



# **Beágyazott vezeték nélküli technológiák vizsgálata (LoRaWAN TECHNOLOGIA)**

**Káli András**

**Krébesz Tamás - konzulens**

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék**

**2019.05.20.**



# Tartalom

- 1. Bevezetés**
- 2. Vevő architektúrák**
  - 1. Heterodyne architektúra**
  - 2. Homodyne architektúra**
  - 3. Wideband-IF architektúra**
  - 4. Low-IF architektúra**
- 3. Adó architektúrák**
  - 1. Közvetlen-konverzió architektúra**
  - 2. Kétlépéses architektúra**
- 4. LoRa technológia/ architektúra**
- 5. Alkalmazhatósága**
- 6. Összefoglalás**

# Bevezetés

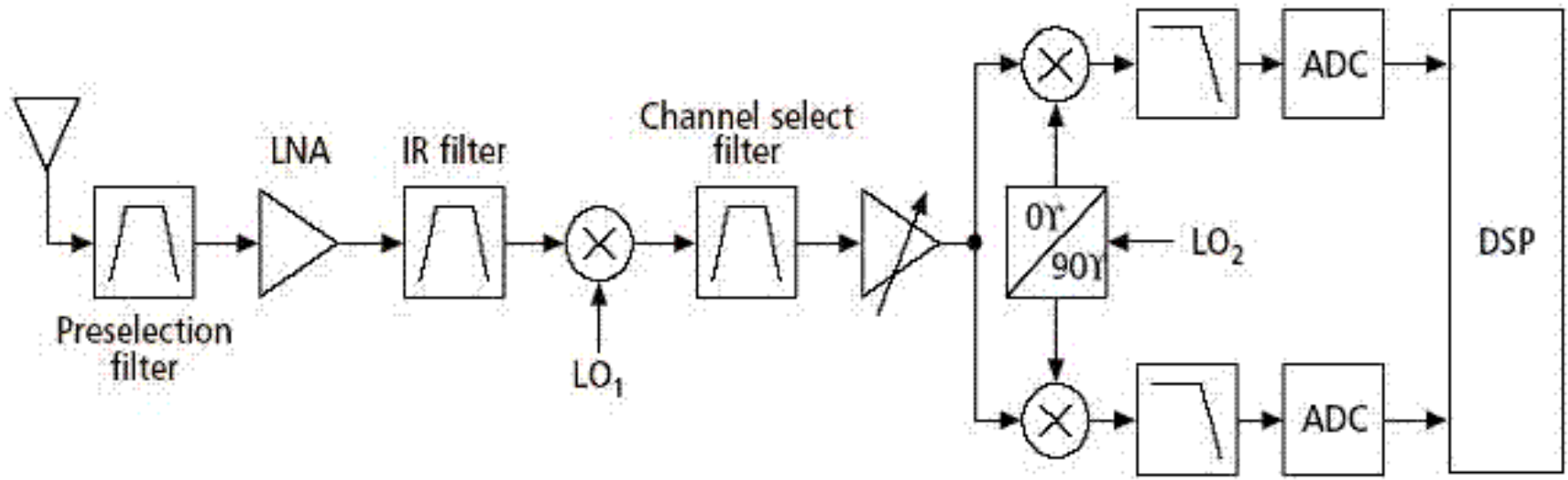
## LoRa technológia jellemzői

- EU szabvány: 868/433 MHz
- Áthidalható távolság: max. 15 km
- Adatátviteli sebesség: 0.3 -50 kbit/sec
- Alacsony fogyasztás
- Titkosítás
- Kommunikációk:
  - Pont-pont kapcsolat
  - Végberendezés – Gateway – Hálózati szerver



# **Vevő architektúrák**

# Heterodyne



- Legelterjedtebb
- Duál konverziós architektúra: az RF jel le van alakítva IF-re, majd IF-ről az alapsávú jelre.

- Trade-off:

IR szűrő és csatorna kiválasztás.

Jó érzékenység és szelektivitás.

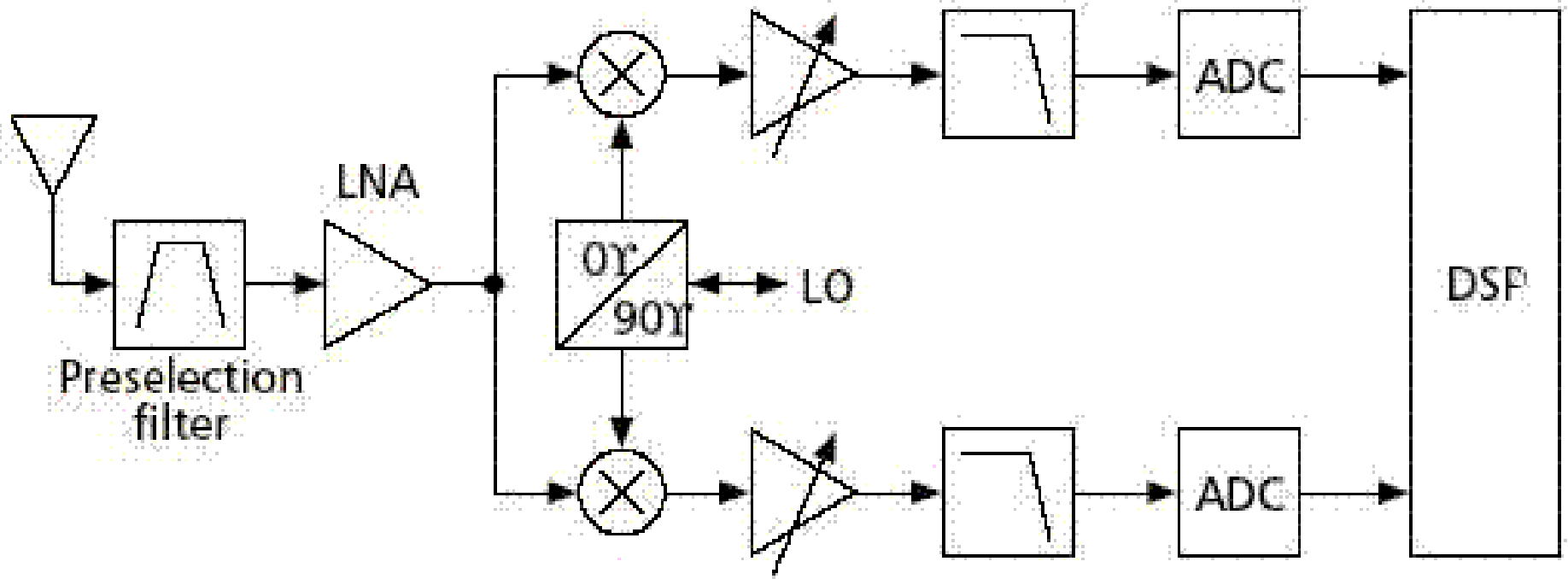
- Hátrányai:

Nagy teljesítményű oszcillátor vagy LO

Az 50 ohm-osnak megfelelő LNA kimeneti impedancia nehéz.

A kép elutasító szűrő integrálása jelentős probléma

# Homodyne



- Közvetlenül az RF-ről alapsávra ( $\omega_{IF} = 0$ ) fordítják egyetlen lépésben.
- Direct-IF architektúrának vagy Zero-IF architektúrának is nevezik.

- A Zero-IF architektúra előnye:

Kevesebb hardver, nincs képhiba, tehát a képszűrő nem szükséges.

Energiatakarékos.

Az integrált áramkörökben az LNA-nak nem kell megfelelnie az 50 ohmnak. (nincs IR szűrő az LNA és a keverő között).

- A Zero-IF architektúra hátránya:

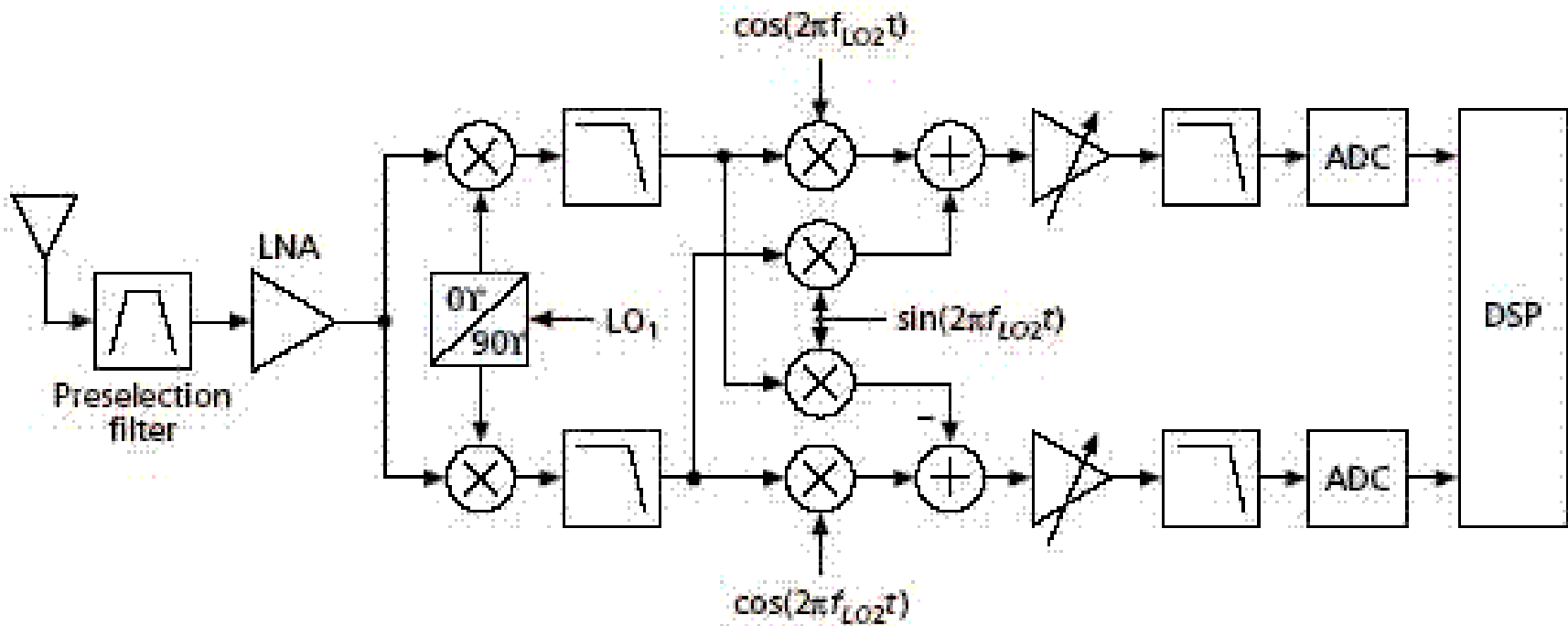
LO szivárgás

DC offset hibák: Ez a legsúlyosabb probléma a homodin vevők alapsávi szakaszában.

Az aktív készülék zaja szennyezi a BB jelet.

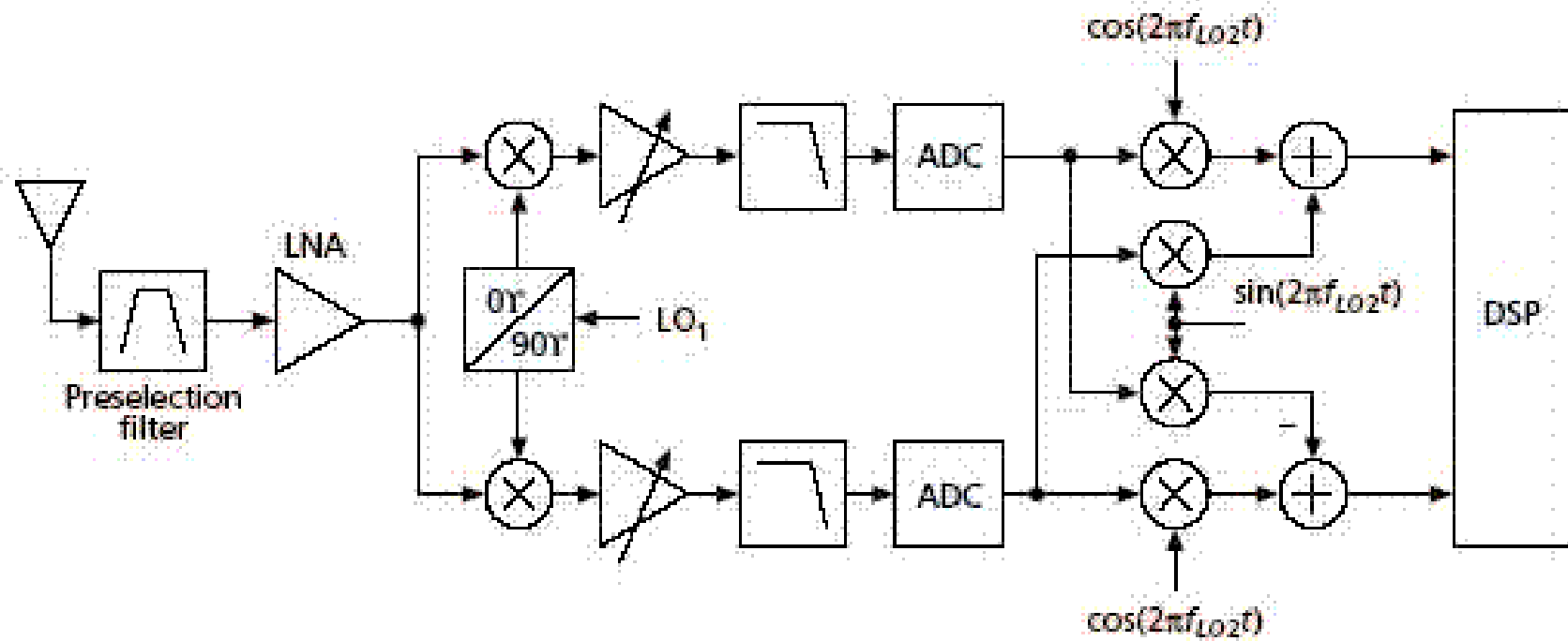


# Wideband-IF

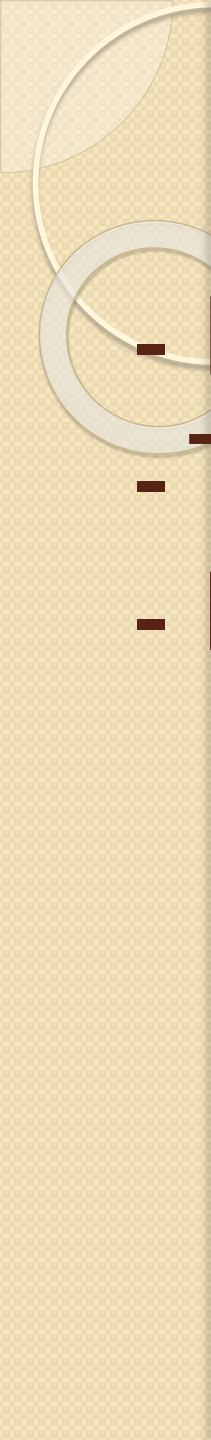


- Duál konverziós architektúra,
- Adatokat az első szakaszban RF-ről IF-re alakítjuk, és a második szakaszban IF-ről alapsávú jelre.
- RF-csatornák komplex, előre beállított szűrés és erősítés után összetett és lefelé konvertált fix IF-re változik.
- A második szakaszban egy tükör elnyomásos (IR) keverő komplex keverést végez és lefordítja az IF-t BB-ra egy hangolható csatornaválasztó segítségével.
- Az összes képfrekvenciát az IR keverő törli.
- Ha az IF-t elég magasra választjuk, az RF front-end előválasztó szűrőből további képelhárítás érhető el.
- A csatornaválasztás alapsávon történik.
- Jó fázis-zaj teljesítményhez jutunk hozzá.

# Low-IF



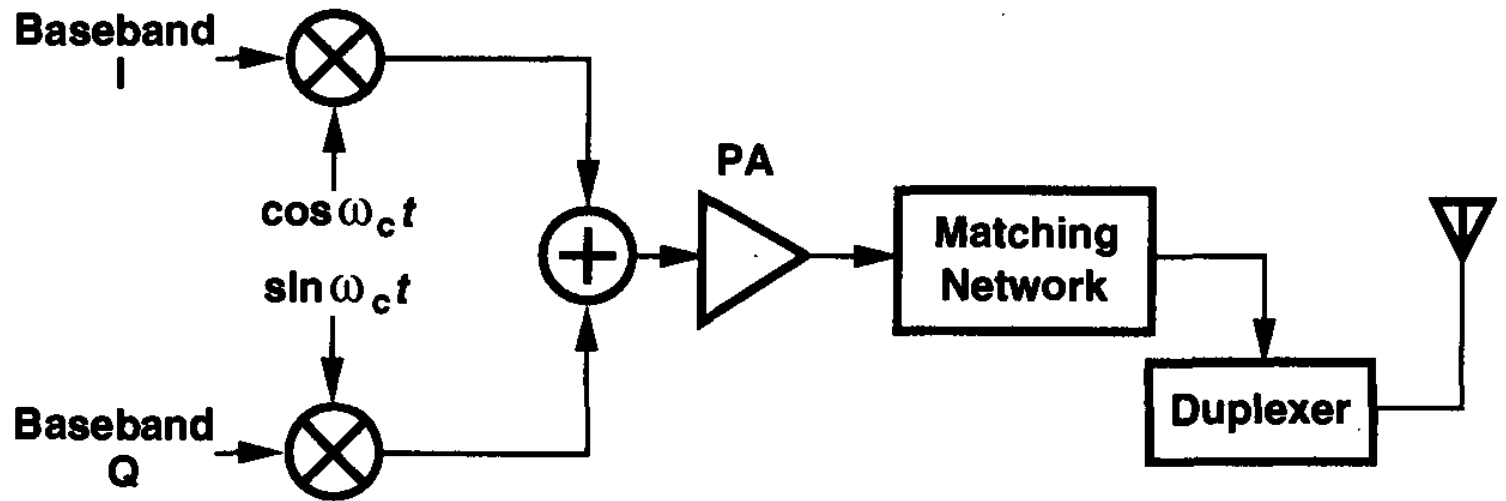
- Low-IF vevő architektúrában az összes RF jelet Low-IF frekvenciára fordítják, amelyet ezután lefelé konvertálunk BB-ra digitális tartományban.
- Az Low-IF architektúra magában foglalja mind a heterodin, mind a homodin vevők előnyeit.
- Az előválasztó szűrés és amplifikáció után az összes RF csatorna kvadrátussal kevert és lekonvertálódik Low-IF-re, amely mind a kívánt, mind a nem kívánt jeleket tartalmazza.
- Az IF frekvencia csak egy vagy két csatorna sáv szélességgel rendelkezik, ami éppen elég ahhoz, hogy leküzdje a DC offset problémáit.
- Mintavétel előtt erősítünk és szűrjük, mivel az ADC-k mind a kívánt, mind a nem kívánt jeleket mutatják, az ADC dinamikus tartományi igényei nagyobbak lesznek.
- ADC-hez kapcsolt jelátviteli út kiküszöböli a DC-offset-et
- A mintavételezett digitális adatokat a digitális tartományban végrehajtott kép-elutasító keverőbe adagoljuk.

- 
- **Digitális-IF vevő architektúra**
  - **Tükör elnyomásos vevő architektúra**
  - **Mintavételező vevő architektúra**



# **Adó architektúrák**

# Közvetlen-konverziós



**Figure 5.39** Direct-conversion transmitter.

# Kétlépéses

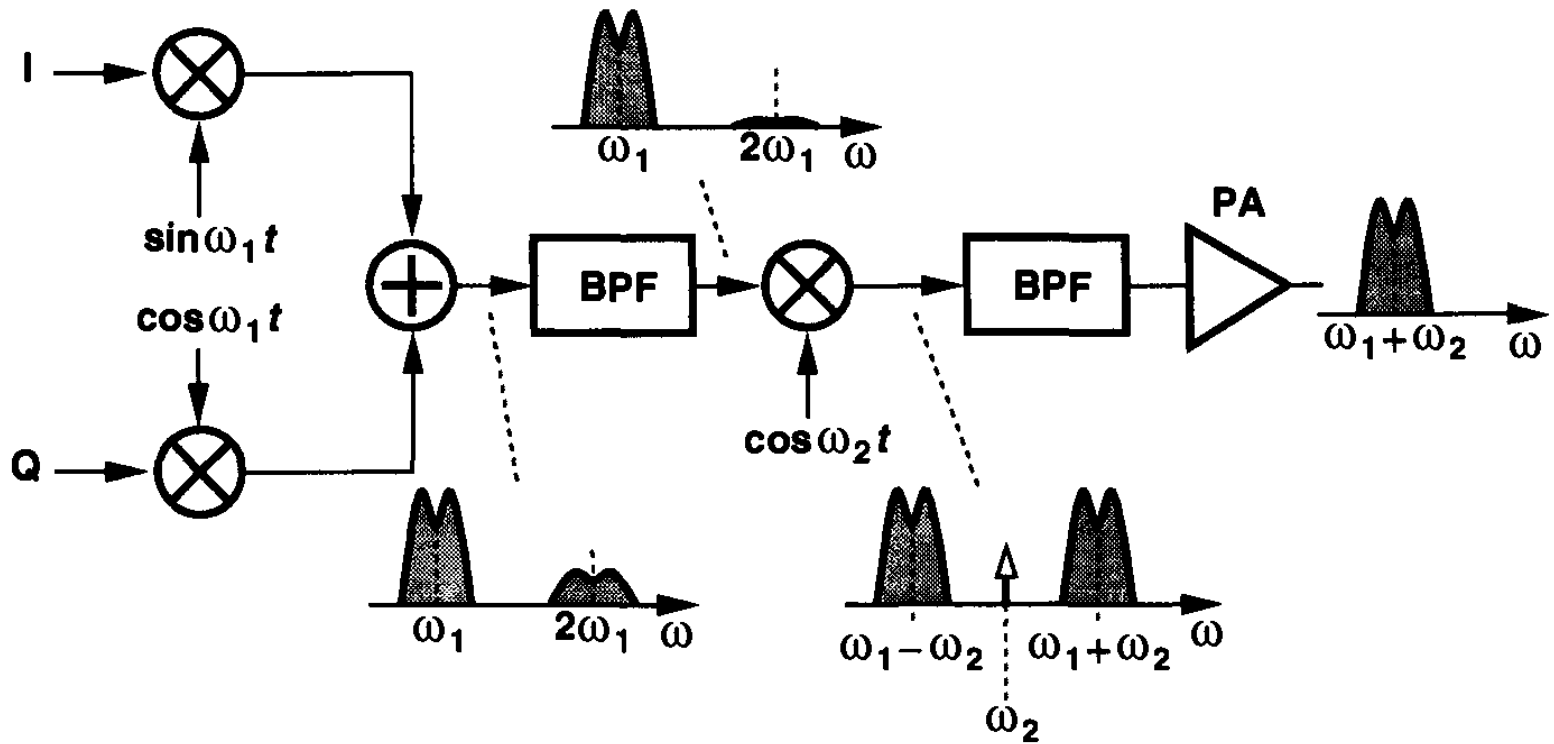
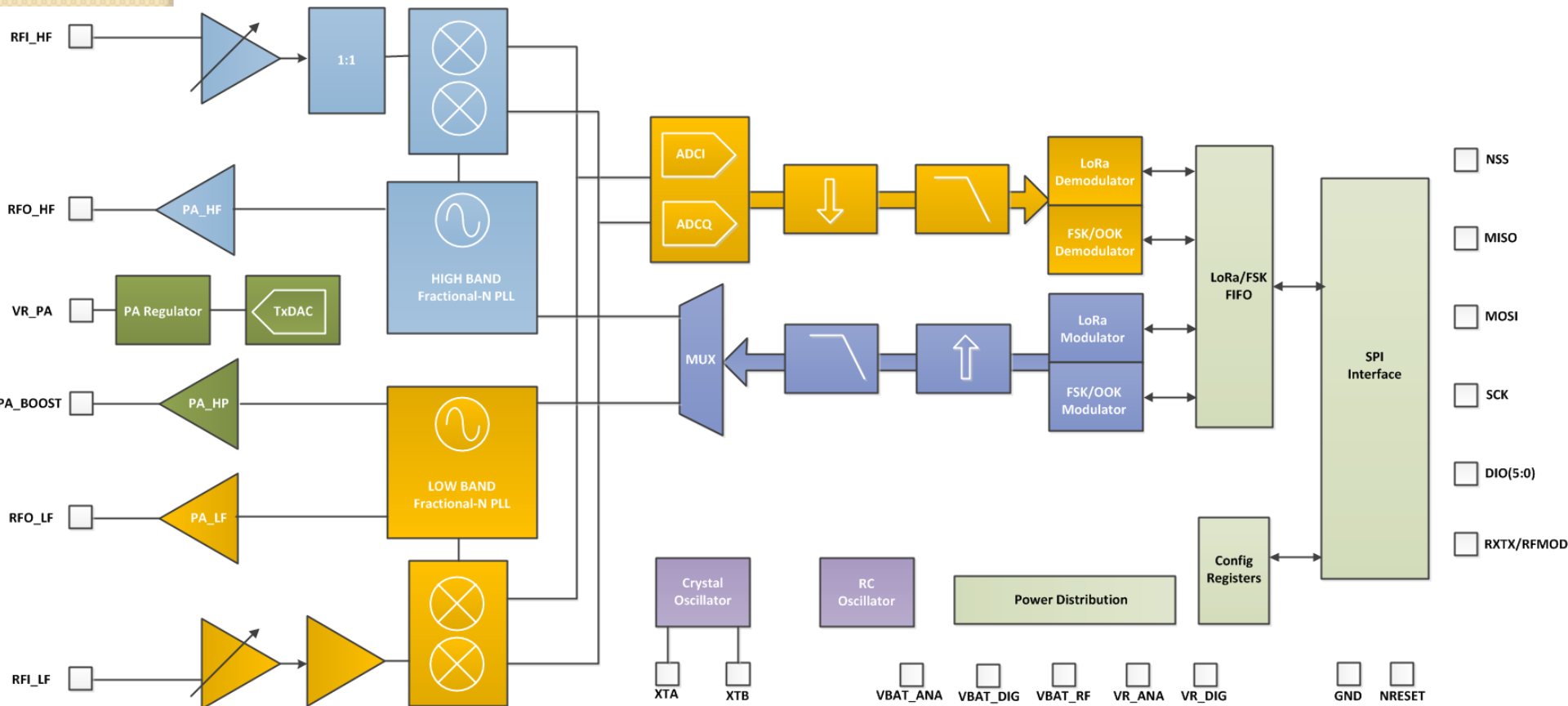


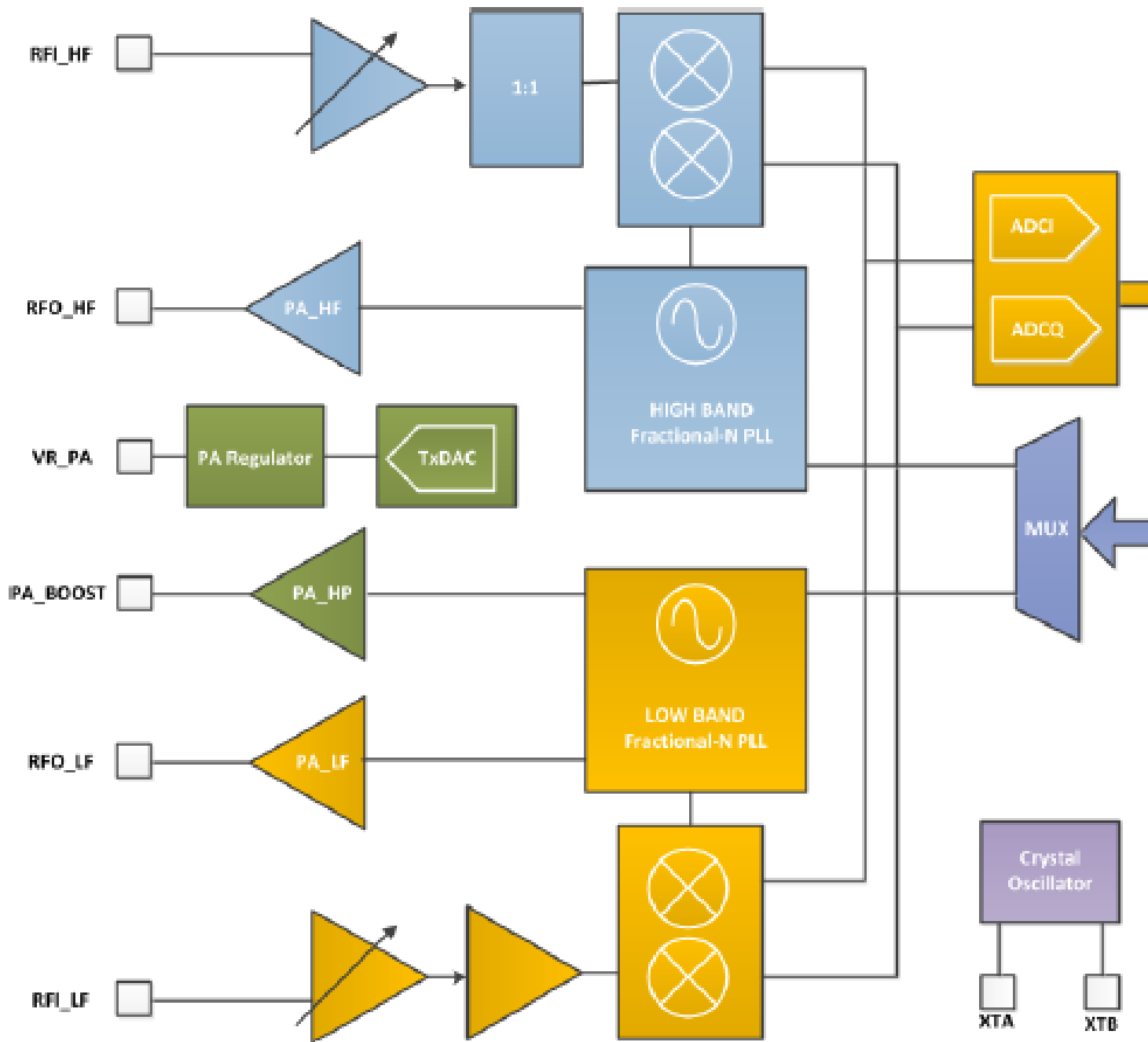
Figure 5.42 Two-step transmitter.



# LoRa modul felépítése

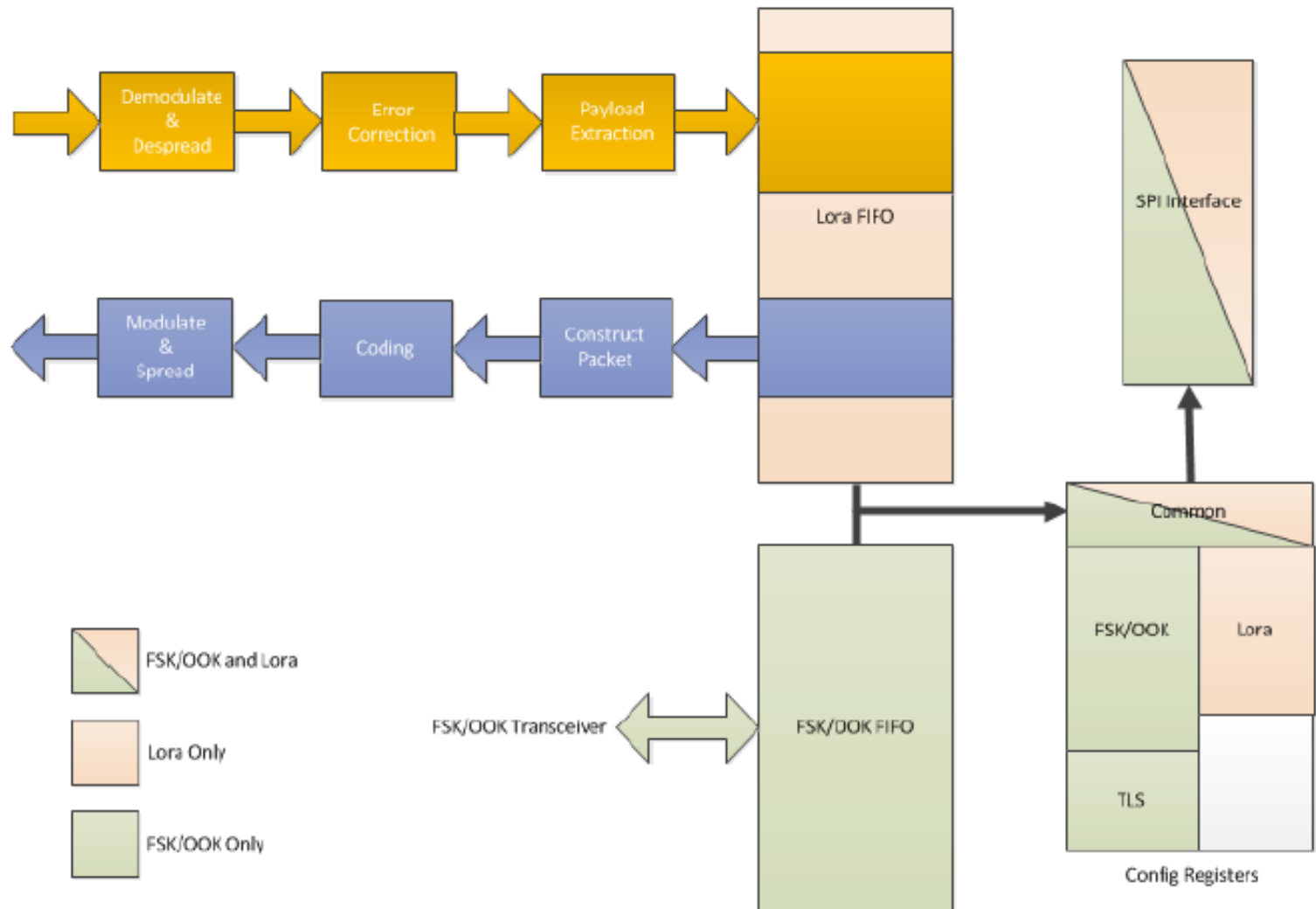
- SX1276
- kis teljesítményű, half-duplex, low-IF





- vett RF jelet először az **LNA** erősíti
- **differentiál átalakítás**: javítsuk a másodrendű linearitáson és a harmonikus jelen
- középfrekvencián (IF) a fázis- és kvadrátúra (I&Q) komponensekké alakítják át a **mixerek**
- Ezután a sigma delta **ADC**-k adatátalakítást hajtanak végre - jelfeldolgozás és demoduláció a digitális tartományban történik.
- A **frekvencia-szintetizátorok** generálják az LO-t (adó, vevő) - alsó sávok (525 MHz), felső sávokat (779 MHz).
- Az átvitel során a frekvencia modulációt a **PLL** sáv szélességen belül digitálisan hajtjuk végre.
- 3 RF teljesítményerősítő: **PA\_LF, PA\_HF, PA\_BOOST**

# LoRa modem csatlakoztathatósága



- **FSK, LoRaTM** modemekkel rendelkezik.

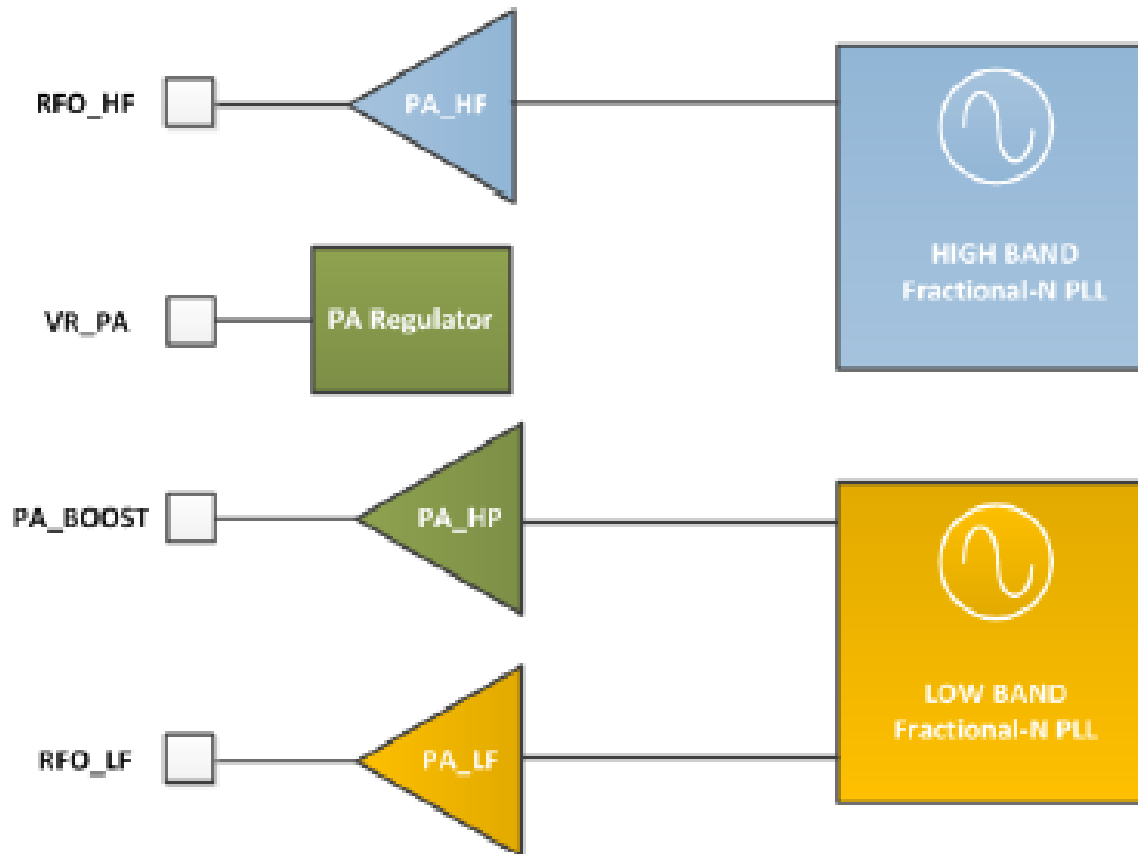
- LoRaTM modem

szórt spektrumú moduláció, link budget növelése, mentes a sávon belüli interferenciával szemben, lehetővé teszi a teljesítménynövekedést.

- FSK / OOK modem

modulációs technikákat támogat: OOK, FSK, GFSK, MSK GMSK. Alkalmas a keskeny/szűk sávú kommunikációra, köszönhetően az Low IF-architektúrának és a beépített AFC-funkciónak.

# RF Front-end Architektúra



- - Az adó tartalmazza a **frekvencia-szintetizátort**, a **modulátort** (mind a LoRaTM és az FSK / OOK), és a **teljesítményerősítő blokkokat** (PA), valamint a VR\_PA blokk által biztosított **egyenfeszültséget**.
- 3 RF teljesítményerősítő: **PA\_LF, PA\_HF, PA\_BOOST**
- nagy hatásfokú erősítők, amelyek képesek az 1 dB-es lépésekben, -4-től +14 dBm-ig terjedő, közvetlen alacsony fogyasztású 50 ohmos terhelésre.
- **A PA\_LF (525 MHz), PA\_HF (779 MHz).**
- A kimenő teljesítmény érzékeny a tápfeszültségre, és jellemzően a teljesítményük **3,3 V**-on van kifejezve. PA\_HP a **PA\_BOOST** ponthoz van csatlakoztatva, az **összes frekvenciasávot lefedi**. Lehetővé teszi a folyamatos működést +17 dBm-ig.

# Alkalmazhatósága

- Mérésadatgyűjtő rendszerek  
(pl.: fogyasztásmérés)
- GPS
- Vezérlés
- Mezőgazdaság
- Lopásgátló rendszer



# Összefoglalás

## Elvégzett munka összefoglalása:

- Szakirodalom kutatás
- Adó-vevő architektúrák megismerése
- Összehasonlítás
- A Lora modul felépítése

# Források

- Behzad Razari - RF Microelectronics - PH (1997)
- <http://analog.intgckts.com/wireless-receiver-architectures/>
- Jan Crols, Michiel Steyaert - CMOS Wireless Transceiver Design-Springer US (2003)
- SEMTECH - SX1276/77/78/79 WIRELESS, SENSING & TIMING DATASHEET ([www.semtech.com](http://www.semtech.com))



**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!**