

# A Rosetta Lander központi vezérlő és adatgyűjtő számítógépe

DR. SZALAI SÁNDOR \*, BALÁZS ANDRÁS \*\*

\* KFKI RMKI Űrtechnikai Laboratórium vezetője  
szalai@rmki.kfki.hu

\*\* KFKI RMKI Számítógép Fejlesztési Osztály tudományos vezetője  
balazs@rmki.kfki.hu

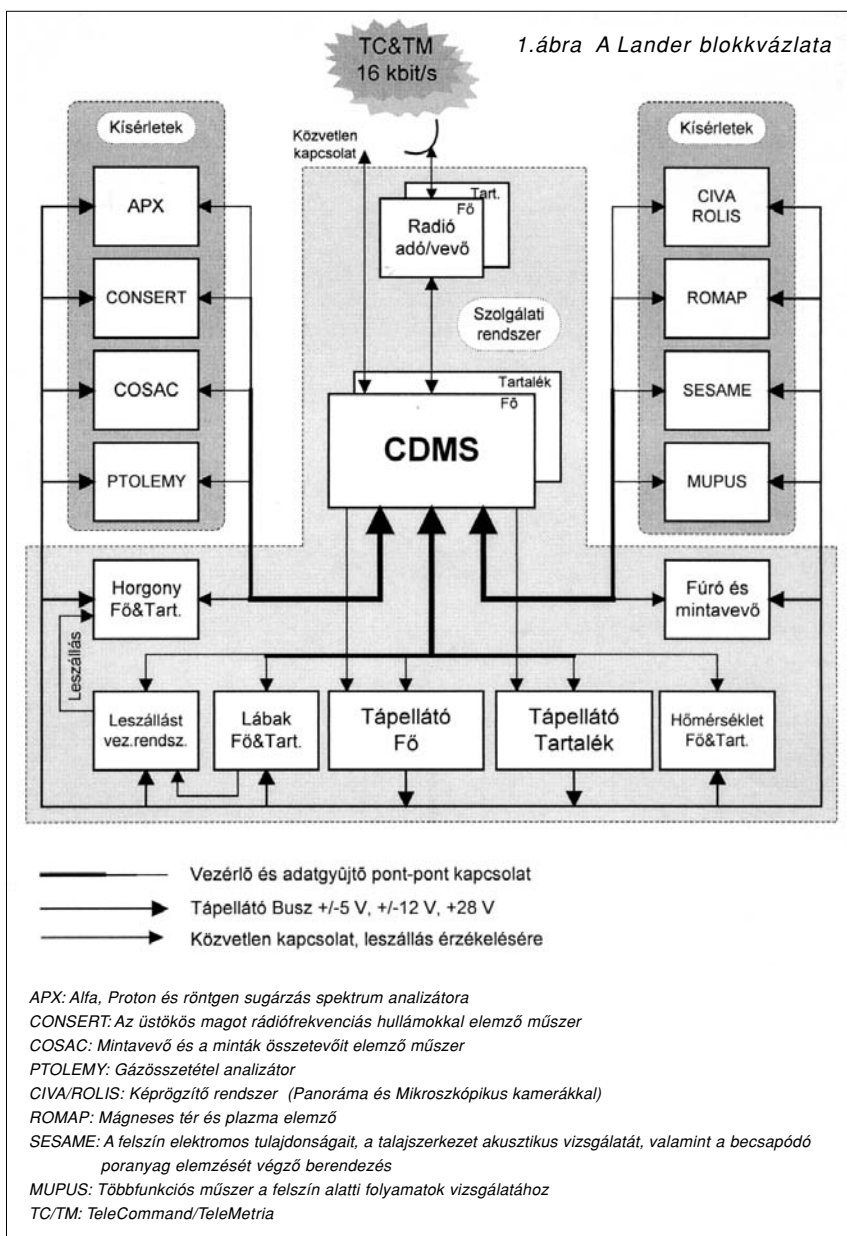
**Kulcsszavak:** leszállóegység, vezérlő és adatgyűjtő rendszer, sugárzásálló processzor, hibajavító memória

Az Európai Űrügynökség Rosetta űrszondája 2004. március 2-án megkezdte közel tízéves utazását a Csurimov-Geraszimenko üstököshöz. Az üstökösök Naprendszerünk legérdekesebb égitestjei közé számítanak és kutatásuk pontosítja a Naprendszer korai állapotáról alkotott ismereteinket. Az üstökös közelébe a szonda két részre válik szét, egyik részere (Orbiter) az üstökös körül kering, a másik, a Philae nevet viselő egység (Lander) pedig leszáll az üstökös felszínére. A Rosetta leszállóegysége lesz az űrkutatás történetében az első műszeregyüttes, amely puhán leereszkedik egy üstökös magjára és ott működése során az üstökös aktivitásának változását is vizsgálni tudja.

Három intézet – a garchingi Max-Planck Institut für Extraterrestrische Physik, a helsinki Finnish Meteorological Institute és a budapesti KFKI RMKI – fogott össze a Rosetta Lander központi vezérlő és adatgyűjtő rendszerének (Command and Data Management Subsystem, CDMS) kifejlesztésére.

A finn kutatók vállalták a „nagy” kapacitású tároló (Mass Memory, MM) fejlesztését és gyártását, a KFKI RMKI kutatói és az SGF Kft. közösen végezték a fedélzeti számítógép és annak szoftverrendszerének kifejlesztését, míg a német kutatók a számítógép drága űrminősítéssel rendelkező alkatrészeinek beszerzését és magának repülő számítógépnek a gyártását vállalták magukra. A számítógépek legyártott moduljait a magyar mérnökök mérték be, tesztelték és integrálták rendszerbe. A központi számítógépből három úgynevezett laboratóriumi, két minősítő, egy repülő és egy földi referencia példány készült.

A számítógép feladata az autonóm működés és a földdel való kommunikáció biztosítása. A kettős feladatkör egy sor bonyolult algoritmust és ugyanakkor nagyfokú flexibilitást biztosító vezérlő szoftver kifejlesztését igényelte. A rádiójelek vételi lehetősége szakaszos, a kommunikációban fellépő több órás holtidők olyan megoldásokat igényeltek, amelyek felismerik az esetleges hibaeseményeket és megteszik a szükséges lépéseket azok elhárítására.



Az energiafogyasztás minimalizálása és a nagyfokú megbízhatóság voltak a legnagyobb prioritással figyelembe vett követelmények a rendszer kialakításánál. A fogyasztás azért különösen kritikus mivel az űrszonda a Naptól 3,5 csillagászati egység távolságra találkozik az üstökössel és így alacsony a napelemek által szolgáltatott energia mennyisége. A fedélzeten ugyan van a Földről vitt telep, de annak energiája feltehetőleg csak három – négy napig tartó működést biztosít a tíz évet meghaladó tárolás után. Hasonlóan az alkalmazott másodlagos, újratölthető akkumulátorok kapacitása is csökken a hosszú utazás során.

A nagyfokú megbízhatóság érdekében olyan alkatrész bázist kellett választani, beleértve magát a processzort is, amely rendelkezik sugárzásálló űrbeli használatra minősített kivitellel. A szükséges feladatokat szükségessé tették a legalább 16 bites processzor alkalmazását. A Harris cég RTX2010 típusú processzora a legkisebb fogyasztású a 16 bites űrminősítésű processzorok közt.

Azonban ez a processzor választás jelentős nehézséget és többlet munkát jelentett a szoftver fejlesztésben. A processzor architektúrája a már feledésbe merült, tisztavirág életű, stack (verem) orientált úgynevezett Forth programozási nyelv alkalmazására optimalizált. A beszerezhető fejlesztői környezet igen korlátozott szolgáltatásokat nyújtott. Nem állt rendelkezésre az adatgyűjtési feladatok ellátásához elengedhetetlenül szükséges valós idejű, sok feladatos operációs rendszer (real-time multitasking kernel) ezt „házilag” kellett kifejleszteni.

Ezután kezdődött csak a konkrét feladatokat elvégző felhasználói (applikációs) taszkok elkészítése. A rendszer magja *round robin* elven működik és osztja szét az erőforrásokat a futásra váró feladatok közt. A Lander egyszerűsített funkcionális blokkvázlata az 1. ábrán látható.

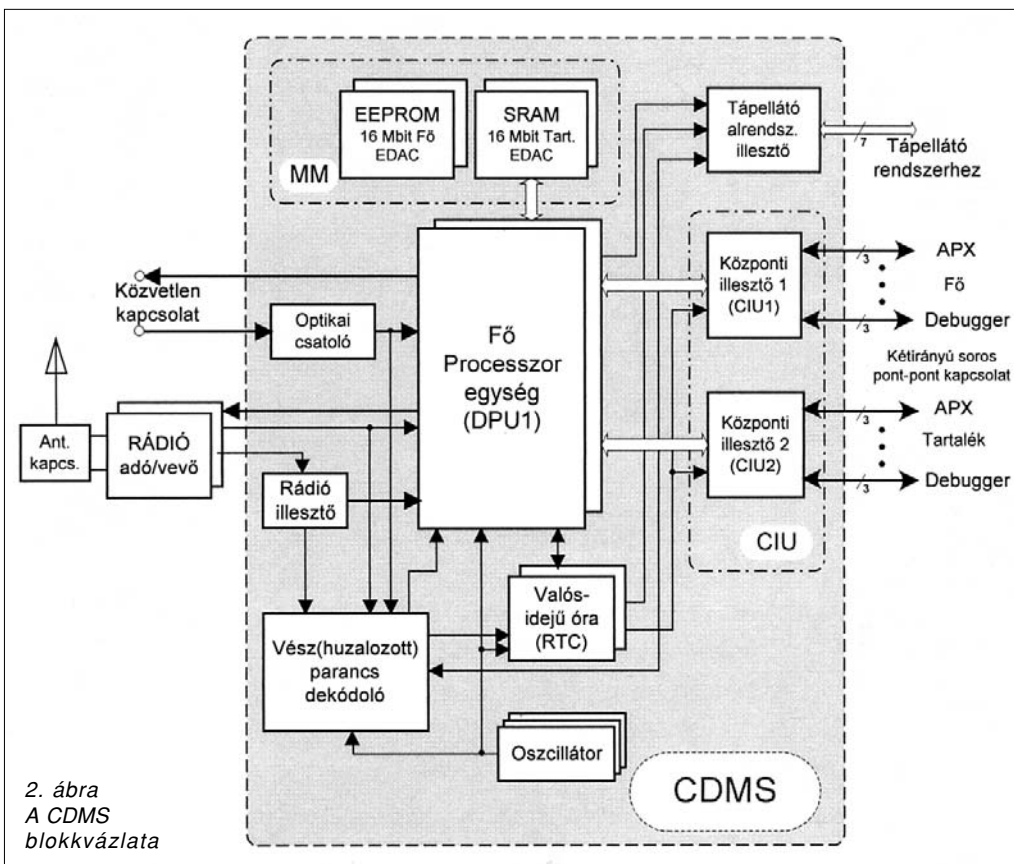
A hibátűrő képességre vonatkozó követelmény miatt, tartalékolt architektúrával kialakított CDMS számítógép blokkvázlata a 2. ábrán látható.

A processzor (*Data Processing Unit, DPU*) háromféle típusú memóriát tartalmaz (3. ábra). Az egyszer írható PROM tartalmaz egy minimális működést biztosító programot tömörített formában. A 6 MHz-es határ frekvenciával rendelkező processzor 3 MHz-en működik a megbízhatóság javítása érdekében. Az elektromosan újra írható EEPROM-ban található a teljes funkcionális biztosító program, a működési szekvenciákat leíró táblázatok, az újraindításhoz, illetve vezérlési feladatok átvételéhez szükséges adatterületek. Itt található továbbá az utólag felmerülő működtetési követelmények megvalósításához, illetve az esetleges szoftver hibák orvoslásához szükséges program módosítások, az úgynevezett *patch*-ek. Induláskor egy összetett – közvetlenül a PROM memóriából futó – algoritmus dönti el, a processzorok sorrendjét valamint, hogy az egyes processzorok a PROM vagy EEPROM memóriából, javítások használatával vagy azok nélkül futtassák-e szoftver rendszerüket.

A kiválasztott program konfigurációt a processzor feltölti a RAM memóriába és ezután a program innen fut. A nagyenergiájú részecskék hatására esetlegesen fel-

lépő bithibák hatásának kiküszöbölésére a 16 bites szavak Hamming kódolással tárolódnak a RAM és az EEPROM memóriákban. A processzor hiba-felismerő algoritmusát pedig egy úgynevezett *watchdog timer* segíti.

Más fedélzeti alrendszerek és a tudományos berendezések adatainak gyűjtése valamint vezérlésük pont-pont kapcsolatú, tartalékolt, három vezetékes összeköttetésekön keresztül valósul meg. Az adatátvitel egy a Mil-1553 szabványhoz hasonló protokoll szerint történik. Ez a protokoll a mikroprocesszor nélküli fedélzeti alrendszerek számára is egységes kommunikációs formát tesz lehetővé.



A Lander energiaellátó alrendszerét egyrészt az egységes adatátviteli csatornán, másrészt közvetlen vezetékeken keresztül vezérli a számítógép. Magát az energiaellátást biztosító alrendszert a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Úrkutató csoportja fejlesztette.

A tartalékolt rádió adó-vevők kezelését, egy robusztus mechanizmust megvalósító csupán kis integráltságú áramköri elemeket tartalmazó rész biztosítja. A leszálló egységnek automatikusan észlelnie kell az orbiter egység kommunikációs szándékát, mégpedig olyan módon, hogy a rádió láthatóságon kívüli holtidőkben minimalizálja a rádiórendszer magas energiaigényét, ezért ez az áramkör időről időre váltakozva bekapcsolja a rádióvevőket függetlenül a processzortól, amely az előre megadott várható láthatósági időpontjában próbálja felépíteni a kapcsolatot az orbiter egységgel. Amíg a leszállóegység az orbiteren van közvetlen vezetékes kapcsolaton keresztül vezérelhető és állapota ellenőrizhető.

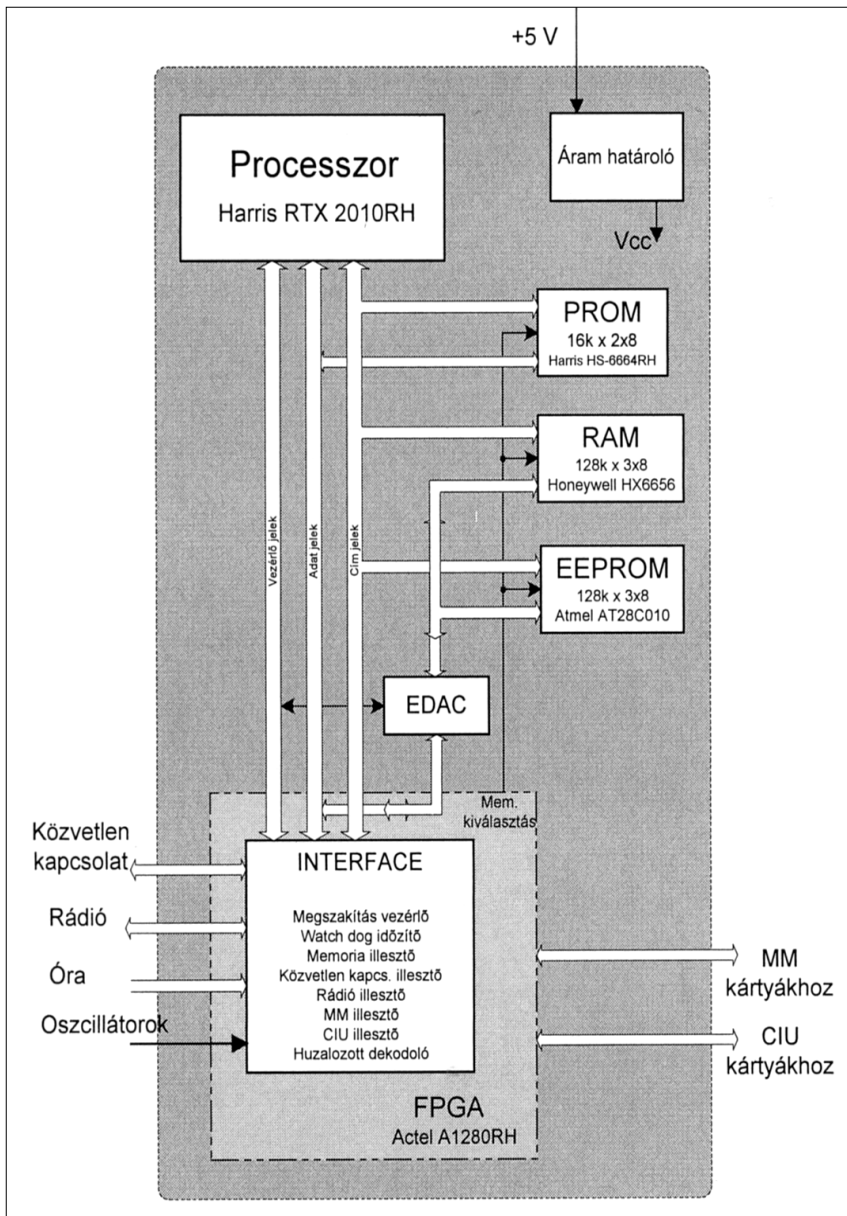
A processzorok közti átkapcsolás szintén egy kritikus eleme a rendszernek, amely döntéshozatali logikája alacsonyintegráltságú elemekből áll. A fedélzeti hibás döntés elhárítására a „huzalozott” (processzor nélküli) parancsértelmező beavatkozhat. Földi parancsal a processzor bekapcsolásakor működésbe lépő döntési algoritmus is felülírható, melyik memóriából és javításokkal vagy anélkül töltődjek be a futására kerülő program. Ez lehetővé teszi, hogy hibás program feltöltés esetén a PROM memóriából elinduljon a rendszer és újra tölthető legyen az EEPROM memória.

Az üstökösre történő leereszkedést, a felszínre érkezést érzékelő és a talajhoz rögzítés folyamatait végző alrendszereket közvetlenül felügyeli a számítógép. Hibás működés észlelése esetén azonnal beavatkozik és megpróbálja a tartalék rendszerekkel befejezni a leszállást. A számítógép felszíni működése teljesen autonóm, akár napokig irányíthatja a tudományos kísérletek menetét, földi beavatkozás nélkül. A kísérletek adatait pedig a tároló memóriában megőrzi és a legközelebbi rádió kapcsolat alkalmával az orbiter segítségével továbbítja a Földre.

A Lander működésre vonatkozó vezérlési megoldásokról a jelenszámban megtalálható szoftver ismertető cikk szól részletesen.

**Irodalom**

- [1] Dependable computing on Rosetta Lander; Attila Baksa, András Balázs, Zoltán Pálos, Sándor Szalai, László Várhalmi; EWDC2000; 12. May 2000, Budapest
- [2] Embedded System on Rosetta Spacecraft; Attila Baksa, András Balázs, Zoltán Pálos, Sándor Szalai, László Várhalmi; Msy'02 Conference; 3-4. October 2002, Winterthur
- [3] Embedded System on Rosetta Spacecraft; Attila Baksa, András Balázs, Zoltán Pálos, Sándor Szalai, László Várhalmi; DASIA 2003 Data Systems In Aerospace Conference; 2-6. June 2003, Prague



3. ábra  
A processzorkártya blokkvázlata