



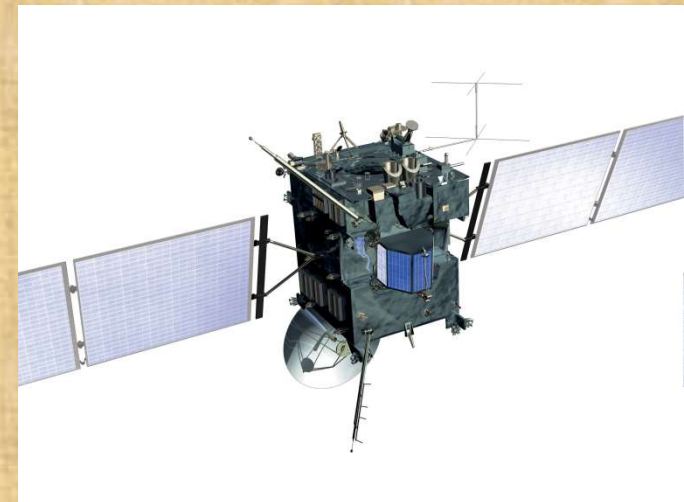
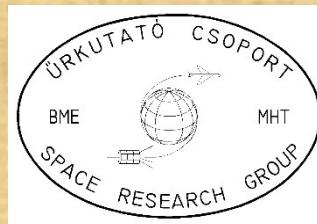
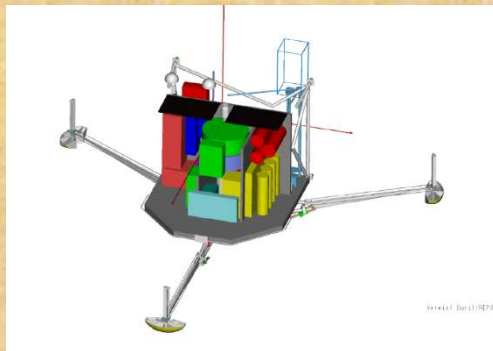
Budapest University of Technology and Economics

Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék

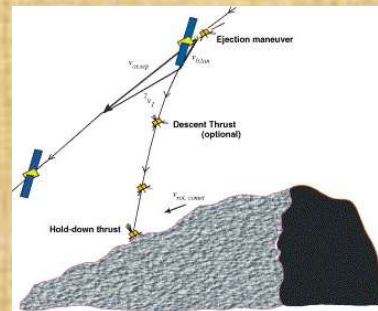
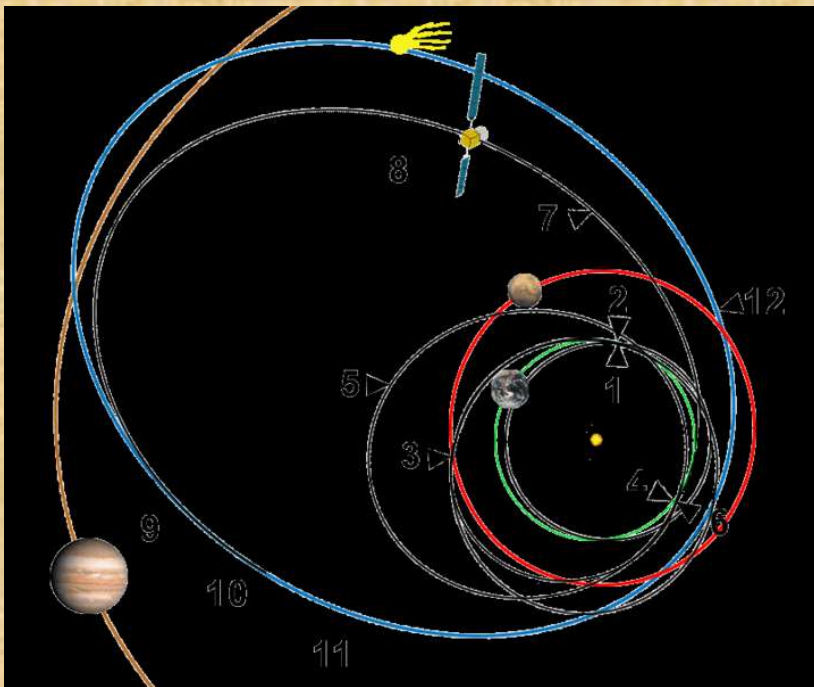
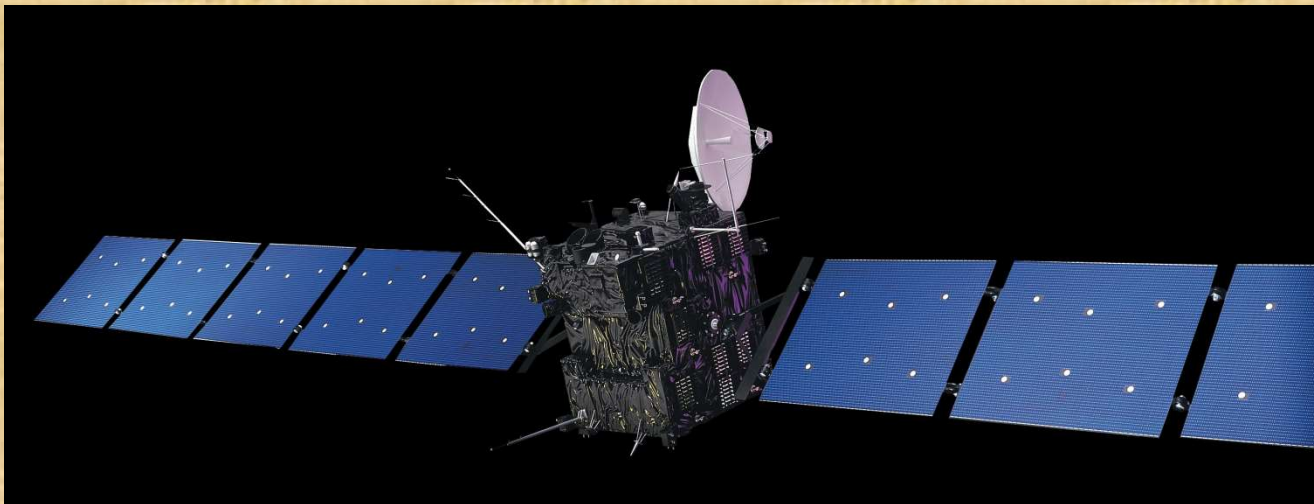
Űrkutató Csoport
Szabó József

**A Rosetta Lander PSS (Power SubSystem)
bemutatása, tervezési és megvalósítási
problémakörök
Űrtechnológia**

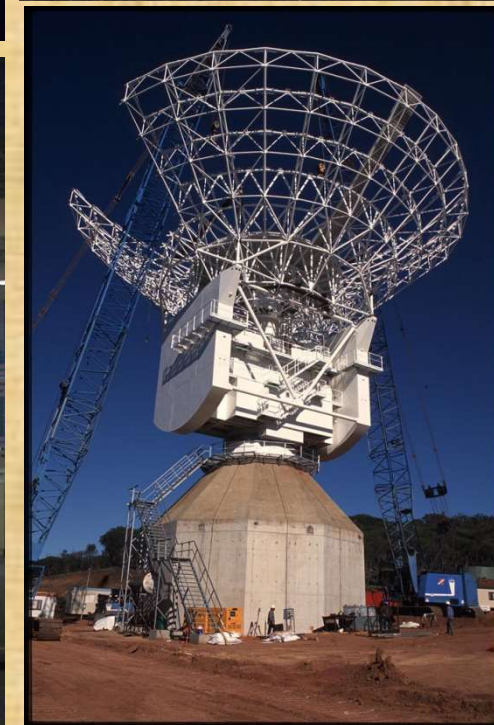
Budapest, 2022. november 7.



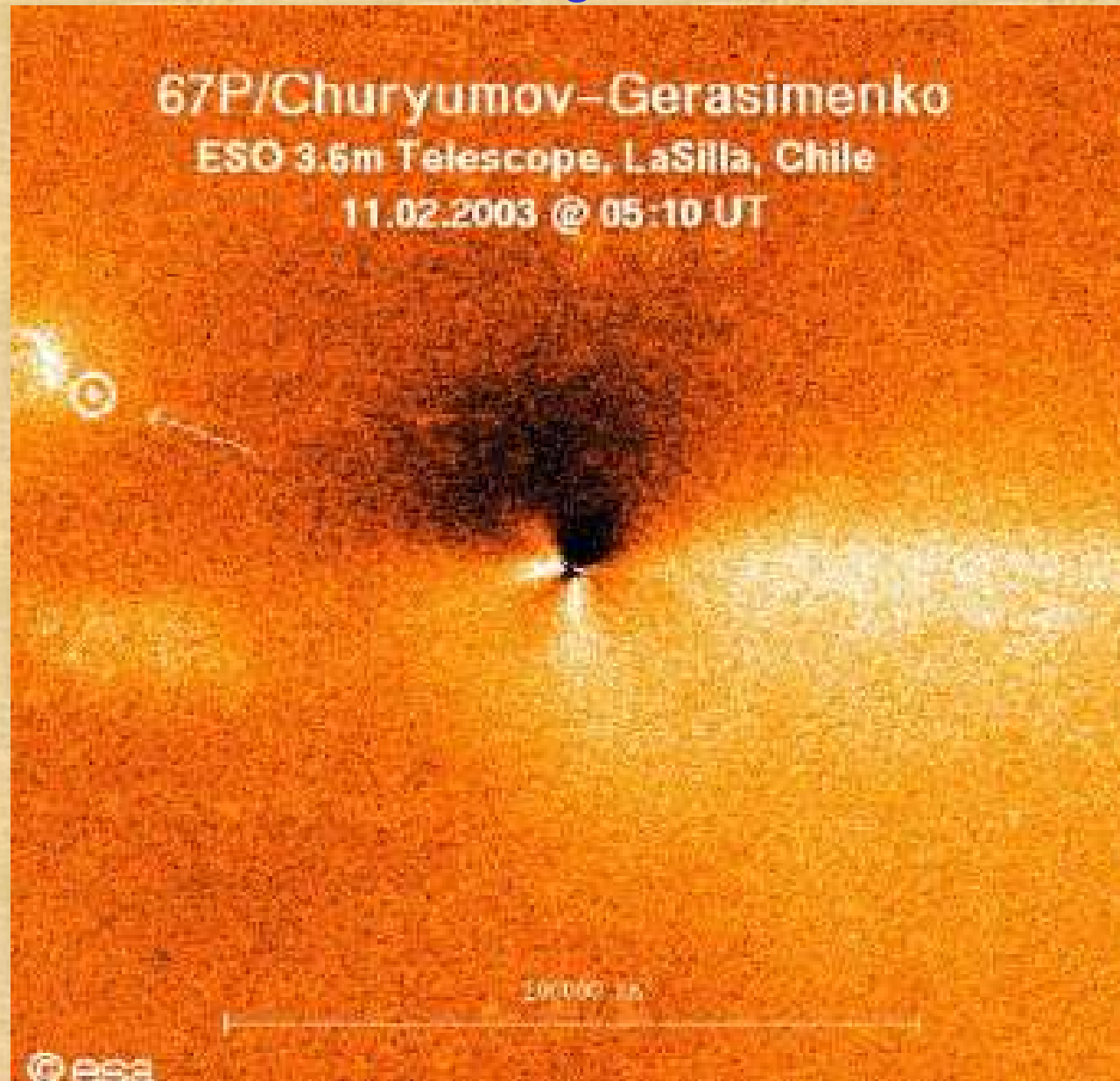
Fantáziaképek



Kourou, ESOC és New Norica



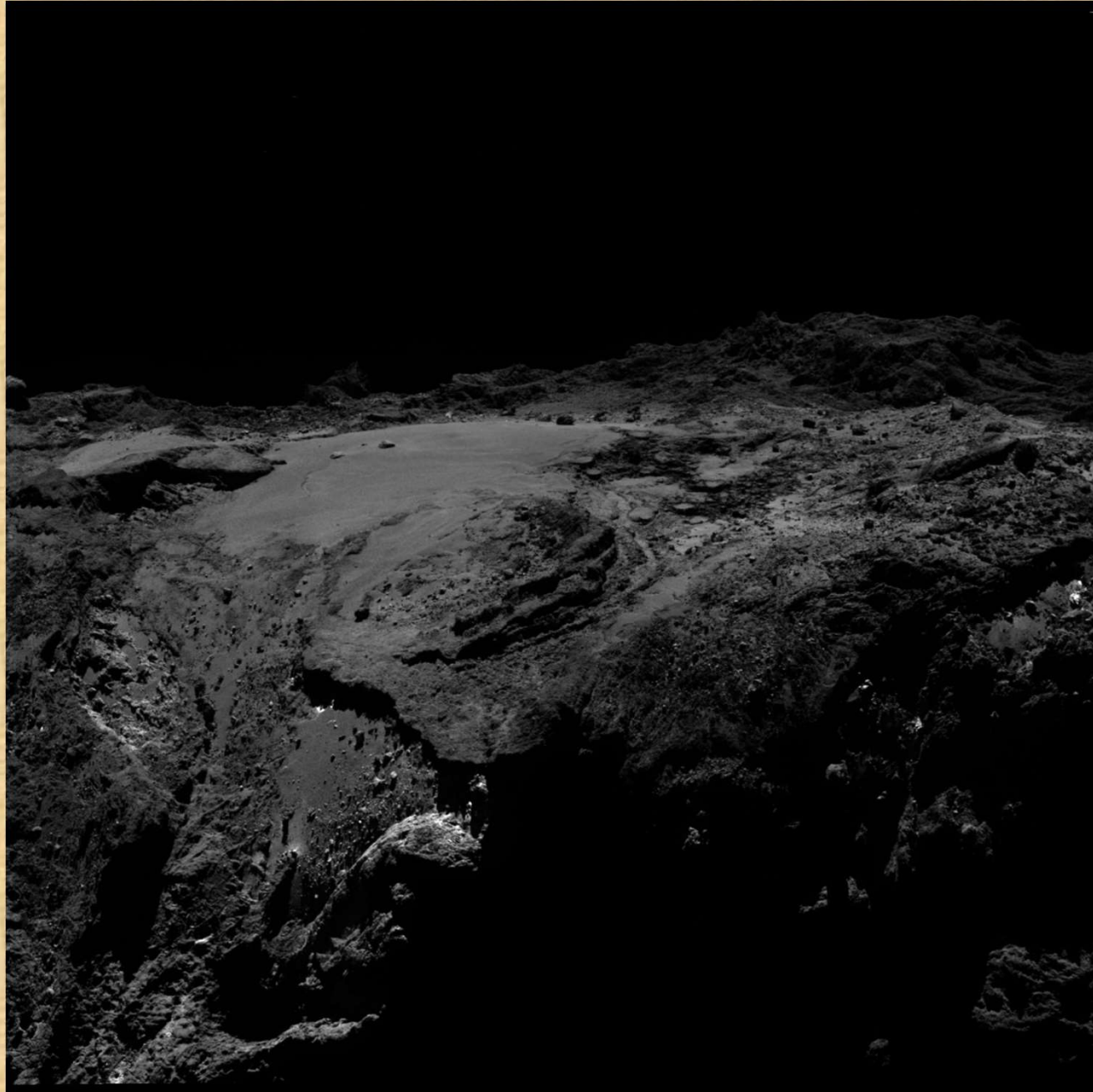
A misszió célja 2003-ban



Úrtechnológia 2022. november 7.

Amit ma tudunk

Rosetta Lander PSS / 5



Credit: ESA 2016

Roland PSS meghatározását befolyásoló tényezők

- Rendelkezésre álló energia
(sok és kevés)
- Műhold geometriája
(napelem, kísérleti és szervíz platform)
- Megbízhatóság (költség, komplexitás)
- Élettartam (11-12 év)
- Különleges üzemmód(ok)

Az energiaforrások „evolúciójának” végeredménye

- 6 db napelem (6-10W / 3 AU)
- 28V+/-1% 1.9A (umbilical power)
- 140 Wh Li ION akkumulátor
(2 sor x 7 x 2 cella)
- 1300 Wh LiSOCL2 elem
(4 sor x 9 cella)

Szabályozatlan energiabusz - üzemmódok

- Rosetta fedélzet ($U_{\text{Rosetta}} - 2x U_{\text{F}}$)
- primer elem ($U_{\text{PBAT}} - 2x U_{\text{F}}$)
- akkumulátor töltés/kisütés (U_{SBAT})
- napelem + söntszabályozó ($U_{\text{Sönt}}$)
- vegyes (több energia forrás)

Tartalékolt energia átalakítók

- AUXPS (PCU, RTC, **ETCD** 5 és 5,6V)

Auxiliary Power Supply, (Power Control Unit, Real Time Clock, Earth Telecommand Decoder)

- PSCDMS (CDMS + TCU 5V és 15V)

(Power Supply Common Data Management System, Thermal Control Unit)

- LPC/HPC (Payload QPB (Qualified Power Bus)

+/-5 V, +/- 12V, +18V, +28V)

- EPC (Essential Power Converter) (akkumulátor töltés és PIF

(Power Interface) 5V és CH_{arge})

Speciális energia kezelő egységek

- söntszabályozók és radiátorok
- buszvédő elosztók (sw, lsw, pif)
- primer elem kondicionáló
- ébresztő egység és fűtőtestek
- egyéb (TCU sfcl, PYRO PS, buszkapacitás, akkumulátor ór, párhuzamos akkumulátor töltő)

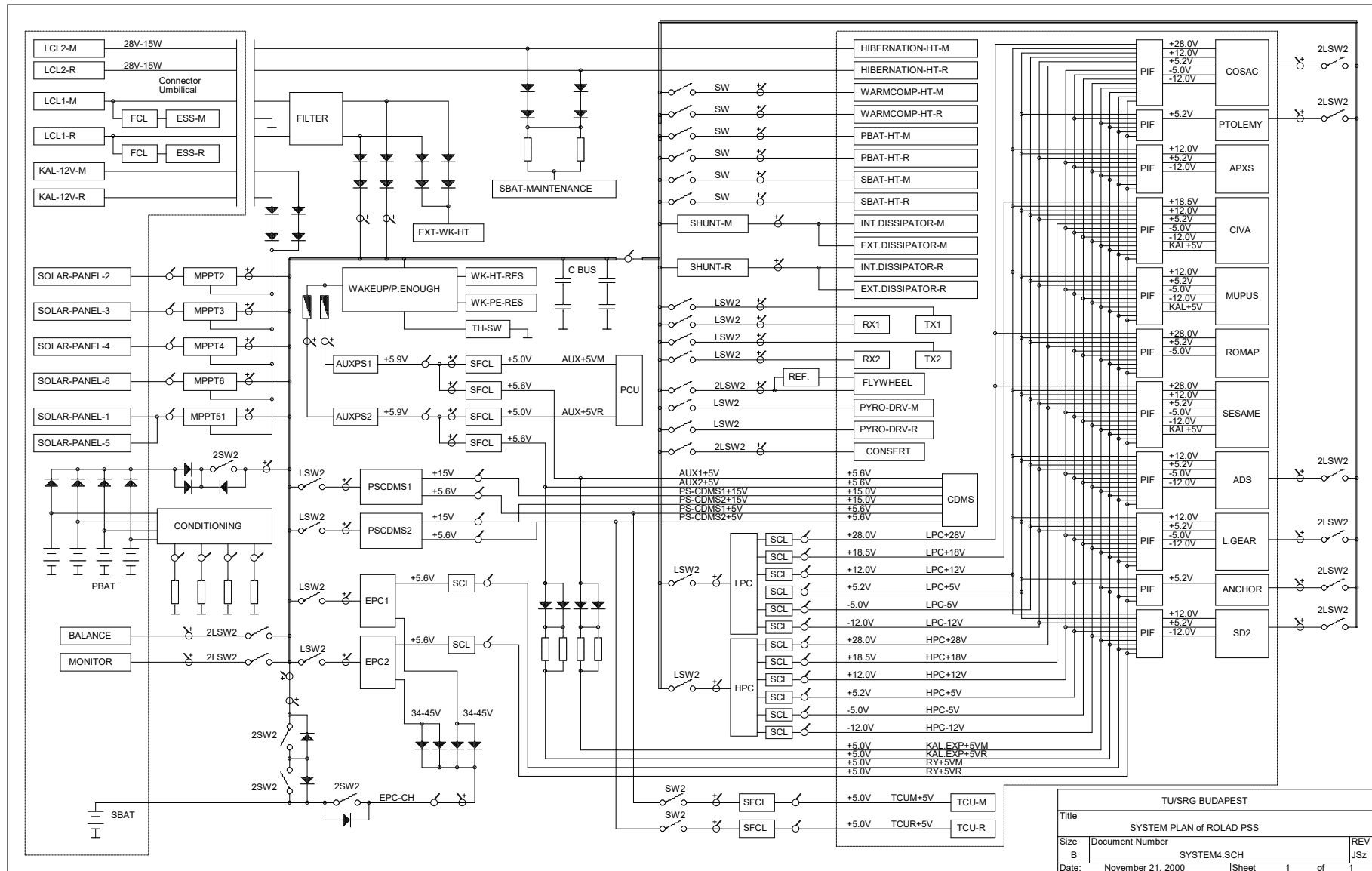
Vezérlő egység feladatai (PCU)

- terhelés kapcsolók vezérlése
(sw, lsw2, 2lsw2, pif)
- PCU-CDMS kapcsolat biztosítása
- PSS üzemmód kontrolja
- A/D (128 analóg csatorna) kezelése
- állapot telemetria kezelés
- hibafelderítés és hibajavítás
- speciális feladatok (flywheel control)

ROLAND PSS telemetry blokkja

Ad.	Signal name	Ad.	Signal name	Ad.	Signal name	Ad.	Signal name	Ad.	Signal name	Ad.	Signal name	Ad.	Signal name		
0	V-MON-Analog/SBAT-CELL 1	20	V-MON-Analog/SBAT-CELL 2	40	V-MON-Analog/SBAT-CELL 3	60	V-MON-Analog/SBAT-CELL 4	80	V-MON-Analog/SBAT-CELL 5	A0	V-MON-Analog/SBAT-CELL 6	C0	V-MON-Analog/SBAT-CELL 7	E0	V-MON-Analog/MON-REF2,5
1	TM-VEO	21	TM-VEO	41	TM-VEO	61	TM-VEO	81	TM-VEO	A1	TM-VEO	C1	TM-VEO	E1	TM-VEO
2	V-BUS+28	22	V-MON-Ubat 1	42	V-BUS+28	62	V-MON-UBAT 3	82	V-BUS+28	A2	V-MON-Ubat 5	C2	V-BUS+28	E2	V-MON-Ubat 7
3	TM-OL-1	23	TM-OL-1	43	TM-OL-1	63	TM-OL-1	83	TM-OL-1	A3	TM-OL-1	C3	TM-OL-1	E3	TM-OL-1
4	C-PBat	24	V-MON-Ubat 2	44	C-AUX1-IN	64	V-MON-Ubat 4	84	C-PBat	A4	V-MON-Ubat 6	C4	C-LCL 1-M	E4	V-MON-Ref2,5
5	TM-OL-2	25	TM-OL-2	45	TM-OL-2	65	TM-OL-2	85	TM-OL-2	A5	TM-OL-2	C5	TM-OL-2	E5	TM-OL-2
6	C-SBat-CH	26	C-LPC-IN	46	C-AUX2-IN	66	C-HPC-IN	86	C-SBat-CH	A6	SNST-S	C6	C-LCL 1-R	E6	C-ANCHOR
7	TM-16	27	TM-16	47	TM-16	67	TM-16	87	TM-16	A7	TM-16	C7	TM-16	E7	TM-16
8	C-SBat-DCH	28	V-LPC-12	48	C-AUX-PCU-M	68	V-HPC-12	88	C-SBat-DCH	A8	SNST-L	C8	C-MONITOR	E8	C-SD2
9	TM-VEO	29	TM-VEO	49	TM-VEO	69	TM-VEO	89	TM-VEO	A9	TM-VEO	C9	TM-VEO	E9	TM-VEO
A	V-SA2	2A	V-LPC-5	4A	C-AUX-PCU-R	6A	V-HPC-5	8A	V-SA2	AA	SA1-TH	CA	C-BALANCE	EA	CPBATHTM
B	TM-17	2B	TM-17	4B	TM-17	6B	TM-17	8B	TM-17	AB	TM-17	CB	TM-17	EB	TM-17
C	C-MPPT 2-Out	2C	V-LPC+5	4C	C-AUX1-CDMS	6C	V-HPC+5	8C	C-MPPT 2-Out	AC	SA2-TH	CC	C-RX1	EC	C-PBATHTR
D	TM-18	2D	TM-18	4D	TM-18	6D	TM-18	8D	TM-18	AD	TM-18	CD	TM-18	ED	TM-18
E	V-SA3	2E	V-LPC+12	4E	C-AUX2-CDMS	6E	V-HPC+12	8E	V-SA3	AE	SA3-TH	CE	C-RX2	EE	C-SBATHTM
F	TM-19	2F	TM-19	4F	TM-19	6F	TM-19	8F	TM-19	AF	TM-19	CF	TM-19	EF	TM-19
10	C-MPPT 3-Out	30	V-LPC+18	50	V-AUX1+5	70	V-HPC+18	90	C-MPPT 3-Out	B0	SA4-TH	D0	C-TX1	F0	C-SBATHTR
11	TM-VEO	31	TM-VEO	51	TM-VEO	71	TM-VEO	91	TM-VEO	B1	TM-VEO	D1	TM-VEO	F1	TM-VEO
12	V-SA4	32	V-LPC+28	52	V-AUX2+5	72	V-HPC+28	92	V-SA4	B2	SA5-TH	D2	C-TX2	F2	C-WCOMPHTM
13	TM-20	33	TM-20	53	TM-20	73	TM-20	93	TM-20	B3	TM-20	D3	TM-20	F3	TM-20
14	C-MPPT 4-Out	34	V-TCU+5M	54	C-PSCDMS1IN	74	C-EPC1-IN	94	C-MPPT 4-Out	B4	SA6-TH	D4	C-ADS	F4	C-WCOMPHTR
15	TM-21	35	TM-21	55	TM-21	75	TM-21	95	TM-21	B5	TM-21	D5	TM-21	F5	TM-21
16	V-SA6	36	V-TCU+5R	56	C-PSCDMS2IN	76	C-EPC2-IN	96	V-SA6	B6	V-STR1	D6	C-L.GEAR	F6	C-CONSERT
17	TM-22	37	TM-22	57	TM-22	77	TM-22	97	TM-22	B7	TM-22	D7	TM-22	F7	TM-22
18	C-MPPT 6-Out	38	C-TCU-M	58	V-PSCDMS1+5	78	V-EPC-5RY-M	98	C-MPPT 6-Out	B8	V-STR2	D8	C-FLYWH	F8	C-COSAC
19	TM-VEO	39	TM-VEO	59	TM-VEO	79	TM-VEO	99	TM-VEO	B9	TM-VEO	D9	TM-VEO	F9	TM-VEO
1A	V-SA51	3A	C-TCU-R	5A	V-PSCDMS1+15	7A	V-EPC-5RY-R	9A	V-SA51	BA	V-STR3	DA	V-FLYWH-RPM	FA	C-PTOL
1B	TM-24	3B	TM-24	5B	TM-24	7B	TM-24	9B	TM-24	BB	TM-24	DB	TM-24	FB	TM-24
1C	C-MPPT 51-out	3C	C-M	5C	V-PSCDMS2+5	7C	C-EPC-CH	9C	C-MPPT 51-out	BC	V-STR4	DC	SPARE1	FC	C-CIVA
1D	TM-25	3D	TM-25	5D	TM-25	7D	TM-25	9D	TM-25	BD	TM-25	DD	TM-25	FD	TM-25
1E	V-TEMP	3E	C-R	5E	V-PSCDMS2+15	7E	V-EPC-CH	9E	V-TEMP	BE	V-MON4.15-4.2	DE	SPARE2	FE	SPARE3
1F	TM-26	3F	TM-26	5F	TM-26	7F	TM-26	9F	TM-26	BF	TM-26	DF	TM-26	FF	TM-26

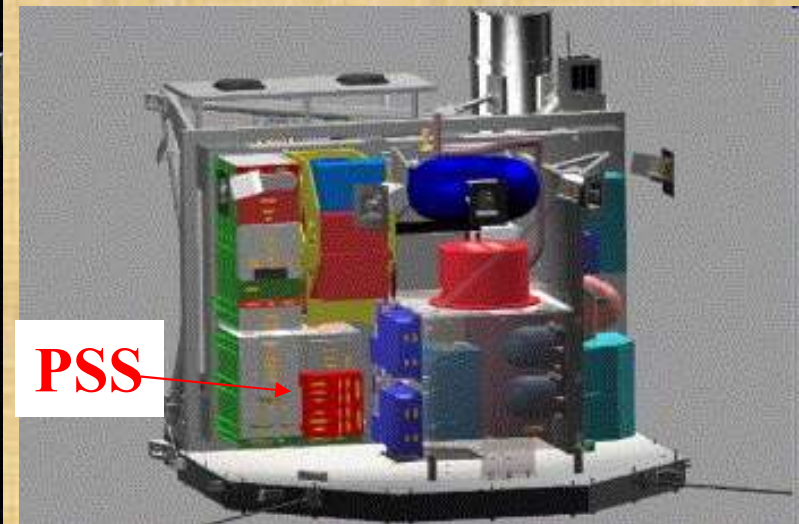
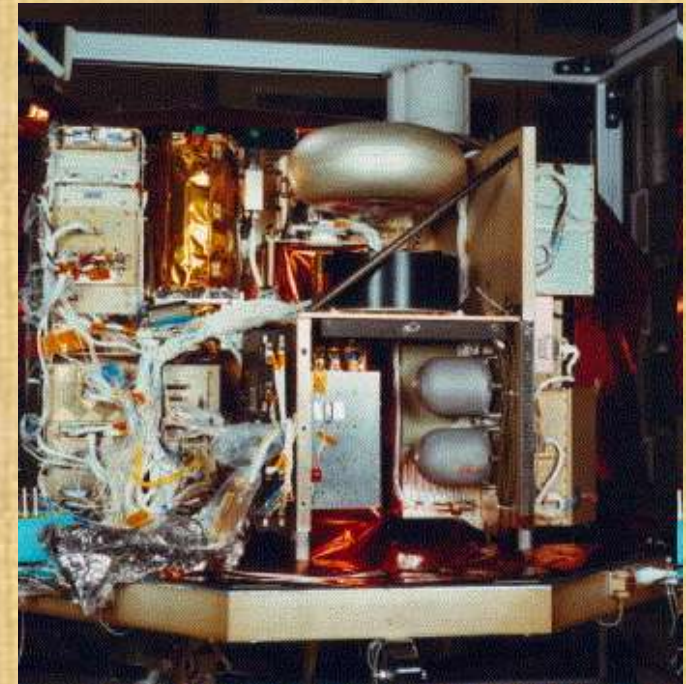
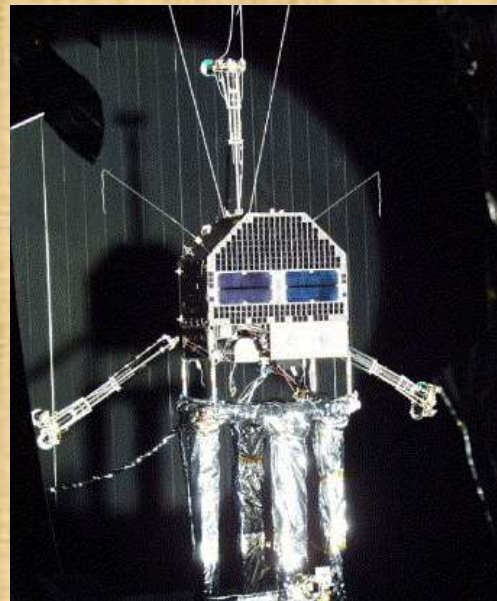
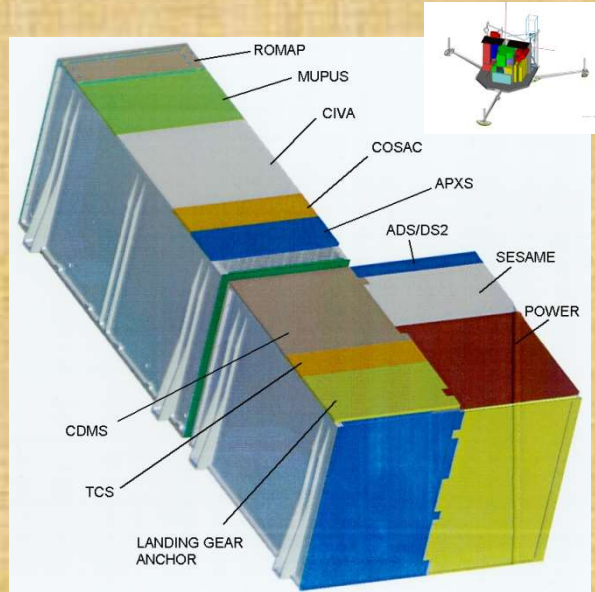
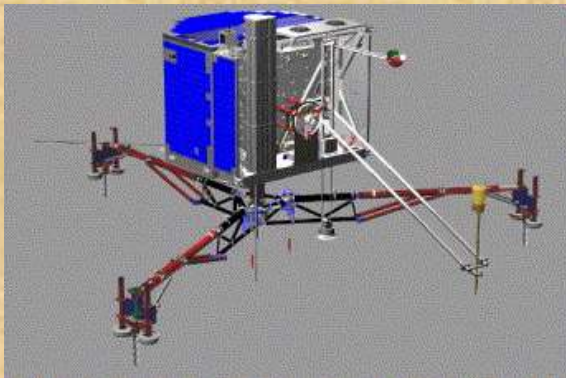
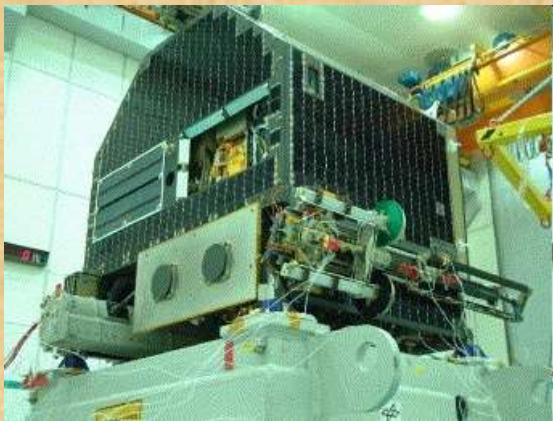
ROLAND PSS blokkvázlata



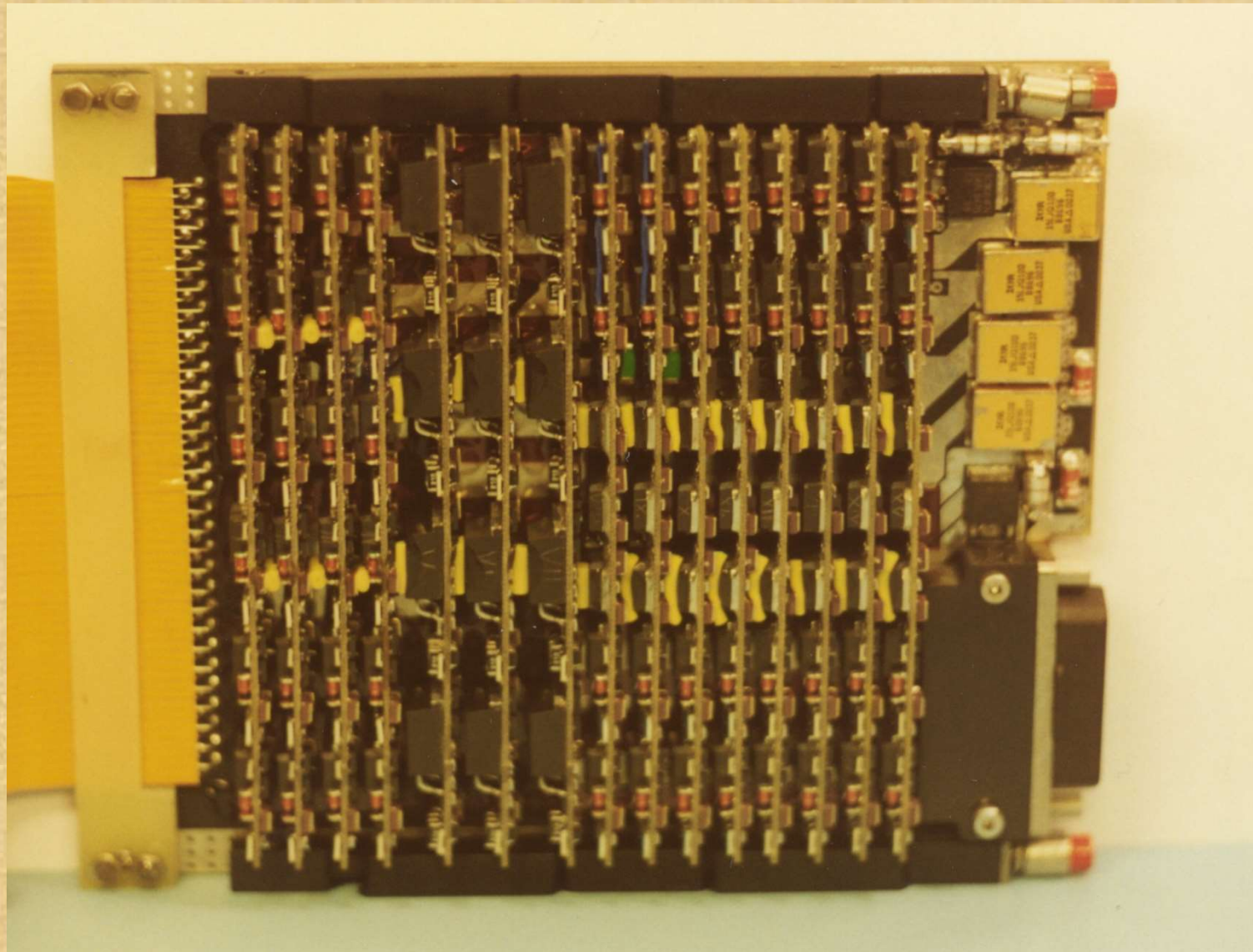
Energiabusz védelme

- Energiaszétosztás filozófiája
(egy pont meghibásodás esetén is csak előre tervezett energia felhasználás lehetséges)
- Buszra kapcsolódó egységek osztályozása
(tartalékolás és impedancia jelleg szerint)
- Kapcsolók, limiterkapcsolók, limiterek, feszültség szabályozós limiterkapcsolók, visszahajló karakterisztikájú limiterek
(sw, 2sw2, lsw2, 2lsw2, cl, scl, fcl)
- konstrukciós megfontolások:
Az energibusz nincs kivezelve, csak a PSS belső vonalain lehet hozzáféni.

Common Electronic Box



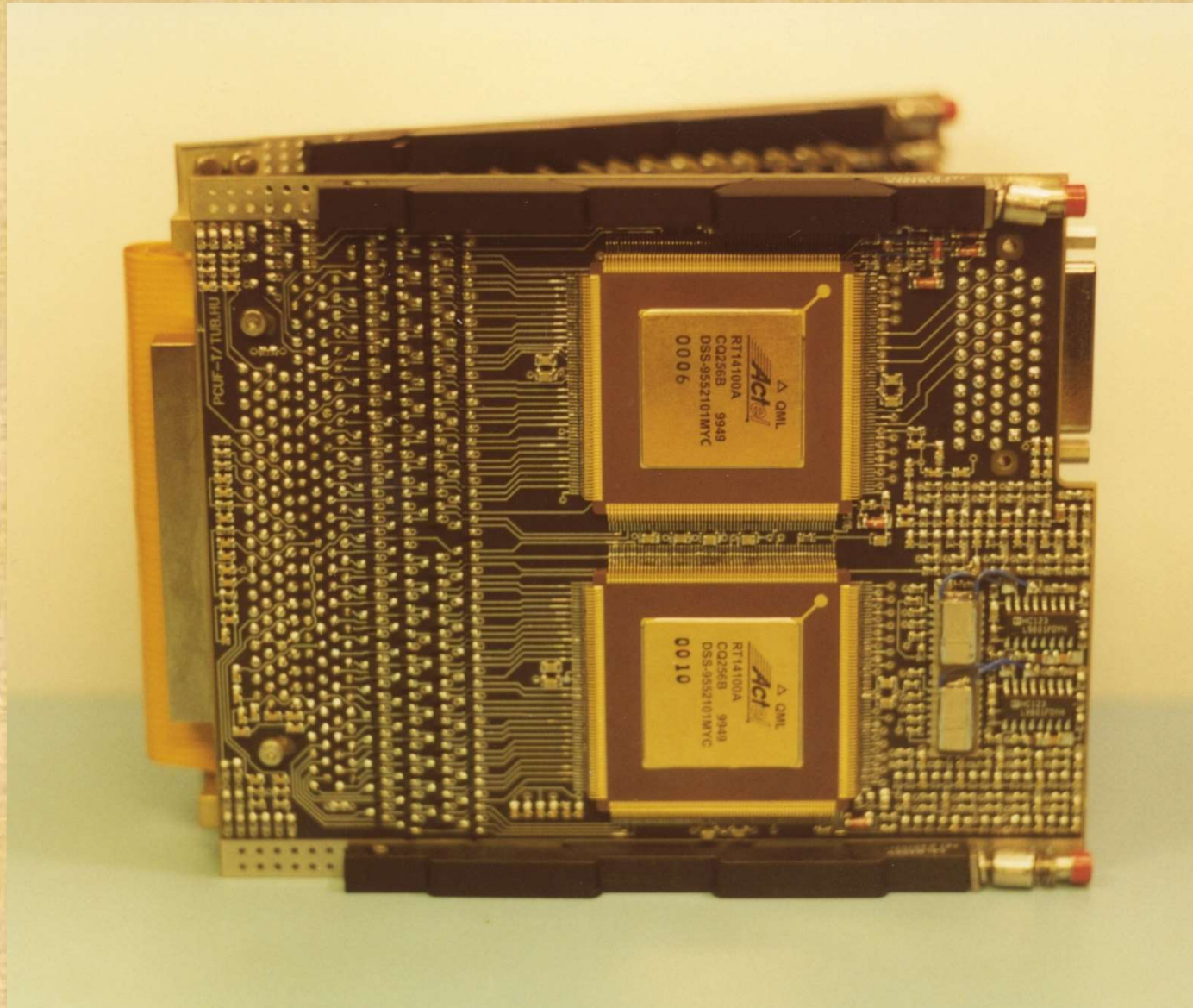
ENERGIAELOSZTÓ (PCU-SW)



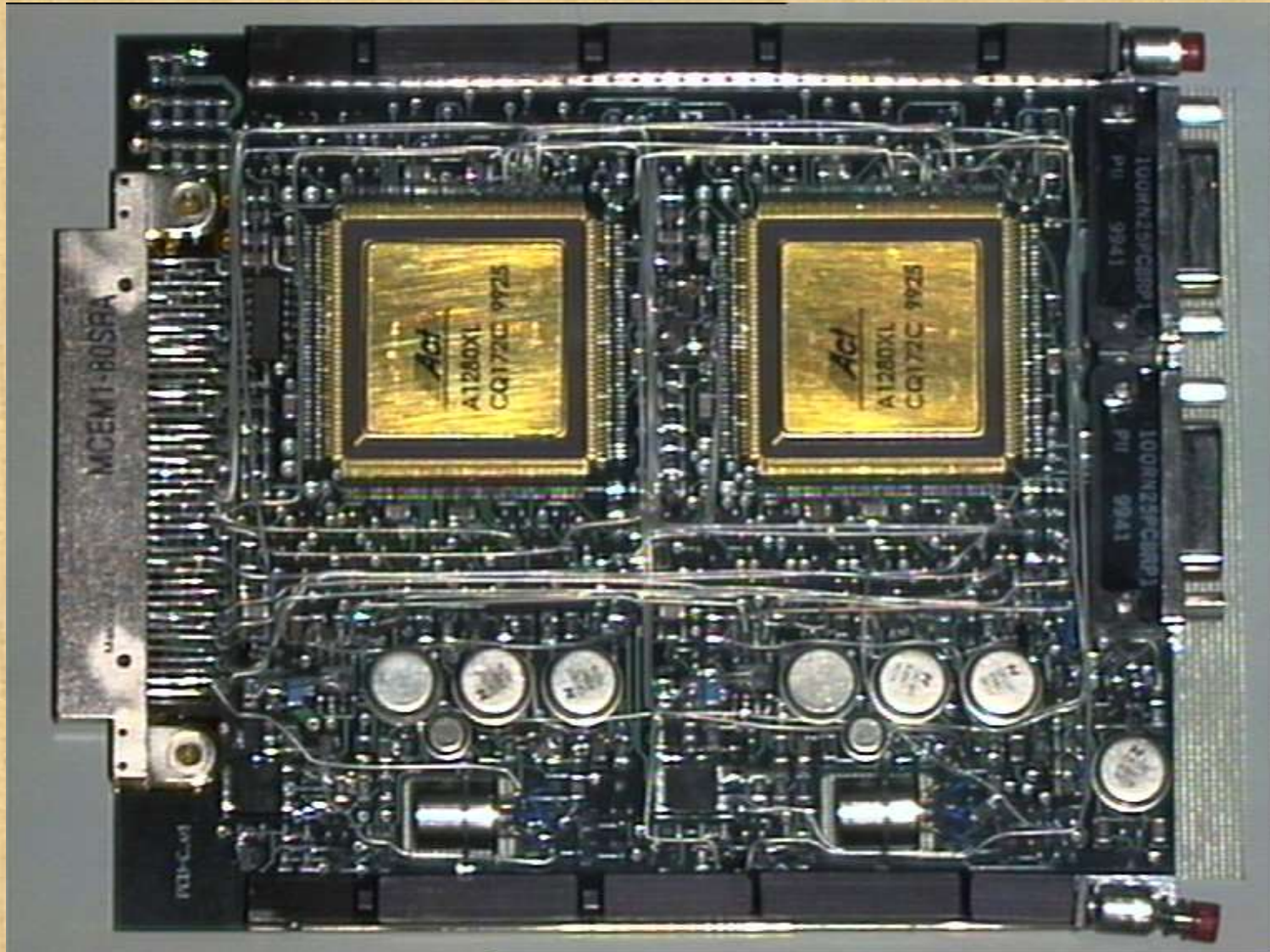
Fedélzeti számítógép – Energiaellátó kommunikációja (CDMS - PSS)

- a kommunikáció módja
(2 x 3 vezetékes CMD, DAT és CLK, parancs - válasz rendszer)
- 1 alrendszer név 2 (x2) FPGA-hoz
(autonóm parancsok dekódolása)
- Parancsok (18 db autonóm 16 bites szó)
- telemetria adatok 256 x 16 bit
(128 analóg, 8 x 16 digitális (13 féle))

Energiaelosztó vezérlő (PCU-F) panel



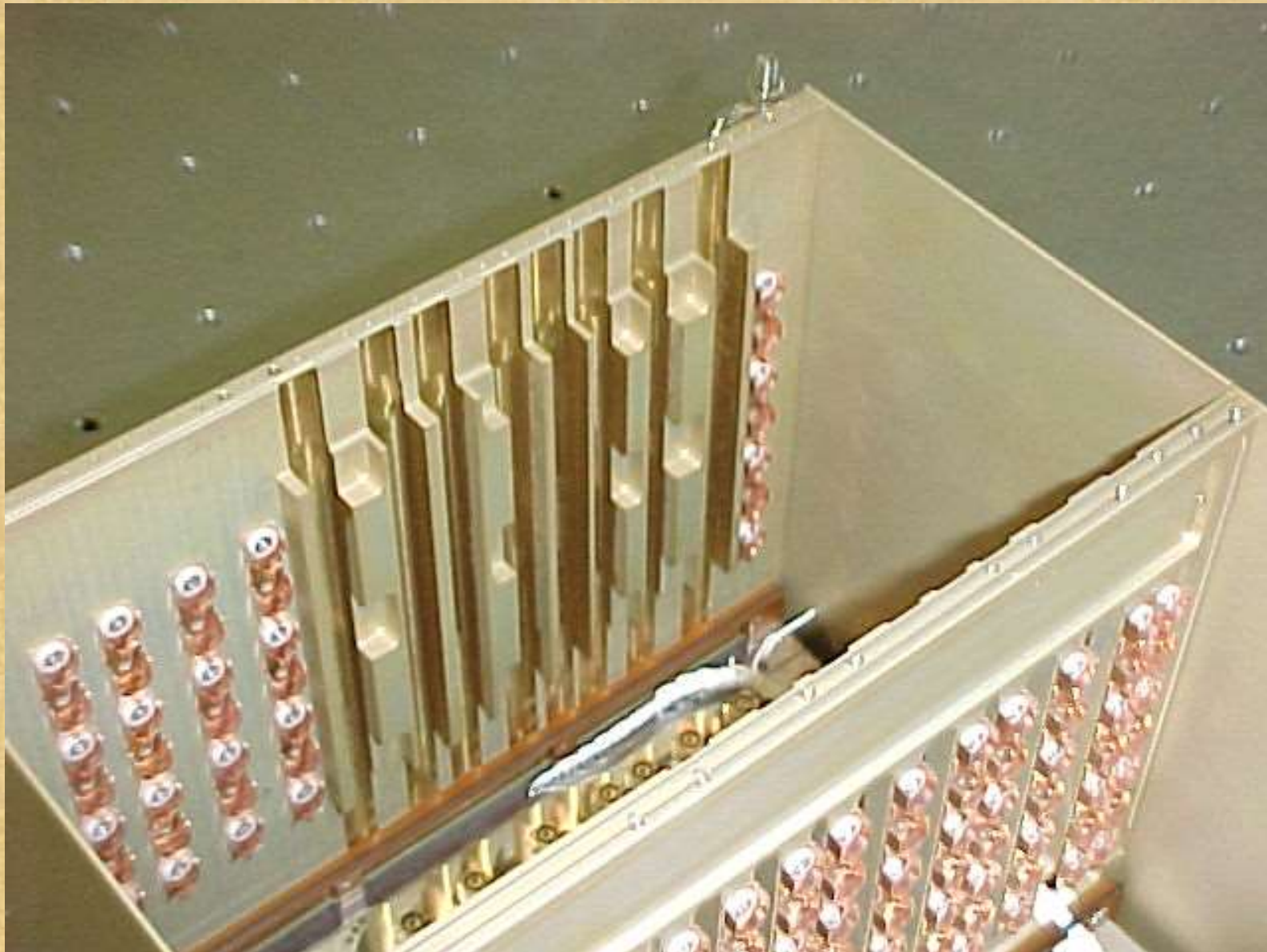
Energiaellátó vezérlő (PCU-C) panel



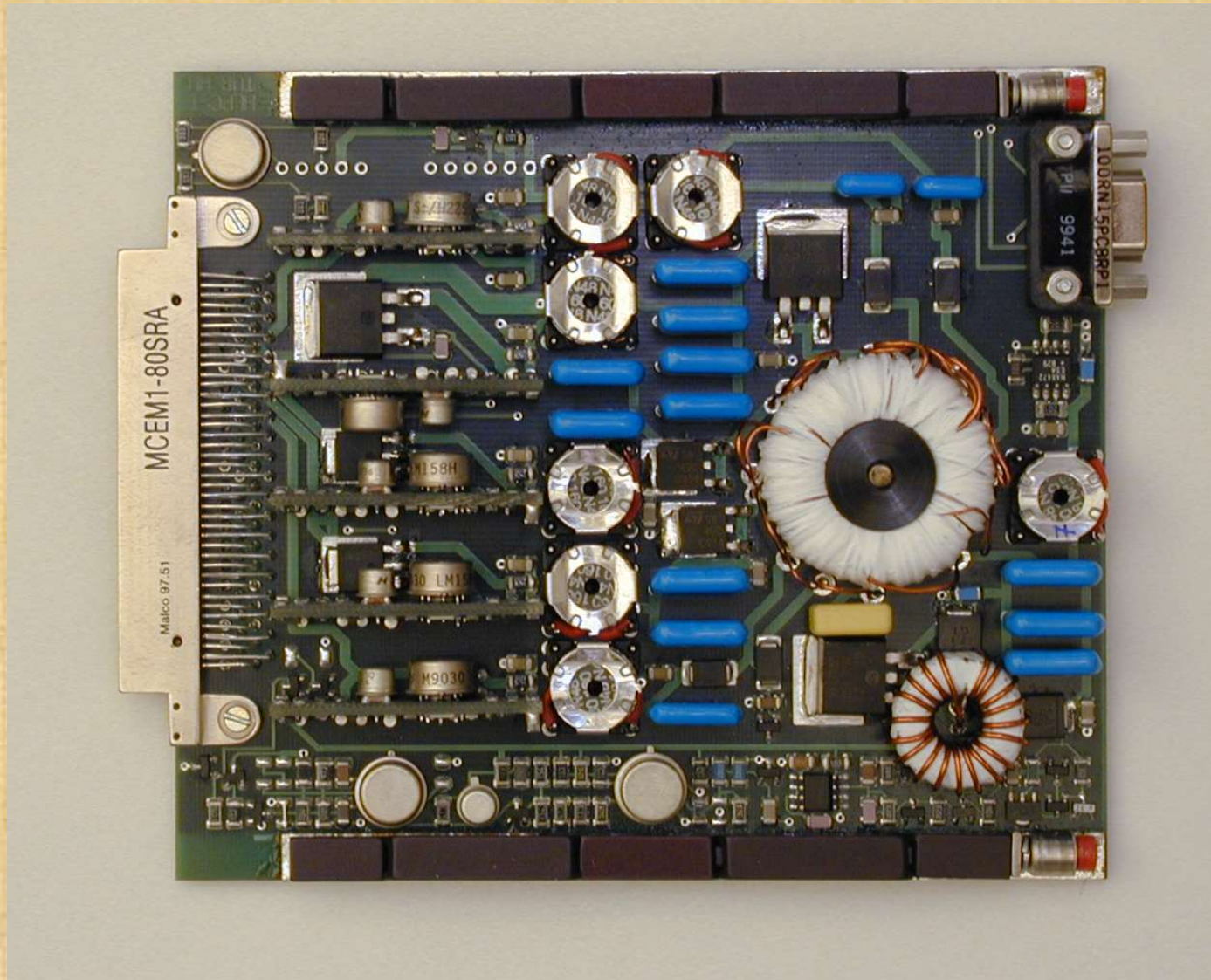
Termikus megfontolások

- termikus követelmények
(Részleges működés -80°C $+70^{\circ}\text{C}$, teljes működés -45°C $+70^{\circ}\text{C}$, biztonsági start -20°C , akkumulátor töltés $+5^{\circ}\text{C}$ -tól)
- hővezetés a paneleken (2. belső réteg)
- hőátadás a panelek és a közös elektronikai doboz között (card lock retainer)
- termikus tesztelés (panel szintű, egység szintű és Lander szintű + dokumentáció!!!)

A közös elektronika doboz



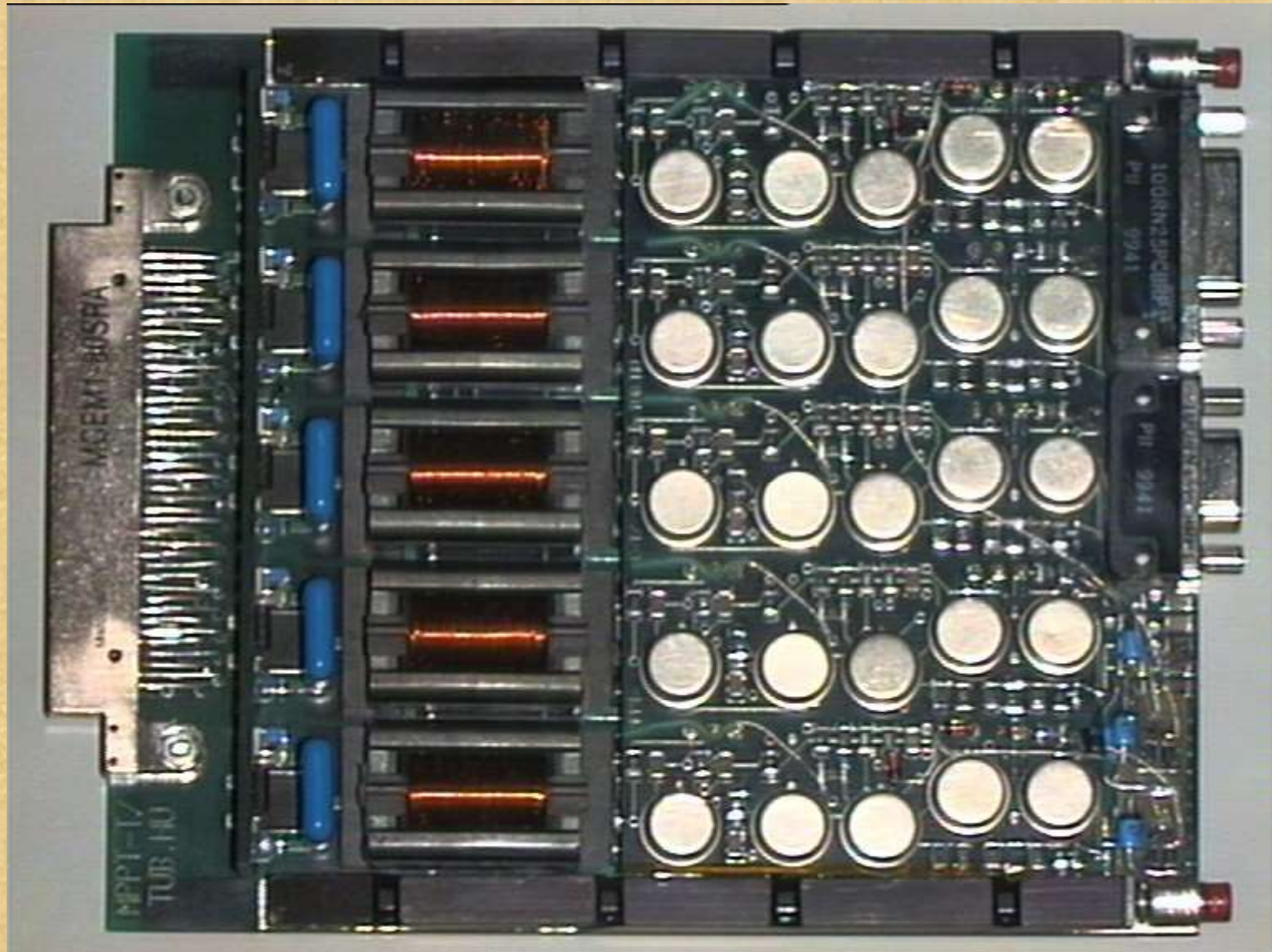
40W-os tápegység (LPC/HPC) panel



Mechanikus felépítés

- panelek kialakítása (blokkcsoportok)
(10 fontosabb csoport, fő NYÁK)
- térfogati szerelés a paneleken
(79 db csatolt NYÁK)
- a PSS két fő konstrukciós része
- a PSS beszerelése a közös
elektronikai dobozba (szerelési
sorrend)

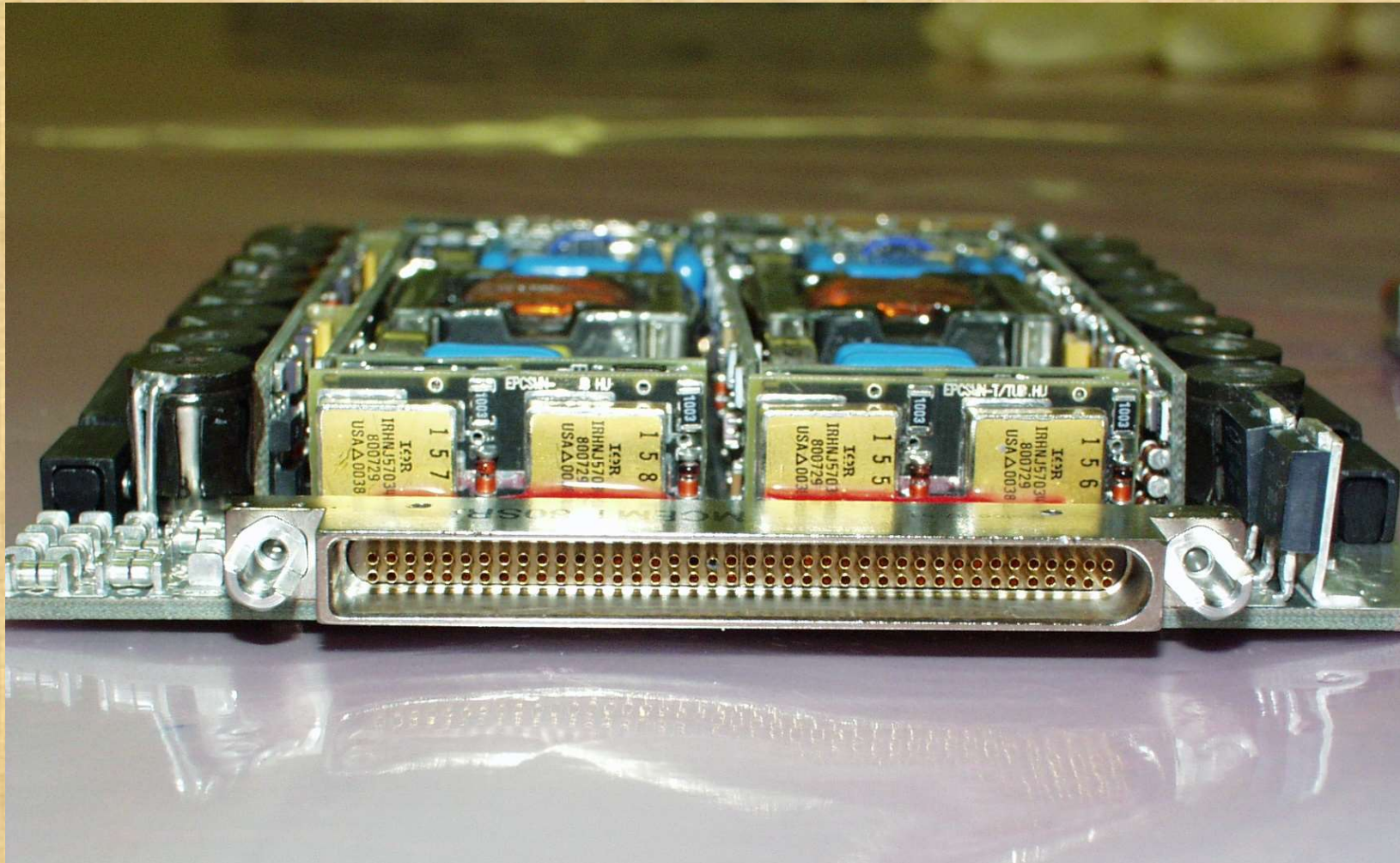
Napelem max teljesítmény szabályozók (MPPT) panel



MPPT panel működési módok

- Inhibált mód a KAL12V vonaltól függően
- Áteresztő mód "Quiet" üzem és hideg állapotban
- MPPT üzemmód alapállapot
- Teljesítmény korlátozott üzemmód, ha $P_{\text{Out max}} > 12\text{W}$
- Teljesítmény korlátozott üzemmód, ha $P_{\text{Ext. Sh.}} > 5\text{W}$
- Feszültség korlátozó üzemmód
(csak a nagyfesz paneleknél, ha $U_{\text{sa}} > 120\text{V}$)

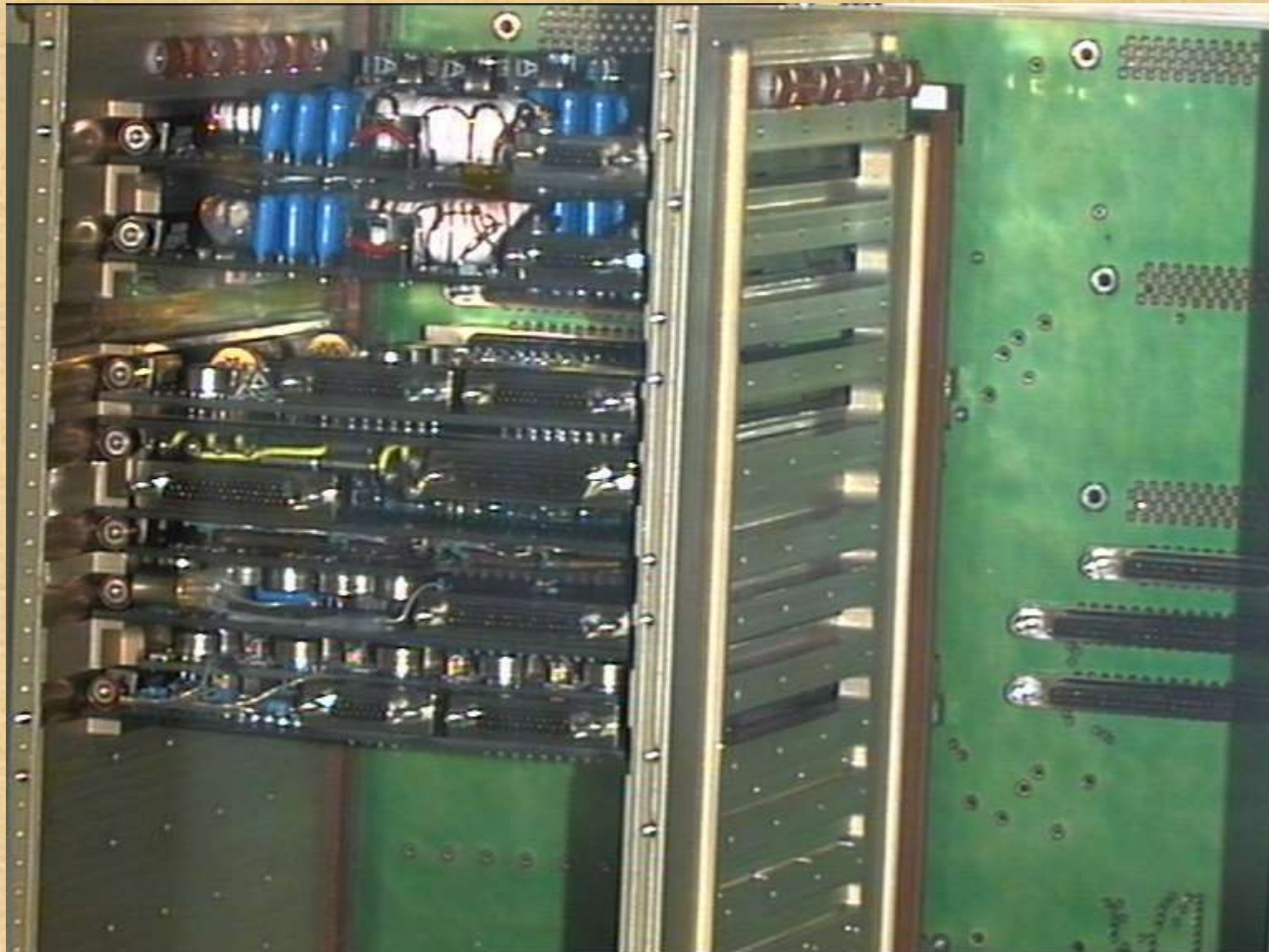
Multifunkciós (EPC) panel



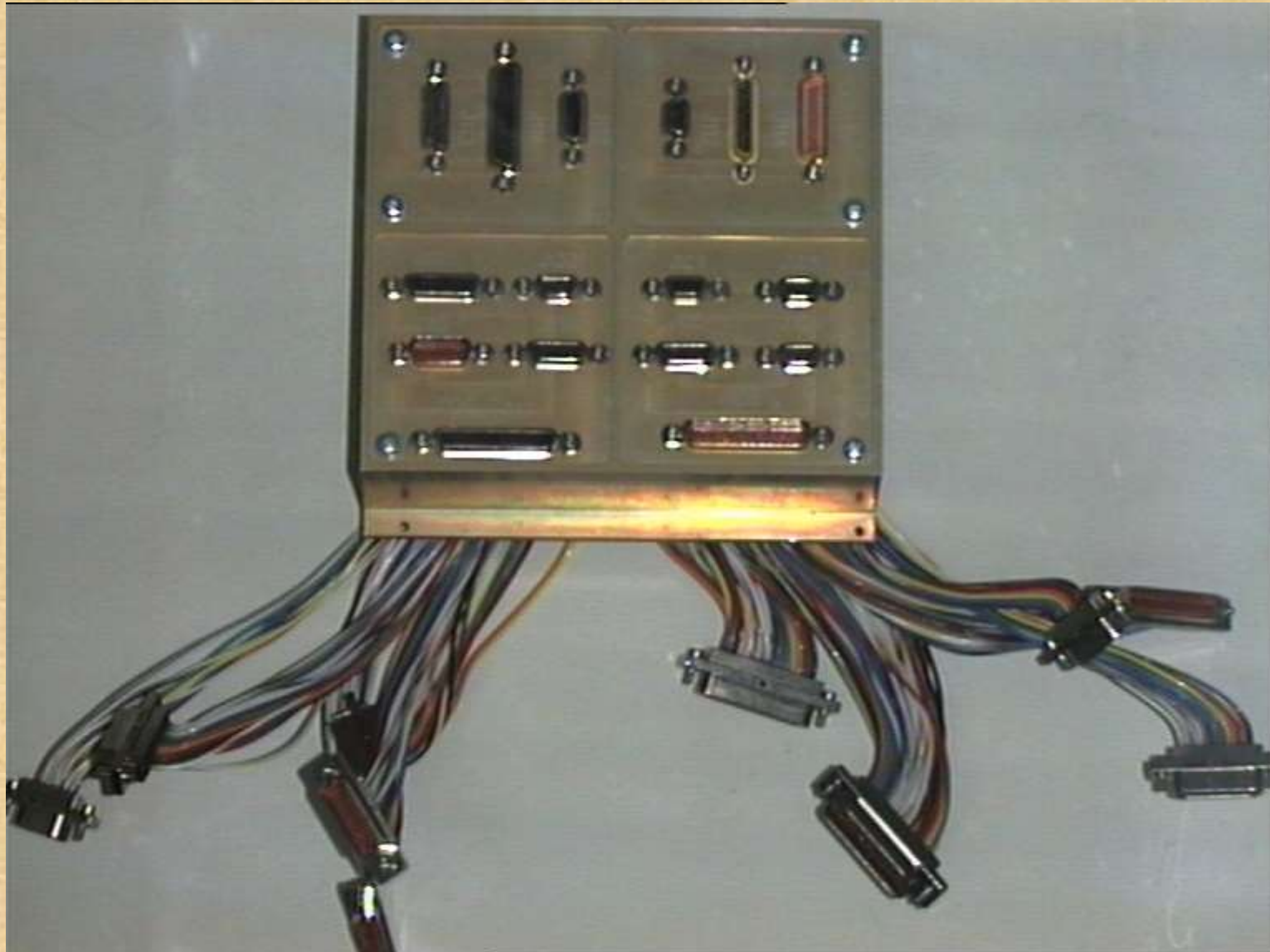
EPC panel feladatai

- 2 db tápegység duál üzemmód
(feszültség generátor ill. áram generátoros)
- Primer elem kondicionáló
(4 elemsor x 1A x 10msec x 500, feszültség mérés 1 elemsoron, ciklikusan)
- Wakeup control
- Termál kontrol egység speciális energia ellátása (SW és SFCL)

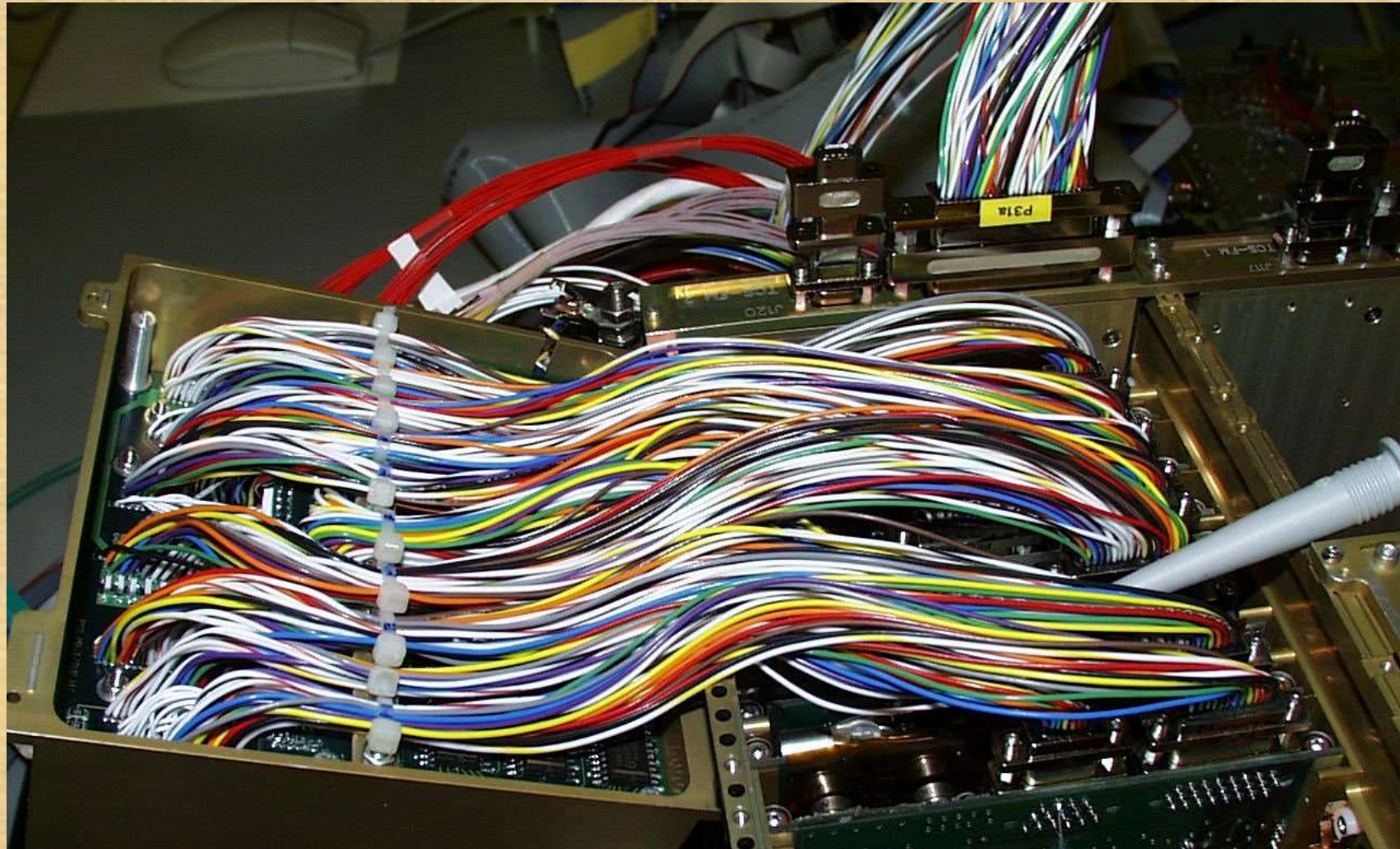
Energiaellátó panelek a közös dobozban



Energiaellátó (PSS) előlapja



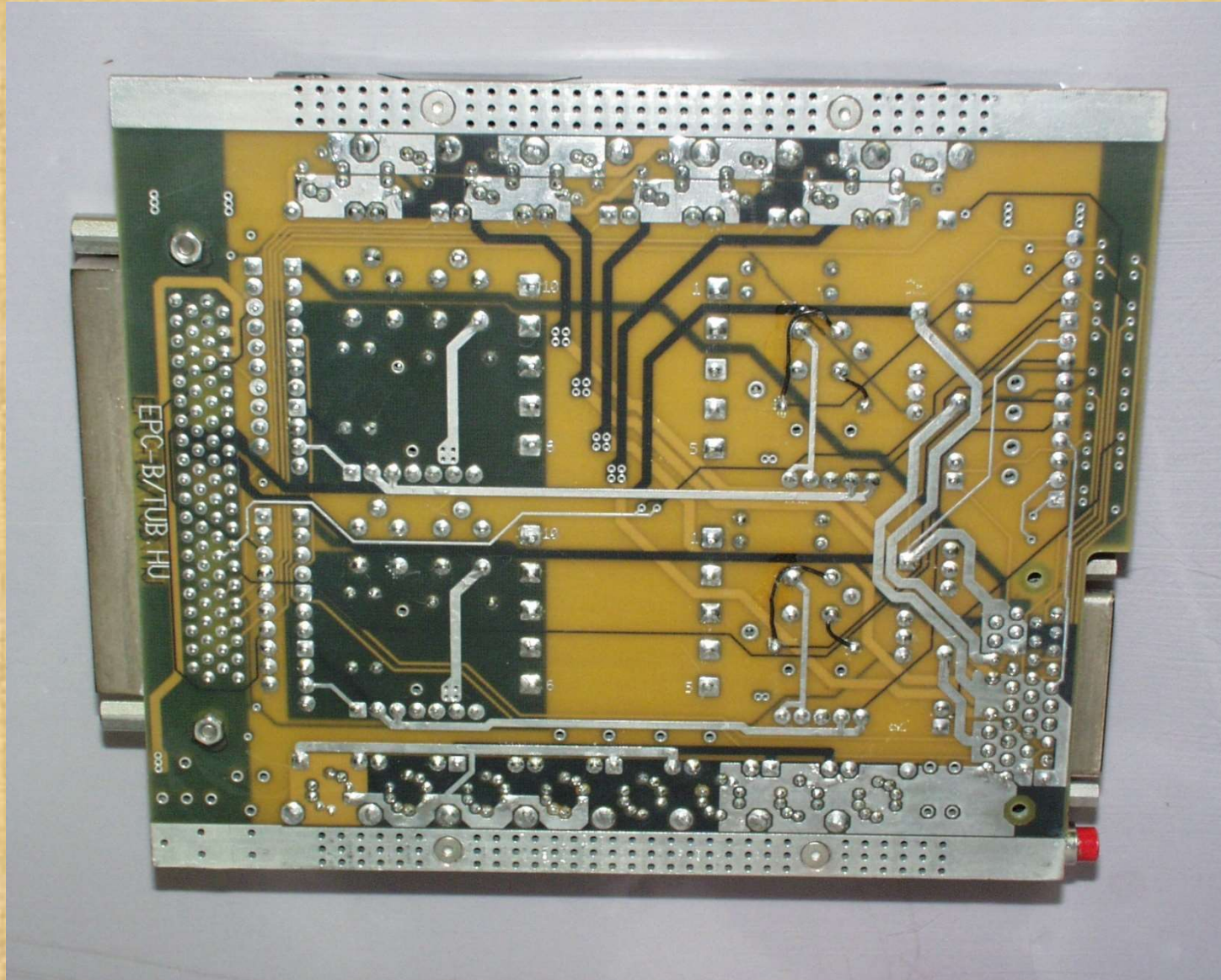
A PSS kifordított előlappal



NYÁK technológia

- felületszerelt kialakítás domináns
- tüziónozott felületek
- 8-10 rétegű főpanelek
- szigetelési távolság (min 0,18 mm)
- rézkitöltés optimalizálás

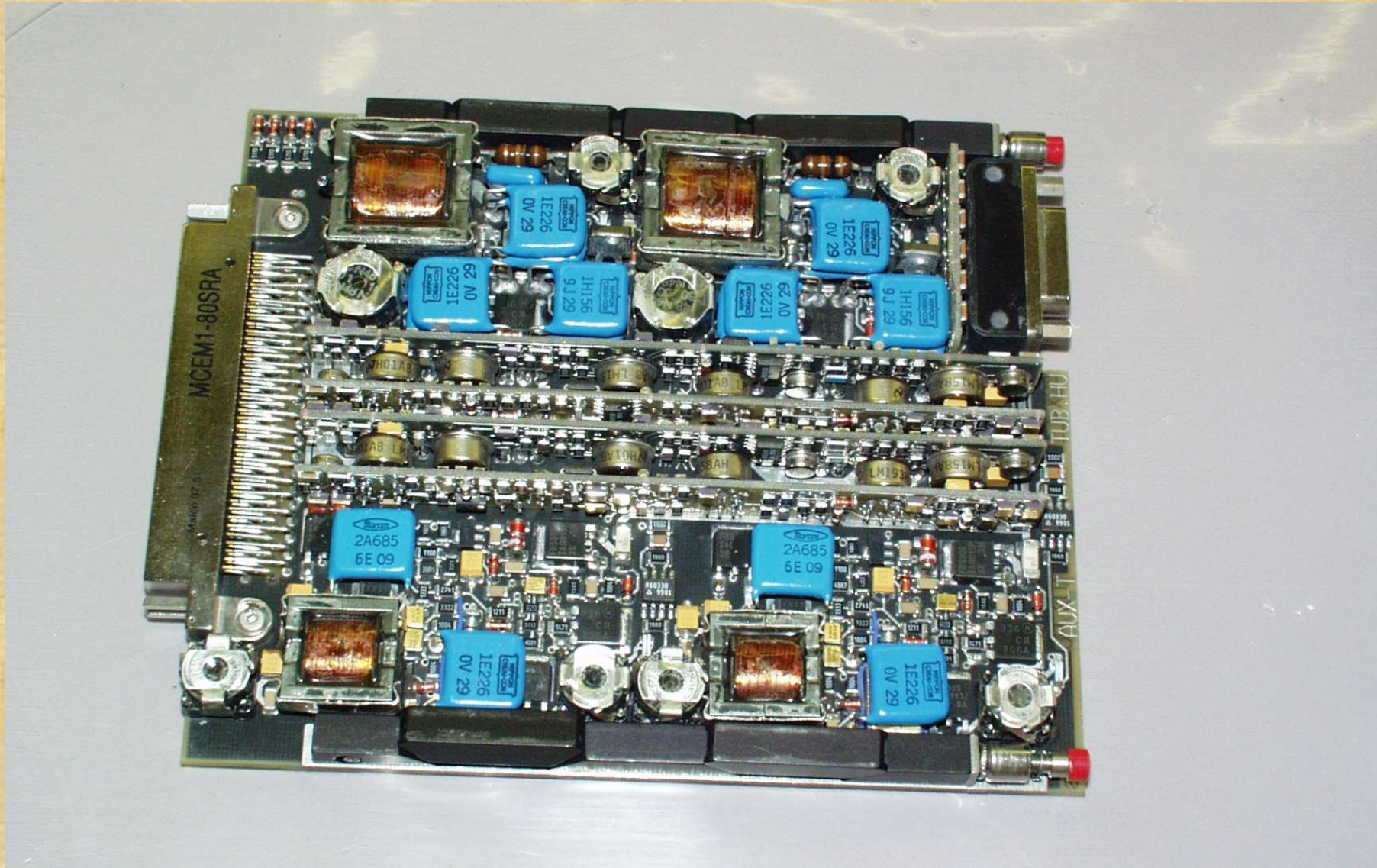
Az EPC panel forrasztási oldala



Alkatrészek

- alkatrész választás szempontjai
- közel 6 000 db alkatrész
- 1500 db alkatrész / 100 cm³
(alkatrész számozás pl. C123, Ra34)
- nem minősített alkatrészek
tesztelése
(A/D konverter külön tesztjei,
redundancia indoklások)

Fedélzeti számítógép és energiaellátó vezérlő tápegységek (AUX) panel



PSS Indulási szekvencia

- 1. Wake up áramkör indít** minden üzemmódban (termikus és minimális energia hozzáférés)
- 2. AUXPS bekapcsolása** a wake up-on keresztül
3. AUXPS feléléedése után egyidejűleg bekapcsolódnak:
 - **PCU** (PCU-C and PCU-F)
 - **CDMS hirtel részei** (RTC1, OSC1, RTC2, OSC2, ETCD, OSC3, RX IF)
- 4. PCU reset állapot:**
 - CDMSPS ON
 - minden egység OFF
- 5. CDMS Software indul** (**cmd-RX**, -TCU,...)

Az anyaghoz kapcsolódó linkek:

- <http://blogs.esa.int/rosetta/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Ibo3ppiv8Zk&feature=youtu.be>
- <http://sci.esa.int/comet-viewer/>
- http://sci.esa.int/where_is_rosetta/
- <http://rosetta.esa.int/RosettaNow/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=H08tGjXNH04&list=PLbyvawxScNbtAhH8vHAY1-pyEirPi-4Ad>
- https://hu.wikipedia.org/wiki/Rosetta_%28%C5%B1rszonda%29

Az anyaghoz kapcsolódó kérdések

- Milyen főbb egységekből áll a Roland Lander (Philae) üstökös kutató szonda energia ellátó rendszere? Röviden ismertesse az egységek feladatait!
- Milyen üzemmódjai vannak a Roland Lander (Philae) energia ellátó egység szabályozatlan energiabuszának a misszió során és az egyes módokban mennyi a buszfeszültség?
- Mik az alapvető feltételei Roland Lander (Philae) üstökös kutató szonda bekapcsolásának? Ismertesse az energia ellátó rendszer bekapcsolási szekvenciáját!