

УПРАВЛЯВАЩ МОДУЛ НА САТЕЛИТ

**Ани Бонева, Дичко Бъчваров, Елмира Бъчварова, Роман Захариев, Румяна
Кръстева, Румен Недков, Веселин Гьорчев**

ЦЛМП –БАН

София, ул. Акад. Г. Бончев бл. 1, e-mail: dichko@clmi.bas.bg

Ключови думи : Satellite, RISC-processor, safe-controller, ADSP, data - processing

Резюме:

В настоящата публикация се представя едно апаратно/програмно решение на Микропроцесорна система за управление на изведен на орбита сателит на базата на използване на микроконтролер ATmega2560 и сигнален микроконтролер ADSP 21992. Системата е проектирана в съответствие с принципите на "Safe technology"- т.е. притежава повишена надеждност и възможности за работа в сложни условия, характерни за орбиталната апаратура. Системното програмно осигуряване позволява презареждане на програмните функционални модули от Наземна станция, посредством използването на радио- канали. Системата за управление поддържа работата на основните бордови автономни устройства, реализиращи различни научни експерименти, организира синхронизацията им и осигурява информационния трафик към и от комуникационния микроконтролер на сателита.

Една от сложните и отговорни задачи на системното програмно осигуряване включва управлението на работата на широко- форматна бордова видеокамера, за решаването на която, се предлага използването на високопроизводителен сигнален микроконтролер ADSP 21992 на фирмата Analog Devices, работещ като обработващ блок, под координацията на RISC микроконтролер ATmega2560 на фирмата Atmel.

Разработен е и специален комуникационен протокол, позволяващ наблюдението и контрола от Наземна станция на работата на бордовата система за управление, с възможности за редактиране и промяна на времевите графици на работата на бордовите устройства.[1]

1. Основни функции на Микропроцесорната система за управление на изведен в орбита сателит

1.1 Уточняване на предмета на изследване

Най-общо, системата за управление е отговорна за правилната работа на всички бордови подсистеми на сателита, за реализацията и поддръжката на комуникацията с Наземна станция, за навигацията и ориентацията на обекта в пространството в съответствие с движението му по желаната орбита.[4] В настоящата статия се представя едно апаратно и програмно решение на Микропроцесорна система за управление на ограничен брой от подсистеми на сателита, а именно на тези свързани с реализацията на научните експерименти провеждани с бордовите прибори. Акцентът е поставен върху координацията и интерфейсите между различните прибори и подсистеми, проектирането на контролен блок, реализиращ тези функции.

Въпреки голямото разнообразие на технологични решения на различните научни прибори, съществуват много общи параметри на последните, които позволяват разглеждането им като модули на една научно- изследователска подсистема, включени към обща комуникационна магистрала с унифициран комуникационен протокол. Управлението на тази подсистема, както и координацията на последната с подсистемите за ориентация и комуникация с Наземна станция е задача на Микропроцесорната система за управление, представена в настоящата публикация.[3]

1.2. Управление на основните информационни потоци

Бордовите устройства и научните прибори формират информационни потоци с различна интензивност, които могат да бъдат разделени в три групи:

- (1) Бавни – те се генерират от научните прибори и се характеризират с относително нисък информационен трафик (от десетки до стотици байтове за секунда);
- (2) Бързи – поддържат информацията, постъпваща от широко форматна видеокамера и формират трафик от порядъка на десетки до стотици мега- бита в секунда;
- (3) Управляващи – сравнително бавни информационни потоци с асинхронен характер, генерирани от комуникационната и навигационната подсистеми на сателита. Информацията постъпила по тези канали има формата на команди или параметри за подсистемите.[3]

Поради нееднородния характер на информационните потоци и поради изискванията за спазване на времевия график за извършване на измервания и трансфер на данни, естествено решение на задачата за организиране на комуникацията между различните бордови устройства е обработката на разнородните информационни масиви да се извършва от различни микроконтролери, работещи съгласувано и в паралел.[2]

В настоящата публикация се предлага решение, при което обработката на данните, постъпващи от видеокамерата да се извършват от високопроизводителен ADSP 21992. Последният получава последователно двоична информация за заснетото изображение от микроконтролера вграден в видеокамерата, използвайки високоскоростна синхронна серийна магистрала. Извършват се различни типове обработки, като резултатите (от тях) се записват във външна буферна памет до приключване на работата с текущия кадър. По този начин се извършва оценка на качеството на фотоснимката от видеокамерата (оценяват се осветеност, контраст и различни елементи на разпознаване). При положителна оценка на качеството, информацията (в буферната памет) се компресира, форматира и предава на комуникационния микроконтролер на сателита. Последното не се прави при негативна оценка на качеството на фотоснимката, като за това се информира комуникационния микроконтролер. И в двата случая се информира координирация ATmega2560 за резултата от обработката на фотоснимката.

Информацията от бавните канали обслужващи научните прибори се получава по специализиран интерфейс, базиран на RS422 от ATmega2560, след което тя се обработва, форматира и изпраща като самостоятелен запис по RS422 към комуникационния микроконтролер на сателита.

Информацията, включваща различните командни съобщения от наземната станция към комуникационния микроконтролер на сателита се приема от последния и предава на ATmega2560 по същата магистрала от тип RS422, в качеството на

информационна част на заявката към научно- изследователската подсистема. По този начин, използвайки принципа “request- answer” се осъществява едновременно информирането на приборите за постъпили команди от наземната станция (в качеството запитване) и получаването на научна информация за тяхната работа (в качеството на отговор).

2. Архитектура на Микропроцесорната система на управление

2.1. Специфични характеристики на използваните микроконтролери

2.1.1 Микроконтролер АТmega2560

АТmega2560 на фирмата ATMEL е построен по RISC технологията и се характеризира със:

- (1) Производителност – 16 милиона инструкции за секунда;
- (2) Харвардска архитектура на микроконтролера;
- (3) Обем на енергийно– независимата програмна памет (от тип Flash) 256K;
- (4) Вградени памети (8 K STATIC RAM; 8 K EEPROM);
- (5) Вградени периферни устройства (таймери, UART порти, SPI канали, входно-изходни стандартни цифрови канали и др.);
- (6) Програмиране на Flash паметта, по време на изпълнение на системни програми (във фонов режим, без да е необходимо микроконтролерът да прекратява основните си функции);
- (7) Пет режима на работа с различна консумация на енергия с възможност за програмно управление на превключването между тях;
- (8) Набор от вътрешни и външни апаратни прекъсвания.

Микроконтролерът АТmega2560 изпълнява следните функции:

- (1) Функционира като координиращ микроконтролер, извършващ синхронизирането на работата на научно- изследователската подсистема с останалите бордови подсистеми – навигационна и комуникационна;
- (2) Управлява функционирането на видеокамерата. За целта АТmega2560 поддържа набор от статусни и управляващи сигнали, които осъществяват синхронизацията на работата на вградения във видеокамерата автономен микроконтролер. Допълнителни сигнали позволяват координацията му с навигационния блок на сателита;
- (3) Поради спецификата на архитектурата на сигналния микроконтролер ADSP 21992, извършващ обработката на изображението, последния изпълнява своята програма в бърз вътрешен RAM с обем от 96K. Това налага да се извърши предварително зареждане на програмата (up-loading) от външно устройство в този RAM. АТmega2560 използва две секции от своята Flash памет за съхраняване на такива програми. Микроконтролерът активира и извършва операциите по презареждане на тези програми в ADSP 21992 и осигурява неговото стартиране. По този начин е възможно изпълнението на два различни обработващи алгоритми (от страна на сигналния микроконтролер), инициирани от АТmega2560, на базата на получените команди от наземната станция или в съответствие с предварително заложения график на работа.

2.1.2 Микроконтролер ADSP 21992

ADSP 21990 е високо - производителен сигнален микроконтролер на фирмата ANALOG DEVICES имащ следните основни характеристики:

- (1) Скорост на обработка – 180 милиона операции в секунда;
- (2) Набор от различни (вградени) устройства включващи: SPORT, UART, SPI, I/O канали, таймери и други;
- (3) Вътрешна бърза памет, включваща 96K програмна памет и 32 K памет за данни;
- (4) Три автономни магистрали за достъп до различните типове данни;
- (5) IDMA канал, осигуряващ паралелен достъп до и обработка на различни видове входна информация по синхронен сериен канал;
- (6) Вградено устройство за директен достъп до външна памет с голям обем.

Сигналният микроконтролер изпълнява операции, свързани с прочитане на поредицата от битове, постъпващи по SPI от вградения микроконтролер на видеокамерата и алгоритми за оценка на качеството на изпращания кадър. В резултат на обработката се създава компресиран масив записан в буферната памет от сигналния микроконтролер. При положителна оценка на качеството на изображението, този масив се изпраща към комуникационния процесор Цикълът на обработка се инициира от ATmega2560 и приключва след изпращане на съхраняваната в буферната памет обработена информация.

2.2. Блокова схема на Микропроцесорната система за управление на сателит

На Фиг.1. е показана блокова схема на Микропроцесорна система за управление на сателит, включваща три комуникационни магистрали и автономни устройства поддържани от тях както следва:

- (1) Бърза магистрала – към нея са включени микроконтролери с висока производителност (микроконтролер на видеокамера, ADSP21992 и комуникационен микроконтролер);
- (2) RS422-1 – към нея са включени ниско-скоростни, автономни устройства, като Научни прибори, навигационен микроконтролер, комуникационен микроконтролер и ATmega128.
- (3) RS422-2 – към нея са включени ATmega128 и ADSP21992.

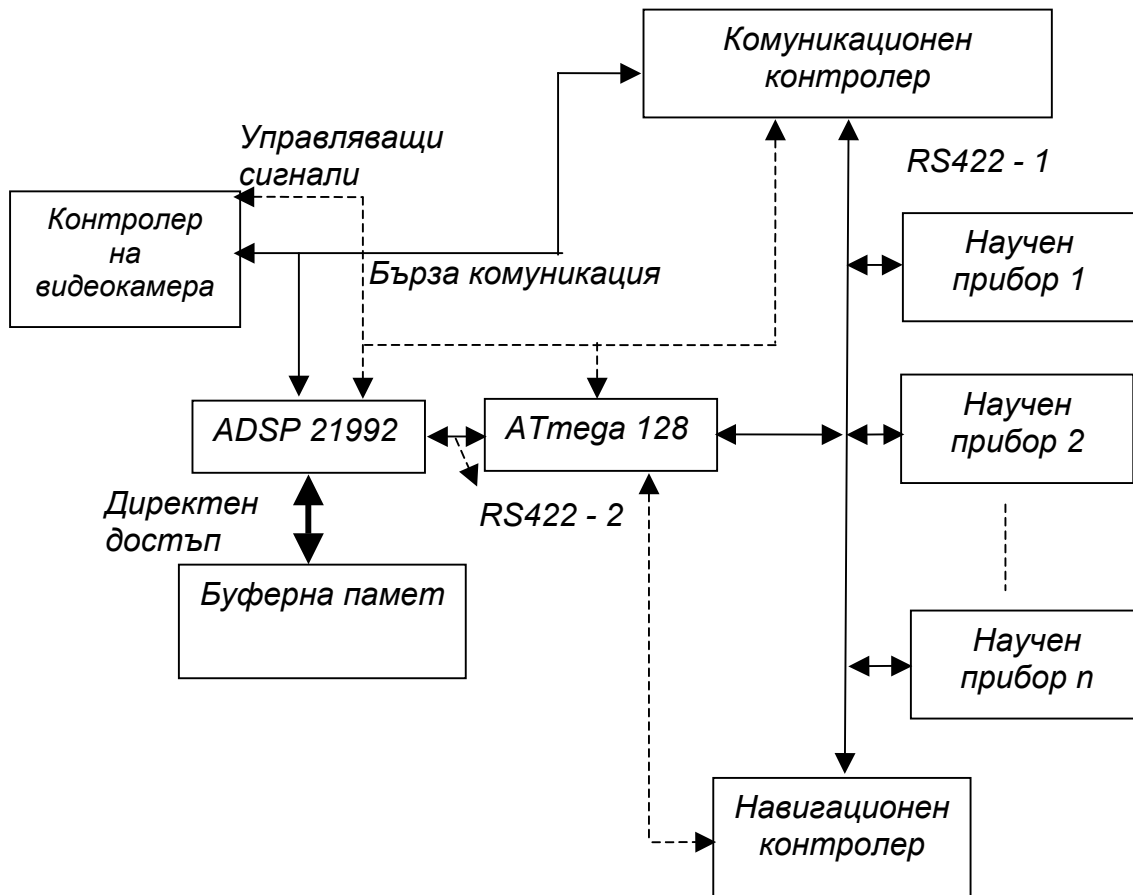
Последните две магистрали, реализират физически протокол RS422 със общ Мастер- ATmega128 и са предназначени за обмен на научна информация и синхронизация със бордовите микроконтролери за навигация и комуникация.

Бързата магистрала е предназначена да осигури изпращане на двоична информация от микроконтролерът на видеокамерата и след обработката ѝ от ADSP21992, да изведе резултатите (записани в буферната памет) към комуникационния микроконтролер.

Синхронизацията на работата на координиращия микроконтролер ATmega128 със останалите автономни устройства се осъществява посредством набор от управляващи и статусни сигнали, общи за всички устройства(показани на Фиг1 с пунктирана линия).

Зареждането в програмната памет на ADSP21992 на съответен програмен код, се осъществява от микроконтролер ATmega128, който използва своята flash памет за

съхраняване на два програмни модула на ADSP21992. Това става по магистралата RS422-2 и се инициира от ATmega128.



Фиг.1. Блокова схема на Микропроцесорна система за управление на сателит

3. Режими на работа на Микропроцесорната система за управление на сателит.

Микропроцесорната система за управление на сателит, реализира следните работни режими:

(1) Обмен на командна и статусна информация между Наземна станция и координирация микроконтролер. Тези команди се подават към АТmega128 от Наземна станция посредством Комуникационния микроконтролер. АТmega128 формира последователност от съобщения, които по RS422-1 магистрала информират автономните устройства и активират съответни действия в тях. В резултат на изпълнението им, координирация микроконтролер получава статусна информация използвайки същия канал, обобщава я и предава чрез Комуникационния микроконтролер обратно на наземната станция.

(2) Извършване на заснемане с видеокамера, обработка на изображението и извеждането му към комуникационния микроконтролер. Тази операция се иницира по команда от АТmega128 в съответствие с активния график на работа на сателита или по заявка на навигационния микроконтролер

(3) Задаване на команди към научните прибори за получаване на научна информация от тях. АТмега128 получава локални отчети от различните прибори и формира интегриран информационен пакет, който изпраща към комуникационния микроконтролер.

Заклучение

В настоящата статия се предлага апаратна и програмна архитектура, подходяща за реализация на управлението на режимите на работа на бордовата научна апаратура на сателит, тяхната синхронизация и гарантиране на нужния информационен трафик. Избраният подход удовлетворява обслужването както на бързите процеси – обработка на данни от видеокамера, така и работата на научните прибори, която се характеризира със голяма степен на автономност и относително слаб информационен поток. Предложената архитектура осигурява възможности за наблюдение и контрол на работата на бордовата апаратура от Наземна станция и презареждане на орбита на отделните програмни функционални модули на системата.

Литература

[1] D. Batchvarov, B. Kirov, A. Boneva, R. Krasteva, S. Klimov, K. Georgieva. "Software package for primary processing of telemetry information". Tenth Jubilee International Scientific Conference "Contemporary problems of solar-terrestrial influences", 20-21 Novembers 2003, Sofia, Bulgaria, p.202-205, 2003.

[2] Витриченко Э.А., Клочкова В.Г., Цымбал В.В. "Новый спутник в системе ВМ Ori", Пр-2110, ИКИ РАН, 2005.

[3] Zelenyi, L.M., V.G.Rodin, V.N.Angarov, T.K.Breus, M.B.Dobriyan, S.I.Klimov, O.I.Korablev, V.E.Korepanov, V.M. Linkin, E.A. Loupian, N.N.Ivanov, L.E.Lopatento, O.Yu.Sedykh. Micro-satellite "Chibis" – universal platform for development of methods of space monitoring of potentially dangerous and catastrophic phenomena. Selected Proceedings of the 5th International Symposium of the International Academy of Astronautics, Berlin, April 4-8, 2005.

[4] G. Lai, D. Lepore, R. Parkinson "K-1 Small Satellite Missions", 14th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites"