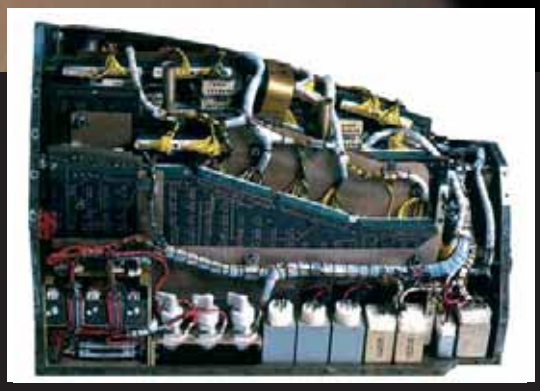
Microprocesadores en el Espacio

La sonda Mars Odyssey de la NASA, en órbita alrededor de Marte desde finales de 2001, se colocó automáticamente en modo seguro (safe-mode) el pasado mes de junio. Los científicos piensan que el impacto de partículas de alta energía en algún módulo de memoria fue la causa del problema. Las actuales naves pasan a este estado de bajo consumo para evitar daños mayores. Durante los días que permaneció en modo seguro, fue la sonda Mars Reconnaissance Orbiter la que tuvo que hacer de repetidor entre el aterrizador Phoenix, recién llegado a Marte tan sólo unos días antes, y el control de la misión en la Tierra.

El primer satélite artificial, el Sputnik 1, fue lanzado el 4 de octubre de 1957 desde el cosmódromo de Baikonur. Con este hecho sin precedentes, la antigua Unión Soviética colocó en el espacio el primer objeto construido por el Hombre. La noticia dio la vuelta al mundo y marcó en los calendarios el comienzo de la llamada Era Espacial.

Por Juan Antonio Fernández Moreno
(The Mars Society España - info@marssociety.org.es)



El uso de computadoras en el espacio no se produjo hasta mediados de los años 60, gracias al programa Géminis de la NASA. IBM realizó un diseño a medida, donde corría un software básico escrito en ensamblador o Fortran (el concepto de "ingeniería del software" no apareció hasta 1968, dentro del programa Apolo para misiones tripuladas a la Luna). Hasta entonces se habían utilizado circuitos electrónicos, pero la idea de utilizar computadoras pequeñas en el espacio parecía bastante ridícula.

Desde entonces, la tecnología espacial ha evolucionado considerablemente. Las formas de acceder al espacio han mejorado y la complejidad de las misiones, de los objetivos y de las naves, ha aumentado. Todo ello ha sido posible, en parte, gracias al uso de computadoras tanto en la Tierra como en el propio espacio.

Pero si cogiésemos nuestro equipo portátil o de sobremesa (no importa si es un Mac, un PC o cualquier otro, ni el microprocesador que lleve incorporado, ni el sistema operativo) y lo lanzáramos a bordo de una nave espacial más allá de los límites de la atmósfera terrestre, esto es, por encima de los 100 Km de altura, sería cuestión de tiempo que comenzase a dar errores, fallase y terminara por dañarse definitivamente.

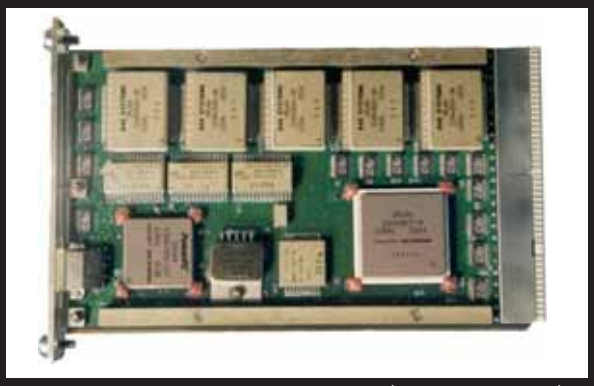
Misión	Destino	Procesador	Arquitectura	Frecuencia	MIPS	Fabricante
Messenger/ Phoenix/Dawn	Mercurio/Marte/ Cinturón de asteroides	RAD6000	RS/6000 Power	25/33/33 MHz	35	BAE Systems
New Horizons	Plutón	Mongoose-V	MIPS R3000	12 MHz	10,6	Synova, Inc.
Mars Reconnaissance Orbiter	Marte	RAD750	Power PC 750	133 MHz	240	BAE Systems
Venus Express/Cassini /Rosetta	Venus/Saturno/C ometa Churyumov-Gerasimenko	1750A	MIL-STD 1750A	Según misión	Según misión	Varios

Radiación espacial

El espacio es un entorno muy hostil, nada comparable al que estamos acostumbrados a tener en la Tierra, donde una atmósfera relativamente gruesa y un campo magnético global nos protegen de las partículas de alta energía procedentes del Sol y del espacio interestelar. Dichas partículas, como son los rayos X y los rayos gamma, son capaces de penetrar en cualquier vehículo espacial, traspasando las paredes de estos. Es algo que ocurre continuamente en la ISS (Estación Espacial Internacional), en las decenas de satélites que orbitan la Tierra, en el transbordador espacial cuando está en órbita, o en las numerosas sondas que exploran el Sistema Solar y sus confines. Cuando esto ocurre, si la partícula choca con algún componente electrónico puede provocar que un circuito funcione de forma incorrecta. En algunos casos esto se convierte en una conmutación accidental, proporcionando un 0 en vez de un 1, o viceversa. Este cambio podría alterar el resultado de una operación lógica, por ejemplo, haciendo que se encienda un propulsor de la nave y que ésta gire en una dirección no deseada, o que la antena de comunicaciones se reoriente, perdiendo en ese momento el enlace, o simplemente que el computador principal se reinicie. Estas situaciones críticas deben evitarse a toda costa, máxime si la nave transporta seres humanos.

A día de hoy no existe una solución definitiva y para minimizar los riesgos los circuitos electrónicos que se envían al espacio son a prueba de radiaciones. Son los denominados "rad-hard", abreviatura de radiation-hardened. En muchos casos los chips rad-hard pueden continuar trabajando perfectamente tras recibir el impacto de una partícula de alta energía que, de haber impactado en un chip normal, podría haberlo dejado totalmente inutilizado.

El aterrizador Phoenix, la última sonda en llegar a Marte, porta un microprocesador RAD6000.



Microprocesador RAD750 integrado en placa (abajo a la izquierda). Este tipo de tarjetas incorporan distintas interfaces, como la clásica RS-232 serie de 9 pines, para ser conectadas a equipos en procesos de programación o depurado de código. En el ejemplo el bus es de tipo CompactPCI.

Situación actual

Como cabría esperar, no todo son ventajas y los circuitos diseñados con esta tecnología son mucho más caros, más lentos y consumen más energía.

El precio actual de un microprocesador rad-hard depende del modelo, las características, la carga de radiación capaz de soportar y la velocidad de proceso. Valga como ejemplo el micro RAD750 de tercera generación, último modelo de la empresa BAE Systems, basado en el PowerPC 750 de IBM con arquitectura RISC de 32 bits y cuyo coste ronda los 200.000 dólares. No es excesivamente caro para una misión espacial.

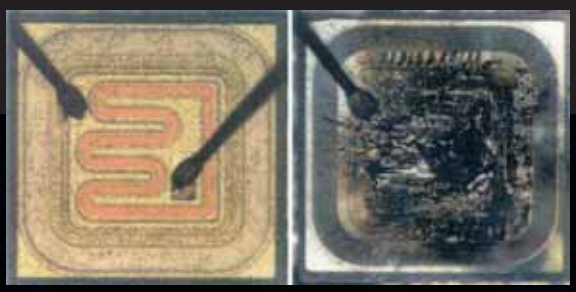
En cuanto a la velocidad, sorprende saber que algunas PDAs actuales superan con creces la capacidad de proceso de muchos modelos de microprocesadores rad-hard. Siguiendo con el ejemplo anterior, el RAD750 tiene una velocidad de 133-166 MHz y es capaz de ejecutar 300 MIPS. Básicamente, el trabajo de un microprocesador es ejecutar código en tiempo real, efectivo y fiable, para gestionar uno o más subsistemas de la nave. No requiere de reproducciones multimedia, ni generación de gráficos 3D en tiempo real, ni uso de complejas interfaces gráficas. Esto no quiere decir que el tamaño del código sea pequeño o el desarrollo del software sea sencillo.

Por último, la gestión de recursos energéticos en misiones espaciales puede plantear graves problemas (y a veces grandes dilemas a la hora de diseñarlas). Debemos tener en cuenta que la utilización de paneles solares para la producción de energía eléctrica deja de ser efectiva más allá de la órbita de Marte, donde se hace necesario el uso de energía nuclear. Esto puede ser un serio inconveniente para las misiones de larga duración, donde en muchas ocasiones aparecen problemas energéticos, como los que tienen los rovers Spirit y Opportunity desde que el fino polvo marciano se acumula en sus paneles. La obtención de energía limita en muchos casos la vida de una misión, por lo que implantar sistemas que consuman poca energía puede ser decisivo, algo que choca con la tecnología rad-hard.

Otros sistemas anti-radiación

Algunas agencias espaciales, como la NASA, estudian otros sistemas para paliar los efectos de la radiación. Es el caso del proyecto EAFTC (Environment Adaptive Fault-Toleran Computing), el cual utiliza procesadores redundantes con un software de toma de decisiones especialmente diseñado para trabajar con ellos. Su funcionamiento puede resumirse diciendo que, en previsión del tipo de operación y de su importancia, uno o más procesadores realizan el mismo cálculo, después, es el software el responsable de elegir la solución más votada. No es una alternativa a la tecnología rad-hard, sino una posible opción más para sistemas no críticos, como pueden ser los encargados de obtener o analizar datos científicos.

En marzo del año pasado, el transbordador espacial Endeavour llevó hasta la ISS un experimento que será probado durante todo un año. Es un nuevo tipo de transistor, creado por la Universidad de Northwestern y basado en una tecnología revolucionaria llamada SAND (Self-Assembled Nanodielectric). Al contrario que los actuales transistores, basados en el silicio, los SAND son altamente resistentes a la radiación; además de ser imprimibles, flexibles y más pequeños. Esto último significa que tendrían una aplicación directa aquí en la Tierra. Es un claro ejemplo de cómo la tecnología desarrollada para el espacio retorna a la Tierra, dándonos beneficios a corto plazo, y también un buen ejemplo de la utilidad y el uso de las instalaciones en órbita.



Estado de un transistor antes y después de ser alcanzado por partículas de alta energía.