

# Híradástechnikai jelfeldolgozás

*18. előadás: Modemek 2*  
*2015. 05. 12.*

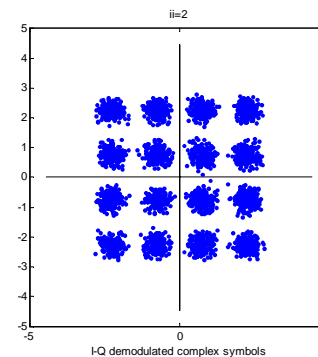
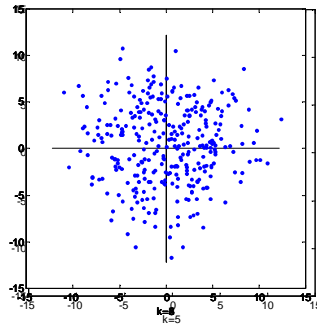
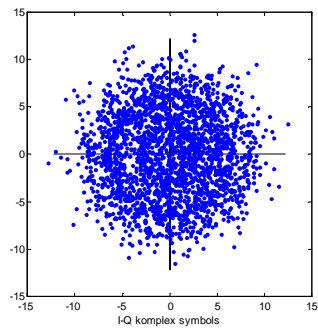
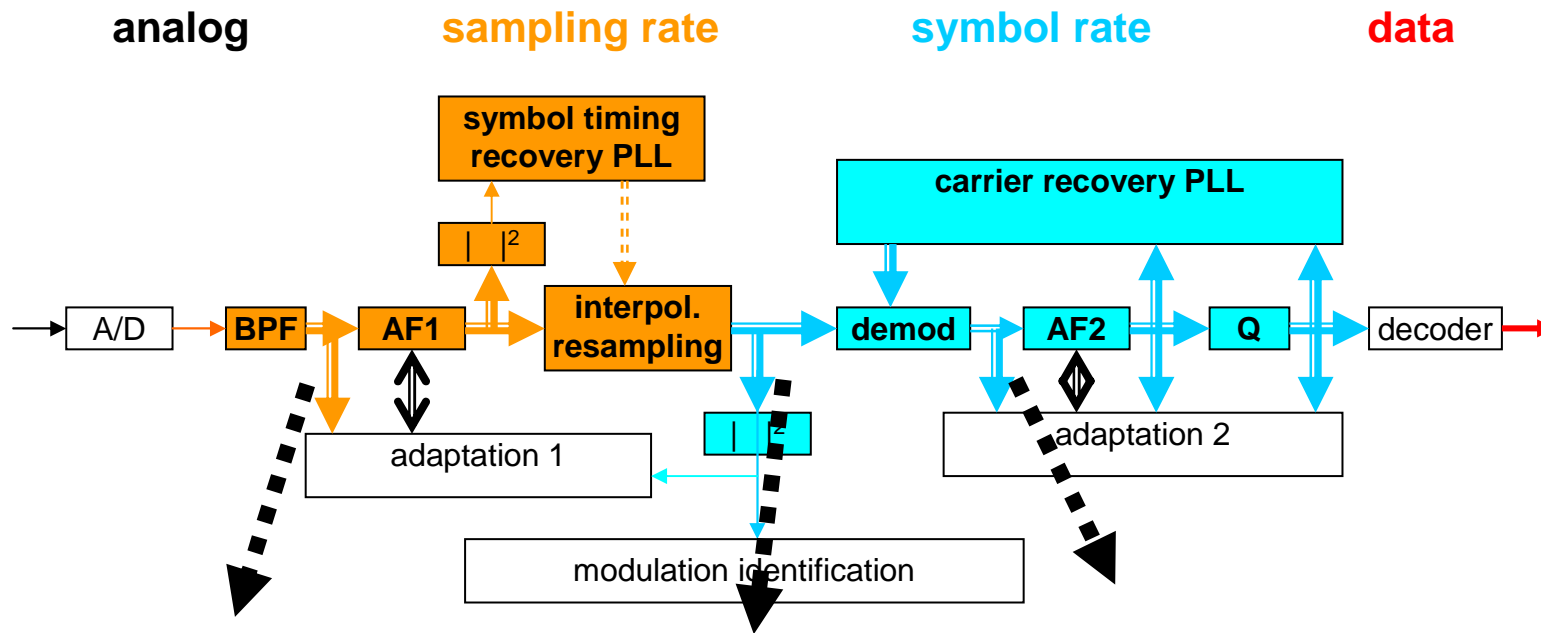
Dr. Gaál József  
docens

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

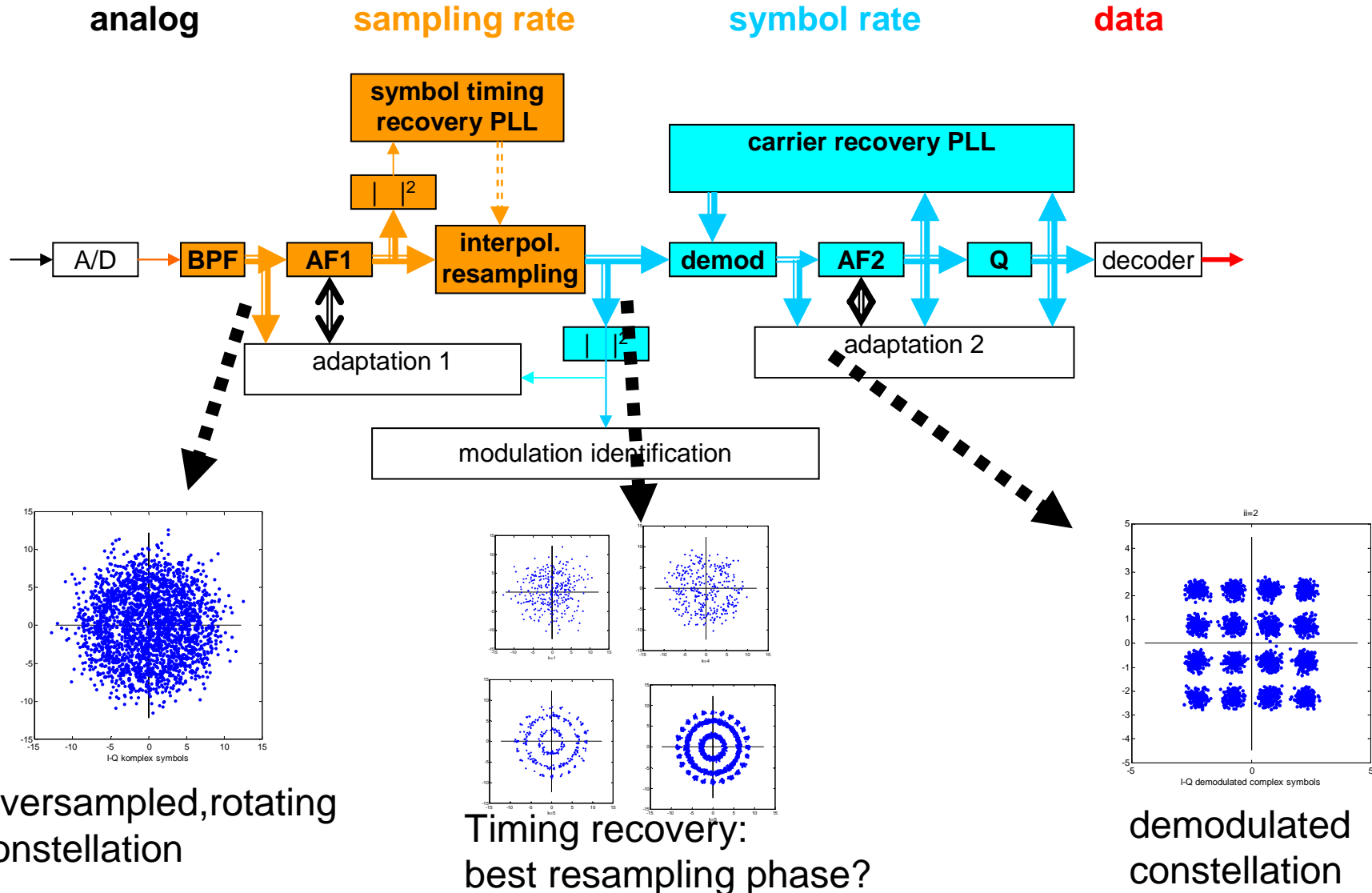
gaal@hit.bme.hu

2015. május 14.  
Budapest

# Univerzális QAM demodulátor



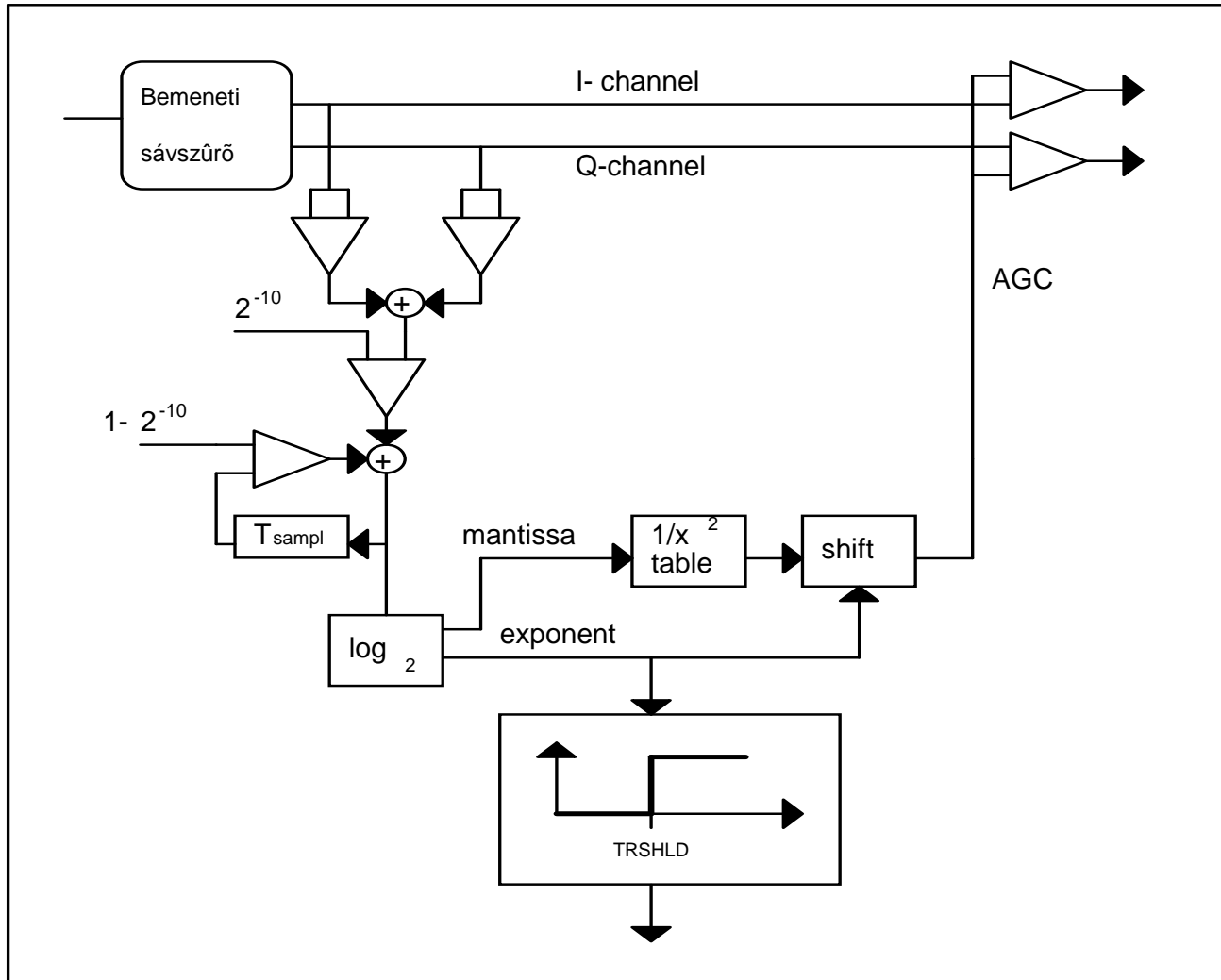
# Univerzális QAM demodulátor



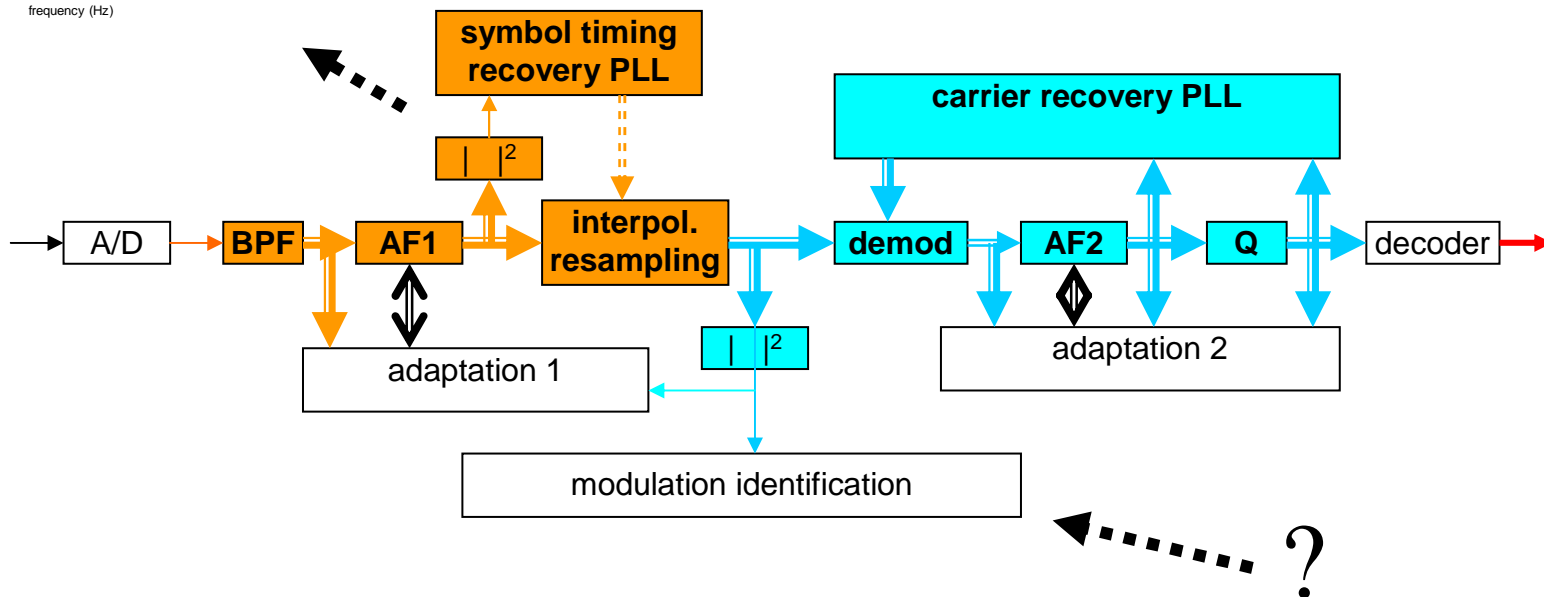
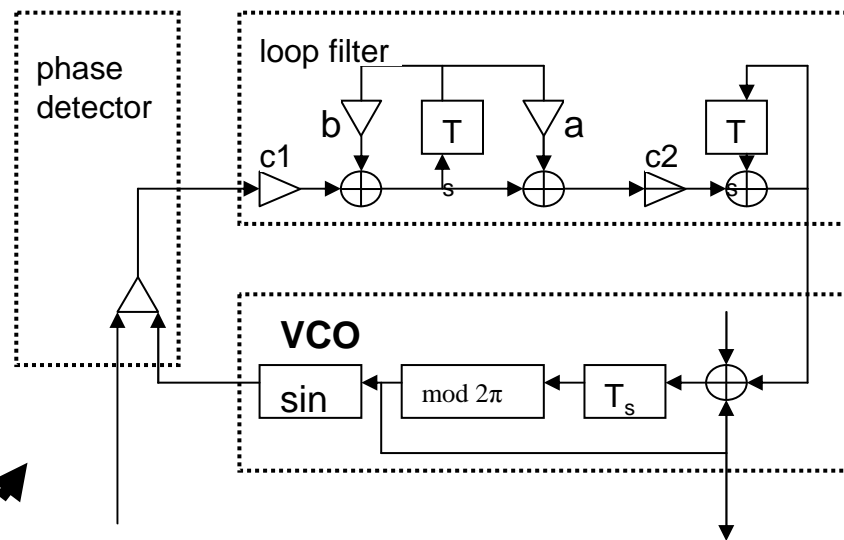
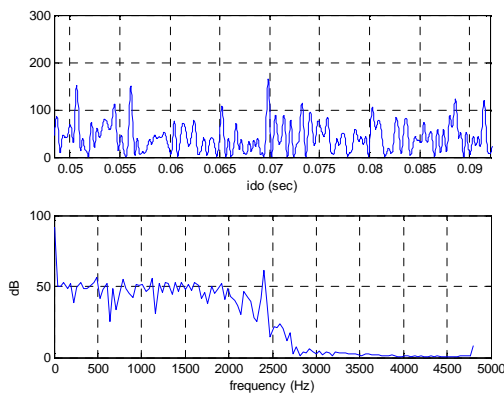
Oversampled, rotating constellation

Timing recovery: best resampling phase?

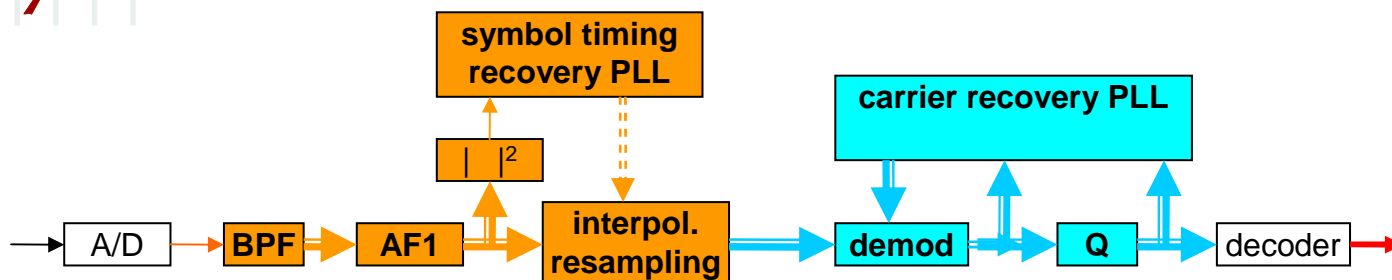
demodulated constellation



# Időzítés visszaállítás

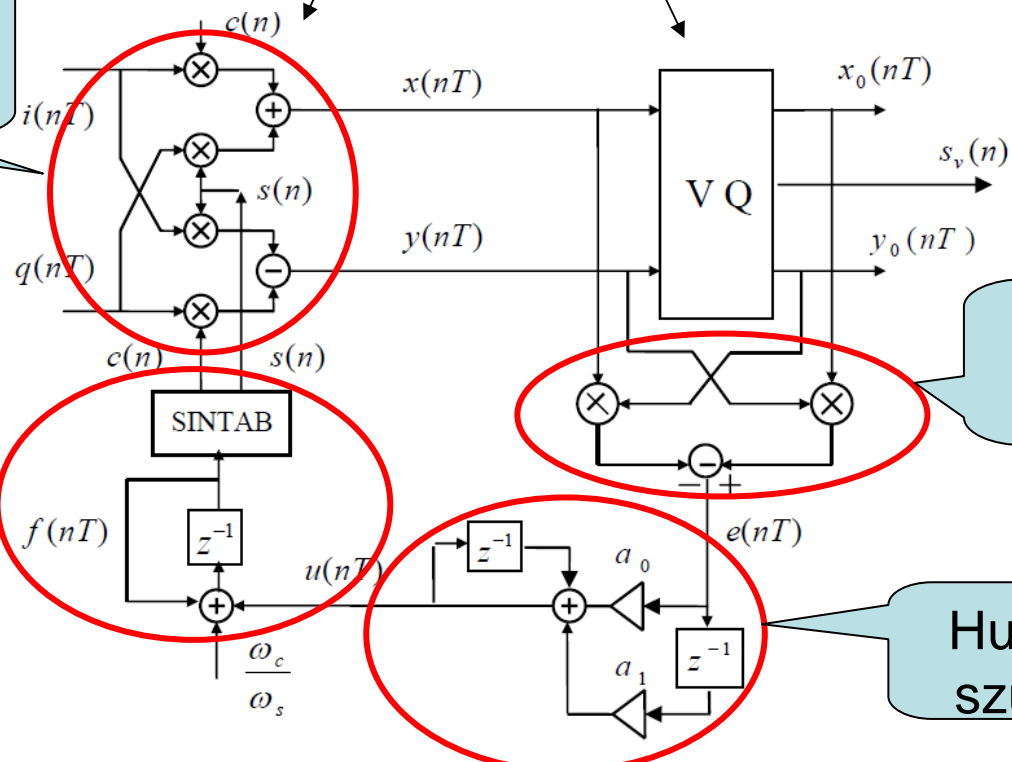


# Vivő visszaállítás



Komplex keverő demodulátor

Helyi vivő oszcillátor NCO



Fázis-hiba detektor

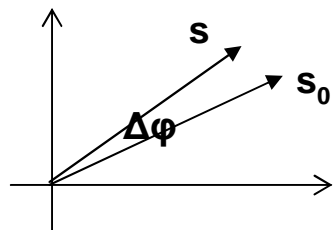
Hurok szűrő

# Vivő visszaállítás

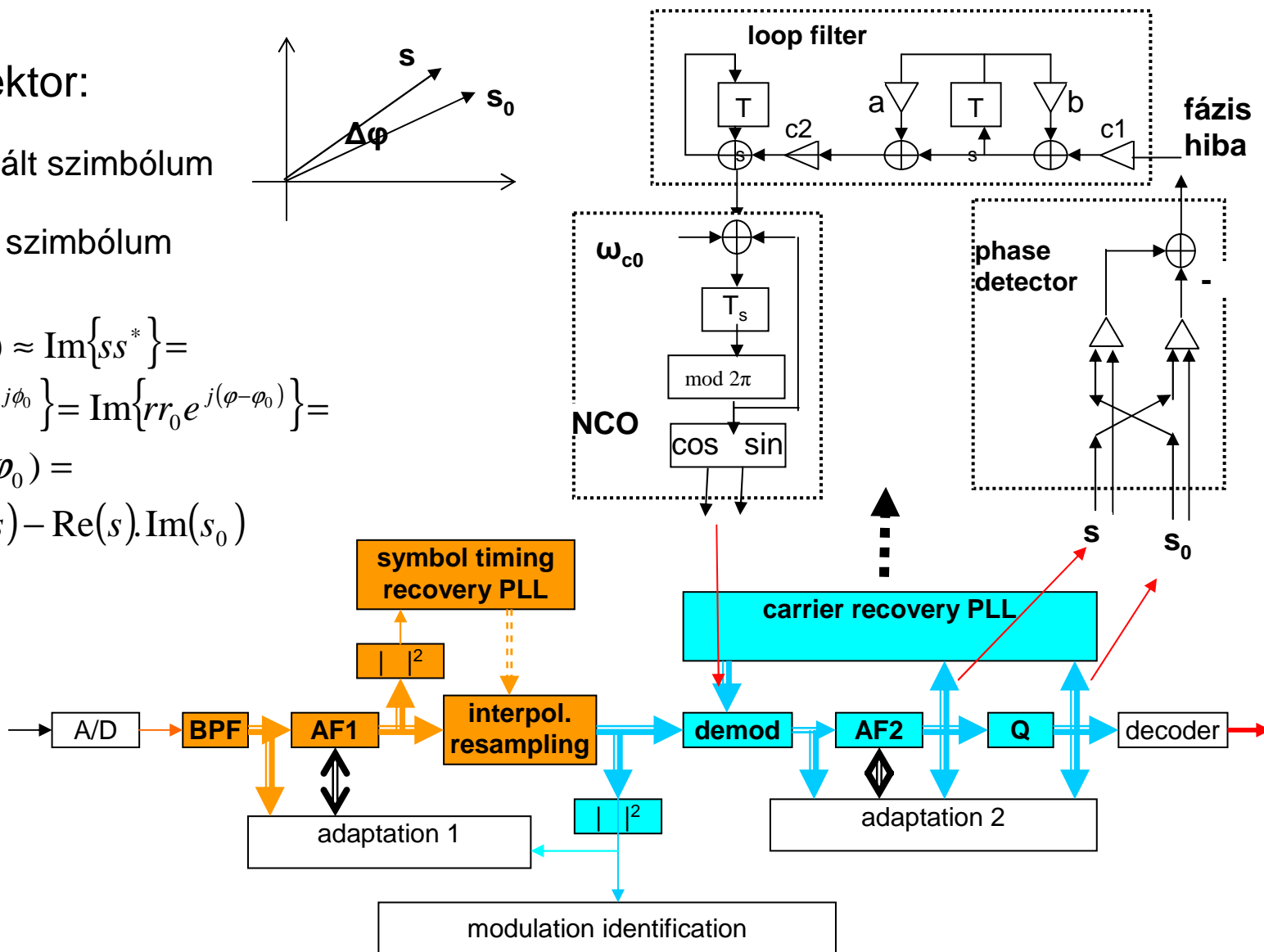
Fázis detektor:

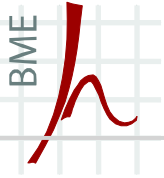
$S$  : demodulált szimbólum

$S_0$  : döntött szimbólum



$$\begin{aligned} \Delta\varphi &\cong \sin(\Delta\varphi) \approx \text{Im}\{ss^*\} = \\ &= \text{Im}\{re^{j\varphi} r_0 e^{-j\varphi_0}\} = \text{Im}\{rr_0 e^{j(\varphi-\varphi_0)}\} = \\ &= rr_0 \sin(\varphi - \varphi_0) = \\ &= \text{Re}(s_0) \cdot \text{Im}(s) - \text{Re}(s) \cdot \text{Im}(s_0) \end{aligned}$$





# Tartalom

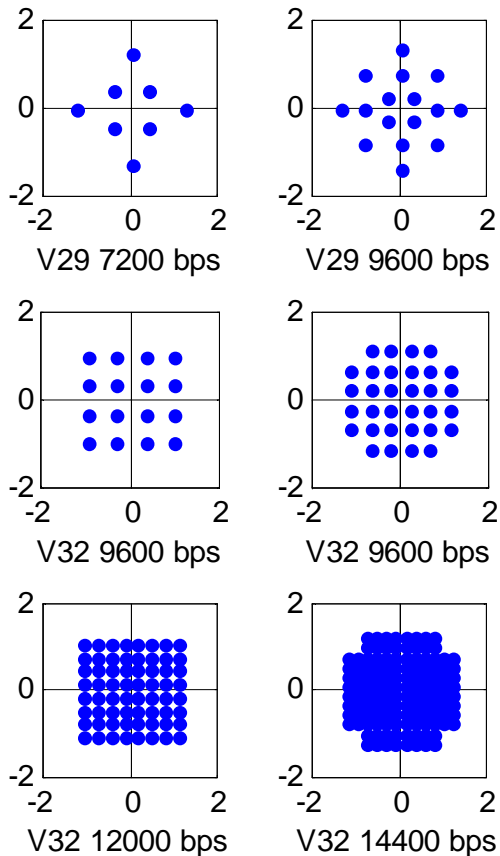
---

- Automatikus QAM moduláció identifikálás
- OFDM modem

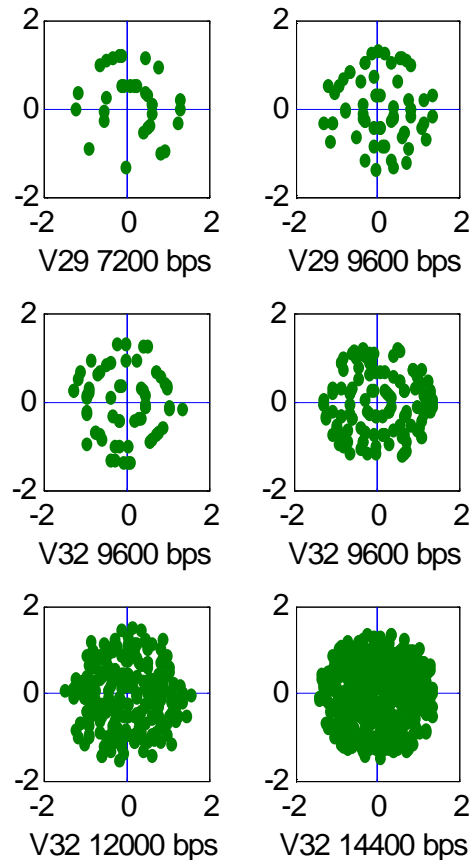


# Automatikus moduláció identifikálás

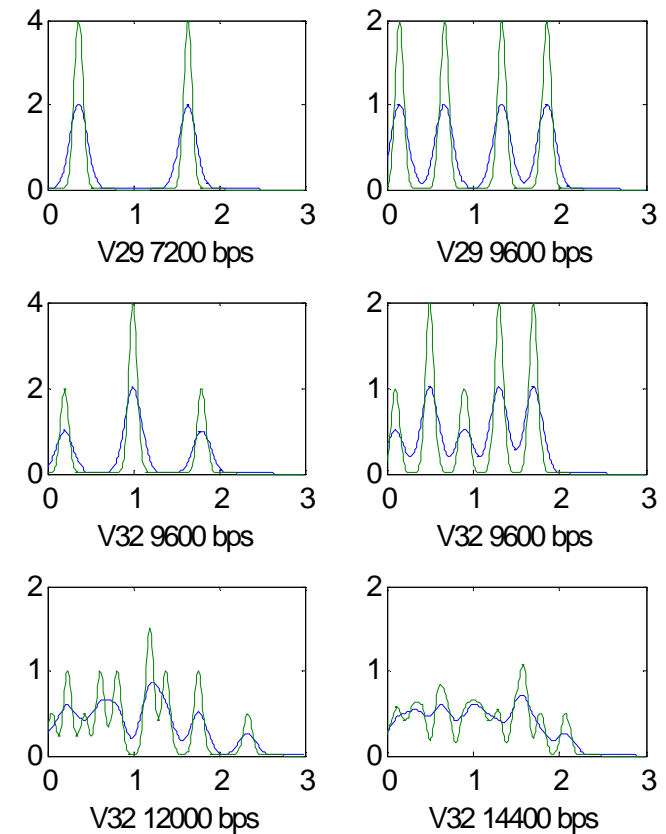
## A lehetséges moduláció típusok:



## zajos és demodulálatlan konstellációs diagrammok



## szimbólum energia valószínűség sűrűségek



## Definíciók:

$A_1, A_2, \dots, A_N$  A lehetséges modulációs eljárások bekövetkezésének eseményei  
 $P_1, P_2, \dots, P_N$  és ezek valószínűségei, melyekre egyenletes eloszlás feltételezett.

$f_j(\mathbf{r}) = \text{prob}\{\mathbf{r}|A_j\}$  a komplex vektor hossz diszkrétizált értékeinek a j-edik modulációra vonatkozó feltételes eloszlása, apriori ismert.

$r^1, r^2, \dots, r^m, \dots, r^M$  A demodulátorban a szimbólum szinkron szerint újra-mintavételezett komplex jel amplitúdó szekvencia .

Feladat: A  $C_i^M = \text{prob}\{A_i|r^1, r^2, \dots, r^M\}$  feltételes valószínűségek meghatározása és a maximum alapján döntés az alkalmazott modulációról.

Megoldás:

a Bayes tétel alapján:

$$\text{prob}\{A_j | r^1, r^2, \dots, r^m\} = \frac{\text{prob}\{r^1, r^2, \dots, r^m | A_j\} \cdot \text{prob}\{A_j\}}{\sum_{i=1}^N \text{prob}\{r^1, r^2, \dots, r^m | A_i\} \cdot \text{prob}\{A_i\}}$$

$$F_j^m = \text{prob}\{r^1, r^2, \dots, r^m | A_j\} = \prod_{n=1}^m \text{prob}\{r^n | A_j\} = f_j(r^m) F_j^{(m-1)}$$

Tehát, a keresett feltételes valószínűségek:

$$C_j^m = \frac{f_j(r^m) F_j^{(m-1)}}{\sum_{i=1}^N f_i(r^m) F_i^{(m-1)}}$$

$$F_j^m = f_j(r^m) F_j^{(m-1)}$$

alulcsordulását kiküszöbölendő, az ekvivalens rekurzió:

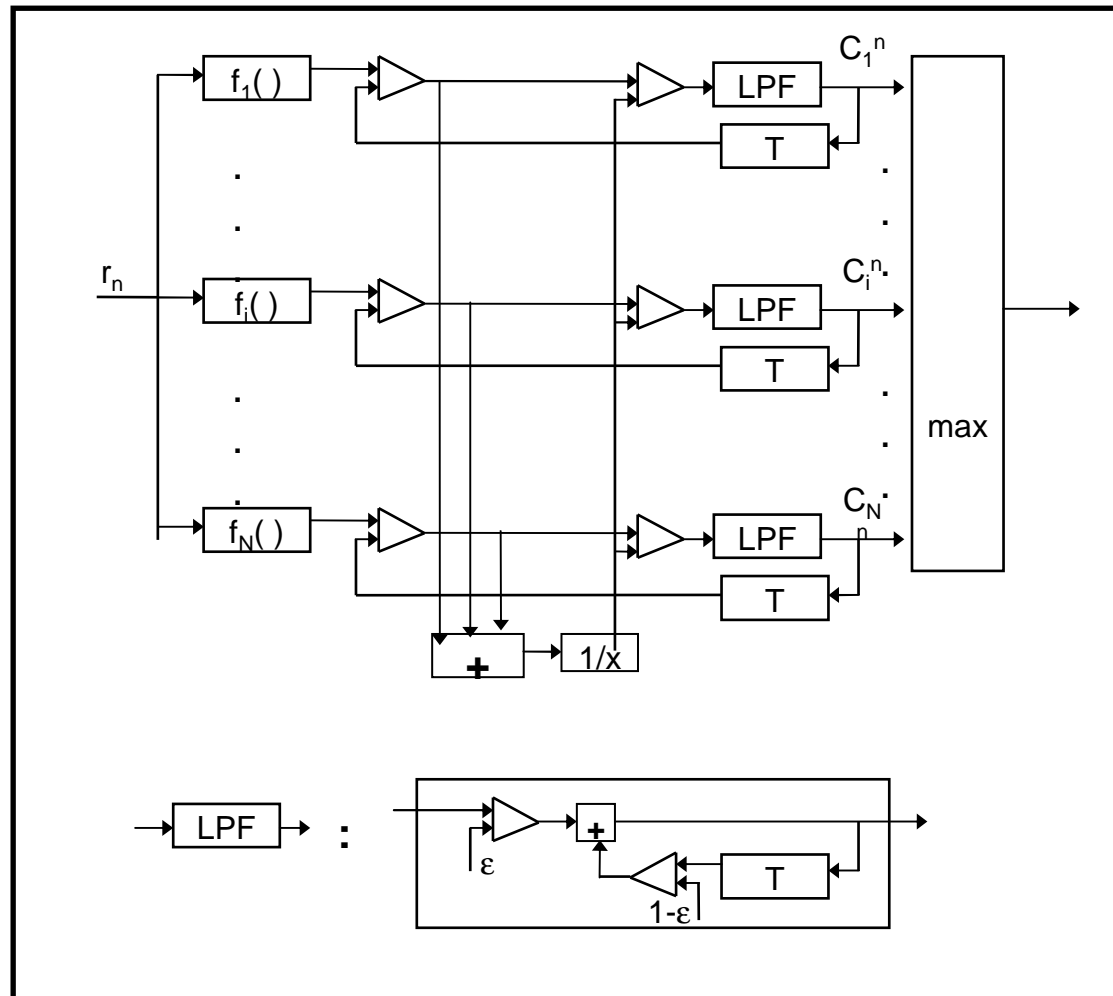
$$C_j^m = \frac{f_j(r^m) C_j^{(m-1)}}{\sum_{i=1}^N f_i(r^m) C_i^{(m-1)}}$$

Végezetül, átlagolással simítva:

$$C_j^m(k) = \frac{f_j(r^s) \bar{C}_j^{(m-1)}}{\sum_{i=1}^N f_i(r^s) \bar{C}_i^{(m-1)}}$$

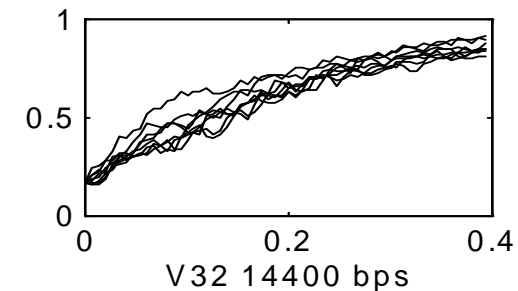
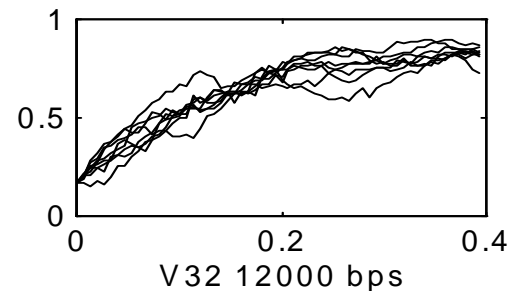
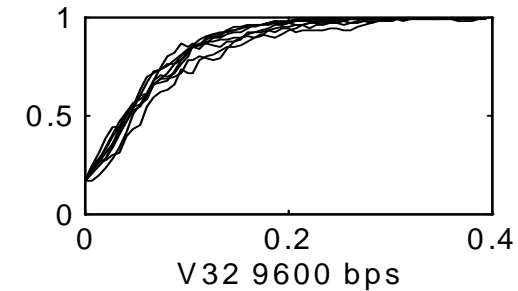
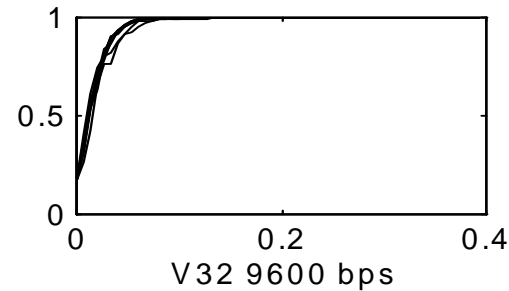
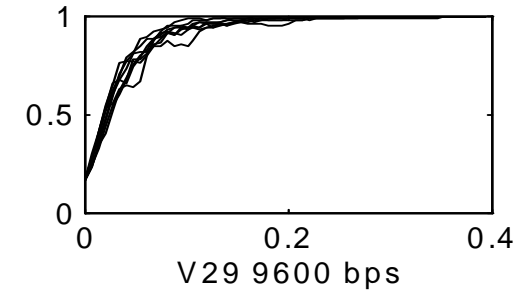
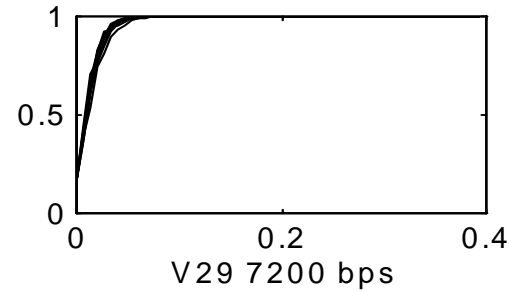
Implementálás:

$$C_j^m(k) = \frac{f_j(r^s) \bar{C}_j^{(m-1)}}{\sum_{i=1}^N f_i(r^s) \bar{C}_i^{(m-1)}}$$

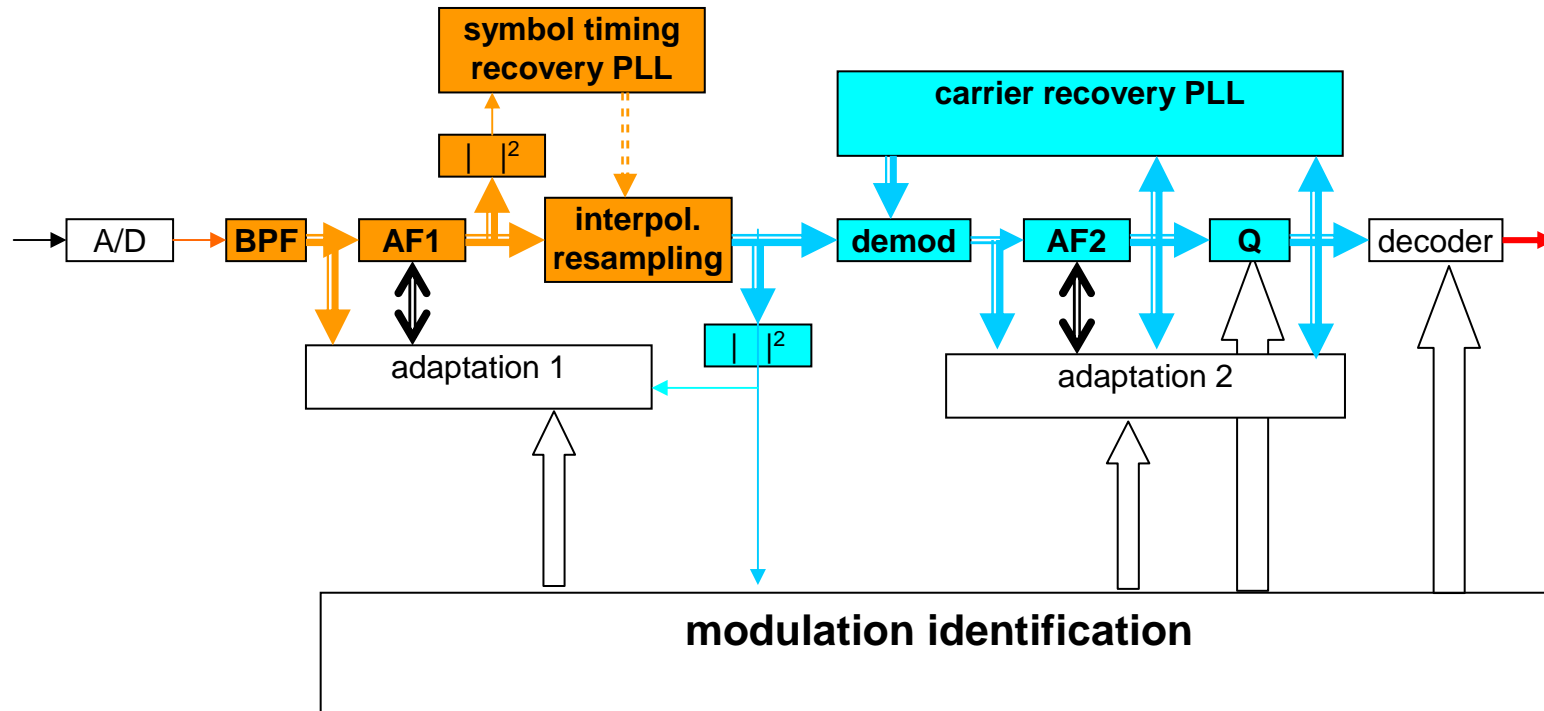


# Automatikus moduláció identifikálás

A győztes valószínűségek időbeli történetei a hat különböző moduláció esetén. SNR=23 dB. Az időtengely másodpercben skálázott.



# Automatikus moduláció identifikálás



# OFDM moduláció

