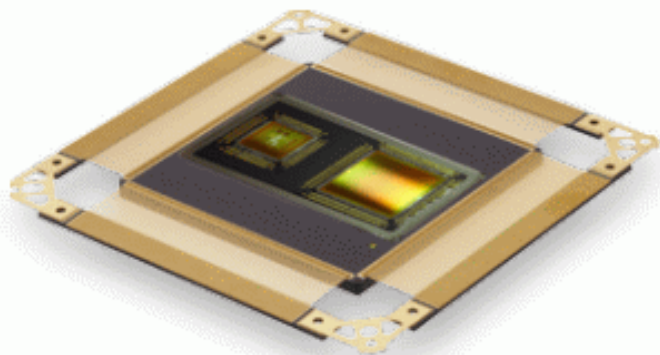


Aj keď je málo pravdepodobné, že typický čitateľ uZone bude navrhovať systém, ktorý smeruje do kozmu; pre prípad že áno, je dobré mať prehľad o tom, aké komponenty sú na túto náročnú úlohu k dispozícii. Jednou z najvýkonnejších platforiem v tomto smere je aj rad 32-bitových mikroprocesorov pre kozmické účely od spoločnosti Atmel, a [ATF697FF](#) je vrcholným modelom, kombinujúcim procesor spolu s FPGA.



Atmel ATF697FF

Podmienky elektroniky v kozme nie sú vôbec jednoduché. Treba rátať s mnohými nepríjemnými faktormi: zrýchlenia a vibrácie, zlý odvod tepla, kolísajúce napájanie kvôli náhlym zmenám v dodávke energie aj odbere rôznymi systémami, poruchy vyvolané kozmickým žiarením. Vyžaduje si to používať nielen komplikovaný návrh a výrobu, neobvyklé výrobné aj puzdiace technológie, ale aj prísnu kontrolu kvality a samozrejme dôkladne vedenú dokumentáciu. Spolu s malými vyrábanými množstvami toto vyústi aj v doslova nebotyčné ceny pre takéto súčiastky.

A to pritom nie sú jednoduché súčiastky. Kozmické lety pred desiatkami rokov sa zaobišli len s jednoduchými elektromechanickými riadiacimi systémami, v 60tych rokoch nastúpili prvé, vtedy ešte [pomerne primitívne](#) riadiace počítače. Postupne sa však náročnosť úloh zvyšovala, čo spolu s pokrokmi v mikroelektronike spôsobilo objavenie sa prvých mikrokontrolérov určených pre kozmické aplikácie. Snáď najslávnejší z nich, RCA/COSMAC1802, ktorý preukázal svoje schopnosti v mnohých úspešných medziplanetárnych sondách, je vlastne dodnes vyrábaný ako "hi-reliability" obvod spoločnosťou [Intersil](#).

Výkon, ktorý tento staručký 8-bitový mikroprocesor poskytuje, by však dnes nestačil ani školským pokusom projektu CubeSat. Nároky na presnosť navigácie, množstvo a kvalitu zozbieraných dát, ako aj na komunikáciu s pozemskou základňou, vzrástli medzičasom o niekoľko rádov. A tak je pre moderné kozmické zariadenia potrebné aj portfólio moderných, výkonných súčiastok.

Heslá, pod ktorými takéto súčiastky treba hľadať, sú (zhruba v stúpajúcom poradí ceny): HiRel (high reliability, t.j. so zvýšenou spoľahlivosťou), Military (t.j. pre armádne účely), Aerospace (t.j. pre letectvo a kozmonautiku), RadHard (radiation hardened, t.j. so zvýšenou odolnosťou voči radiácii).

Jedným z výrobcov, ktorí sa dlhodobo venujú vývoju a výrobe tejto kategórie výrobkov, je aj spoločnosť Atmel. Aj keď čitatelia uZone poznajú Atmel predovšetkým ako výrobcu lacných mikrokontrolérov, treba si uvedomiť, že sa jedná o veľkú spoločnosť s viacerými aktivitami, ktoré spolu majú len jednu spojnicu, a to že sa jedná o polovodičovú výrobu. U spoločnosti Atmel sa HiRel/RadHard výroba spája najmä s jej tradične silnými kontaktami v západnej Európe (Nemecku a Francúzsku) - v tejto súvislosti môžeme spomenúť akvizíciu firmy Temic (s koreňmi vo francúzskej Matre/MHS a nemeckom Telefunke) ako aj obchody so spoločnosťou e2v,

Toto objasňuje aj pozadie výroby RadHard procesorov u Atmelu. Tieto sú tradične založené na 32-bitovom jadre [LEON](#). Jedná sa o derivát jedného zo "silnej trojky" 32-bitových RISCov, jadra [SPARC](#). LEON bol vyvíjaný na iniciatívu a za sponzorstva európskej kozmickej agentúry ESA priamo ako vysokovýkonný procesor so zvýšenou spoľahlivosťou a radiačnou odolnosťou. Je potrebné si pritom uvedomiť, že radiačná odolnosť nie je daná len exotickými výrobnými postupmi či nejakými magickými radiačnými štítmami v puzdrách. Jedná sa predovšetkým o to, aby bol procesor (či logika vôbec) schopný sa "spamätať" z poruchy vyvolanej zásahom vysokoenergetickou časticou či kvantom žiarenia. A tak je radiačná odolnosť do značnej miery daná návrhovými prostriedkami ako je sekvenčná logika bez "ilegálnych" stavov (resp. so schopnosťou sa z nich zotaviť), kombinačná logika poskytujúca správnu výstupnú úroveň aj pri žiarením spôsobenej dočasnej poruche jedného z jeho tranzistorov, podobne riešená redundancia aj vo vyšších vrstvách návrhu, detekcia a korekcia chýb - to posledné sa týka najmä údajov v pamätiach ako aj prenosu dát po štandardizovaných zberniciach medzi jednotlivými výpočtovými jednotkami v typickom kozmickom nosiči alebo korábe.

LEON má implementované práve takéto rozšírenia, a pritom je binárne kompatibilný s bežnými SPARCami, čo umožňuje používať existujúce vývojové prostriedky, ako sú prekladače a debuggery.

Vlastnosti

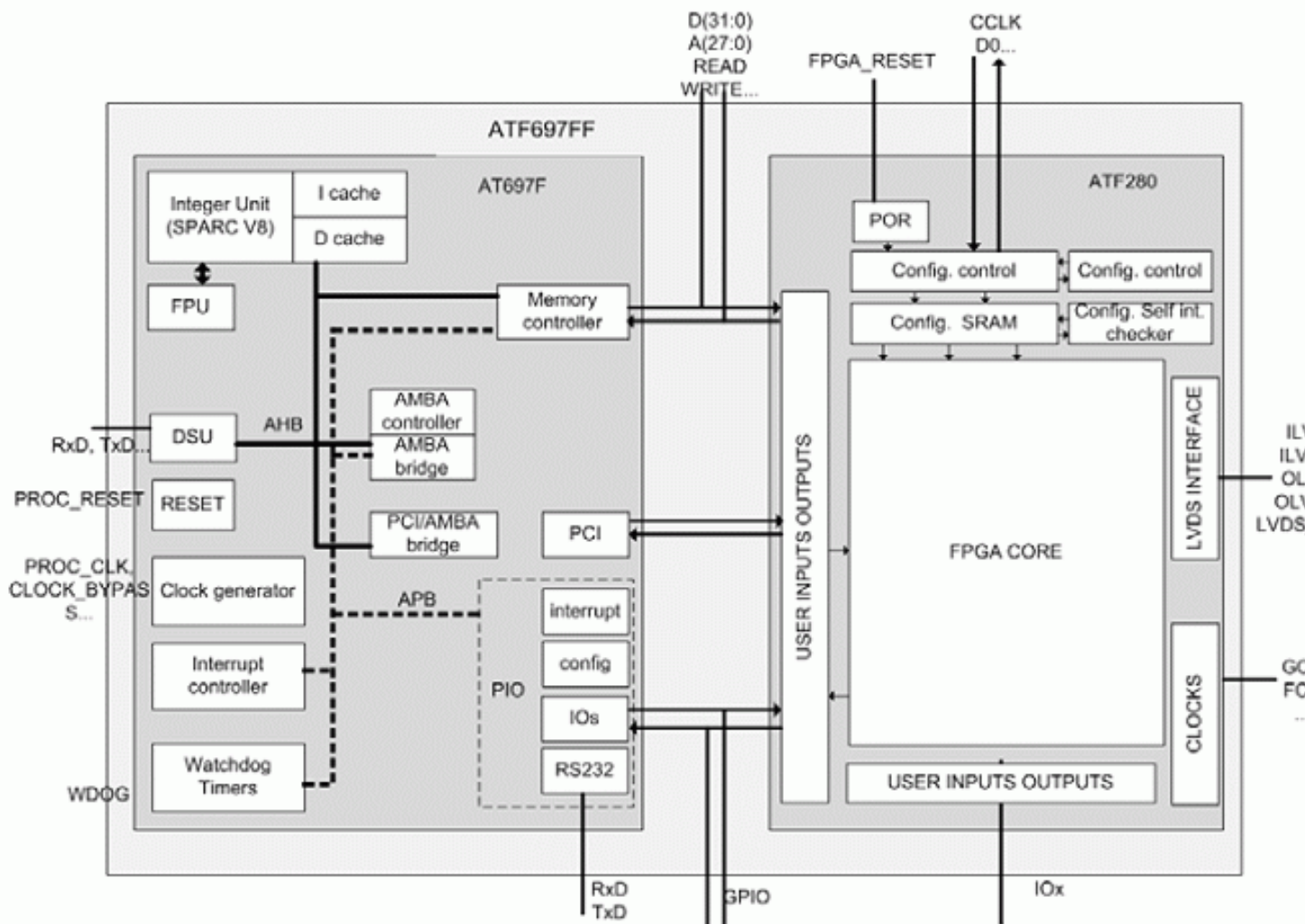
ATF697FF je unikátny najmä tým, že je to kombinácia procesora a FPGA v jednom puzdre (Atmel samozrejme ponúka aj obe súčiastky samostatne).

Procesor ponúka výkon 90 MIPS pri 100MHz hodinách (pričom datasheet upozorňuje, že najvyššie hodinové frekvencie je potrebné si overiť experimentálne), čo pri napájaní jadra 1.65V-1.95V znamená typickú spotrebu okolo 0.7W. Má zabudovanú 32kB inštrukčnú a 16kB dátovú cache, dva UARTy a jednotku pre debugovanie.

FPGA je založené na SRAM, t.j. je potrebné ho po zapnutí nakonfigurovať (z nejakej vhodnej ROM/FLASH, ako inak, tiež v prevedení RadHard). Je ekvivalentom 280 tisíc hradíel a obsahuje aj 115200 bitov pamäte. Najvyššia hodinová frekvencia tejto jednotky je 50MHz.

Procesor komunikuje s FPGA predovšetkým prostredníctvom zabudovanej PCI zbernice. Puzdro je typicky pre tieto aplikácie keramické s vývodmi do bokov, z označenia QFP-352 je jasný aj počet vývodov... No a v tejto kategórii je samozrejmosťou aj pracovný rozsah teplôt -55°C až +125°C.

Blokové zapojenie



Cena

Je pochopiteľné, že obvody tejto kategórie sa neobjavujú v bežných predajniach so súčiastkami, a tak ani ceny nebývajú verejne známe. Mnohé však napovie aj to, že aj táto súčiastka je ponúkaná v troch kategóriách - Engineering samples/QML-Q (military)/QML-V (space/rad-hard). Jedná sa pritom z funkčnej stránky o identickú súčiastku; [hlavný rozdiel je v miere "individuálnej pozornosti"](#) venovanej počas výroby a testovania - a z toho potom vyplývajú aj priepastné rozdiely v cenách jednotlivých "variánt".

Odkazy

[ATF697FF homepage](#)