

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE  
ELEKTRONIKAS UN TELEKOMUNIKĀCIJU FAKULTĀTE



Datu pārraide bezvadu sensoru tīklos

*Laboratorijas darbs Nr.2*

I REGV0

Ruslans Babajans 171REB152

Rīga, 2021

## Darba uzdevums:

FSK uzstādījumu aprēķināšana. Dots  $F_{DEV}=25000\text{Hz}$ ,  $H=1$ ,  $TCXO\_PPM=\pm 2\text{ppm}$ . Aprēķināt un ielikt kodā Bitrate, TX un RX bandwidth. Pārbaudīt, cik liela TX un RX frekvenču atšķirība pie šiem uzstādījumiem realitātē vēl ļaus iekārtām savā starpā sazināties. Izmēģināt gan blakus novietotām ierīcēm, gan arī, vienu ierīci novietojot tālu no otras. Izmantotā aparatūra: DISCO-L072CZ-LRWAN1 izstrādes platforma.

Sākuma ar MATLAB palīdzību tika izrēķināti FSK parametri:

```
%% Clear variables and close figures
format long, clear variables, close all
%=====
%% FSK calculations
DEVIATION=25e3; % Hz
H=1; % modulation index
F0=868300000; % Hz central frequency
PPM=2; % ppm

DATA_RATE= (2*DEVIATION) / (H); % bps
TX_BW=2*DEVIATION+DATA_RATE;
RX_BW=TX_BW+F0*2* (PPM/1e6);
```

Aprēķinu rezultāti:

```
>> DATA_RATE

DATA_RATE =

    50000

>> TX_BW

TX_BW =

    100000

>> RX_BW

RX_BW =

    1.034732000000000e+05
```

Ierakstam example kodā izrēķinātus skaitļus:

```
#define RF_FREQUENCY      868300000 // Hz

...

...

#define FSK_FDEV          25000    // Hz          H=1
#define FSK_DATARATE      50000    // bps
#define FSK_BANDWIDTH     100000    // Hz          TX_BW
#define FSK_AFC_BANDWIDTH 103473    // Hz          RX_BW
```

Palaižam uz divām izstrādes platēm un caur Termite redzam ka divas ierīces “spēlē Ping-Pongu”:

```
> OnTxDone
Pong...
> OnRxDone: RssiValue=0 dBm, SnrValue=0
dump("Data:", 0x20001358, 64 bytes)
20001358: ff ff 00 00 50 49 4e 47  00 01 02 03 04 05 06 07  ....PING .....
20001368: 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f  10 11 12 13 14 15 16 17  ....
20001378: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f  20 21 22 23 24 25 26 27  .... !"#$%&'
20001388: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f  30 31 32 33 34 35 36 40  ()*+,-./ 0123456@
--
...Ping
```

```
> OnTxDone
Ping...
> OnRxDone: RssiValue=0 dBm, SnrValue=0
dump("Data:", 0x20001358, 64 bytes)
20001358: ff ff 00 00 50 4f 4e 47  00 01 02 03 04 05 06 07  ....PONG .....
20001368: 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f  10 11 12 13 14 15 16 17  ....
20001378: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f  20 21 22 23 24 25 26 27  .... !"#$%&'
20001388: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f  30 31 32 33 34 35 36 40  ()*+,-./ 0123456@
--
...Pong
```

Tālāk vienai iekārtai ir uzstādītā frekvence 868.3 MHz.

```
SX1276 Ping Pong Demo Application
```

```
Frequency: 868.300000
```

```
TXPower: 14 dBm
```

```
Bandwidth: 100000 kHz
```

```
Baudrate: 50000
```

```
> HopeRF RFM95xx <
```

```
> FSK Mode <
```

```
Starting Ping-Pong loop
```

```
> OnRxTimeout
```

```
> OnTxDone
```

```
Ping...
```

```
> OnRxTimeout
```

```
> OnTxDone
```

Otrai ar “Binary search” tika piemeklēta frekvence pie kuras “Ping-Pongs” vēl notiek ja izstrādes plates ir novietotas tuvu viena otrai.

Pirmā vērtība:

```
#define RF_FREQUENCY      868450000 // Hz
```

```
SX1276 Ping Pong Demo Application
```

```
Frequency: 868.450000
```

```
TXPower: 14 dBm
```

```
Bandwidth: 100000 kHz
```

```
Baudrate: 50000
```

```
> HopeRF RFM95xx <
```

```
> FSK Mode <
```

```
Starting Ping-Pong loop
```

```
> OnRxTimeout
```

```
> OnTxDone
```

```
Ping...
```

```
> OnRxTimeout
```

```
> OnTxDone
```

Jau nestrādā.

Uz pusi mazāk:

```
#define RF_FREQUENCY      868370000 // Hz
```

```
SX1276 Ping Pong Demo Application
```

```
Frequency: 868.370000
```

```
TXPower: 14 dBm
```

```
Bandwidth: 100000 kHz
```

```
Baudrate: 50000
```

```
> HopeRF RFM95xx <
```

```
> FSK Mode <
```

```
Starting Ping-Pong loop
```

```
> OnRxDone: RssiValue=0 dBm, SnrValue=0
```

```
dump("Data:", 0x20001358, 64 bytes)
```

```
20001358: ff ff 00 00 50 49 4e 47 00 01 02 03 04 05 06 07 ....PING .....
```

```
20001368: 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 10 11 12 13 14 15 16 17 .....
```

```
20001378: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 ..... !"#%&'
```

```
20001388: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 40 ()*+,-./ 0123456@
```

Strādā.

Uz pusi lielāk no iepriekšējās frekvences:

```
#define RF_FREQUENCY      868410000 // Hz
```

SX1276 Ping Pong Demo Application

Frequency: 868.410000

TXPower: 14 dBm

Bandwidth: 100000 kHz

Baudrate: 50000

> HopeRF RFM95xx <

> FSK Mode <

Starting Ping-Pong loop

> OnRxTimeout

> OnTxDone

Ping...

> OnRxTimeout

> OnTxDone

Jau nestrādā.

Tad pie tādas frekvences:

```
#define RF_FREQUENCY      868390000 // Hz
```

> OnTxDone

Ping...

> OnRxDone: RssiValue=0 dBm, SnrValue=0

dump("Data:", 0x20001358, 64 bytes)

20001358: ff ff 00 00 50 4f 4e 47 00 01 02 03 04 05 06 07 ....PONG .....

20001368: 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 10 11 12 13 14 15 16 17 ..... .....

20001378: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 ..... !"#\$%&'

20001388: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 40 ()\*+,-./ 0123456@

--

...Pong

> OnTxDone

Ping...

> OnRxError

> OnTxDone

Ping...

> OnRxTimeout

> OnTxDone

Ping...

> OnRxTimeout

> OnTxDone

Ping...

Iekārtas jau sarunājas, bet komunikācija bieži pazūd.

Ja uz pusi samazināt:

```
#define RF_FREQUENCY      868380000 // Hz

SX1276 Ping Pong Demo Application
Frequency: 868.380000
TXPower: 14 dBm
Bandwidth: 100000 kHz
Baudrate: 50000
> HopeRF RFM95xx <
  > FSK Mode <
Starting Ping-Pong loop
> OnRxTimeout
> OnTxDone
Ping...
> OnRxDone: RssiValue=0 dBm, SnrValue=0
dump("Data:", 0x20001358, 64 bytes)
20001358: ff ff 00 00 50 4f 4e 47 00 01 02 03 04 05 06 07 ....PONG .....
20001368: 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 10 11 12 13 14 15 16 17 .....
20001378: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 ..... !"#$$%&'
20001388: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 40 ()*+,-./ 0123456@
--
Ir ok.
```

Nedaudz palielināsim frekvenci:

```
#define RF_FREQUENCY      868385000 // Hz

> OnRxDone: RssiValue=0 dBm, SnrValue=0
dump("Data:", 0x20001358, 64 bytes)
20001358: ff ff 00 00 50 4f 4e 47 00 01 02 03 04 05 06 07 ....PONG .....
20001368: 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 10 11 12 13 14 15 16 17 .....
20001378: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 ..... !"#$$%&'
20001388: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 40 ()*+,-./ 0123456@
--
...Pong
> OnTxDone
Ping...
> OnRxError

Šeit brīžiem pazūd, bet retāk
```

Samazināsim:

```
#define RF_FREQUENCY      868382500 // Hz

--
...Pong
> OnTxDone
Ping...
> OnRxDone: RssiValue=0 dBm, SnrValue=0
dump("Data:", 0x20001358, 64 bytes)
20001358: ff ff 00 00 50 4f 4e 47 00 01 02 03 04 05 06 07 ....PONG .....
20001368: 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 10 11 12 13 14 15 16 17 .....
20001378: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 ..... !"#$$%&'
20001388: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 40 ()*+,-./ 0123456@
Ir ok.
```

Vēl nedaudz palielināsim frekvenci:

```
#define RF_FREQUENCY      868383750 // Hz

--
...Pong
> OnTxDone
Ping...
> OnRxDone: RssiValue=0 dBm, SnrValue=0
dump("Data:", 0x20001358, 64 bytes)
20001358: ff ff 00 00 50 4f 4e 47 00 01 02 03 04 05 06 07 ....PONG .....
20001368: 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 10 11 12 13 14 15 16 17 .....
20001378: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 ..... !"#$$%&'
20001388: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 40 ()*+,-./ 0123456@
--
```

Pēdējā frekvences koriģēšana:

```
#define RF_FREQUENCY      868384375 // Hz

> OnRxDone: RssiValue=0 dBm, SnrValue=0
dump("Data:", 0x20001358, 64 bytes)
20001358: ff ff 00 00 50 4f 4e 47 00 01 02 03 04 05 06 07 ....PONG .....
20001368: 08 09 0a 0b 0c 0d 0e 0f 10 11 12 13 14 15 16 17 .....
20001378: 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25 26 27 ..... !"#$$%&'
20001388: 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35 36 40 ()*+,-./ 0123456@
--
...Pong
> OnTxDone
Ping...
> OnRxError
```

Šeit komunikācija pazūd tik reti ka var pieņemt šo frekvenci par robežgadījumu. TX un RX frekvenču starpība ir  $868384375 - 868300000 = 84375$  Hz

Aiznesot vienu no izstrādes platēm maksimāli tālu (līdz tie tiek atdalīti ar 3 sienām), var pamanīt ka iekārtas nedzird viena otro. Pie 868.3 MHz centra frekvences viss strādā. TX un RX frekvenču atšķirība lai iekārtas varētu apmainīties ziņām ir apmēram 79000 Hz.

## Secinājumi:

Šajā darbā tika izpētīta FSK darbaspēja pie izrēķinātiem FSK parametriem. Tika noteikts ka 84375 Hz TX un RX frekvenču atšķirība pie šiem uzstādījumiem vēl ļauj iekārtām savā starpā sazināties. Vienu ierīci novietojot tālu no otras TX un RX frekvenču atšķirība kas vēl ļauj iekārtām sazināties ir ap 79000 Hz.