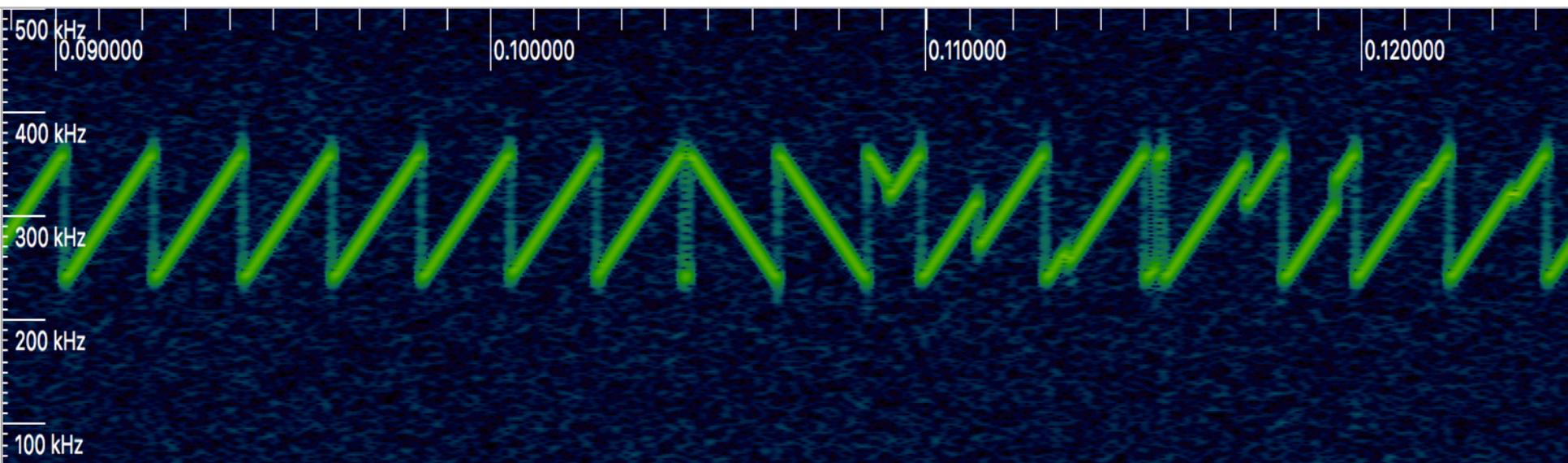


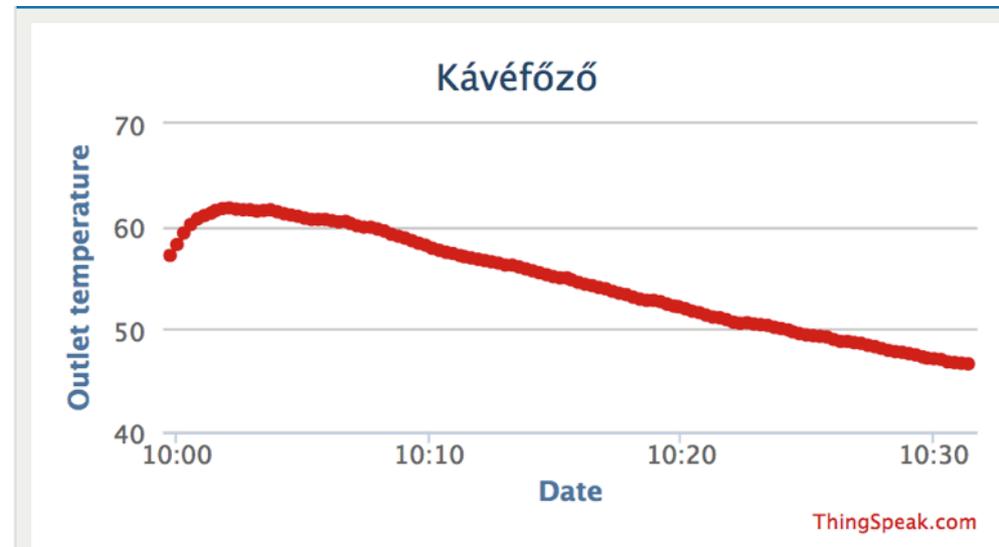
# Digitális adásmódok demodulációja GNU Rádió segítségével

Horváth Péter, HA5CQA/AK4RP

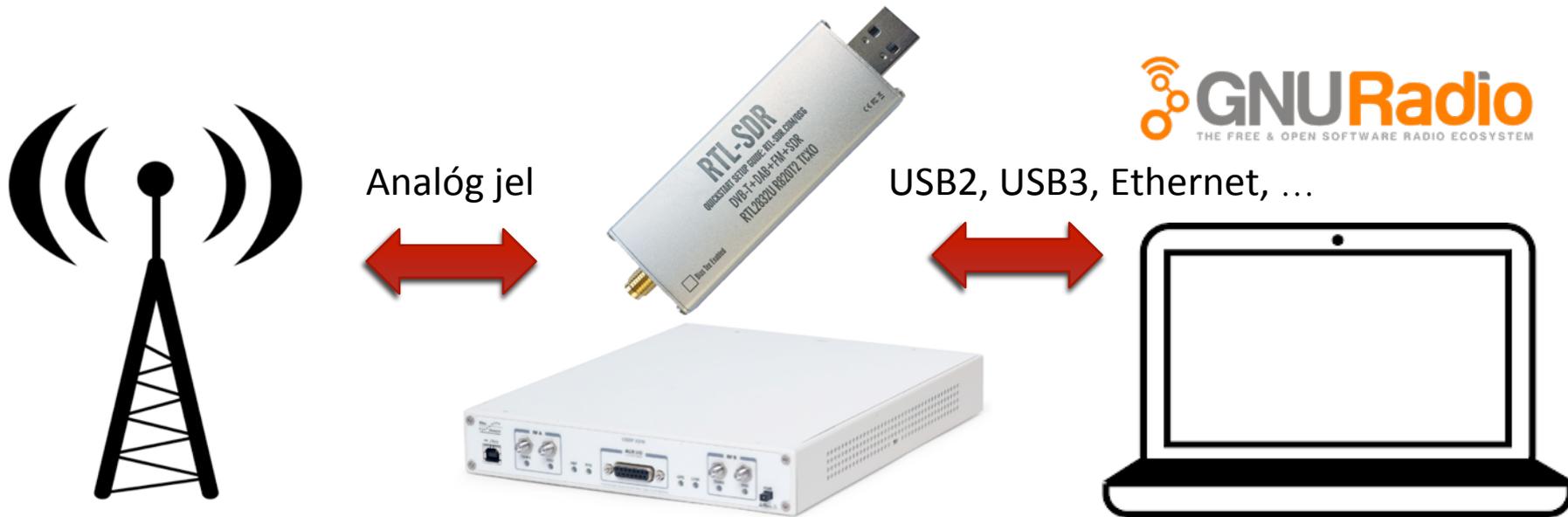


# Áttekintés

- Szoftverrádió és a GNU Radio
- Analóg FM demodulátor
- Digitális modulációk
- GMSK demodulátor
- Egy másik rádió
- Alkalmazások a BME HVT-n



# GNU Radio – szoftver és rádió

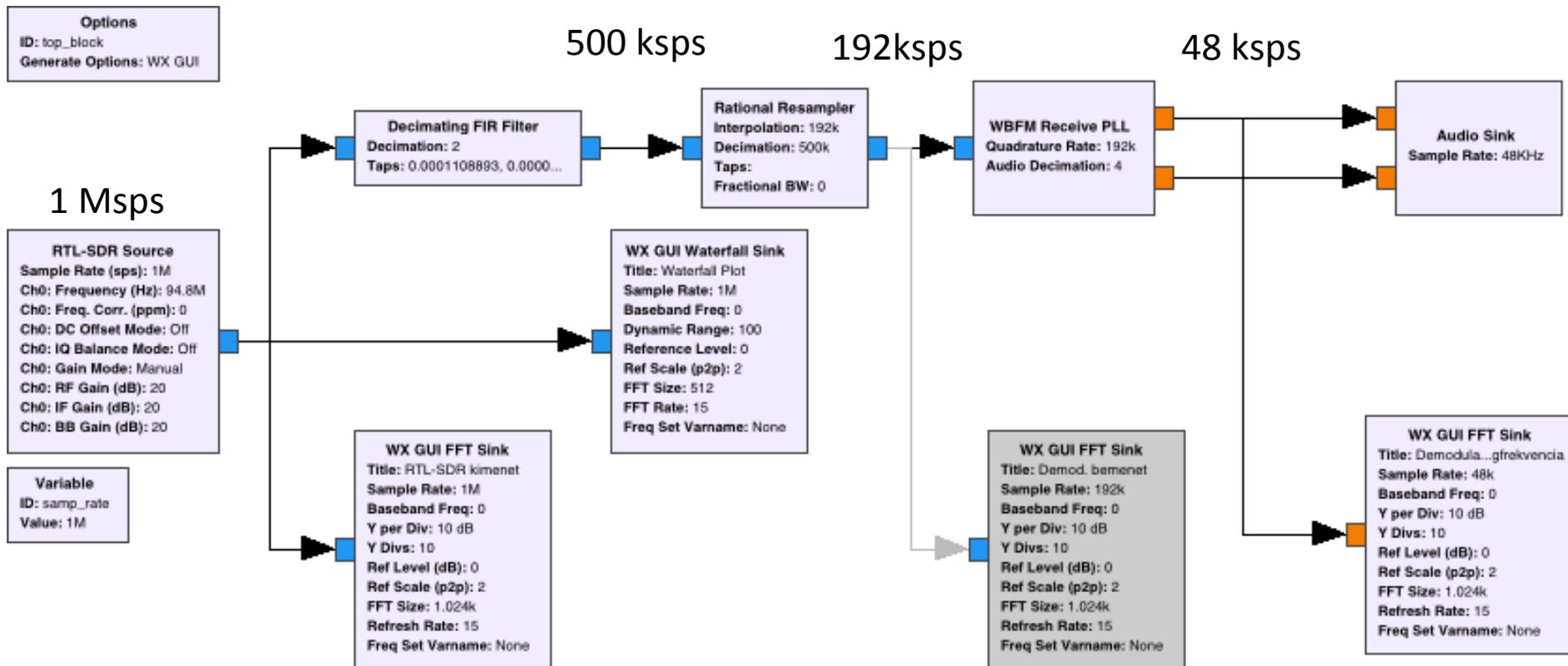


- Antenna
- Szűrő, LNA
- Végerősítő
- ...

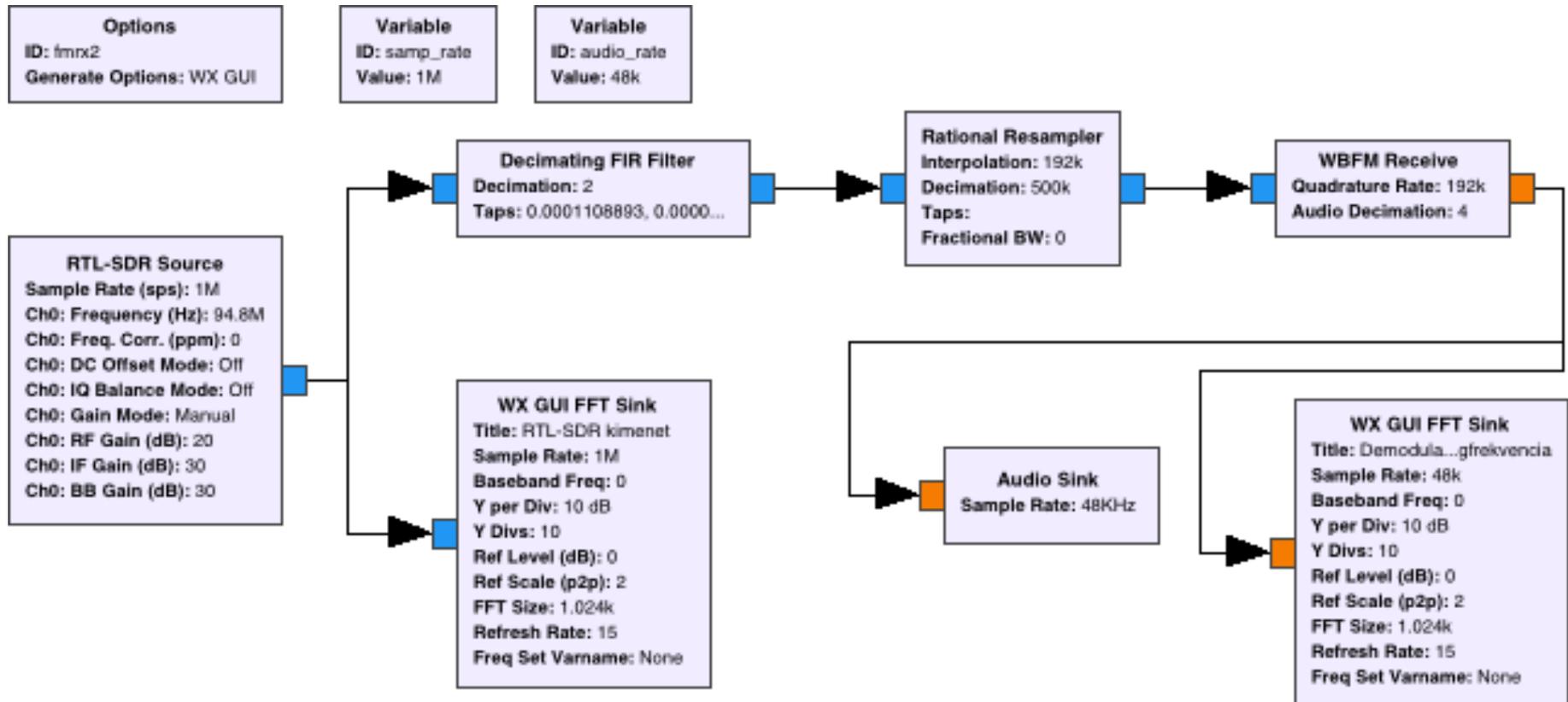
- A/D, D/A
- Fel-/lekeverés
- Digitális szűrés
- Újramintavételezés

(sok)minden más

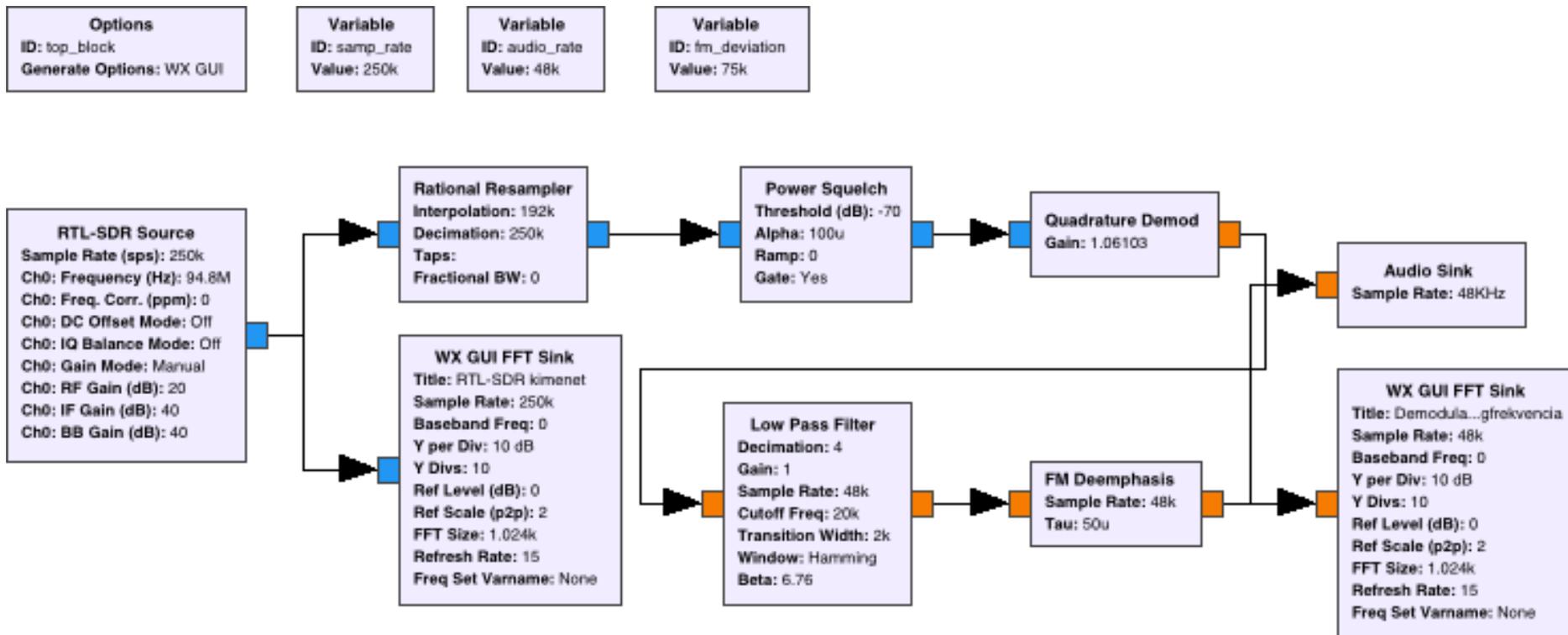
# Sztereo FM-vevő



# Kevésbé ügyes FM-vevő



# s. k. FM-vevő



# A GNU Radio modellek felépítése

## C++ nyelven írt blokk

```
int
```

```
quadrature_demod_cf_impl::work(int noutput_items,  
gr_vector_const_void_star &input_items,  
gr_vector_void_star &output_items)
```

```
{  
    gr_complex *in = (gr_complex*)input_items[0];  
    float *out = (float*)output_items[0];
```

```
    std::vector<gr_complex> tmp(noutput_items);  
    volk_32fc_x2_multiply_conjugate_32fc(&tmp[0], &in[1], &in[0], noutput_items);  
    for(int i = 0; i < noutput_items; i++) {  
        out[i] = d_gain * gr::fast_atan2f(imag(tmp[i]), real(tmp[i]));  
    }
```

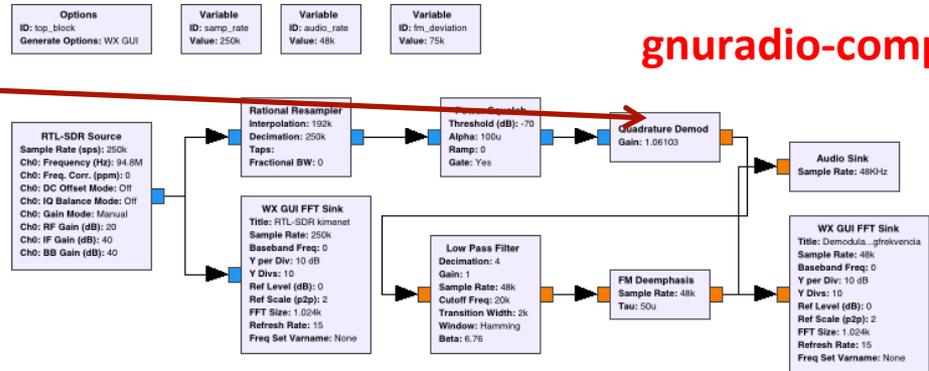
```
    return noutput_items;
```

```
}
```

```
...
```

```
self.connect((self.analog_fm_deemph_0, 0), (self.audio_sink_0, 0))  
self.connect((self.analog_fm_deemph_0, 0), (self.wxgui_fftsink2_1, 0))  
self.connect((self.analog_wfm_rcv_0, 0), (self.analog_fm_deemph_0, 0))  
self.connect((self.fir_filter_xxx_0, 0), (self.rational_resampler_xxx_0, 0))  
self.connect((self.rational_resampler_xxx_0, 0), (self.analog_wfm_rcv_0, 0))  
self.connect((self.rtlsdr_source_0, 0), (self.fir_filter_xxx_0, 0))  
self.connect((self.rtlsdr_source_0, 0), (self.wxgui_fftsink2_0, 0))
```

```
...
```



gnuradio-companion



Python nyelv  
"jelfolyam"

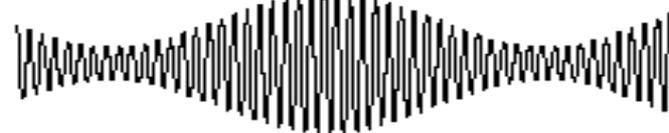
# Alapsávi jelkezelés

Modulálatlan vivő:  $v(t) = A \cos(2\pi f_c t)$

Modulált vivő:  $s(t) = Am(t) \cos [2\pi f_c t + \vartheta(t)]$

Amplitúdómoduláció, amplitúdóbill. (ASK)

$m(t)$  változik



Frekvenciamoduláció, frekvenciabill. (FSK)

$m(t) = 1$ ,  $\vartheta(t)$  változik



Fázismoduláció, fázisbill. (PSK)

$m(t) = 1$ ,  $\vartheta(t)$  változik



Fázis- és amplitúdómoduláció (QAM)

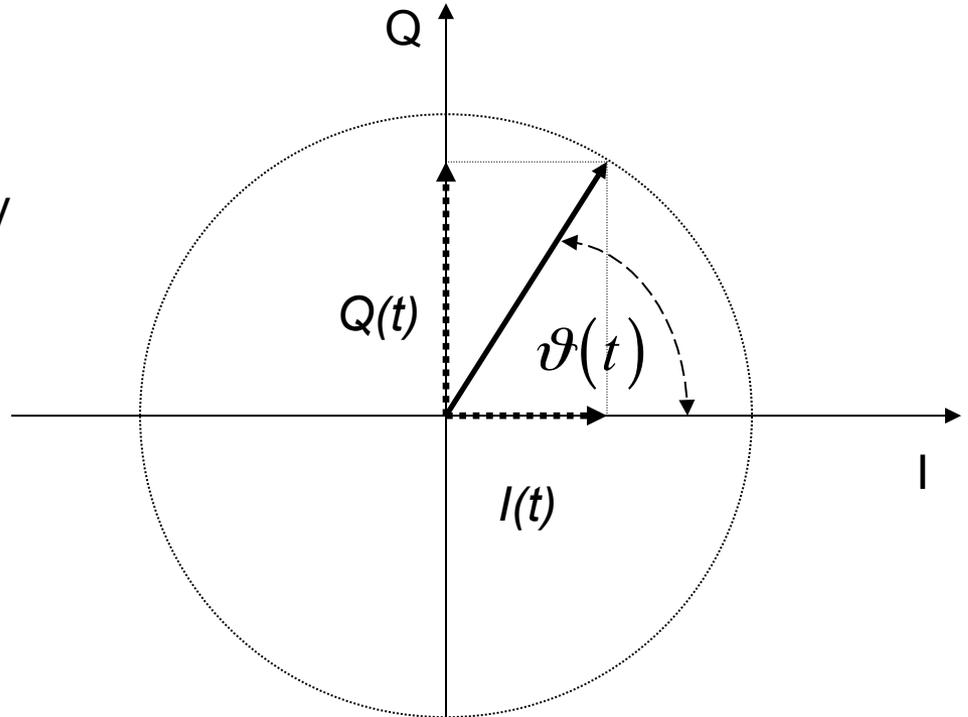
$m(t)$  és  $\vartheta(t)$  változik



# Alapsávi jelkezelés

$$s(t) = Am(t) \cos [2\pi f_c t + \vartheta(t)]$$

$m(t)$  amplitúdó-időfüggvény  
 $\vartheta(t)$  fázis-időfüggvény

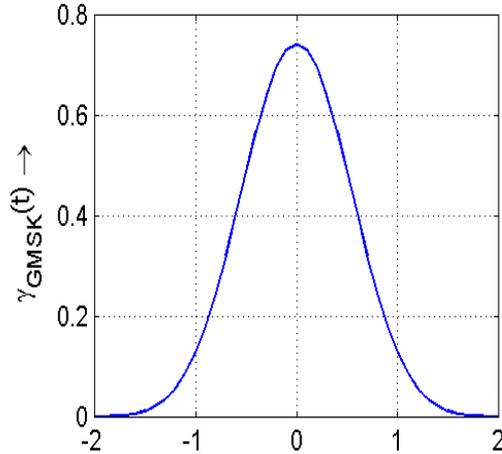


$$\begin{aligned} s(t) &= Am(t) \left\{ \cos \vartheta(t) \cos 2\pi f_c t - \sin \vartheta(t) \sin 2\pi f_c t \right\} \\ &= I(t) \cos 2\pi f_c t - Q(t) \sin 2\pi f_c t \end{aligned}$$

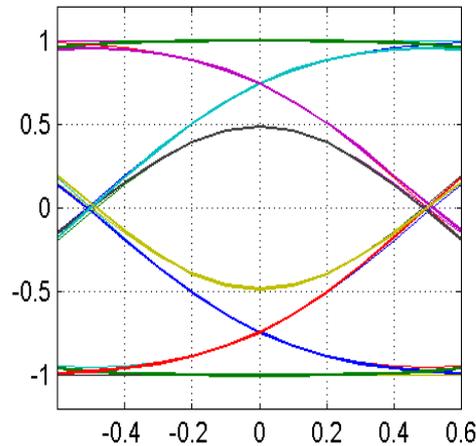
$I(t)$ ,  $Q(t)$ : kvadratúraösszetevők (fázis- (In-phase) és kvadratúrajel (Quadrature) )

# FSK Gauss-szűréssel: GMSK moduláció

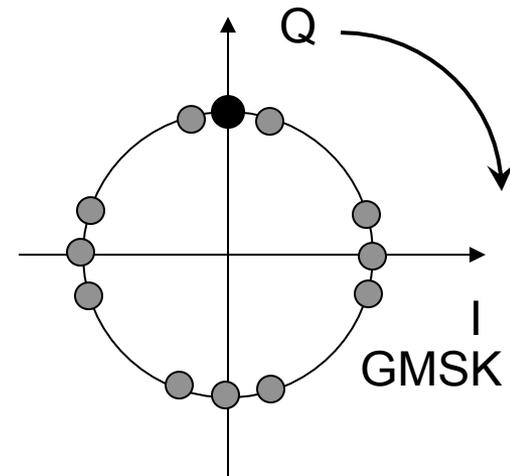
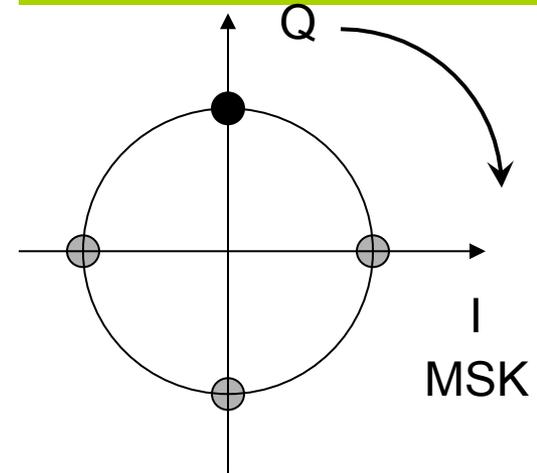
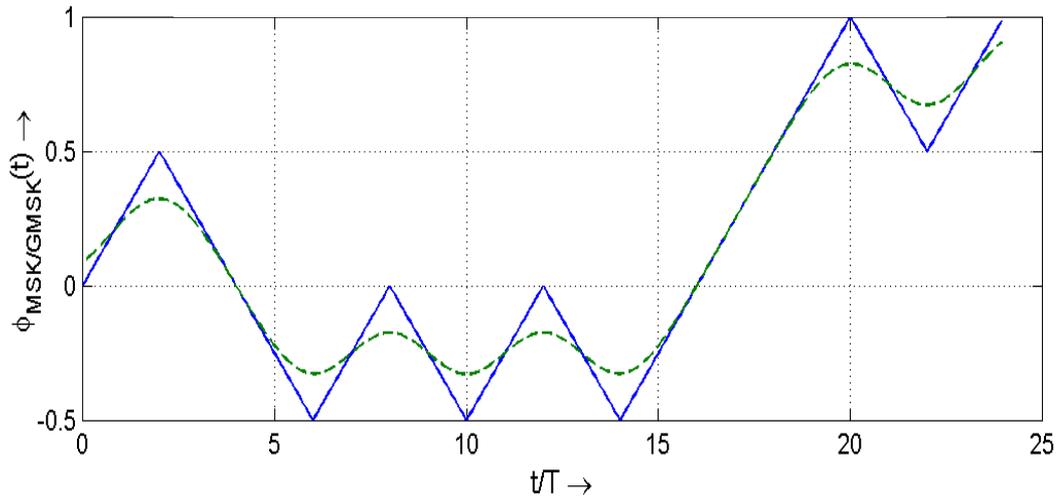
GMSK impulzus;  
 $f(3\text{ dB}) \cdot T = 0,3$



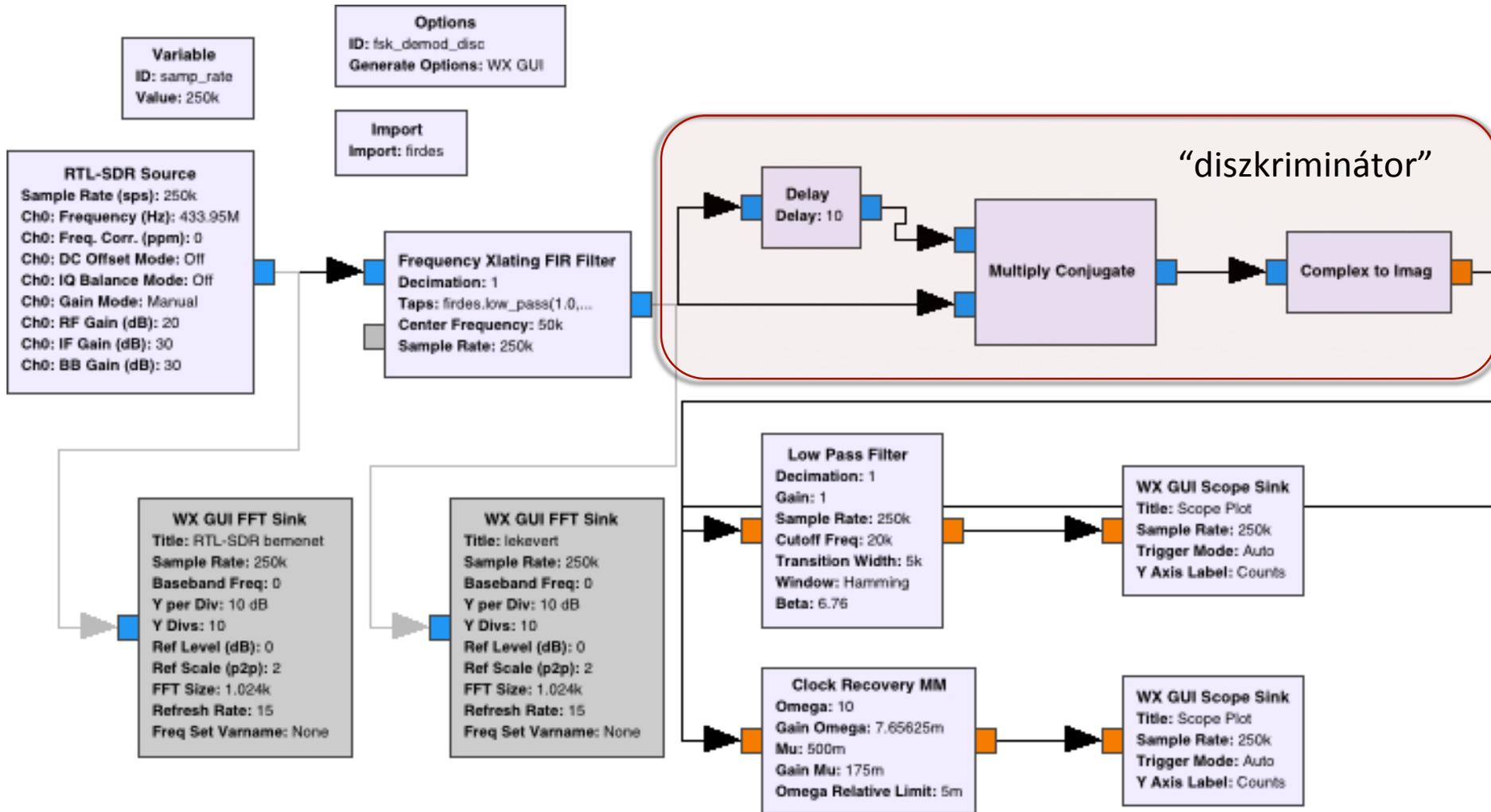
Szemábra az FM  
modulátor bemenetén



MSK, GMSK moduláció pillanatnyi fázisa;  
 $f(3\text{dB}) \cdot T = 0,3$

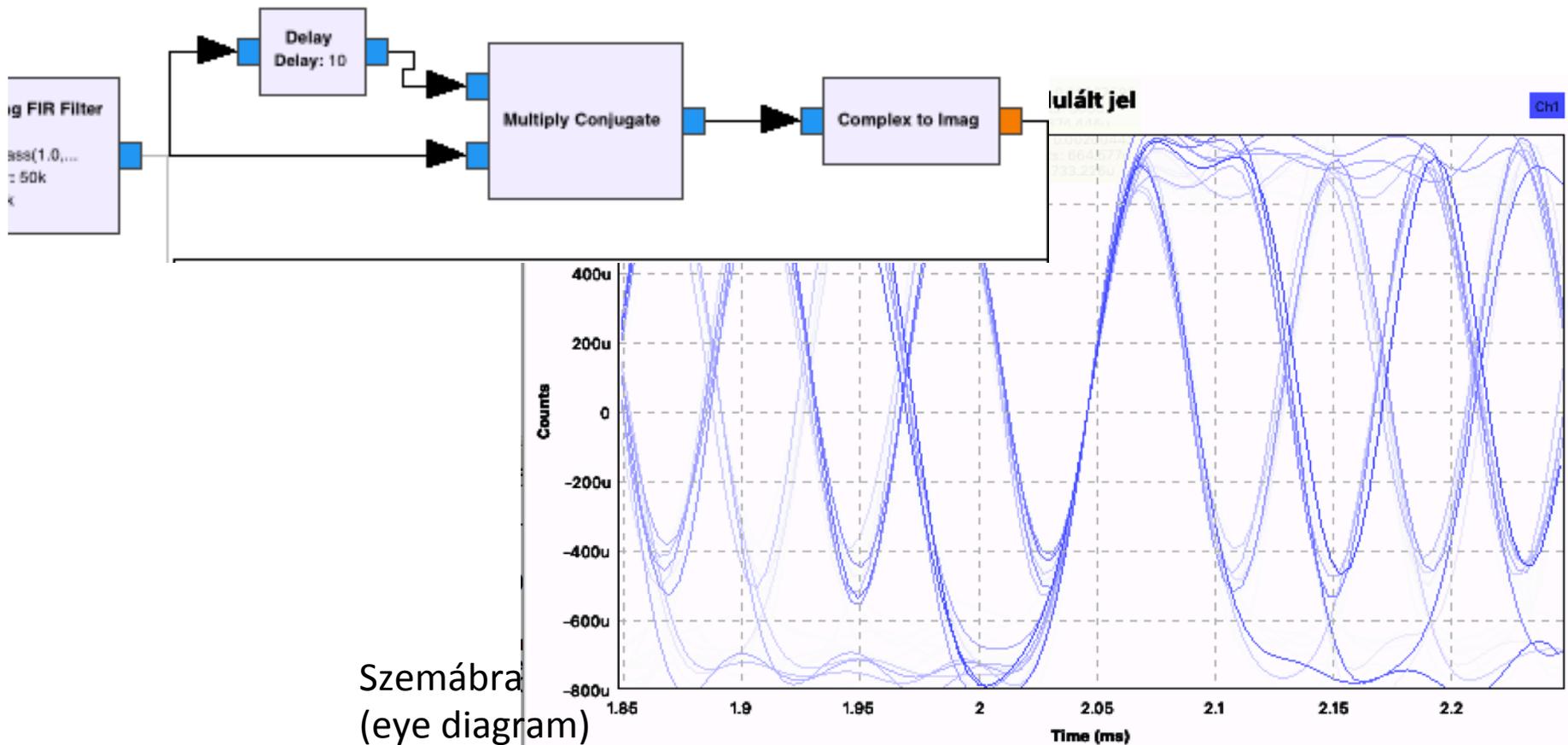


# FSK demoduláció



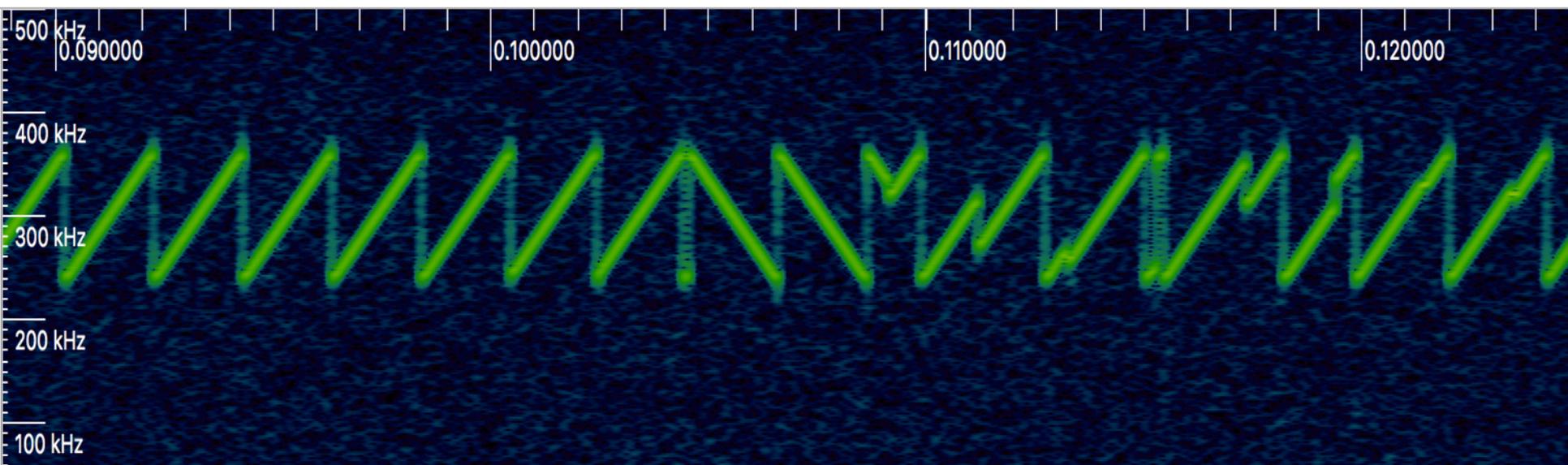
# FSK demoduláció

➤ Frekvenciadiszkriminátoros demoduláció



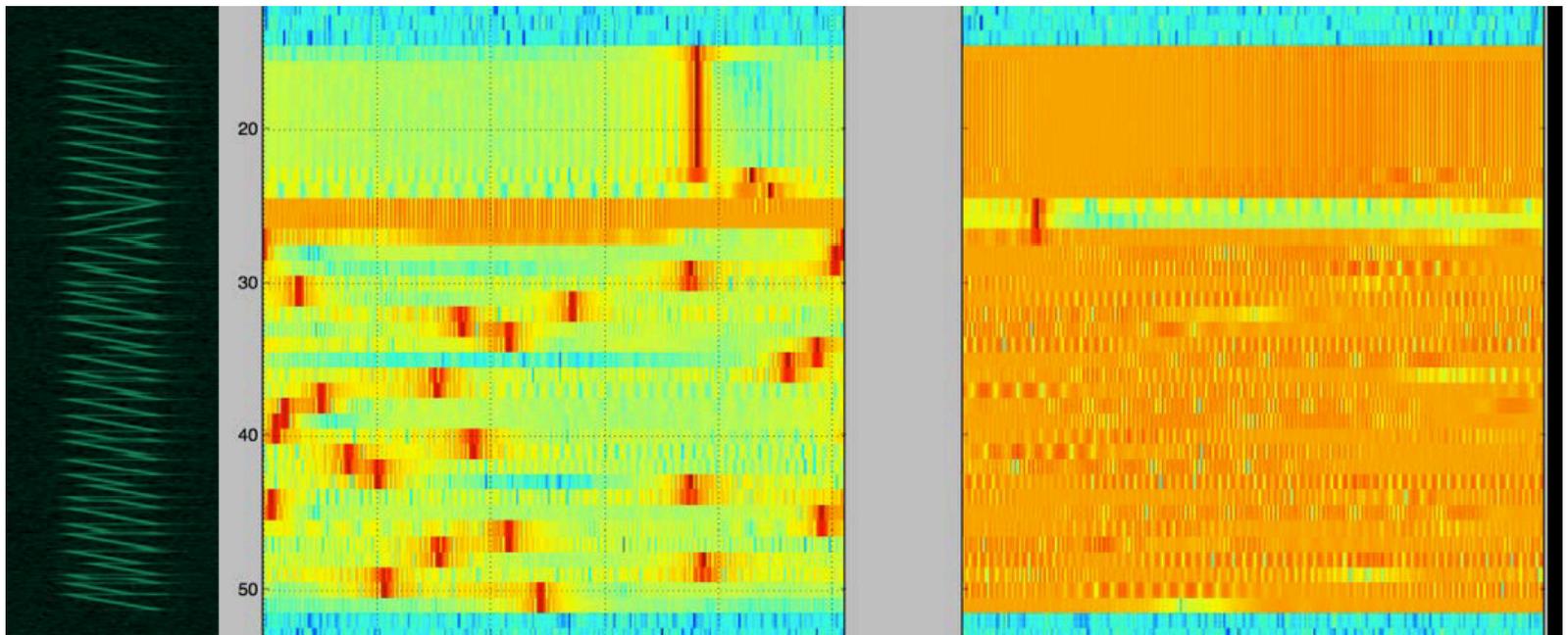
# Egy másik moduláció

- Hogyan csináljunk nagyon kis jel/zaj-viszony mellett megbízható átvitelt?
- Gyűjtsük hosszan 1-1 bit energiáját (vö. Bay Zoltán)
- Gyakorlati problémák



# Egy másik moduláció

## ➤ Chirp Spread Spectrum (CSS)



Forrás: Matt Knight, Reversing LoRa

# Egy másik moduláció

- Adatfehérítés
- Hibajavító kódolás: Hamming-kód (4/5, 4/6, 4/7, 4/8)

Forrás: Matt Knight,  
Reversing LoRa

Forrás: Semtech AN1200.18

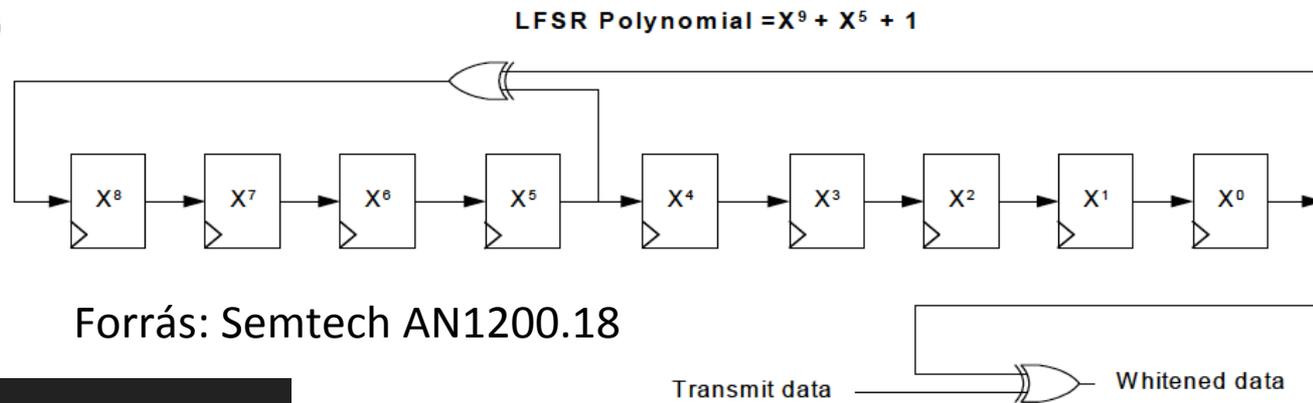


Figure 1: CCIT Data whitening LFSR

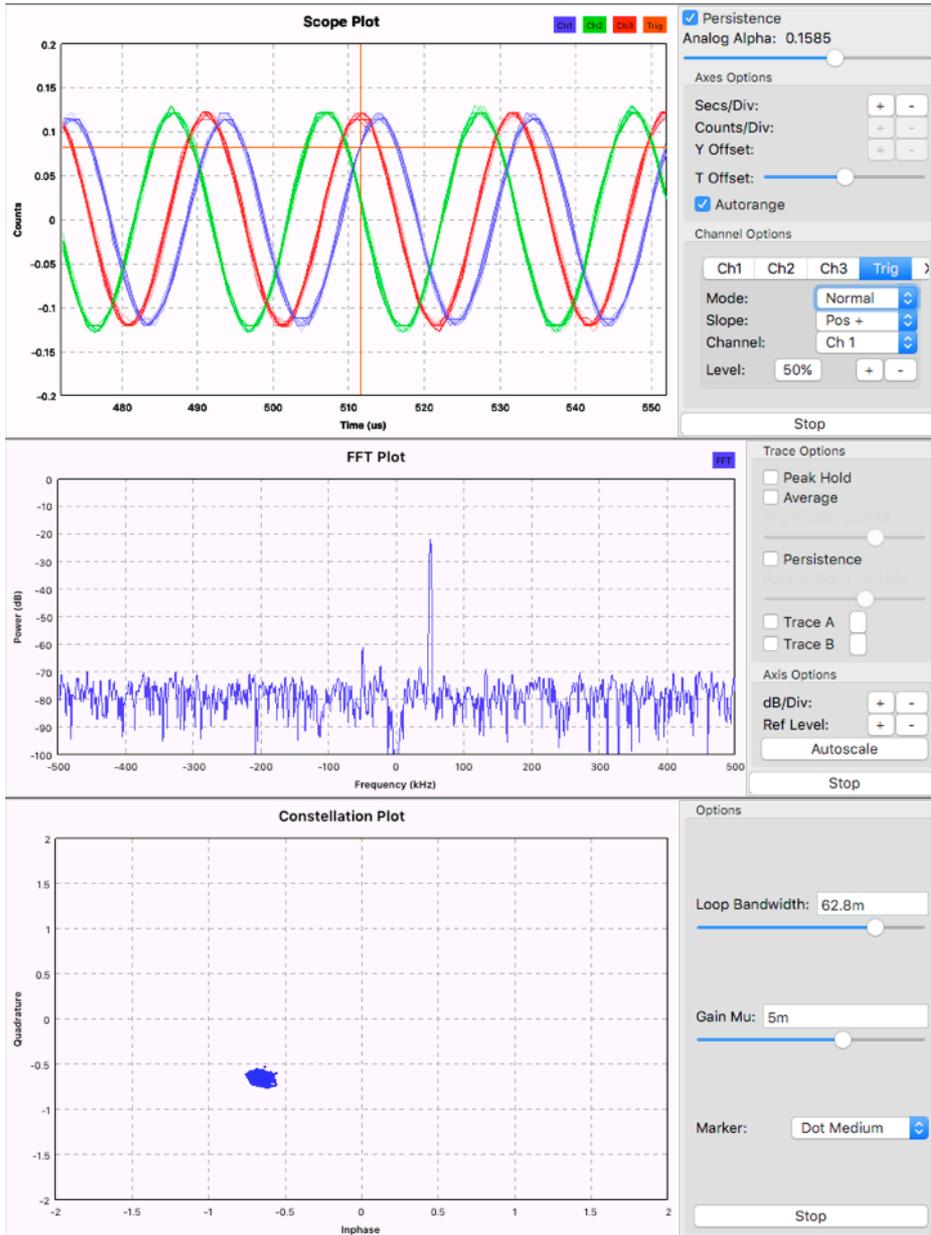
Payload: 0xDEADBEEF

```
bit 76543210
00110011
10111110
11111010
11011101
10000110
10000111
11000000
10000010
```

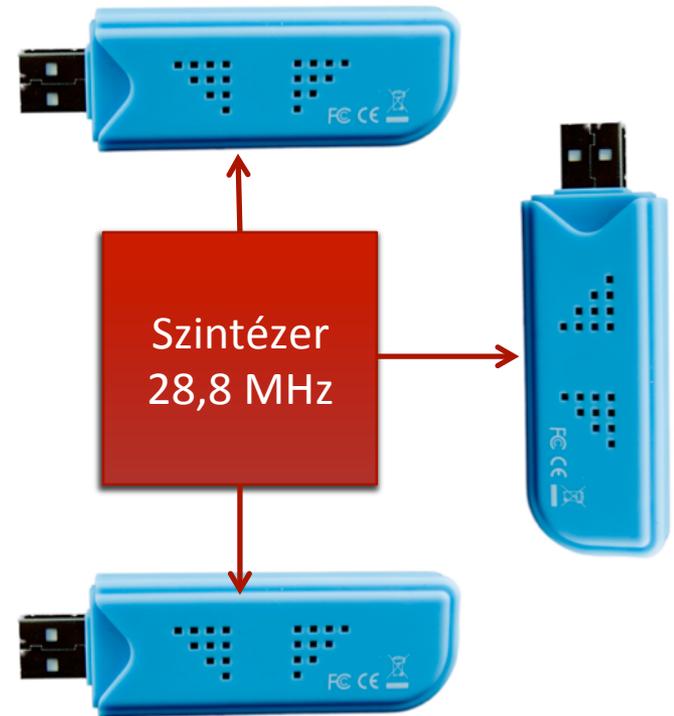
	Top							Bot
D	1	0	1	0	0	0	0	1
E	0	1	1	1	0	1	0	0
A	0	1	0	1	1	0	0	0
D	1	0	1	1	0	0	0	0
B	1	1	0	0	0	0	1	0
E	0	1	1	1	0	1	0	0
E	0	1	1	1	0	1	0	0
F	1	1	1	1	1	1	1	1

Demodulátor: <https://github.com/rpp0/gr-lora>

# Multi-rtl



➔ 3 rtl-sdr közös órajelen



# BME HVT Alphasat vevőállomás

- Inmarsat geo hold
- 38 GHz-es lejövő ág (V1 tető)
- Terjedési beacon-ök vétele
- DVB-S2 adatfolyam SNR becslés

