Version letter, Serial number.</i>
<b>TEDS pretvarača</b> (Standardni šabloni od 25 do 39, i 43)	Meni opseg, Opseg izlaznog signala senzora ili ulaznog signala aktuatora, Osetljivost, Izvor napajanja, ...
<b>Kalibracioni TEDS</b> (Standardni šabloni od 40 do 42)	Kalibracioni podaci: - Kalibraciona tabela - Polinoimalna aproksimacija - Tabela frekvencijskog odziva

Type	Template ID	Name of template
Transducer type templates	25	Accelerometer/Force transducer w. const. curr. ampl.
	26	Charge amplifier (incl. attached accelerometer)
	27	Microphones w. built-in preamp.
	28	Microphone preamps. w. attached micr. or system
	29	Microphones (capacitive)
	30	High-level voltage output sensors
	31	Current loop output sensors
	32	Resistance sensors
	33	Bridge sensors
	34	AC linear/rotary variable differential transformer sensor
	35	Strain gage
	36	Thermocouple
	37	Resistance temperature detectors (RTDs)
	38	Thermistor
	39	Potentiometric voltage divider
Calibration templates	40	Calibration table
	41	Calibration curve (polynomial)
	42	Frequency response table

## PRIMER NESTANDARDNOG TEDS ŠABLONA

- Kako opisati senor koji nema standardom definisan šablon?
- Za svaku familiju senzora se može napraviti šablon korišćenjem jezika za definisanje šablona za elektronske specifikacije senzora – Transducer Description Language (TDL)



### Current Transducer HXS 10-NP/SP3

Osnovne karakteristike proizvođača:

- Merni opseg: -30 / +30 A
- Osetljivost: 0,0625 V/A
- Napajanje: +5 V

# PRIMER TEDS ŠABLONA

## Current Transducer HXS 10-NP/SP3

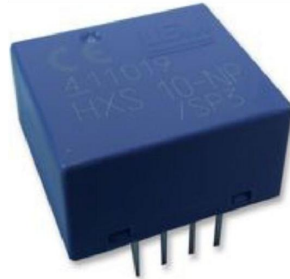
Osnovne karakteristike proizvođača:

- Merni opseg: -30 / +30 A
- Osetljivost: 0,0625 V/A
- Napajanje: +5 V

```

Template 16382,8,1,"Strujni pretvarac sa naponskim izlazom"
  // Definicija fizickih jedinica
  Physical_Unit "A", (0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,0) // A – SI jedinica
  Physical_Unit "V", (0,0,0,2,1,-3,-1,0,0,0,1,0) // V = m2 kg s-3 A-1
  Physical_Unit "V/A", (0,0,0,2,1,-3,-2,0,0,0,1,0) // V = m2 kg s-3 A-2
  // Merni opseg
  %MinPhysVal,"Minimalna struja",ID,5,ConRes,-155,5,"000","A"
  %MaxPhysVal,"Maksimalna struja",ID,5,ConRes,0,5,"000","A"
  // Osetljivost
  %Sens,"Osetljivost",CAL,10,ConRes,0.01,0.0001,"0.0000","V/A"
  // Nominalni napon napajanja
  Enumerate NapajanjeEnum,"+5V","+12V","+/-12V","15V","+/-15V"
  %ExiteAmplNom,"Nominalno napajanje",ID,3,NapajanjeEnum,"e",""
EndTemplate

```



## **Current Transducer HXS 10-NP/SP3**

Osnovne karakteristike proizvođača:

- Merni opseg: -30 / +30 A
- Osetljivost: 0,0625 V/A
- Napajanje: +5 V

### **TEDS memorija, sekcija TEDS pretvarača:**

00000001 – Identifikator šablona (*Template ID*)

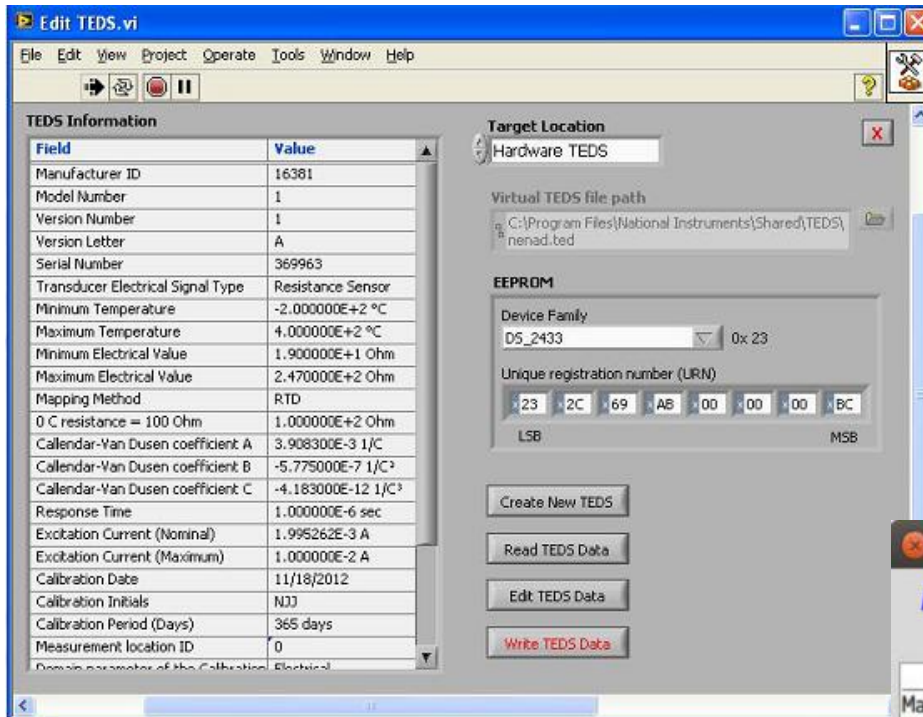
11001 – Minimalna struja  $-155+5*25=-30A$

00110 – Maksimalna struja  $0+5*6=30A$

1000001101 – Osetljivost  $0,01+0,0001*525=0,0625$

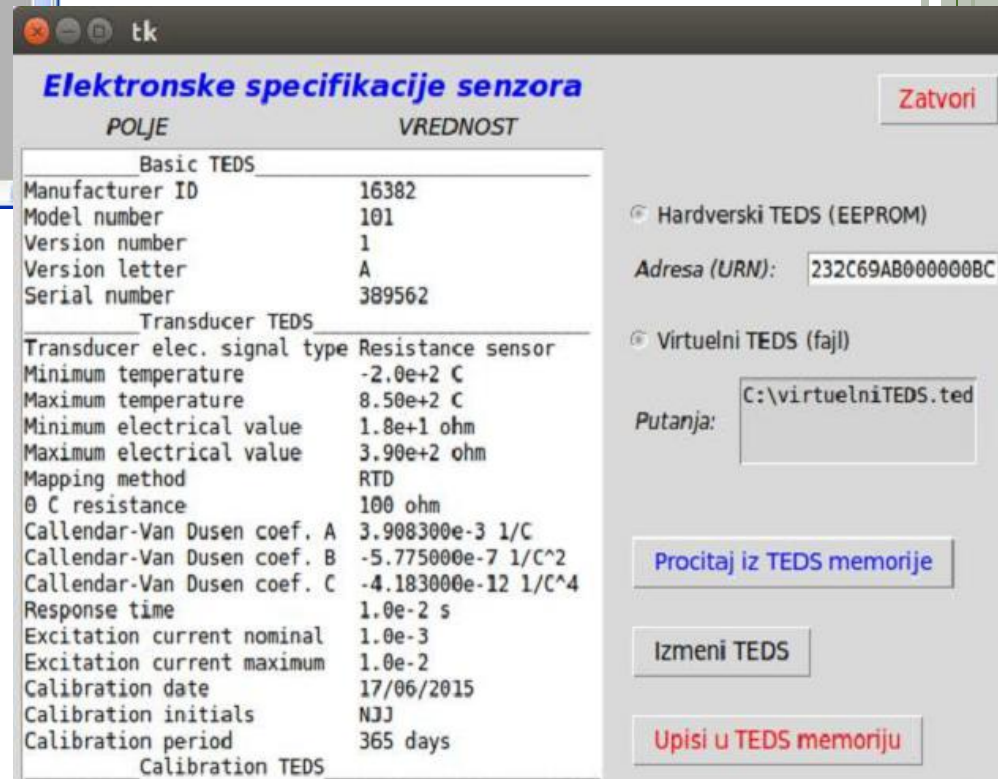
000 – Nominalno napajanje "+5V"

# IEEE 1451 TEDS EDITOR



Lab VIEW

Python



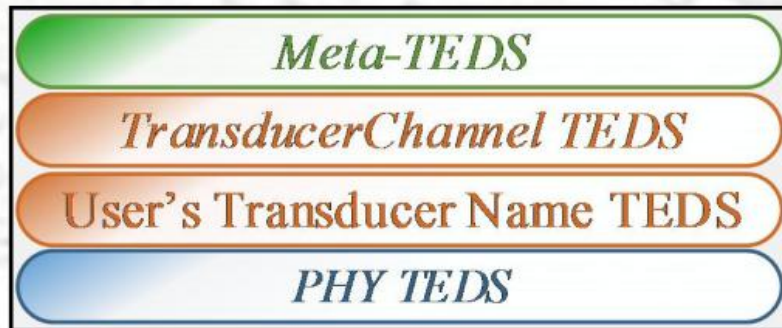
- Da bi se obezbedio jedinstven interfejs prema mreži (mrežni servisi) bez obzira na tip senzora i način komunikacije sa mrežnim procesorom potrebno je definisati i zajedničke elektronske specifikacije (TEDS).
- IEEE 1451.0 standard, osim zajedničkih funkcija i komandi, definiše i zajedničke TEDS strukture za univerzalni pristup svim vrstama senzora iz IEEE 1451 familije. Drgim rečima, osim fizičkih TEDS struktura definisanih u standardima IEEE 1451.2 - IEEE 1451.7, svaki senzor mora da obezbedi i zajedničke TEDS strukture definisane prema standardu IEEE 1451.0.
- Kao i ostali članovi familije 1451, i ovaj standard preporučuje smeštanje podataka o pretvaraču u odgovarajućoj formi u EEPROM memoriju pretvaračkog modula. Elektronske specifikacije moguće je čuvati i u vidu fajlova (virtuelni TEDS) u bilo kom delu distribuiranog merno-upravljačkog sistema ukoliko je njihovo čuvanje u memoriji pretvarača, iz ma kog razloga, nepraktično.
- S obzirom da standard IEEE 1451.0 ima za cilj da obezbedi univerzalnost za sve tipove pretvarača u okviru 1451 familije, broj različitih vrsta sekcija koje TEDS memorija može da sadrži je veliki, a njihova struktura složena.

- *Neke od najznačajnijih TEDS struktura u IEEE 1451.0 standardu su sledeće.*
- **Meta-TEDS**. Ova sekcija obezbeđuje osnovne informacije o pretvaračkom modulu kao što su: jedinstveni identifikator modula (UUID), broj kanala pretvarača koje modul poseduje, podaci o kontrolnim, vektorskim i proksi grupama kanala i određena vremenska ograničenja (maksimalno vreme odziva na komandu, vreme potrebno za autotestiranje modula i slično). Ako bi se izvršilo poređenje sa TEDS sekcijama standarda IEEE 1451.4, meta-TEDS ima sličnu ulogu kao i osnovni TEDS kod 1451.4 pretvarača.
- **TEDS kanala (Transducer Channel TEDS)**. TEDS kanala daje skup parametara koji su neophodni za konfigurisanje sistema i razmenu podataka sa jednim kanalom pretvarača. U poređenju sa 1451.4 pretvaračima, TEDS kanal bi se mogao donekle uporediti sa ulogom koju ima sekcija TEDS pretvarača. Za razliku od 1451.4 pretvarača kod kojih je struktura parametara koji opisuju kanal pretvarača definisana šablonima, skup parametara koji opisuju kanal pretvarača prema standardu IEEE 1451.0 unapred je precizno definisan. Na primer, jedan kanal senzora između ostalog obuhvata definisanje fizičke jedinice, mernog opsega i merne nesigurnosti senzora, ali i podatke o načinu odabiranja, triggerovanja i prenosa podataka.

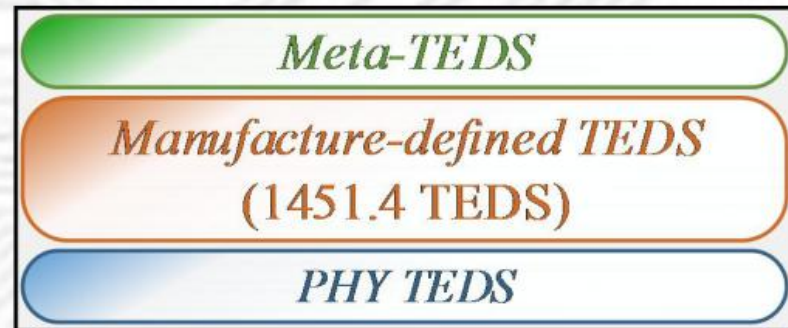
- **Fizički TEDS (PHY TEDS)**. Fizički TEDS vezan je za „fizički“ interfejs odnosno odgovarajući IEEE 1451.X standard koji se koristi za povezivanje pretvaračkog modula i mrežnog procesora. Standard IEEE 1451.0 obezbeđuje mehanizme za pristup ovim podacima, ali su detaljne specifikacije strukture i organizacije podataka u fizičkoj TEDS sekciji definisane odgovarajućim IEEE 1451.X standardom. U ovu kategoriju spada i IEEE 1451.4 TEDS, ali on nije u potpunosti kompatibilan sa IEEE 1451.0 standardom te ostaje da se ova nekompatibilnost reši u novim verzijama standarda.
- **Manufacturer Defined TEDS**: TEDS sekcija koju definiše proizvođač pretvaračkog modula. Sadržaj ove memorijske sekcije nije definisan standardom. Ova sekcija se može koristiti za netipične senzore i aktuatore ili za specifikaciju dodatnih informacija od strane proizvođača koje nisu obuhvaćene standardnim TEDS sekcijama. Neki autori predlažu da se ova TEDS sekcija koristi za prenos elektronskih specifikacija za analogne pretvarače tj. za IEEE 1451.4 TEDS.

# IEEE 1451.0 TEDS

- Dakle, za potpuni opis analognog pametnog senzora prema IEEE 1451 standardu treba obezbediti IEEE 1451.4 TEDS i IEEE 1451.0 TEDS.
- Pošto postoji nekompatibilnost ova dva standarda, moguća su dva rešenja.
- Prvo rešenje je realizacija IEEE 1451.0 TEDS za analogni senzor nezavisno od IEEE 1451.4 TEDS strukture. U tom slučaju mrežni procesor je odgovoran za detekciju, komunikaciju i konfiguraciju senzora prema IEEE 1451.4 standardu. Sa druge strane, prema mreži, mrežni procesor definiše IEEE 1451.0 TEDS koji je u potpunosti kompatibilan IEEE 1451.0 standardom (a).
- Drugo rešenje je da se zaobiđe nekompatibilnost standarda tako što se za senzor obezbedi obavezni Meta TEDS prema IEEE 1451.0 standardu, a da se IEEE 1451.4 TEDS tretira kao TEDS proizvođača (b).



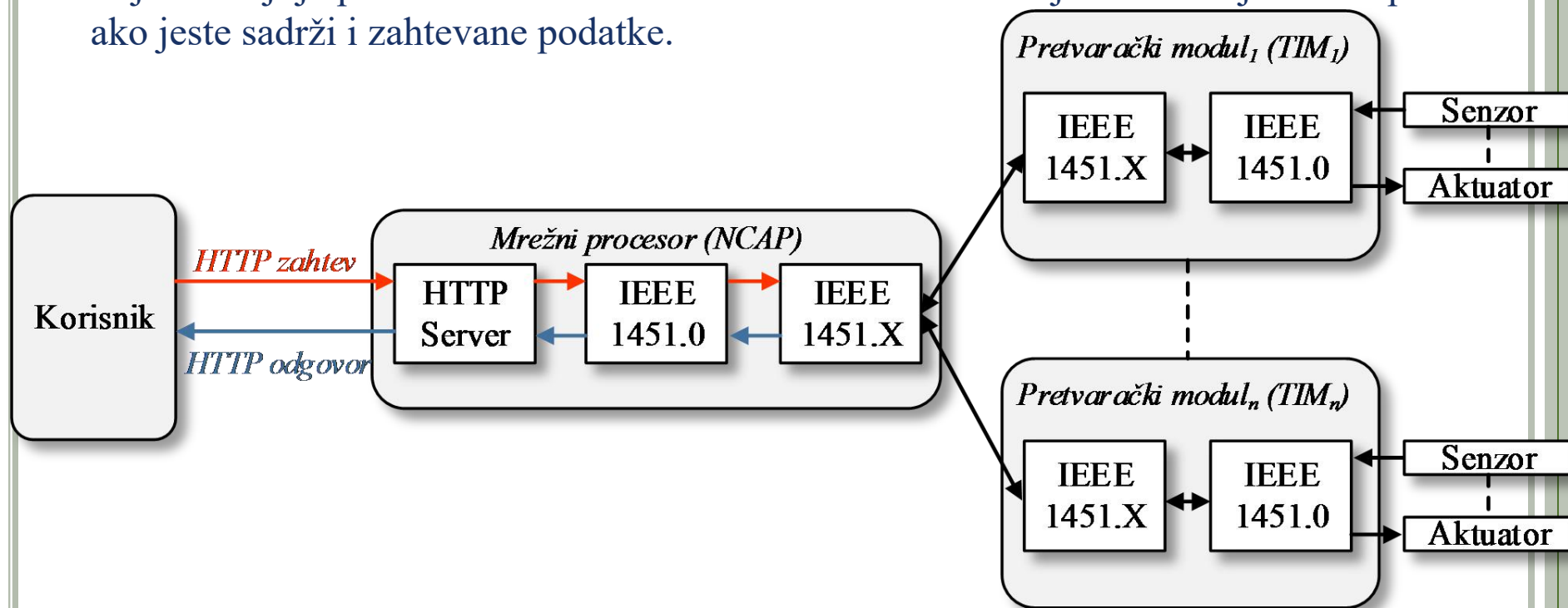
a)



b)

# IEEE 1451.0 & HTTP PROTOKOL

- Koristi standardni klijent ↔ server model.
- HTTP Client Request: HTTP klijent šalje zahtev prema pametnom senzoru formatizovan u skladu sa HTTP protokolom — *HTTP Request* (**GET** ili **POST**). Sadržaj ove HTTP poruke specificira odgovarajuću IEEE 1451.0 komandu kojom se traže TEDS podaci ili merni podaci od senzora. Mrežni procesor tada izvršava ovu komandu i zahteva podatke od senzora.
- HTTP Server Response: Po rijemu odgovora od senzora, mrežni procesor “upakuje” tražene podatke u format HTTP poruke (*HTTP response message*) i šalje je nazad klijentu koji je poslao zahtev. Poruka sadrži indikator da li je transakcija bila uspešna i ako jeste sadrži i zahtevane podatke.



# 1451.0 HTTP SERVIS – REST API

Interfejs	Opis
<i>TimDiscovery</i>	Funkcije za otkrivanje pretvaračkih modula i odgovarajućih kanala pretvarača koji su povezani na mrežni procesor.
<i>TransducerAccess</i>	Funkcije za uspostavljanje konekcije i prenos podataka sa kanalima pretvarača.
<i>TransducerManager</i>	Naprednije funkcije za pristup modulima i kanalima pretvarača. Obuhvata funkcije za zadavanje trigera, zaključavanje i otključavanje pristupa kanalu kao i funkcije za slanje proizvoljne 1451.0 komande modulima ili kanalima pretvarača.
<i>TedsManager</i>	Funkcije za upis i čitanje sadržaja TEDS memorije.
<i>CommManager</i>	Sadrži samo jednu funkciju za informisanje krajnjeg korisnika o tome koji tip komunikacionog kanala koristi određeni pretvarački modul.
<i>AppCallback</i>	Napredne funkcije za podršku neblokirajućim operacijama za kontinualni prenos podataka između korisničke aplikacije i pretvarača.

# 1451.0 HTTP SERVIS – REST API

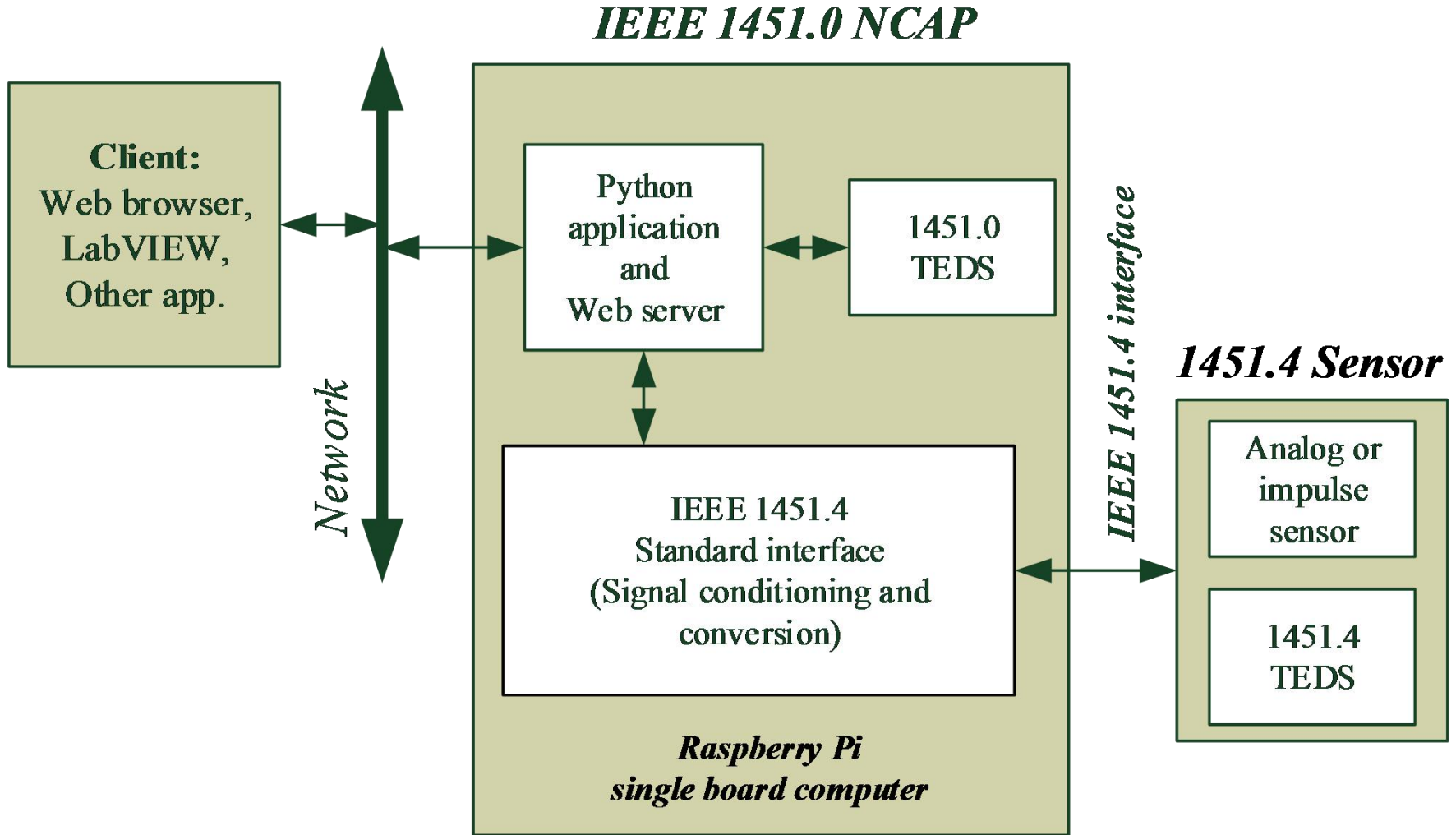
API type	Name	Path
Discovery API	TIMDiscovery	1451/Discovery/TIMDiscovery
	TransducerDiscovery	1451/Discovery/TransducerDiscovery
Transducer Access API	ReadData	1451/TransducerAccess/ReadData
	StartReadData	1451/TransducerAccess/StartReadData
	MeasurementUpdate	1451/TransducerAccess/MeasurementUpdate
	WriteData	1451/TransducerAccess/WriteData
	StartWriteData	1451/TransducerAccess/StartWriteData
TEDS Manager API	ReadTeds	1451/TEDSManager/ReadTeds
	ReadRawTeds	1451/TEDSManager/ReadRawTeds
	WriteTeds	1451/TEDSManager/WriteTeds
	WriteRawTeds	1451/TEDSManager/WriteRawTeds
	UpdateTedsCache	1451/TEDSManager/UpdateTedsCache
Transducer Manager API	SendCommand	1451/TransducerManager/SendCommand
	StartCommand	1451/TransducerManager/StartCommand
	CommandComplete	1451/TransducerManager/CommandComplete
	Trigger	1451/TransducerManager/Trigger
	StartTrigger	1451/TransducerManager/StartTrigger

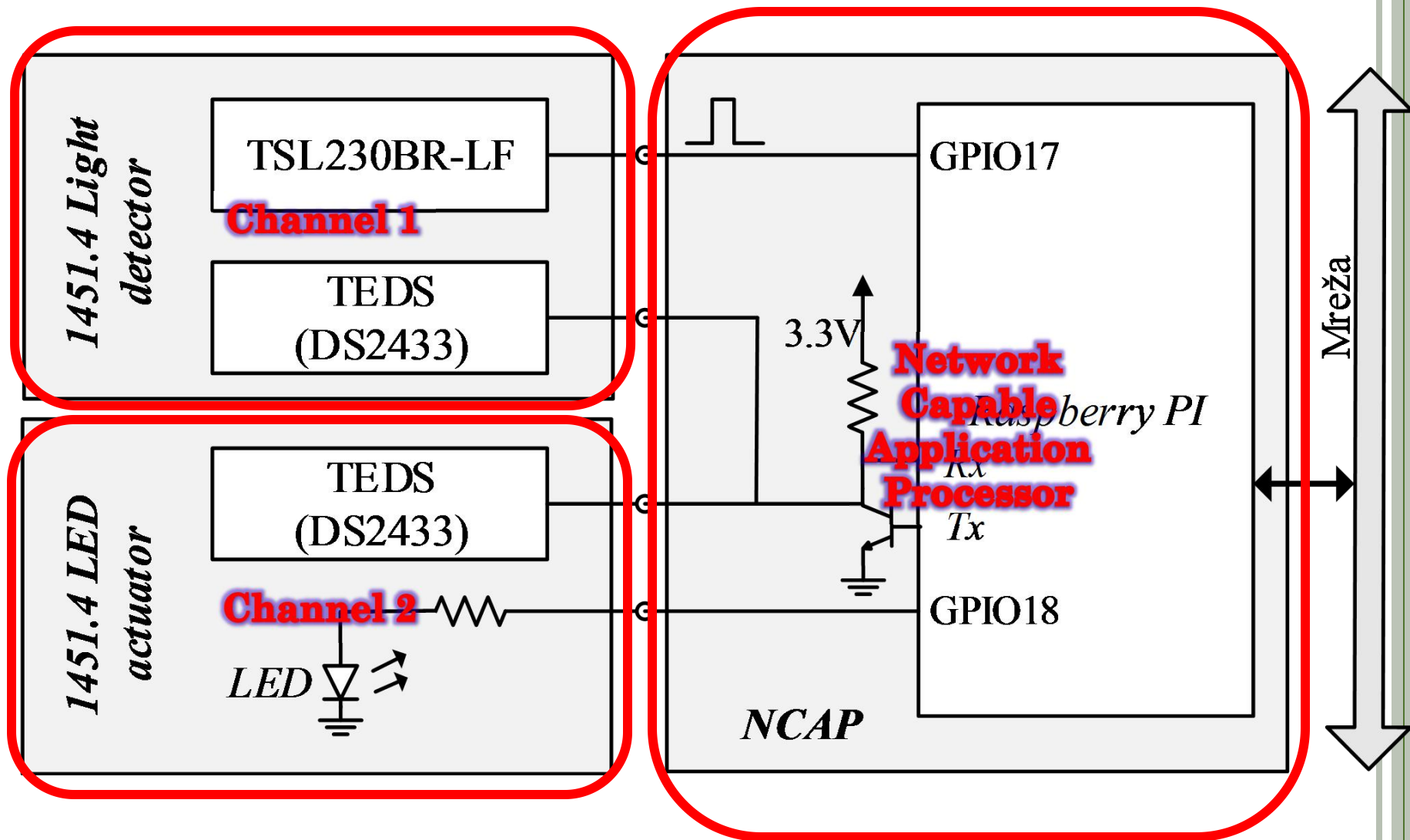
**GET** protokol -> <http://<host>:<port>/<path>?<parameters>>

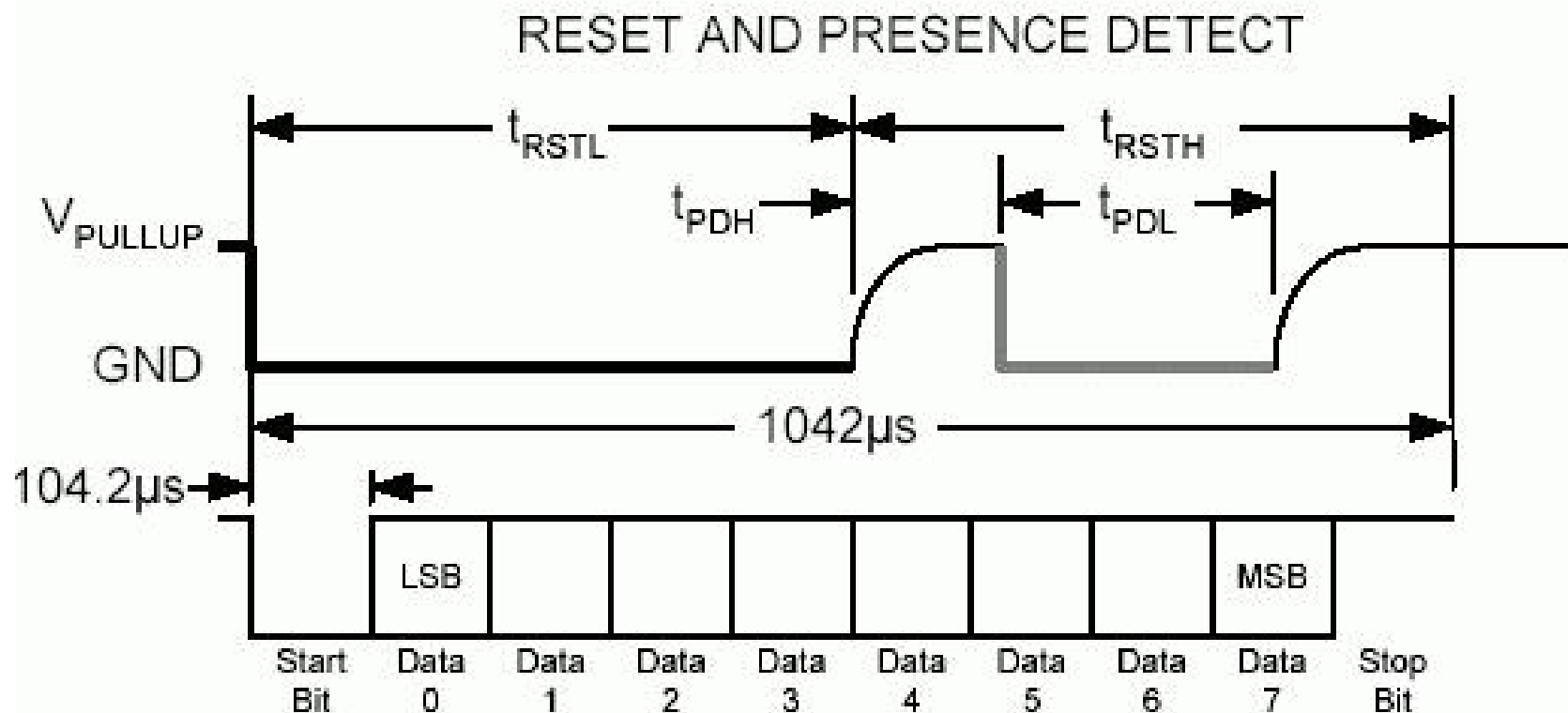
<http://localhost:8080/1451/Discovery/TIMDiscovery>

<http://localhost:8080/1451/Discovery/TransducerDiscovery?timid=1>

<http://localhost:8080/1451/TransducerAccess/ReadData?timid=1&channelid=1&samplingmode=5>







9600 Baud, 8 bits, no parity, 1 stop

TX:0xF0, RX: 0x10 to 0x90 if device present

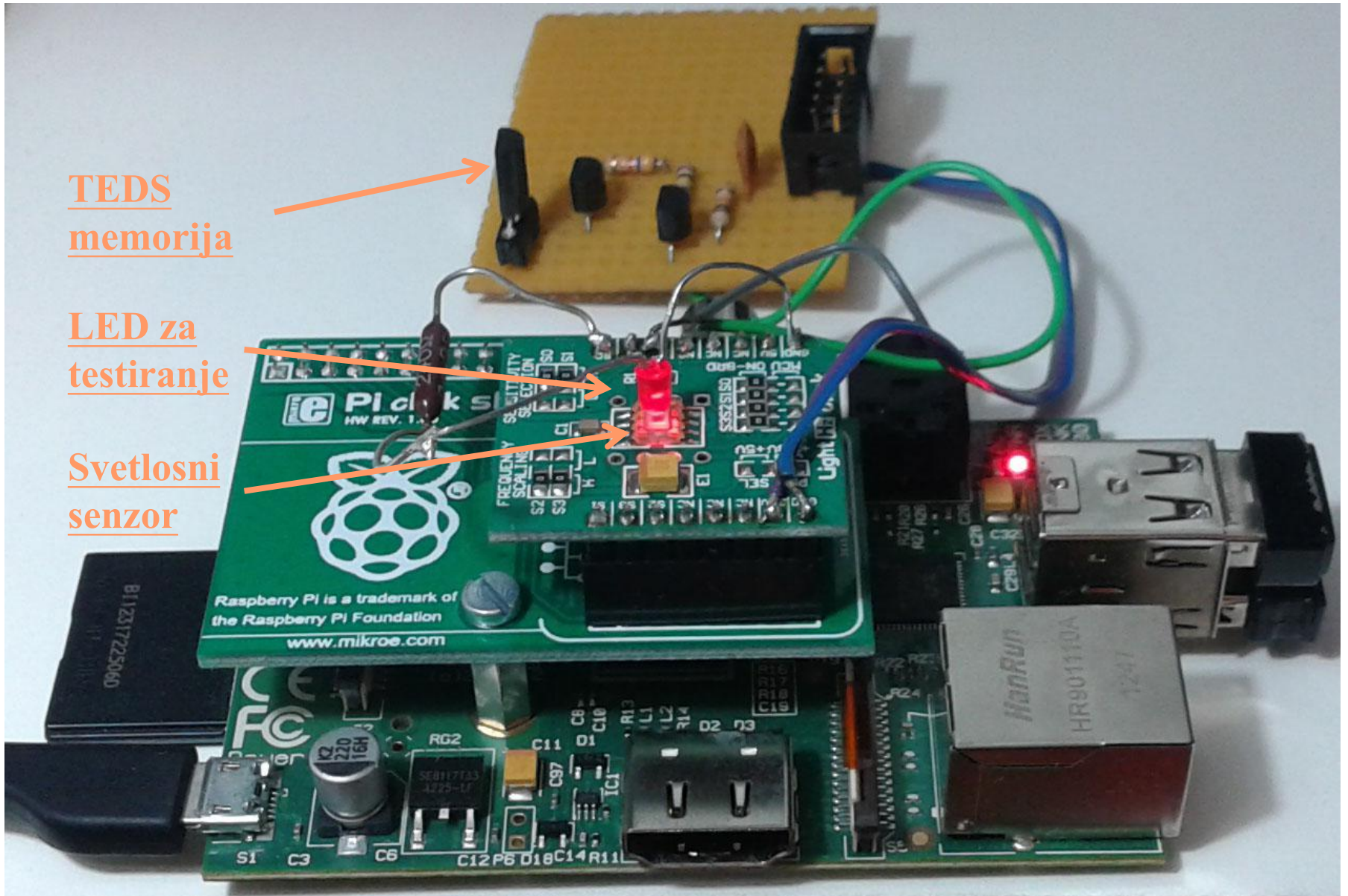
TX:0xFF, RX:0xFF

# HARDVER – IMPULSNI SENZOR I NCAP

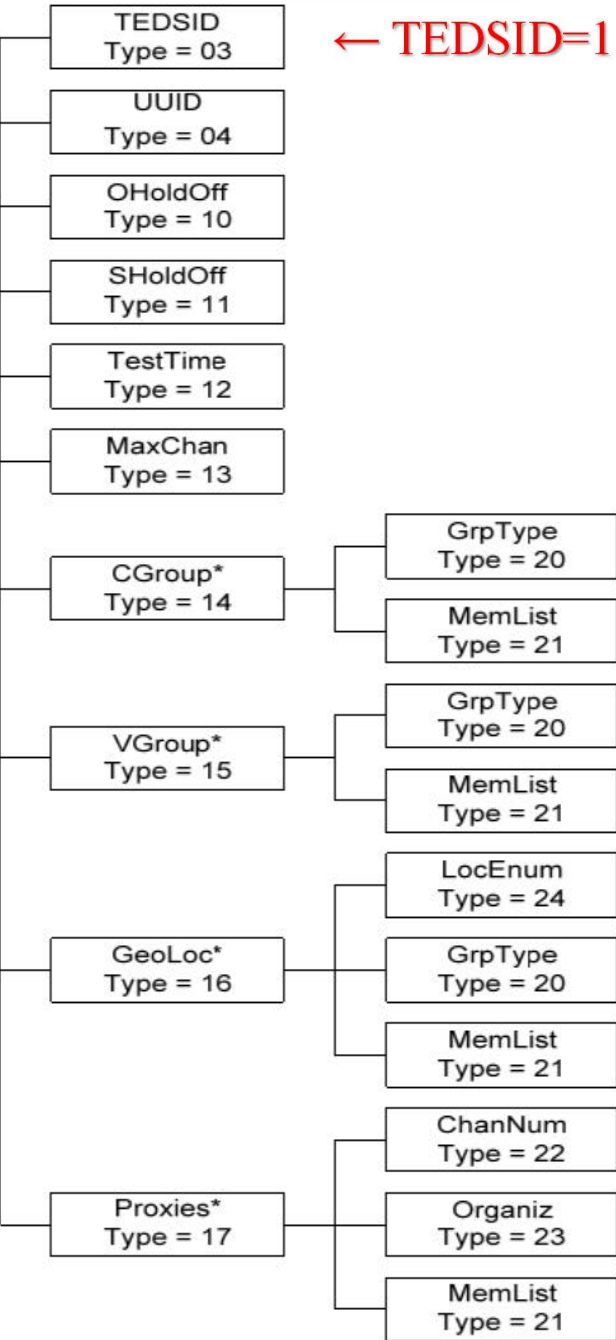
TEDS  
memorija

LED za  
testiranje

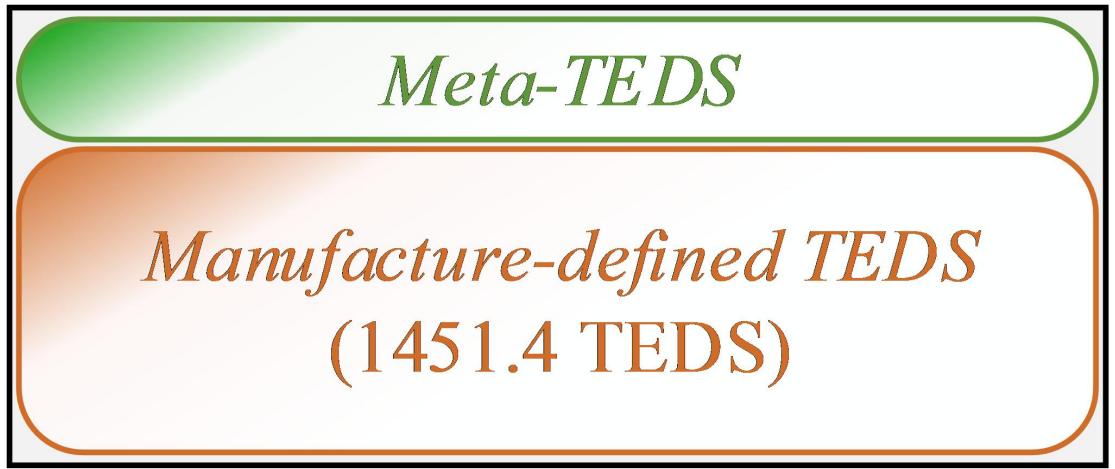
Svetlosni  
senzor



# 1) 1451.0 META-TEDS



# TEDS struktura



## 2) Manufacturer TEDS (1451.4 TEDS)

← TEDSID=128

## 3) Bolje bi bilo da se 1451.4 TEDS po 1451.0 standardu tretira kao 1451.x Physical TEDS

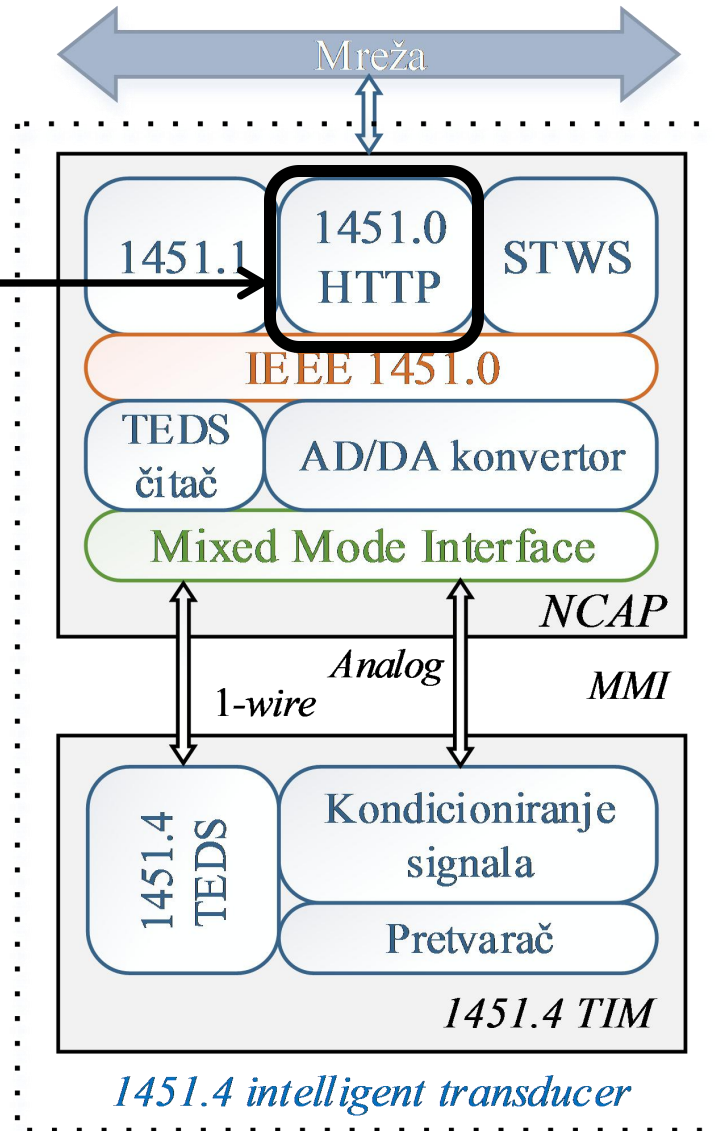
← TEDSID=13

Function	Select	Property/Command	Description	Access	Bits	Data type (and range)	Units	
ID	–	Template	Template ID	–	8	Integer (value=45)	–	
Measurement	–	%Sens	Transducer sensitivity	CAL	32	Single	( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) / (kHz)	
Electrical Signal Output	–	%ElecSigType	Transducer electrical signal type	ID	3	Enum: Assign = 6, "Pulse Sensor"	–	
	–	%RespTime	Response time	ID	9	ConRes (0 to 510, step 1)	$\mu\text{s}$	
	–	%DiscSigType	Discrete signal type	ID	3	Enum.: OC OE AL AH BIP	–	
	Select Case –Signal Amplitude Precision					2	Select Case	–
	Case0	%DiscSigAmp	Discrete signal amplitude	CAL	–	Assign = 3.3	V	
	Case1	%DiscSigAmp	Discrete signal amplitude	CAL	–	Assign = 5.0	V	
	Case2	%DiscSigAmp	Discrete signal amplitude	CAL	32	Single	V	
	–	%PulseMeasType	Pulse measurement type	ID	3	Enum: FR PER ON OFF DUC CNT	–	
	–	%MapMeth	Mapping method	ID	–	Enum: Assign = "Linear"	–	
	–	%MinElecVal	Dark frequency	CAL	32	Single	kHz	
–	%MaxElecVal	Maximum frequency	CAL	32	Single	kHz		
Power supply	–	%ExciteAmplNom	Power supply, nom.	ID	9	ConRes(0 to 51, step 0.1)	V	
	–	%ExciteAmplMin	Power supply, min.	ID	9	ConRes(0 to 51, step 0.1)	V	
	–	%ExciteAmplMax	Power supply, max.	ID	9	ConRes(0 to 51, step 0.1)	V	
	–	%ExciteCurrentDraw	Max current at nominal power level	ID	7	ConRelRes (1 to 3688.4 $\mu\text{A}$ , $\pm 5\%$ )	A	
Calibration information	–	%CalDate	Calibration Date	CAL	16	Date	–	
	–	%CalInitials	Calibration initials	CAL	15	Chr5	–	
	–	%CalPeriod	Calibration period	CAL	12	UnInt	days	

Total bits required for TEDS (range): 200 to 232 bits

# WEB INTERFEJS – IEEE 1451.0 (ISO/IEC/IEEE 21450)

**Implementacija  
REST web servisa  
na bazi  
IEEE1451.0  
HTTP protokola**



IEEE 1451.4 test

file:///D:/eclipse%20indigo%20workspace/1451\_TIMdot4\_NCAPdot0/Client%20Web%20Interface/IEEE1451.html

AC Mail Licno Elektronika Measurement 192.168.1.1/login.stm Home Soft Input Viterbi deco... National High Magneti... Society for Experimen...

**IEEE 1451 Project - Test page**

TIM Id

Channel Id

Timeout

TEDS type

TIMDiscovery

TransducerDiscovery

ReadData

ReadRawTEDS

ReadTEDS

**Transducer Access**

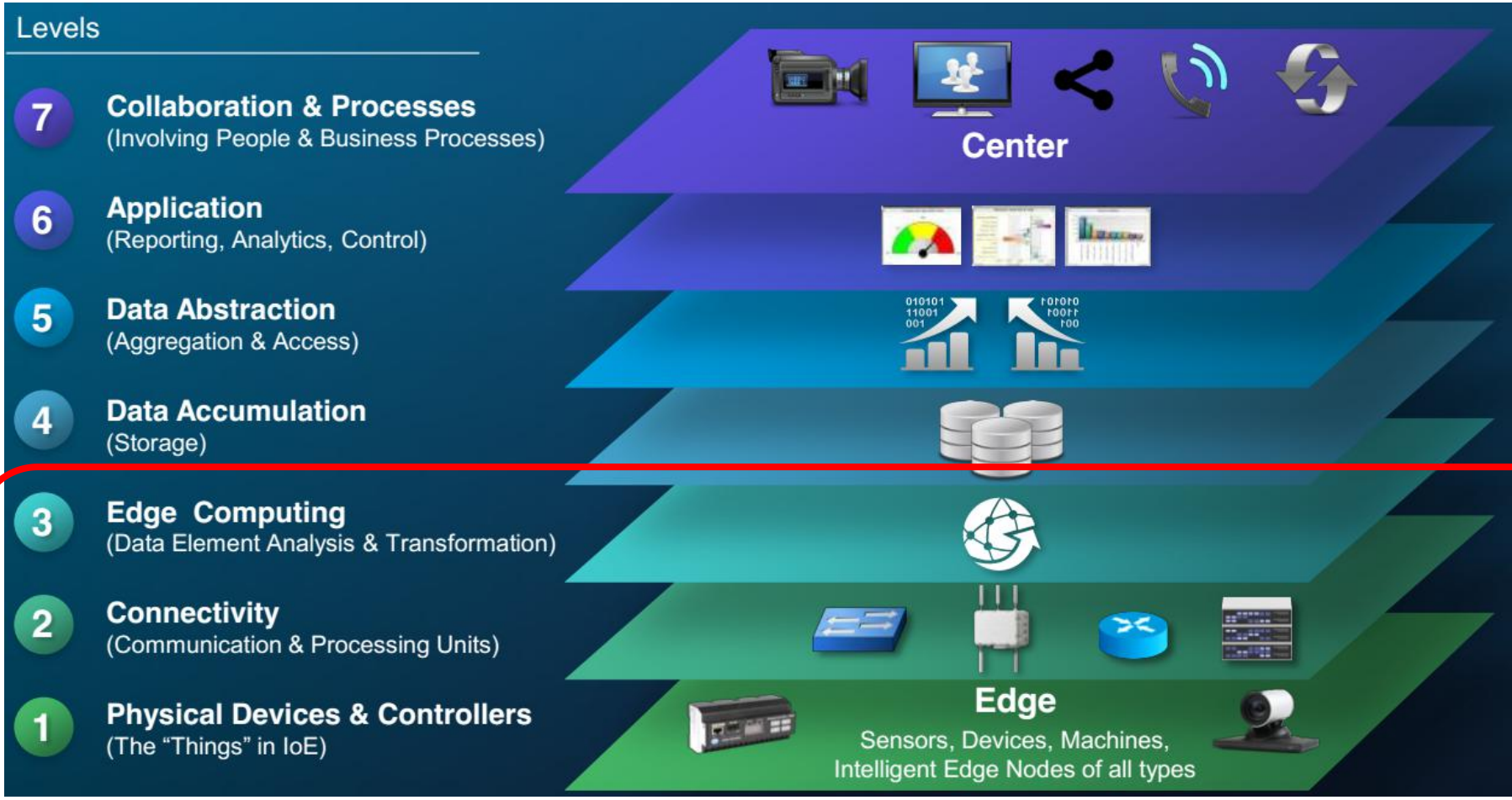
**TIM ID: 1, Channel ID: 1**

Sample time: Wed Mar 13 20:50:40 CET 2013

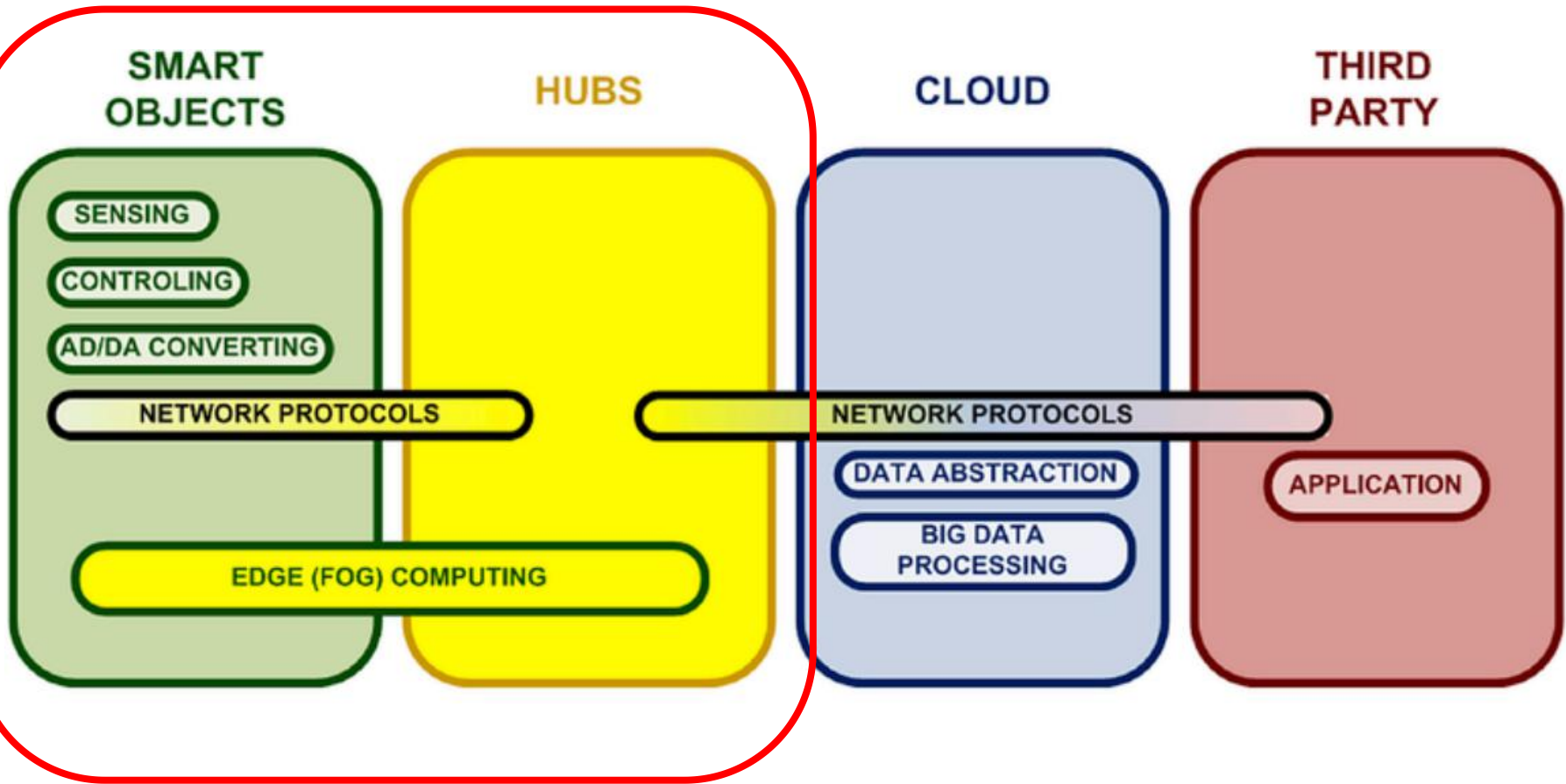
Data sample: 4.9951124

Nenad Jevtic (nen.jevtic@gmail.com)

start Java - 1451\_TIMdot4... IEEE1451.4 test - Go... Izv 2013-03-013 - Ex... Izvestaj - 13.3.2013, ... EN 8:51 PM



# PRAKTIČNI MODEL IoT POVEZIVANJA



# IDEJA INTEGRACIJE IEEE1451 I CLOUD SERVISA

- Cloud servisa ima mnogo. Većina servisa ima bespaltan plan koji obuhvata određeni saobraćaj. Ovaj saobraćaj je dovoljan da se testira pricip povezivanja, ali za profesionalnu upotrebu mora se koristiti neki od planova koji se plaćaju.
- Za demonstraciju ideje povezivanja pametnog senzora i servisa u oblaku (*Cloud*) izabran je *Beebotte* servis (<https://beebotte.com/>).

Plan Credentials Profile Change Password

## XS Free Plan Subscription Upgrade

You are currently on the free XS plan and we are happy with that. We enforce hard usage thresholds on the XS plan. [Upgrade your subscription for production ready applications.](#)

Base Monthly Fees	0.00 USD
<b>Total</b>	<b>0.00 USD</b>
<b>FEATURE</b>	
Channels	Unlimited
Dashboards	Unlimited
Messages (In + Out)	0.05 Million per day   1.5 Million per month
Persistent Messages	5K per day   150K per month
Persistent Message History	3 Months
SSL	Included

# IDEJA INTEGRACIJE IEEE1451 I CLOUD SERVISA

- Plaćene usluge.

## Small

\$ 10 /month

Unlimited Channels  
200,000 Messages/day  
15,000 Persistent Messages/day  
12 Months History  
SSL Encryption

## Medium

\$ 30 /month

Unlimited Channels  
1 Million Messages/day  
50,000 Persistent Messages/day  
Unlimited History  
SSL Encryption

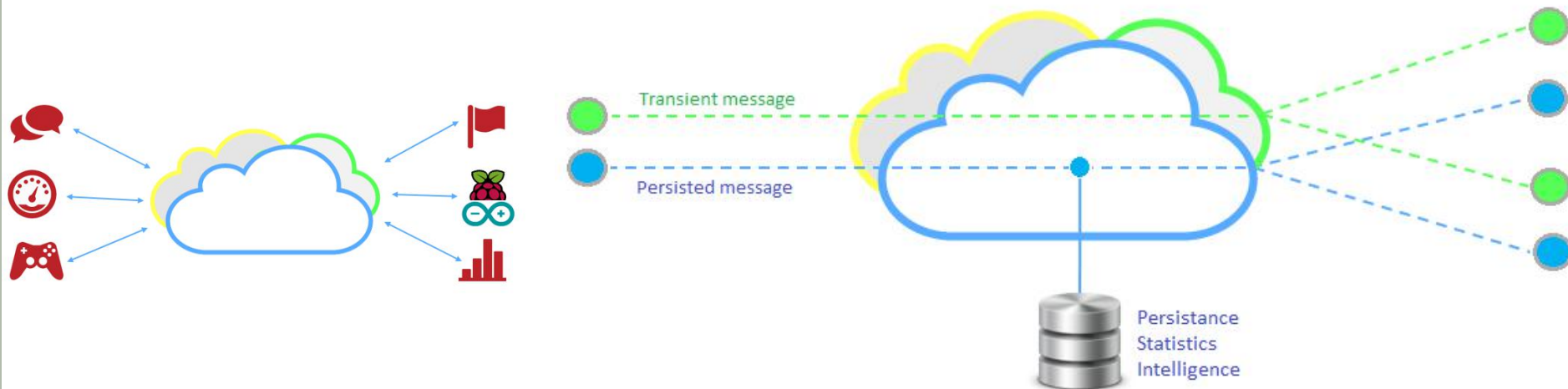
## Large

\$ 120 /month

Unlimited Channels  
5 Million Messages/day  
200,000 Persistent Messages/day  
Unlimited History  
SSL Encryption

# IDEJA INTEGRACIJE IEEE1451 I CLOUD SERVISA

- *Beebotte* servis u oblaku spada u grupu PaaS (*Platform as a Service*) servisa.
- Obezbeđe povezivanje uređaja i razmenu poruka u realnom vremenu korišćenjem REST, *WebSockets* i MQTT protokola.
- Poruke koje se razmenjuju između uređaja, klijenata i *Cloud* servisa mogu biti protočne (*Transient message*) ili trajne (*Persistent message*). Protočne poruke se isporučuju pretplaćenim klijentima i ne pamte se u oblaku. Trajne poruke se takođe mogu slati pretplaćenim korisnicima u momentu kad se publikuju ali takođe ostaju sačuvane u oblaku (kod besplatnog plana 3 meseca, a kod plaćenih planova *Medium* i *Large* ostaju upamćene zauvek).
- Poruka trenutno ima maksimalno ograničenje od 16 KB. Svakih 1KB podataka se tretira (naplaćuje) kao 1 poruka.



# IDEJA INTEGRACIJE IEEE1451 I CLOUD SERVISA

- Kod *Beebotte* sevisa osnovni element za publikovanje informacija je kanal (*Channel*). Svaki kanal ima više resursa (*Resource*). Resurs je podatak koji može biti recimo broj (*Number*), logički podatak (*Boolean*), string (*String*), ...
- Kanal i resurs su apstrakni pojmovi i mogu se koristiti na način koji odgovara projektantu. Recimo jedan hardveski modul može biti kanal, a senzori koji su povezani na njega mu biti resursi.



# IDEJA INTEGRACIJE IEEE1451 I CLOUD SERVISA

- U kontekstu integracije sa IEEE 1451 standardom logičnije je da kanal pripada senzoru jer jedan senzor generiše više podataka, merne podatke, IEEE 1451 TEDS i druge korisne podatke.
- Recimo, kanal za merenje inteziteta osvetljenja možemo nazvati “Osvetljenje”, a ovom kanalu možemo pridružiti niz resursa: merne podatke (resurs “Intezitet”), 1451.4 TEDS (resurs “1451\_4teds”), šablon (resurs “1451\_4template”), podataka da li je senzor aktivan na mreži (resurs “online”),... Mogu se dodati i drugi korisni podaci, na primer 1451.0 TEDS.

**Osvetljenje**  
Intezitet osvetljenja

Settings | nenjevtic | Public | Created: April 3rd 2017

Channel Token: **1491253173037\_q0gntk2HNI0bBjaV**

Configured resources

<b>Intezitet</b> Intezitet osvetljenja	2420.8
<b>1451_4teds</b> 1451.4 TEDS	dBfd7f0020042ba5059400004b13b807042845dea970...
<b>1451_4template</b> Šablon za 1451.4 TEDS	
<b>online</b> Da li je senzor na mreži?	true

Annotations: "Kanal" points to "Osvetljenje"; "Resursi" points to "Configured resources".

# IDEJA INTEGRACIJE IEEE1451 I CLOUD SERVISA

- *Beebotte* servis takođe ima i mogućnost kreiranja grafičkog prikaza podataka koje publikuje senzor (*Dashboard*).

The screenshot displays the Beebotte dashboard interface. On the left is a navigation sidebar with options: Home, My Dashboards, Console, Account Settings, Account Usage, and Support. The main content area is titled 'Prikaz inteziteta osvetljenja' (Light Intensity Display) and includes a settings icon, user 'nenjevtic', status 'Public', creation date 'April 3rd 2017', and 'Views: 11'. A line graph titled 'Intezitet osvetljenja' shows light intensity over time, with a 'Period: Latest' dropdown. The graph shows three distinct pulses of light intensity, with the highest peak reaching approximately 2.8k units. Below the graph, there are two data entries: '1451.4 TEDS' and '1451.4 sablon', both timestamped '11 minutes ago'. At the bottom, a status box asks 'Senzor je na mrezi?' (Sensor is online?) with a 'true' status and '11 minutes ago' timestamp.


**1451.4 TEDS**  
d8fd7f0020042ba5059400004b13b807042845dea9704ab50500402100002015fe7a4fff7841efd4721b5e9687e97  
11 minutes ago

**1451.4 sablon**  
11 minutes ago

**Senzor je na mrezi?**  
true  
11 minutes ago

# IDEJA INTEGRACIJE IEEE1451 I CLOUD SERVISA

- *Beebotte* servis omogućava kreiranje aplikacija korišćenjem više API interfejsa.



**JavaScript Client Library**

Beebotte provides a `javascript` library to allow web application users to interact directly with the platform using `Socket.io`.


[/beebotte/bbt\\_client\\_js](#) ↓



**Nodejs SDK**

Beebotte provides `Nodejs` SDK package implementing the REST API.


[/beebotte/bbt\\_node](#) ↓



**.Net SDK**

Beebotte provides `.Net` SDK package implementing the REST API.

[/beebotte/bbt\\_dotnet](#) ↓



**Python SDK**

Beebotte provides `Python` SDK package implementing the REST API.

[/beebotte/bbt\\_python](#) ↓



**PHP SDK**

Beebotte provides `PHP` SDK package implementing the REST API.

[/beebotte/bbt\\_php](#) ↓

- Instalacija *Beebotte Python* SDK:
  - `pip install beebotte //Linux`
  - `python -m pip install beebotte //Windows`
- Učitavanje *Beebotte* SDK u Python (radi samo za Python 2.x, a ne za 3.x):
  - `from beebotte import *`
- Kreiranje objekta koji se koristi kao veza sa *Cloud* servisom:
  - `bc = BBT("API_KEY", "SECRET_KEY")`
- Kreiranje/brisanje kanala i resursa:
  - `bc.addChannel(name='Osvetljenje', description='Intezitet osvetljenja', ispublic=True)`
  - `bc.addResource(channel='Osvetljenje', name='Intezitet', vtype=BBT_Types.Number, description='Intezitet osvetljenja')`
  - `bc.deleteResource(channel='Osvetljenje', resource='1451_4template')`
  - `bc.deleteChannel(channel='Osvetljenje')`
- Upis u reusrs i očitavanje iz resursa zadatog kanala:
  - `bc.write('Osvetljenje', 'Intezitet', data)`
  - `bc.read('Osvetljenje', 'Intezitet')[0]['data']`
- Provera da li kanal postoji:
  - `bc.getChannel()`