



# Rádiótelemetria rendszerek alacsonypályás és geoszinkron műholdakon

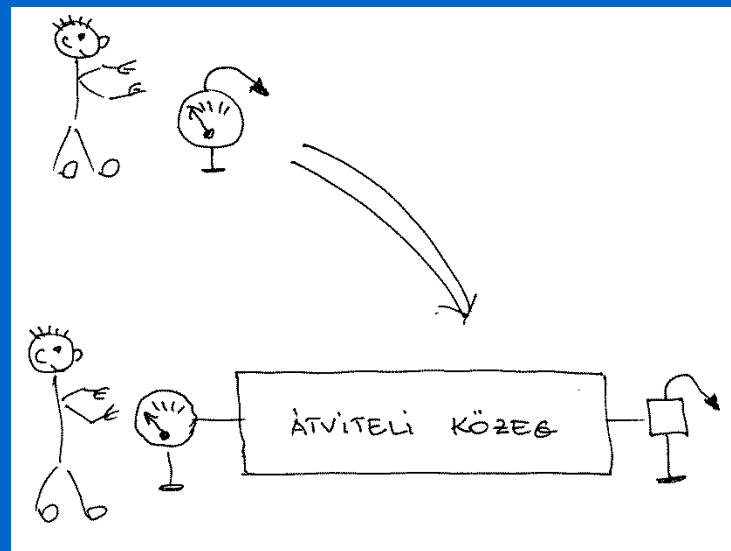


Dr. Ijjas Gábor, Rieger István  
BME, 2014. február 25.



# Telemetria - távmérés

- Direkt, közvetlen mérés



- Távmérés: a szenzor és a megjelenítés egymástól távol

# Telemetry - távmérés

- Az átvitel történhet:
  - Vezeték (pl. fémvezeték, optikai kábel) segítségével
  - Vezeték nélkül (pl. rádióhullám, infra, fény )
- Az átvitel fajtája szerint:
  - Analóg,
  - Digitális

# Telemetry - távmérés

Történeti áttekintés:

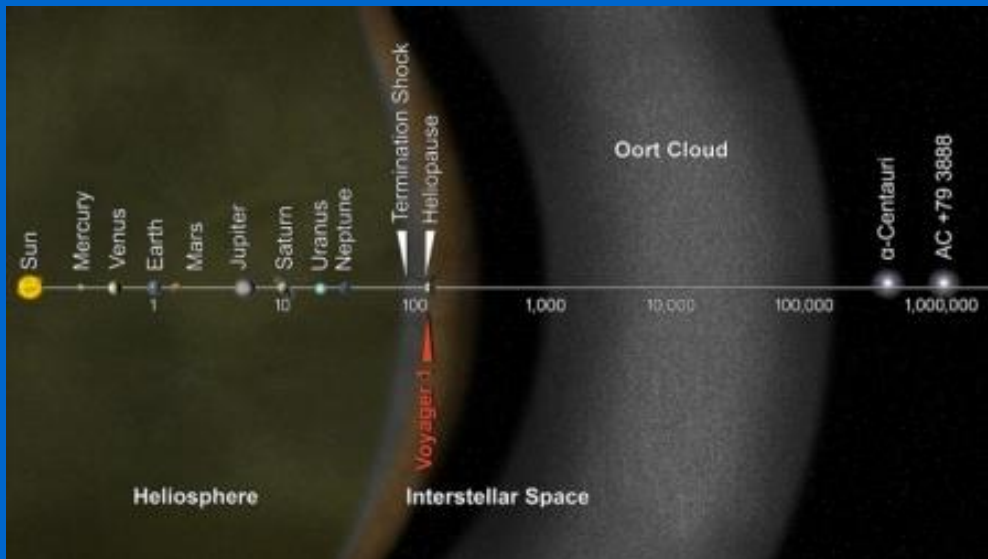
- Vezetékes:
- 1845 Téli palota és hadsereg parancsnokság között
- 1874 Mont Blanc és Párizs között, időjárás és hóvastagság
- 1901 C. Michalke selsin feltalálása
- 1906 földrengésfigyelő állomás hálózat, Pulkovo Obszervatórium
- 1912 Commonwealth Edison villamos hálózat
- 1913-1914. Panama csatorna zsilip és vízszint monitoring

# Telemetry - távmérés

- Vezeték nélküli:
- 1930. hőmérséklet és nyomás értékek átvitele morse kód segítségével
- V-2 rakéták négy paramétert továbbítottak a földre egy egyszerű multiplex rádiójel segítségével, („Messina”rendszer)
- 1940. a rakétatechnikában és az űrtelemetriában már a továbbfejlesztett impulzus helyzet modulációt (PPM) ill. impulzus szélesség modulációt (PWM) alkalmazzák, majd később az impulzus kód modulációt (PCM) alkalmazzák (pl. Mariner 4. marsszonda)

# Jelek a Naprendszer határáról

- 1977. Voyager 1 és 2 űrszonda a Jupiter, Szaturnusz, Uránusz , Neptunusz vizsgálatára
- 2014. szept. a Voyager 1/2. 19.3/15,8 billió kilométerre van a Naptól
- 2020.-ig maradhatnak üzemképesek
- <http://voyager.jpl.nasa.gov/index.html>

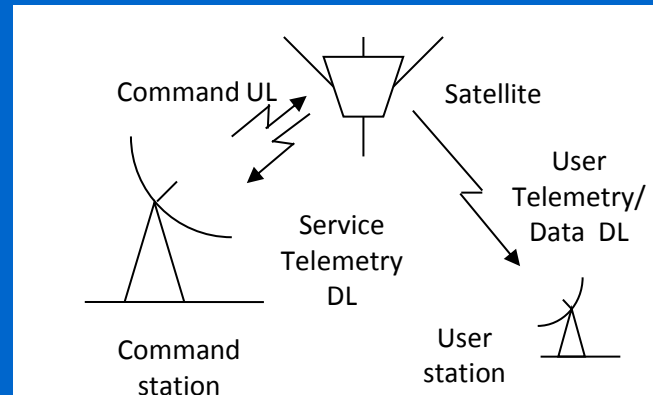


# Űr – telemetria, hírközlés

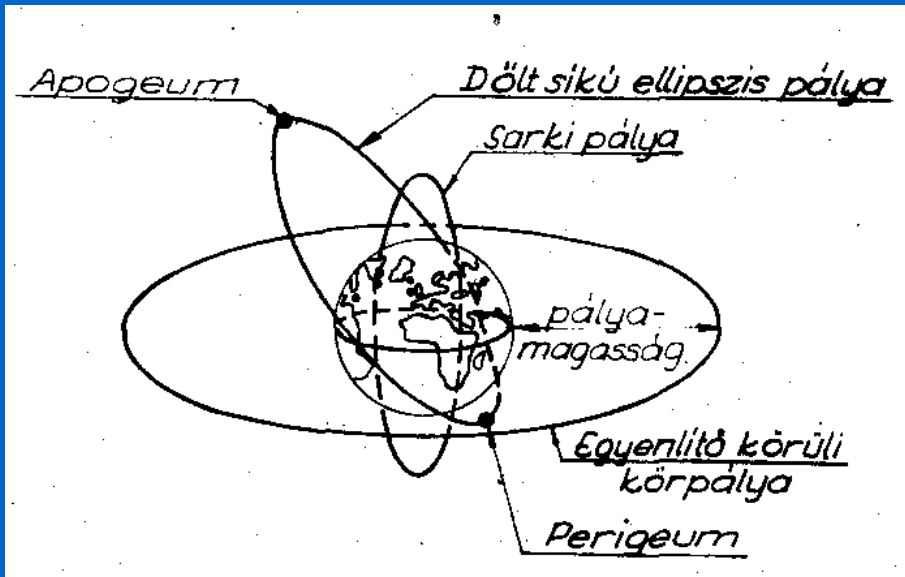
- Űr- telemetria, hírközlés elektromágneses hullámok segítségével történik az űrjármű (műhold, űrhajó, űrszonda stb.) ill. a földi állomás között. Nélkülözhetetlen eleme bármely űrmisszióknak, projektnek, hiszen ennek segítségével tartjuk a kapcsolatot az űrjárművel

Fontosabb elemei:

- **Kommand** : parancsok, utasítások továbbítása az űrjárműre
- **Telemetria** (táv mérés): szenzorok mérési adatainak, ill. üzemi adatok továbbítása a Földre
- **Követés** (tracking): Földi állomás - űreszköz távolságának, sebességének, gyorsulásának meghatározása, folyamatos mérése



# Műhold pályák



Pálya alakja/síkja szerint:

körpálya:

- poláris (TIROS)
- ferde síkú
- egyenlítői síkú (Geostac.)

Elliptikus (Molnija)

Pálya mérete szerint:

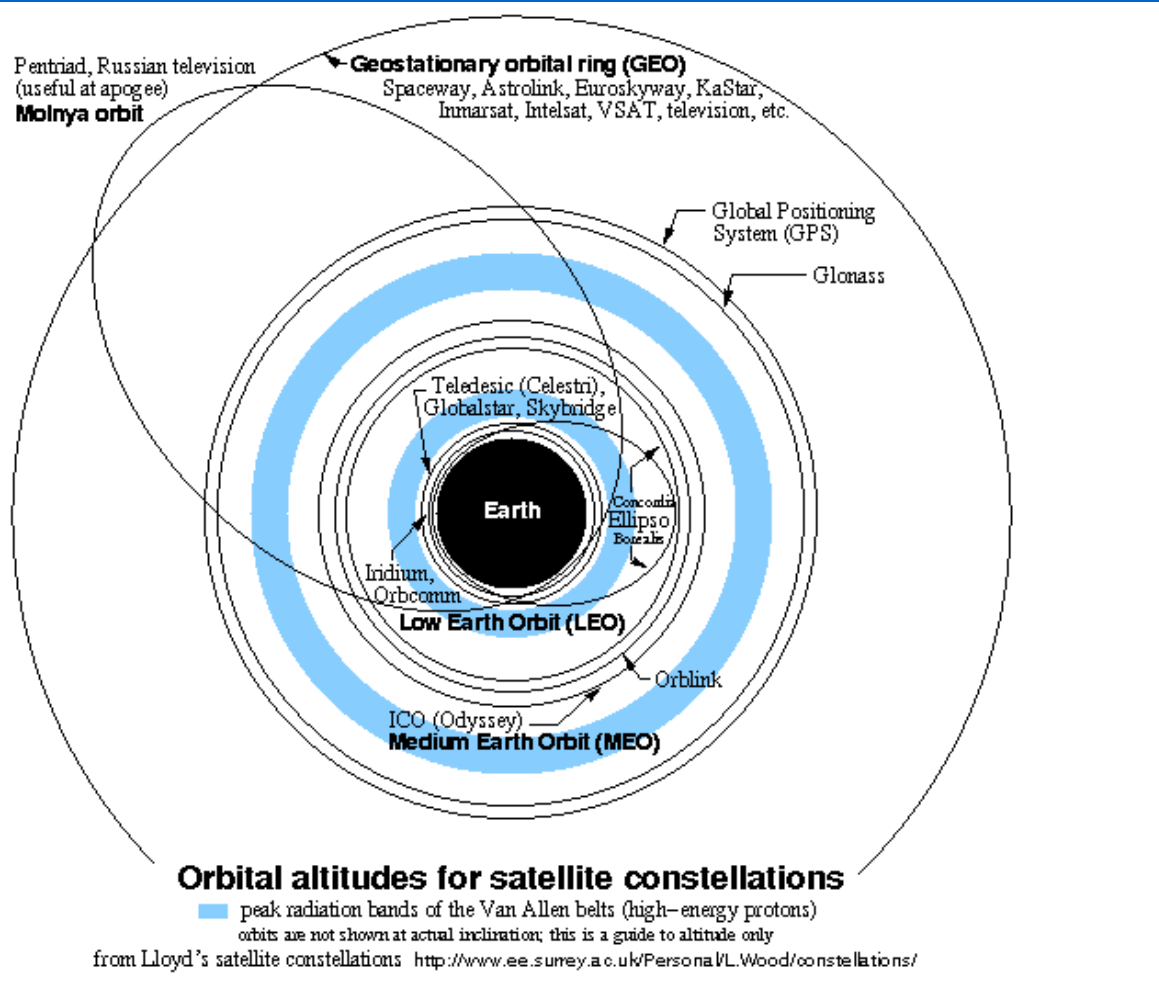
LEO (Low Earth Orbit, alacsony földkörüli pálya)

MEO (Medium Earth Orbit, közepes földkörüli pálya)

GEO (Geostacionery Earth Orbit, geostacioner pálya)



# Műhold pályák



## LEO műholdak:

Előnyök:

kis szabadtéri csill.,  
kis telj., kisnyereségű  
antenna elegendő,

Hátrány: lefedettség  
kicsi, sok műhold, v. sok  
vevőállomás kell.

Műholdkövetés, Doppler

## GEO műholdak:

Előnyök:

Fix, nagynyereségű  
ant. alkalmazható,

Hátrány: É-D  
pólusokon nincs  
lefedettség, nagy

szabadtéri csillapítás

# Hullámterjedési alapok

Szabadtéri csillapítás:

$$A_{sz}[dB] = 20 \lg(\lambda / (4\pi d)) = 20 \lg(c / (4\pi f d))$$

$A_{sz}$  szabadtéri csillapítás

$\lambda$  hullámhossz

$d$  adó-vevő antenna

távolság

$c$  fénysebesség

$f$  frekvencia

A távolság ill. a frekvencia növekedésével a szabadtéri csillapítás nő.

# Hullámterjedési alapok

Vevő bemenetre érkező teljesítmény:

$$P_v [dBm] = P_a [dBm] + G_a [dB] + G_v [dB] + A_{sz} [dB]$$

$P_v$  vevő bemenetre érkező  
teljesítmény

$P_a$  adóteljesítmény

$G_a$  adóantenna nyeresége

$G_v$  vevőantenna nyeresége

$A_{sz}$  szabadtéri csillapítás

A szabadtéri csillapítás növekedését teljesítmény növelésével tudjuk bizonyos határig kompenzálni.

Csatornkapacitás (C.Shannon1948) a csatornán átvihető információ mennyiségének maximumát jelenti. A csatornazaj csökkenti az átvihető információ mennyiségét.



# Műhold telemetria frekvenciák

Nemzetközi rádiószabályzat tartalmazza a nemzetközi egyezményekben (ITU) meghatározott, műhold telemetria céljára alkalmazható frekvenciákat, üzemmódokat, mind Föld-műhold, mind pedig a műhold – Föld irányokra



# Moduláció

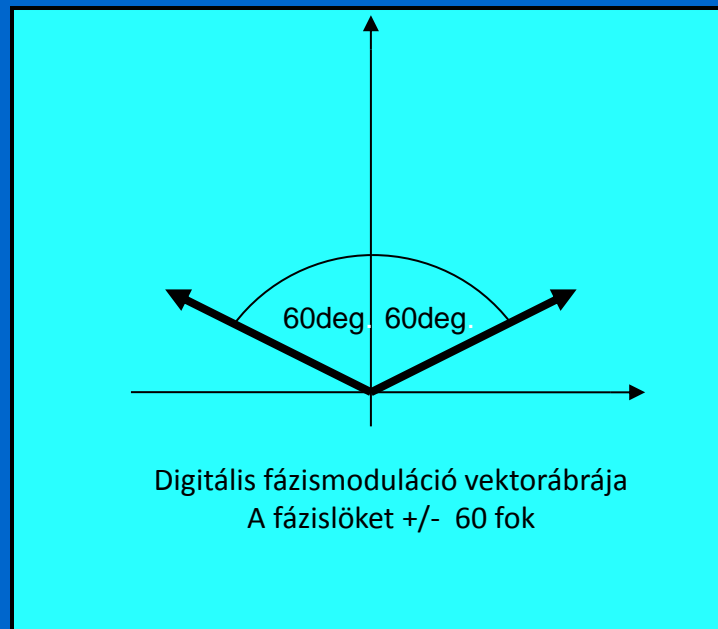
Az információ átviteléhez a vivőre „rá kell ültetni” az adatokat, ez modulációval történik. Az alkalmazott modulációk: AM - FM – PM, ill. ezen alapmodulációk legkülönbözőbb változatai, kombinációi.

Kezdetben igen egyszerű modulációkat használtak pl. OOK (on-off keying ), „bip-bip”, pl. a Szputnik-1 műholdon, ahol a jel hossza hordozta az információt (pl. nyomást)

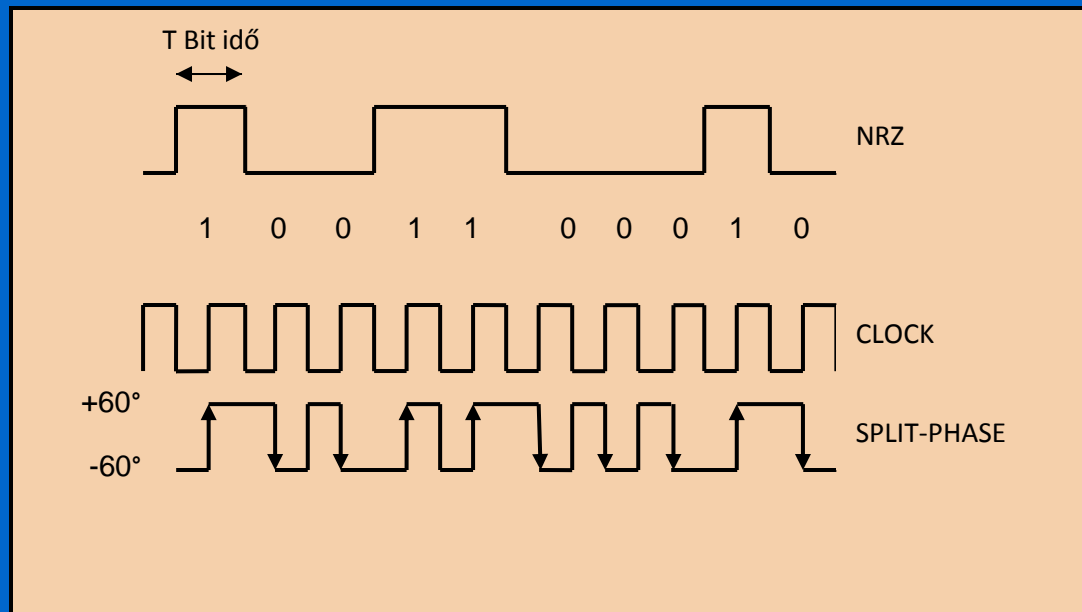
Később egyre kifinomultabb, a feladathoz leginkább illeszkedő modulációs módot választottak.

# Moduláció

Telemetry rendszerekben elterjedten alkalmazott moduláció a +/-60 fokos digitális fázismoduláció, PSK - Phase Shift Keying, split phase kódolással (pl. TIROS-METEOSAT stb.)



# Moduláció



Előnye, hogy a vétel helyén a demodulációhoz szükséges vivővisszaállítás egyszerű, a moduláció tartalom mellett megmaradó vivő miatt (pilot), ill. a demodulált jelnek nincs DC tartalma

# Műhold -Föld rádiótelemetria alkotó elemei

Műhold:

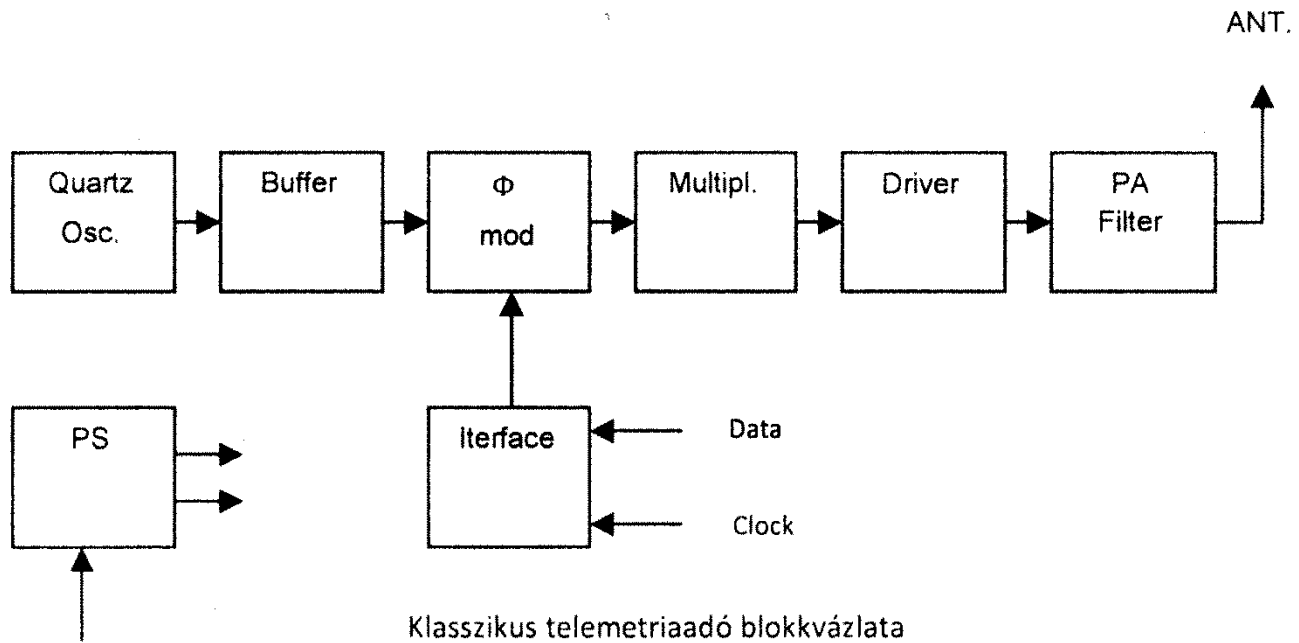
- ✓ fedélzeti telemetria adó, modulátorral, kódolóval
- ✓ RF kábelezés
- ✓ fedélzeti antenna

Földi vevőállomás:

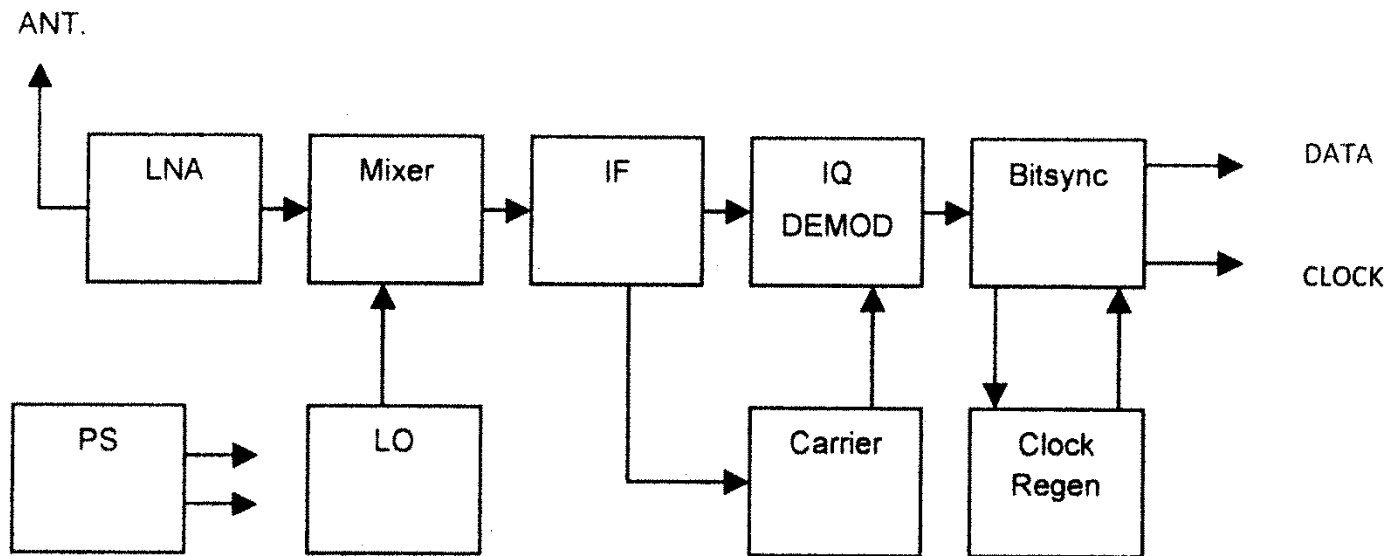
- ✓ Vevőantenna (esetleg forgató)
- ✓ RF kábelezés, polárváltó
- ✓ Kiszajú előerősítő
- ✓ konverter, KF egység
- ✓ Demodulátor, dekódoló



# Telemetry adó blokkvázlata



# Telemetria vevő blokkvázlata



Klasszikus telemetriavevő blokkvázlata

# Műhold RF link analízis példa (TIROS-N HRPT)

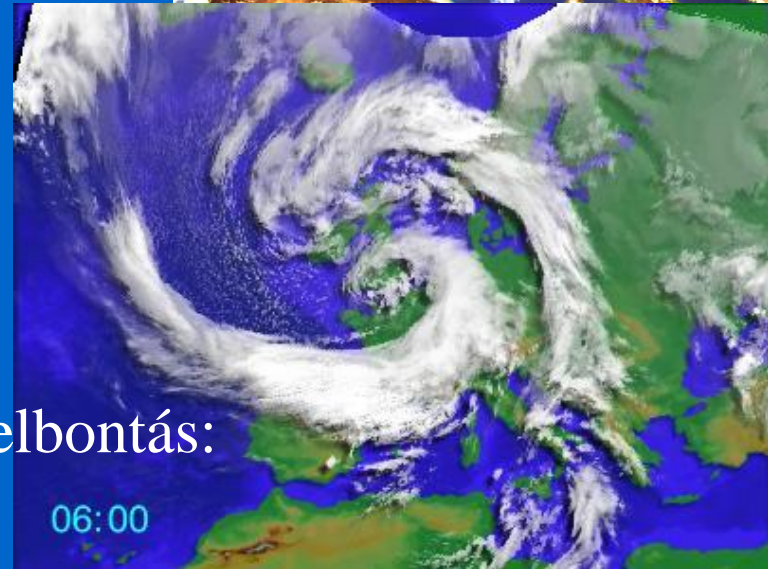
Adó teljesítmény	38,00	dBm
Kábelveszteség	-2,80	dB
Antenna nyereség (5fok elev.)	2,10	dB
Műhold EIRP	37,30	dBm
Szabadtéri csillapítás (2860km, f=1698MHz)	-166,20	dB
Fading - eső csillapítás	-0,40	dB
Földi antenna nyereség (3m parab.)	32,00	dB
Antenna pozicionálási hiba	-1,00	dB
Polárváltó veszteség	-0,50	dB
Kábel veszteség	-0,20	dB
Vett teljesítmény az LNA bemenetén	-99,00	dBm
Modulációs veszteség	-1,30	dB
Modulátor előtti szűrő veszteség	-1,20	dB
Szomszédos csatorna interferencia	-1,00	dB
Effektív vett jelteljesítmény	-102,50	dBm
Zaj teljesítménysűrűség ( $P_z=kTB$ )	-168,00	dBm/Hz
Vevő sáv szélesség	3000,00	Hz
Zaj teljesítmény	-133,20	dBm
C/N	10,00	dB
Vételi tartalék	20,70	dB

# Alkalmazási példák

- Meteorológiai műholdak: felvételeket készítenek a Földfelszínről, elsősorban meteorológiai felhasználásra, pl. METEOSAT, TIROS-N, Meteor ....
- Távérzékelési műholdak: felvételeket készítenek a Földfelszínről környezetvédelmi, mezőgazdasági, katasztrófa elhárítási stb. felhasználásra, pl.: LANDSAT, SPOT....
- Hírközlési műholdak, nagyon elterjedt az alkalmazásuk a Földről sugárzott jelet erősítve relézik vissza : telefon, TV, Rádió stb. jelek átvitele, pl. INTELSAT, EUTELSAT, IRIDIUM, ORBCOMM, ASTRA, HOTBIRD.....
- Katonai...

# Meteosat műhold

Meteosat 2. generáció, geostacioner,



Pályamagasság: 36000km

Greenwich felett

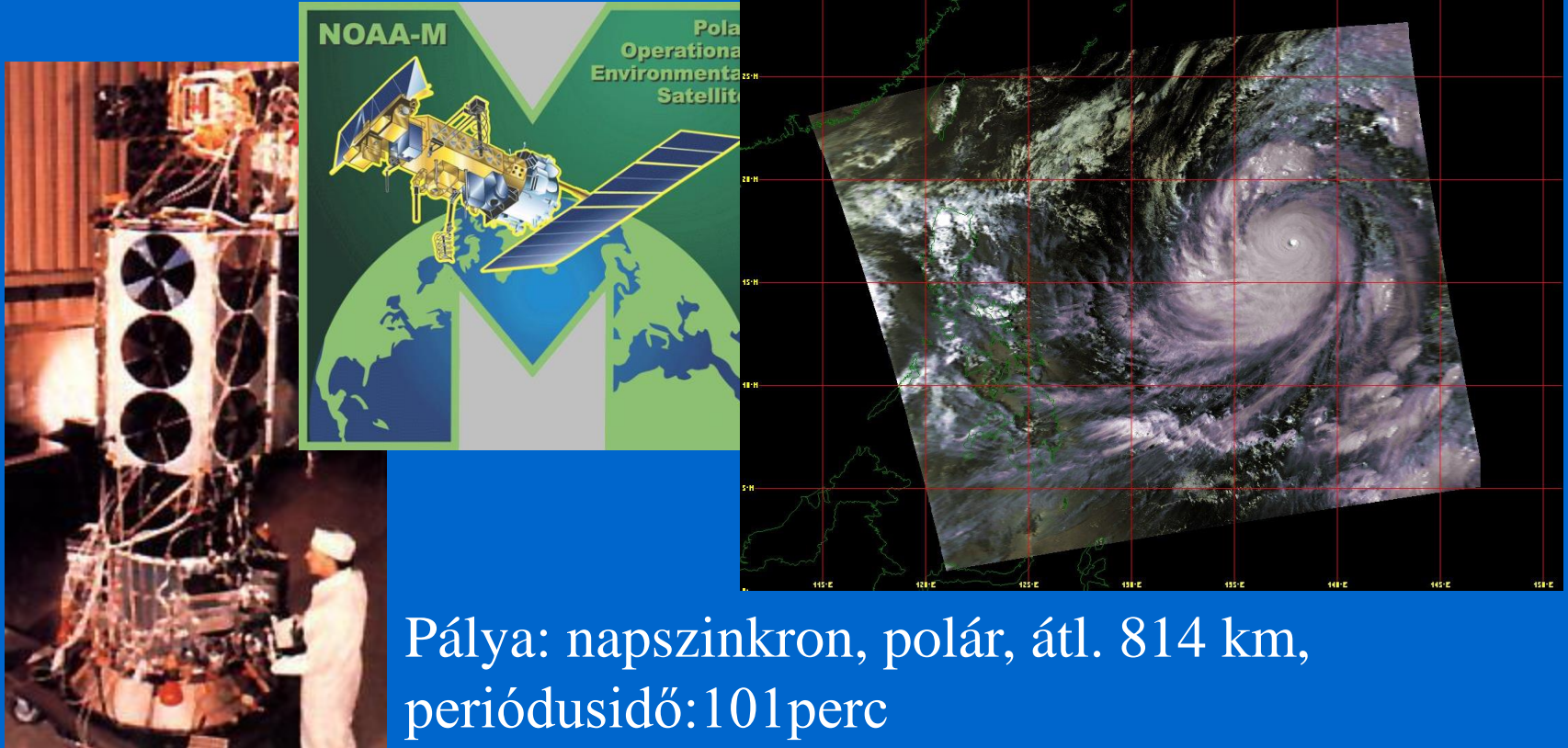
Sávok: 12 látható és infra sáv, Felbontás:

1-2.5km

DL: 1675-1696 MHz; 333kbit/s



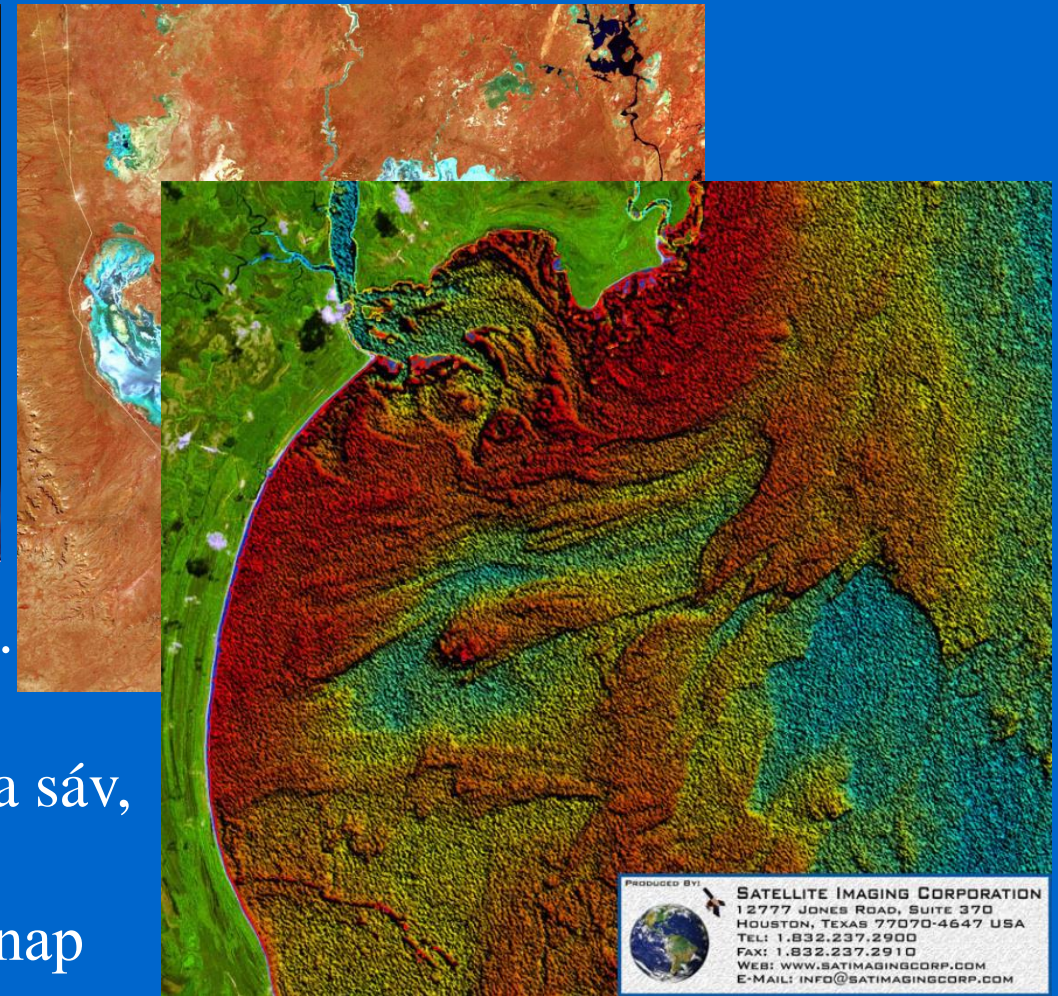
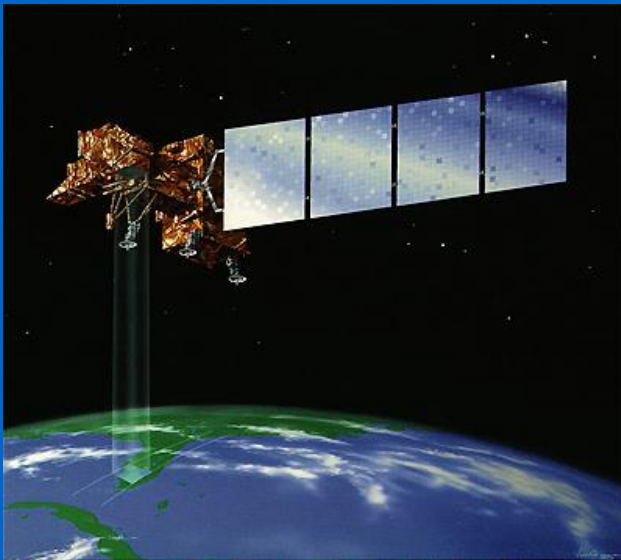
# TIROS-N műhold



Pálya: napszinkron, polár, átl. 814 km,  
periódusidő: 101perc

Sávok: 6 látható és infra sáv, Felbontás: 1.1 km  
DL: 1698,1707,1702.5MHz, 665.4kbit/s

# Landsat műhold

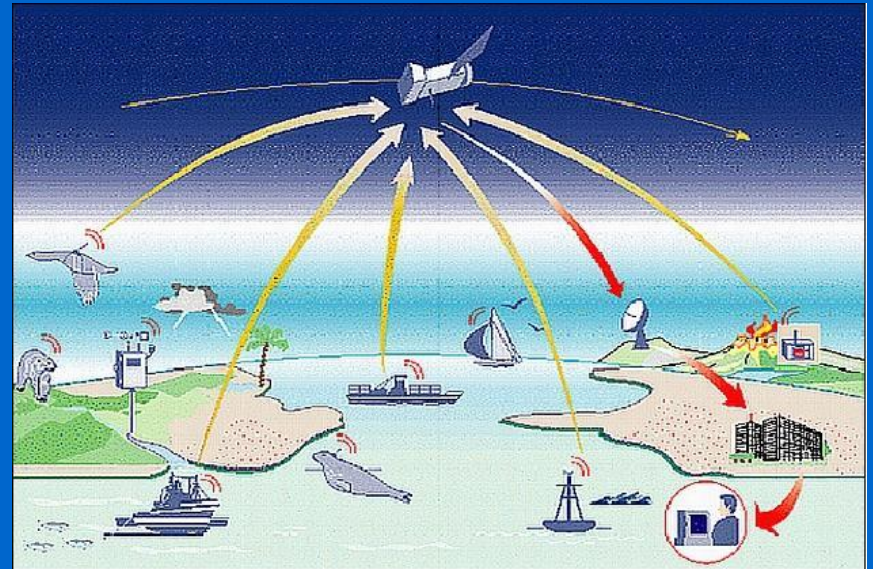


Pálya: napszinkron, átl.  
periódusidő: 98,9perc  
Sávok: 7 látható és infra sáv,  
Felbontás: 15-90 m  
Ismétlési ciklusidő: 16 nap  
DL: 8GHz, 150Mbit/s

PRODUCED BY:  
 **SATELLITE IMAGING CORPORATION**  
12777 JONES ROAD, SUITE 370  
HOUSTON, TEXAS 77070-4647 USA  
TEL: 1.832.237.2900  
FAX: 1.832.237.2910  
WEB: WWW.SATIMAGINGCORP.COM  
E-MAIL: INFO@SATIMAGINGCORP.COM



# ARGOS adatgyűjtő rendszer



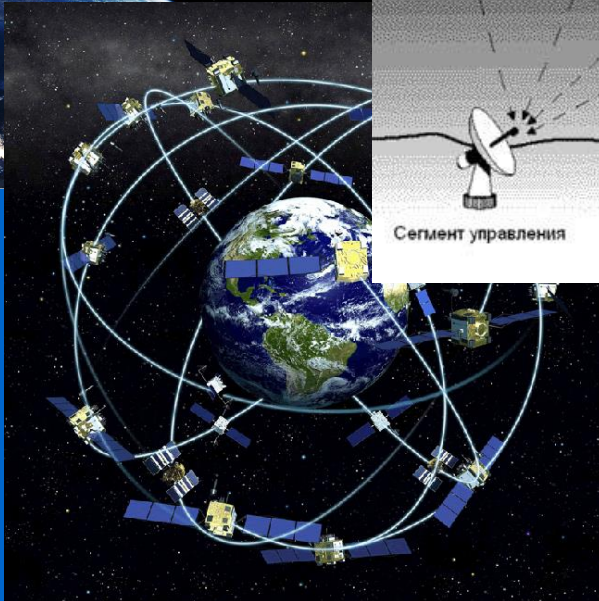
Pálya: napszinkron, polár, átl. 814 km,  
periódusidő: 101 perc

UL: 401 MHz, 400 bit/s

DL: 466 MHz, 400 bit/s



# GPS navigációs rendszer



Pálya magasság: 26000km, 24műhold+tart.

Keringési idő: 11h58p

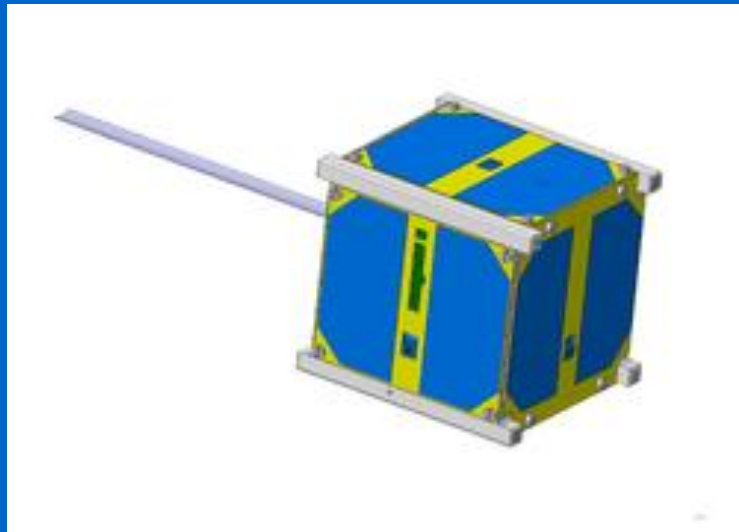
Pálya dőlésszög: 55 deg.

L1: 1575,42 MHz

L2: 1227,60 MHz

BPSK 10,23 Mbps, 1,023Mbps, 50bps

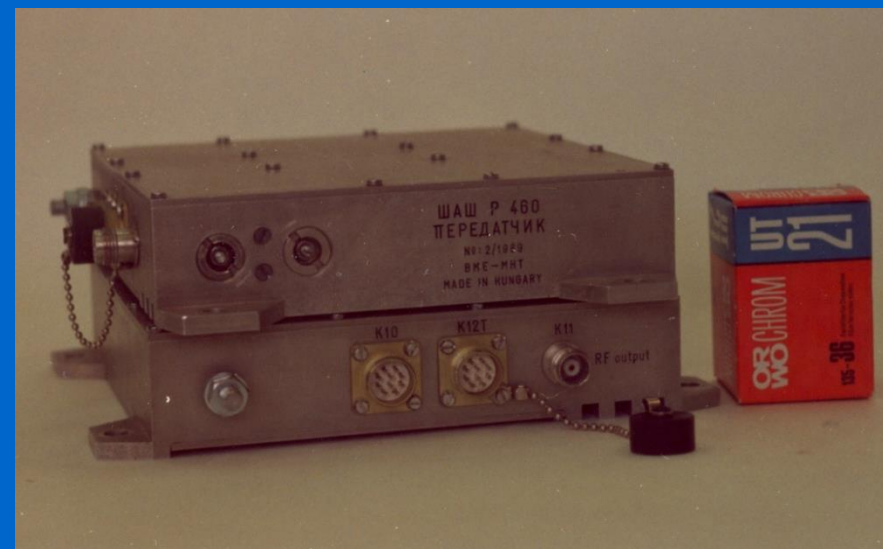
# Masat-1



- BME-n fejlesztették
- 2012.02.13.-án lőtték fel ESA VEGA hordozóval
- 1 dm<sup>3</sup> méretű
- Telemetria UHF DL/UL
- Adatsebesség:  
120 char/min. OOK (Morse)  
625/1250 bps 2-GFSK
- Adóteljesítmény: 100/400mW  
félduplex
- Pálya: 275/704km, 69,5fok incl.

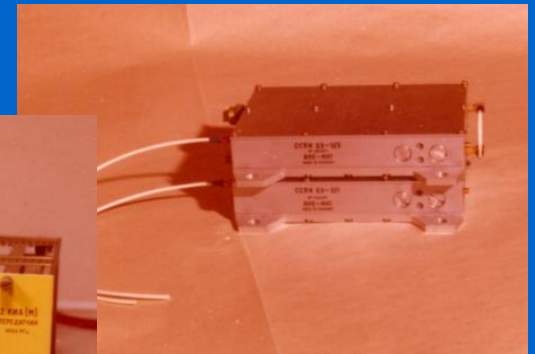
## A BME Űrkutató Csoport Rádiólaboratóriumában fejlesztett telemetria egységek

1972-74 UHF (400-460MHz, 10-100kbps) digitális telemetria-adók az INTERKOZMOSZ sorozatú műholdakra (pl. SAS projekt)



# A BME Űrkutató Csoport Rádiólaboratóriumában fejlesztett telemetria egységek

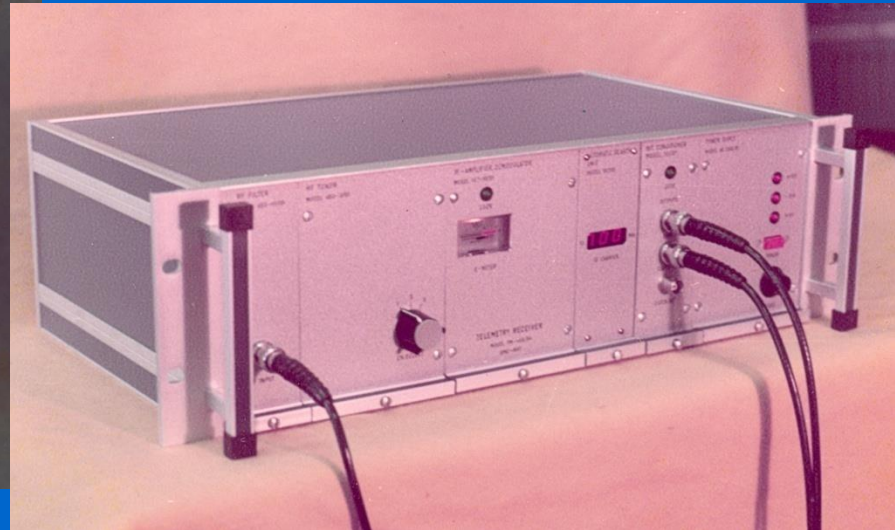
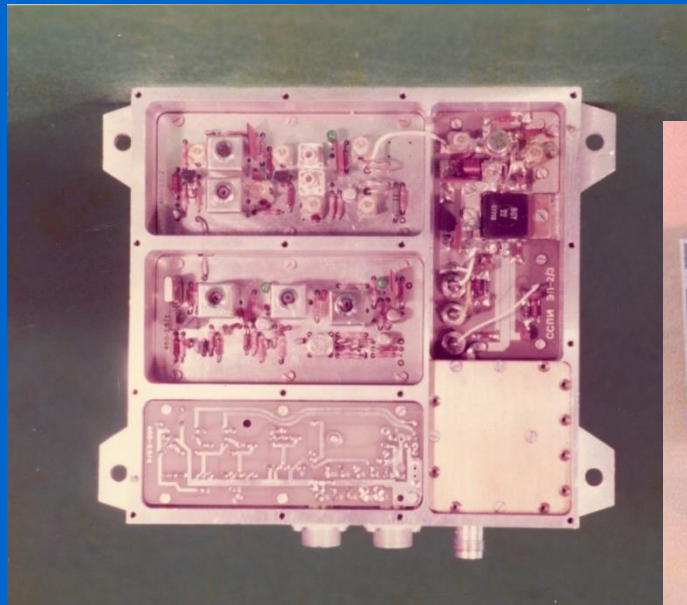
1974-81 ODCS (SSPI) Műhold fedélzeti adatgyűjtő rendszerhez RF telemetriaadó, vevő keverőegység, ellenőrző egység (401/460MHz, 10-100kbps)





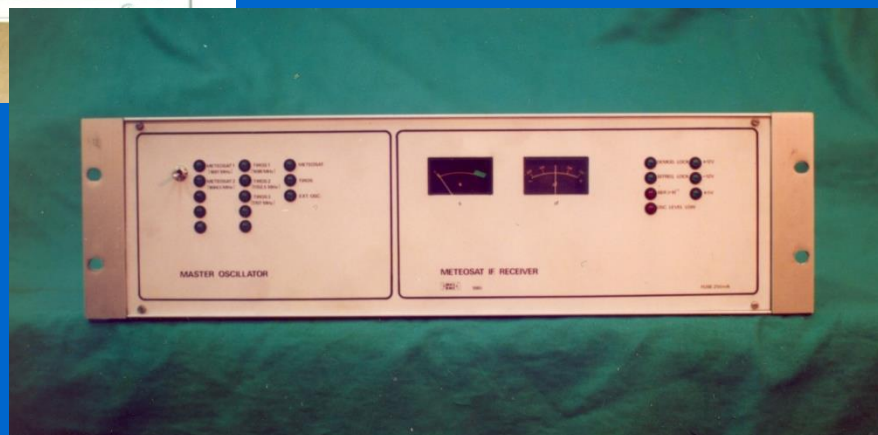
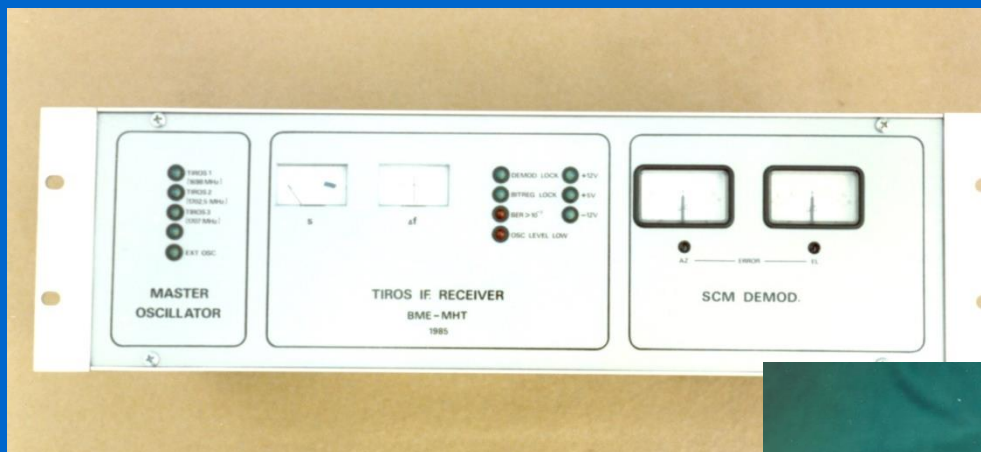
# A BME Űrkutató Csoport Rádiólaboratóriumában fejlesztett telemetria egységek

1985 AKTIV, Műhold fedélzeti telemetria adó és földi telemetriavevő az AKTIV INTERKOZMOSZ műholdhoz



# A BME Űrkutató Csoport Rádiólaboratóriumában fejlesztett telemetria egységek

METEOSAT(PDUS) és TIROS-N(HRPT) földi vevőállomáshoz beltéri KF egységek (OMSz részére)





# A BME Űrkutató Csoport Rádiólaboratóriumában fejlesztett telemetria egységek

1984-90 AMRS (Airborne Microwave Radiometer System), repülőgépes mikrohullámú talajnedvességmérő UHF rádiótelemetriával

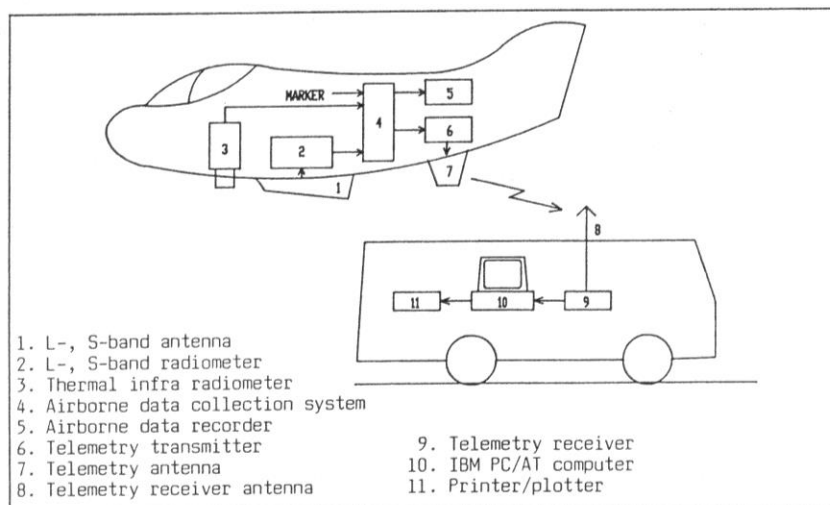


Fig. 1 Schematic block diagram of the AMRS.









HA-YDE



Köszönöm a figyelmet!

# Ellenőrző kérdések:

1. Mi az űrtelemetria ?
2. Milyen a poláris műholdpálya, mi az előnye - hátránya ?
3. Milyen a napszinkron pálya?
4. Milyen a geoszinkron pálya, mi az előnye - hátránya?
5. Űrtelemetria alkalmazási példák?
6. Mennyi idő alatt tesz meg a rádióhullám 10 billió kilométert ?