

# Vývojová doska pre RF moduly XBee - 1.časť

Publikované: 17.04.2012, Kategória: VF technika

[www.svetelektro.com](http://www.svetelektro.com)

Popis bezdrôtového štandardu ZigBee a modulov XBee

## Štandard ZigBee

Pojem XBee je obchodným názvom bezdrôtových komunikačných zariadení vyrábaných firmou Digi International. Tieto zariadenia využívajú bezdrôtový komunikačný protokol ZigBee, ktorá vychádza zo štandardu 802.15.4. S týmto bezdrôtovým štandardom možno komunikovať na bezlicenčných pásmach 2,4 GHz, 900 MHz a 868 MHz. Štandard je určený na priemyselné použitie.

Medzi hlavné výhody ZigBee modulov patrí najmä jednoduchosť protokolu, nízka cena, nízka spotreba elektrickej energie či možnosť tvorby rozsiahlych sietí. ZigBee sa teda nesnaží pôsobiť ako konkurencia pre Wi-Fi či Bluetooth, ale snaží sa byť ich doplnkom.

## PRVKY SIETE ZIGBEE

### Koordinátor:

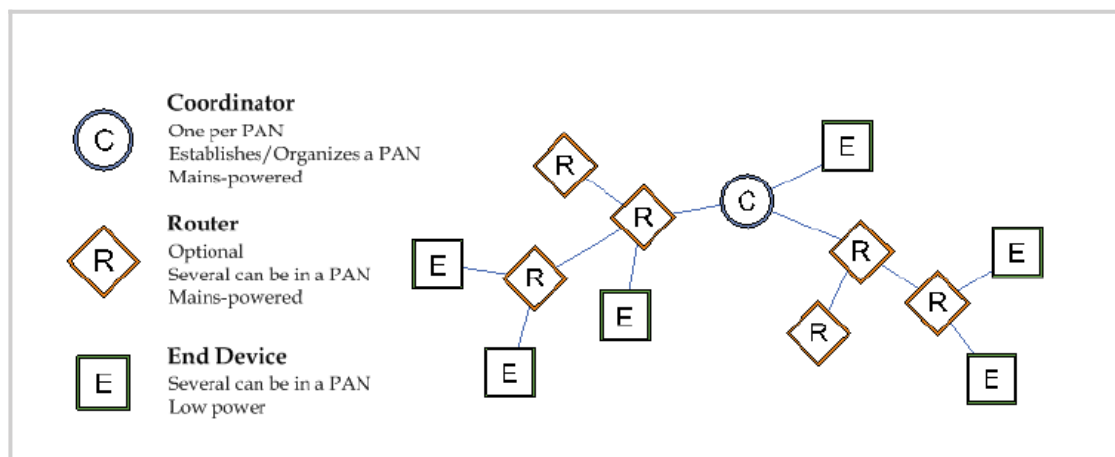
- vyberá komunikačný kanál a PAN ID
- povoľuje routerom a koncovým zariadeniam pripojiť sa do siete
- nemôže byť v režime spánku
- môže sa podieľať na preposielaní dát
- môže dočasne ukladať dáta pre koncové zariadenia, ktoré sú v režime spánku

### Router:

- musí sa najskôr pripojiť do siete aby mohol posilať, prijímať alebo preposilať dáta
- po pripojení povoľuje routerom a koncovým zariadeniam pripojiť sa do siete
- po pripojení môže preposilať dáta
- nemôže byť v režime spánku
- môže dočasne ukladať dáta pre koncové zariadenia

### Koncové zariadenie:

- musí sa najskôr pripojiť do siete aby mohol posilať alebo prijímať dáta
- nemôže povoliť ostatným zariadeniam pripojiť sa do siete
- dáta ostatným zariadeniam môže len cez router alebo koordinátor
- môže byť v režime spánku a tak ušetriť svoju energiu



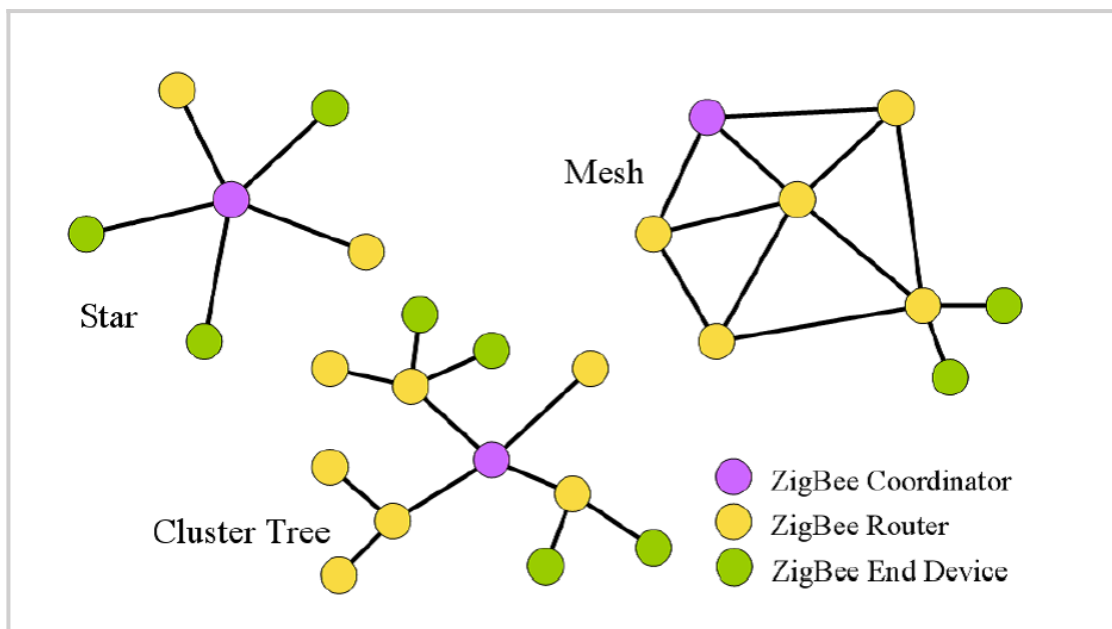
Obr. č. 2.1 - Schéma siete

## TOPOLÓGIA SIETE ZIGBEE

So štandardom ZigBee možno využívať 3 topológie siete. Ide o topológiu Star, Cluster Tree a Mesh.

Topológia Star (hviezda) má jedného koordinátora, ktorý je zodpovedný za štart a inicializáciu siete a za udržiavanie informácií o ostatných uzloch siete. Všetky uzly, vrátane koordinátora komunikujú priamo z koordinátorom.

V topológiach Cluster Tree (Stromová) a Mesh (Pavúková) má koordinátor jednoduchšiu úlohu. Je zodpovedný za štart siete a nastavenie kľúčových parametrov, avšak rozširovanie siete závisí na smerovačoch. Z ich pomocou možno sieť rozširovať ľubovoľne. Pohyb dátových a konfiguračných dát je v topológii Cluster Tree riadený hierarchickou smerovacou stratégiou, na rozdiel od topológie Mesh, kde každý uzol komunikuje z každým rovnocenným uzlom a musí si teda komunikáciu riadiť sám.



Obr. č. 2.2 – Druhy topológie siete

## MODULY XBEE

Tieto moduly sa vyrábajú v 2 základných variantoch Xbee a Xbee PRO.

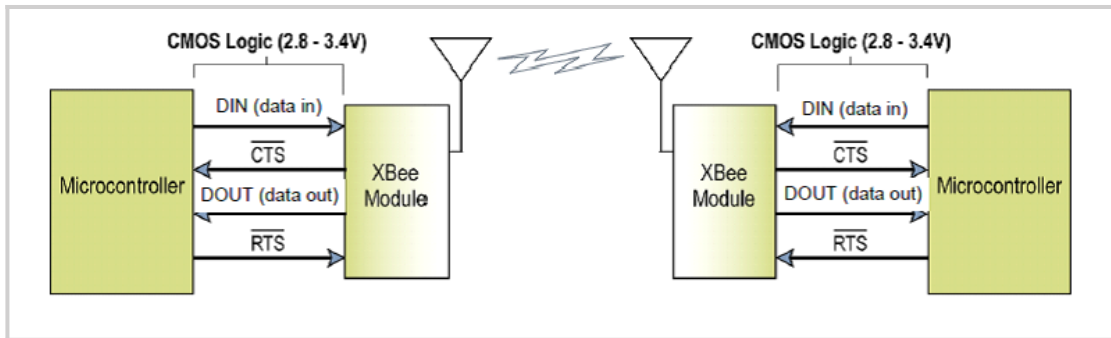
Ja budem pracovať s modulom Xbee PRO 2. Ide teda o druhú generáciu tohto modulu. Oproti štandardnej verzii Xbee sa odlišuje najmä vyšším vysielačím výkonom a teda aj dosahom, čo sa však bohužiaľ negatívne prejavilo aj vyššou spotrebou modulu.

### Špecifikácia modulu Xbee PRO 2:

- Napájacie napätie: 3.0 – 3.4 V
- Prúdový odber:
  - o Pri vysielaní – 295mA pri 3,3 V
  - o Pri prijímaní – 45mA pri 3,3 V
  - o Pri nečinnosti (Prijímač vypnutý) – 15mA
  - o Pri spánku – 3,5uA
- Dosah:
  - o 90 m v budove
  - o 3200 m vo voľnom priestranstve
- Vysielač výkon: 50mW
- Citlivosť prijímača: -102 dBm
- Rýchlosť sériového rozhrania (softwarovo nastaviteľné): 1200 bps – 1 Mbps
- Frekvenčné pásmo: 2,4 GHz

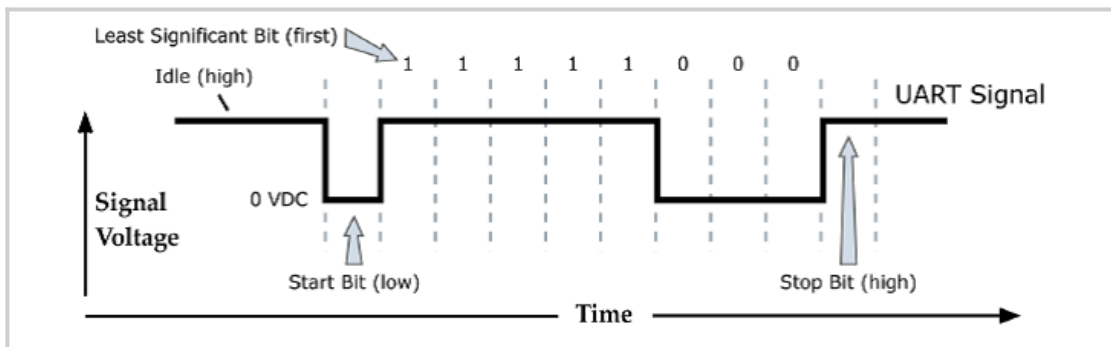
## SPÔSOB PRENOSU DÁT

Moduly Xbee slúžia primárne na bezdrôtový prenos dát. Dáta môžeme prenášať pomocou asynchrónnej sériovej linky (ďalej ako UART) s napätovou úrovňou v rozsahu 2.8 – 3.4V. Spôsob prenosu dát možno vidieť na Obr. 3.1.



Obr. 3.1. Bloková schéma bezdrôtového prenosu dát pomocou XBee modulov

Každý dátový bajt posielaný cez UART pozostáva zo štartovacieho bitu (log. 0), 8 dátových bitov a stop bitu (log. 1). Na obrázku č. 3.2 možno vidieť vyslanie decimálneho čísla 31.



Obr. 3.2. Prenos dát po asynchronnej sériovej linke

Rýchlosť, paritu a počet stop bitov možno nastaviť pomocou AT príkazov v XBee module.

#### Vysielanie dát:

Dáta posielame cez UART na pin DIN. Prijaté dáta sa ukladajú do vyrovnávacej pamäti (Serial Receive Buffer) pokiaľ nebudú spracované. Ak je to možné, dáta sú preposielané ihneď vysielaču.

#### Možné problémy:

- Ak prijímač prijíma súvislý tok dát, dáta vo vyrovnávacej pamäti nebudú odoslané pokiaľ tento tok neustane
- Ak modul vysiela packet dát, modul musí vyhľadať cieľovú adresu a nájsť cestu k nej. Po odoslaní dát modul môže opätovne vysielať dáta, ak neprišlo potvrdenie že dáta boli doručené v poriadku. Tento problém môže spôsobiť oneskorenie odoslania nachádzajúcich sa vo vyrovnávacej pamäti.

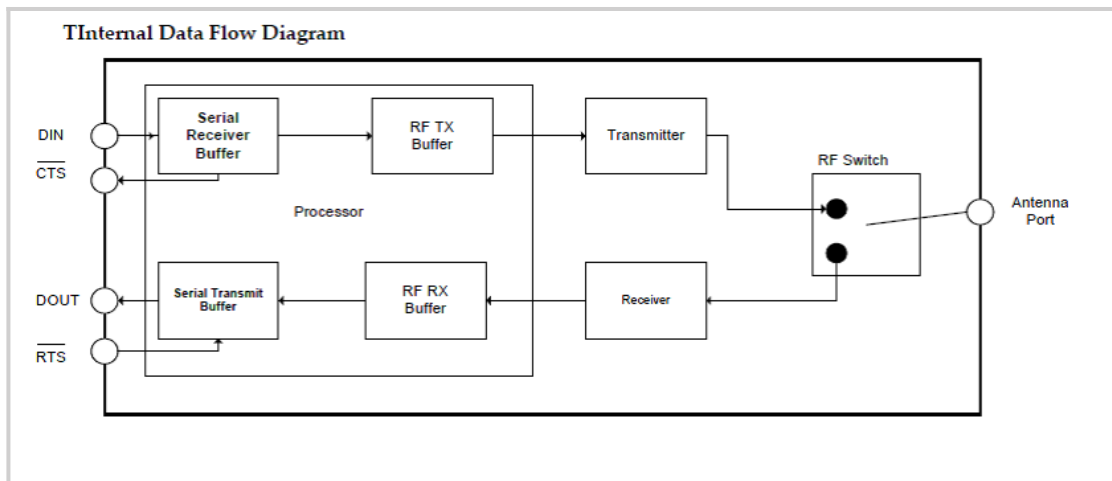
Aby sme týmto problémom zabránili (hlavne pri posielaní veľkého množstva dát), musíme kontrolovať stav bitu CTS (Clear to Send). Keď vyrovnávacej pamäti chýba 17 bajtov k jej naplneniu bit CTS sa nastaví do log. 1, čo dáva pokyn zariadeniu aby zastavil posielanie dát. Tento signál sa deaktivuje (nastaví do log. 0), pokiaľ voľne miesto vyrovnávacej pamäti presiahne 34 bajtov.

#### Prijímanie dát:

Dáta prijaté cez prijímač putujú do vyrovnávacej pamäti (Serial Transmit Buffer). Dáta sú následne posielané na výstupný pin DOUT ihneď po ich prijatí, pokiaľ nie je nastavený bit RTS (Ready to Send). Pokiaľ je bit RTS nastavený (log. 1), modul uchováva dáta vo vyrovnávacej pamäti a čaká na nastavenie bitu do log. 0.

#### Možné problémy pri ktorých môže dôjsť k strate dát:

- Ak sa dáta prijímajú vyššou rýchlosťou ako je rýchlosť odosielania dát cez UART
- Ak zariadenie zastavilo prenos dát pomocou RTS.
- Pri obidvoch problémov vzniká hromadenie dát vo vyrovnávacej pamäti. Pri jej pretečení dôjde k ich strate.
- Po prijatí dát posielajúca modul potvrdzujúcu správu o úspešnom prijatí dát.



Obr. 3.3. Vnútroňá bloková schéma modulu (vysielanie a prijímanie dát)

## MÓDY NASTAVENIA

Nastavovať parametre modulu XBee možno v 2 módoch - Transparentný a API (Application Programming interface).

### Transparentný mód:

V tomto režime primárne funguje zariadenie ako bezdrôtová sériová linka.

Dáta sú posielané na pin modulu DIN a následne sú vyslané na iný modul, kde sa dáta odošlú na pin DOUT.

Na nastavenie modulu slúži command mód. Pred vstupom do command módu odošle XBee modul všetky dáta z prijímacej vyrovnávacej pamäti.

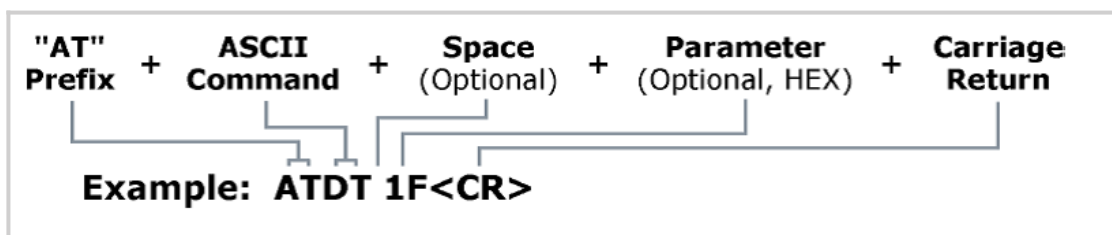
Aby sme mohli vstúpiť do Command módu musíme vykonať nasledovný postup:

- Vyčkáme ochranný interval (závisí od nastavenia GT - Guard time). Počas tohto času nesmieme vyslať žiadne dáta do modulu
- Pošleme tri ASCII znaky „+++“ (možno zmeniť nastavením CC - Command sequence Charakter)
- Opäť vyčkáme ochranný interval (GT).

Pri úspešnom vstupe do command módu nám modul pošle cez UART odpoveď „OK “. Následne môžeme posielat modulu príkazy na vyčítanie alebo zmenu jeho nastavení.

Príkazy majú nasledovný tvar: predpona AT, príkaz, medzera, parameter príkazu a znak (Carriage Return).

Tvar AT príkazu možno vidieť na Obr. č.3.4.



Obr. 3.4. Tvar AT príkazu

Po každom command príkaze počkáme na potvrdenie príkazu prijatím „OK “. V prípade že príkaz nebude prijatý správne, príde odpoveď „ERROR .“

Keď pošleme príkaz na zistenie stavu určitého parametru, ako odpoveď nám príde hodnota tohto parametra.

Command mód zariadenia trvá len určitý čas. Tento čas je definovaný nastavením hodnoty CT (Command Mode Timeout).

Pokiaľ chceme ukončiť command mód ešte pred týmto časom vyšleme príkaz „ATCN “.

### API mód:

API rozranie je alternatívou k transparentnému rozhraniu, rozširuje možnosti zariadenia pri interakcii so sieťou. Dáta vstupujúce a vystupujúce z modulu sú vysielané v rámcoch, ktoré obsahujú udalosti ktoré sa dejú vnútri modulu. Rámec odoslaný do modulu musí obsahovať dátový rámec (prenášané dáta) a príkazový rámec (príkazy slúžiace k nastaveniu parametrov modulu).

Rámec prijatý z modulu obsahuje dátový rámec, príkazový rámec (odpoveď na príkazy) a oznámenie udalosti (čo sa deje v module).

### Výhody API rozhrania:

- Možnosť poslať dáta bez predchádzajúcej konfigurácie adresy, všetko je súčasťou API packetu
- Je známy odosielateľ packetu, pretože jeho adresa je uvedená v prijatom packete
- Možno odoslať packet naraz všetkým zariadeniam
- Možnosť nastavenia vzdialeného zariadenia
- Obsahuje kontrolný súčet, čo zlepšuje ochranu proti vzniku chýb

Rozhranie API ponúka dva možnosti prenosu. Normálny prenos a prenos s escape znakmi.

### Nasledujúce znaky by sa nemali na sériovej linky vyskytnúť:

- 0x7E – oddeľovací znak nového packetu
- 0x7D – escape znak
- 0x11 – XON – znak pre softvérovú kontrolu dátového toku pri sériovej komunikácii
- 0x13 – XOFF – rovnako ako predchádzajúci znak

Nežiaduce bajty filtrujeme tak, že pred ním vložíme escape znak (0x7D) a k bitu pričítame hodnotu 0x20. Režim je indikovaný zároveň cez parameter „AP“. Základná je hodnota 0 je pre transparentný mód, 1 pre API rozhranie a 2 pre API rozhranie s escape znakmi.

### Štruktúra API packetu teda vyzerá nasledovne:

Bajt	Popis
0	Oddeľovač packetu - má hodnotu 0x7E
1-2	Veľkosť API štruktúry packetu vrátane API identifikátora
3	API identifikátor
4-N	Dátová časť packetu
N+1	Kontrolný súčet

### Štruktúra API rámca

Štartovací znak  
(Byte 1)

0x7E

Dĺžka dátovej časti  
(Bytes 2-3)

MSB

LSB

API dáta  
(Bytes 4-n)

API ŠTRUKTÚRA

Kontrolný súčet  
(Byte n + 1)

1 Byte

Prvý bajt je štartovací znak 0x7E, ktorým treba začať každý API dátový rámec.

V poradí 2. a 3. bajt udáva veľkosť API štruktúry, teda počet bajtov.

API identifikátor určuje aký API príkaz bude obsiahnutý v dátovej časti packetu. Zoznam podporovaných API príkazov možno vidieť v tabuľke.

API identifikátor	Hodnota
Modem status	0x8A
AT command	0x08
AT Command - Queue Parameter Value	0x09
ZigBee transmit Request	0x10
Explicit Addressing ZigBee Command Request	0x17
Create Source Route	0x21
AT command Response	0x88
Modem Status	0x8A
ZigBee Transmit Status	0x8B
ZigBee Receive Packet (AO=0)	0x90
ZigBee Explicit RX indicator (AO=1)	0x91
ZigBee IO Data Sample Rx indicator	0x92
XBee Sensor Read Indicator (AO=0)	0x94

Node Identification Indicator (AO=0)	0x95
Remote Command Response	0x97
Over-the-Air Firmware Update Status	0xA0
Route Record Indicator	0xA1
Many-to-One Route Request Indicator	0xA3

Každý API packet sa musí ukončiť kontrolným súčtom. Má veľkosť 1 bajt. Výpočet sa počíta od 1. bajtu s API identifikátorom až po posledný bajt dátovej časti packetu. Kontrolný súčet možno vypočítať nasledovným vzťahom:

$$Kontrolný\ súčet = 0xFF - \sum_{i=3}^{N-1} B_i$$

, kde  $B_i$  je  $i$ -ty bajt packetu.

### Použitá literatúra

Katalógový list obvodu XBee PRO

PAVEL BADIN, 2011, SYSTÉM BEZDRÁTOVÉHO PŘENOSU DAT ZE SNÍMAČE Z OTOČNÉ MEŘÍCÍ STOLICE, Bakalárska práca, ČVUT

Viktor Černý, 2009, Správa prvků bezdrátové sítě, Diplomová práca, ČVUT