

SES '2005

Scientific Conference "SPACE, ECOLOGY, SAFETY" with International Participation

10–13 June 2005, Varna, Bulgaria

---

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТОМАГНИТНОТО ИЗЛЪЧВАНЕ НА МИКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА С КОСМИЧЕСКО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ

Граматиков П. А., Шкевов Р. Г.

Институт за космически изследвания – БАН,  
1000 София, ул. "Московска" 6

## ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE INVESTIGATION OF THE MICROPROCESSOR SYSTEM BOARD FOR SPACE APPLICATIONS

Gramatikov P. A., Shkevov R. G.

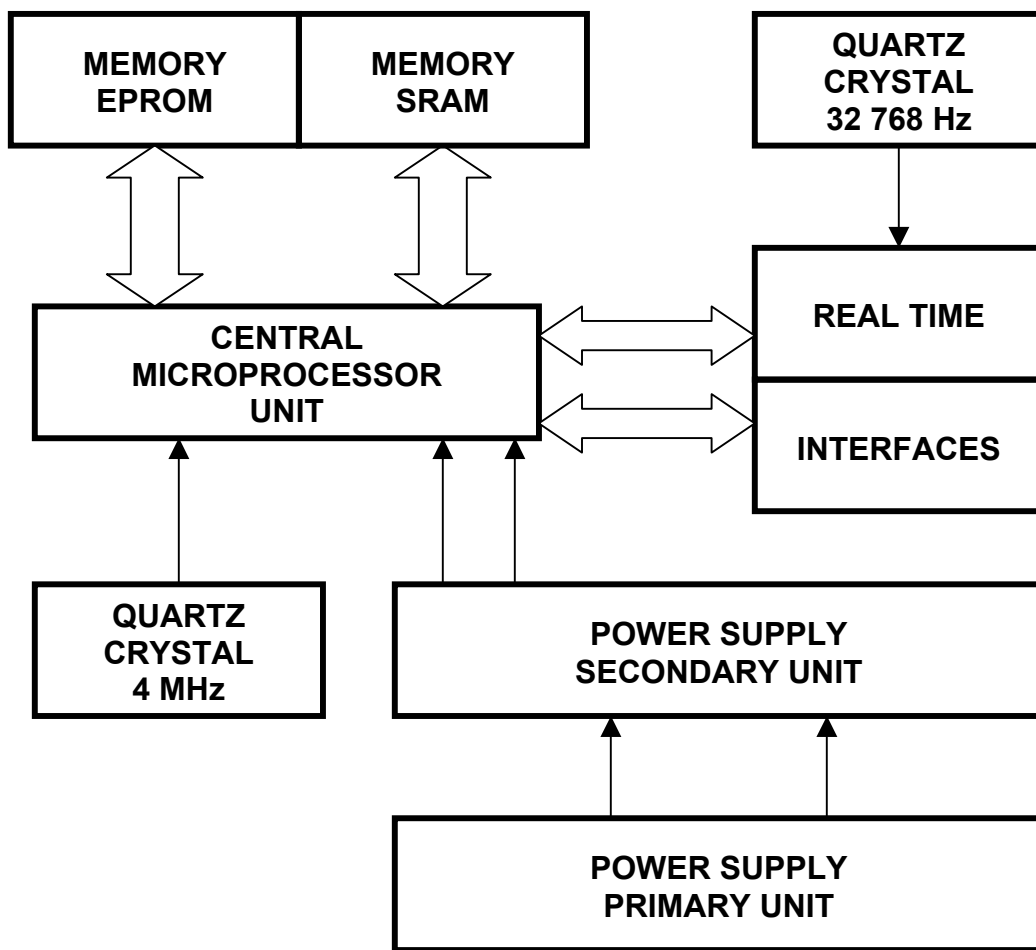
Space Research Institute -BAS, 6 Moskovska Str. 1000 Sofia

**Key words:** *electromagnetic compatibility (EMC), electromagnetic interference (EMI), radio-frequency interference (RFI), microprocessor board, emission optimization, space application*

**Abstract:** *Electromagnetic interference (EMI) of microprocessor system board for space instruments application is investigated. The amplitude of radio-frequency interference (RFI) picked up by open wiring structures, powered from secondary power supply stage are studied. Measured values are used as a base for optimizations of the electromagnetic compatibility (EMC) of the microprocessor board and secondary power supply. The results of the conducted research and optimization methods are shown in graphics charts.*

### Въведение

Микропроцесорните блокове са част от всеки един съвременен космически прибор. От друга страна те са модули, ползващи широк набор от честоти, необходими за функционирането им. Комбинацията от честата мултипликация в различни прибори и наборът от честоти води до задължителния въпрос за електромагнитното излъчване от конкретната модификация на микропроцесорната система и нейната електромагнитна съвместимост. Основният въпрос е нейното въздействие както върху компонентите на обслужваният прибор, така и отражението и върху работата на комплекса от научна апаратура на борда на космическия апарат. Един от основните подходи към проблема е разделянето му на три части – компютърна симулация на електромагнитните емисии [1], [2] и др., реализация на модула [3] и последваща оптимизация в реални условия. Нашият опит в изстрелването на космически измерителни инструменти [4], [5] ни позволява да кажем, че е препоръчително да има няколко базови варианта на апаратурата



Фиг.1. Блокова схема на изследваната микропроцесорна система

до ниво технологичен екземпляр, позволяващи постигането на реалните технически изисквания към нея [6], [7]. Източниците [6], [7] съдържат подробно описание на допустимите спектри и методиките за тестване на електронни инструменти с космическо назначение.

### Методи на изследването

На фиг.1 е представена блоковата схема на една от конкретните модификации на микропроцесорен блок. Както е показано в [6] профилът на нормите за максимално допустимата напрегнатост на електрическо поле в честотния диапазон 100 -1000MHz може да бъде описан с формулата:

$$E_{QP} = 36 + 19.lg \left( \frac{f}{100} \right) \text{ [dBmicroV/m]}, \quad (1)$$

където  $E_{QP}$  е допустимата напрегнатост на електрическо поле, а  $f$  е честотата в [MHz]

Както се вижда от фиг.1 блокът работи с два кварцови кристала - на 32768Hz и 4 MHz. Микропроцесорът от своя страна работи с кратната на 4 MHz - 16 MHz или по-

висока честота в зависимост от версията на блока. Известно е, че основната честота на хармоничните съставки е пропорционална на половината от продължителността на времето за нарастване (спадане) на фронтите на сигнала [8]. Колкото е по-стръмен фронтът, на толкова по-висока честота можем да очакваме хармонични сигнали, породени от даденият сигнал. Освен това трябва да бъде отчетена и интерференцията между различните честоти и техните кратни сигнали. Допълнително, спектърът на излъчвания сигнал се променя в зависимост от режима на работа на софтуера, като отделните софтуерни режими формират и различни спектри. Подтискането на спектри с променлив профил налага използването на широкодиапазонни средства за понижаване на амплитудите на емисиите, каквито са различните видове екрани.

Известно е, че [8] затихването при поглъщане на екран може да се опише с формулата:

$$B = 0.132 t \sqrt{f G \mu_r} \quad [\text{dB}], \quad (2)$$

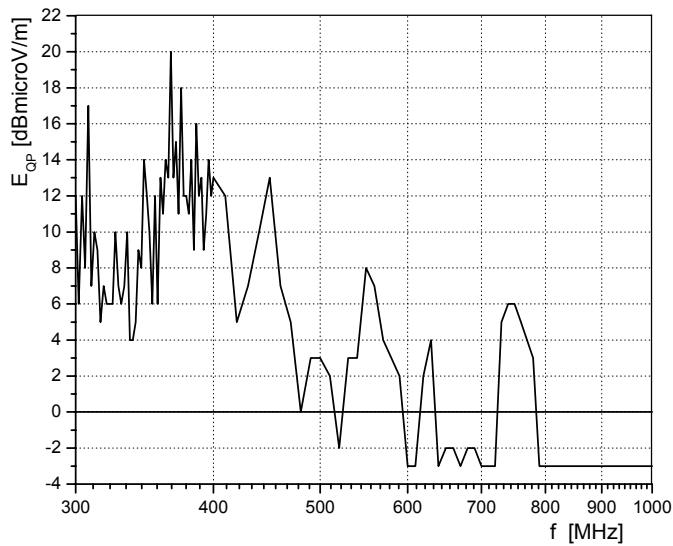
където  $B$  - затихване при поглъщане на екрана в [dB],  $t$  - дебелина на екрана в [ $\mu\text{m}$ ],  $f$  - честота в [MHz],  $G$  - относителна електропроводимост, а  $\mu_r$  - относителна магнитна проницаемост.

### Експериментални резултати

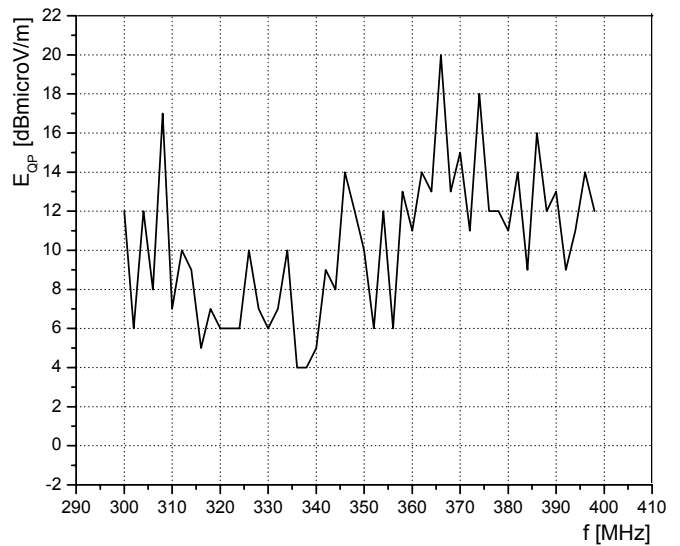
Изследваната експериментална установка бе изградена от микропроцесорен блок, захранен от вторичен импулсен преобразувател на напрежение. Чрез пряко измерване, експериментално бяха установени основните източници на излъчване. В конкретната версия на микропроцесорния блок най-силно излъчваха CPU, EPROM и SRAM чиповете и шините на тяхното опроводяване. Проведените измервания са направени в съответствие с процедурите описани в [6], [7], [9].

На Фиг. 2 е представен резултата от измерването на спектъра на излъчените радиошумове  $E_{QR}$  на отворен неекраниран микропроцесорен блок до 1000 MHz. Както е видно от фигурата най-високи амплитуди на шумовете се наблюдават на честоти до 450 MHz, поради което беше изследван диапазона до 400 MHz. Профилът на амплитудите на фиг.3 показва висока концентрация на хармоничните честоти на устройството в дадения диапазон. Това бе основната причина да насочим работата по оптимизацията на излъчването на микропроцесорния блок главно в този честотен обхват. При провеждане на изследването бяха използвани ферити и немагнитни екрани с различни геометрични форми и размери. Изследвани бяха плоски едностранни и двустранни екрани съизмерими с размерите на платката. Проверени бяха влиянието на разстоянието между екрана и микропроцесорната платка, както и видът и мястото на заземяването на екрана. Резултатите от измерванията показаха, че едностранните екрани не са достатъчно ефективни в конкретния случай, независимо от техните размери. Изследването на влиянието на феритите и тяхното местоположение също не даде положителен резултат.

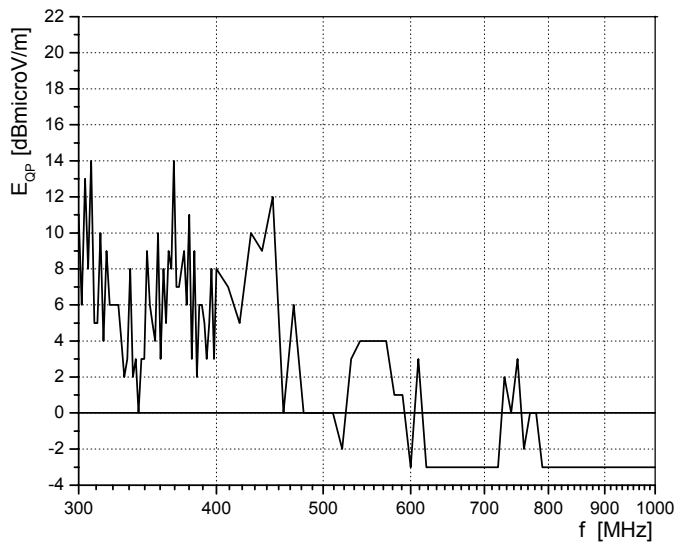
Обстойно бе изследвана електромагнитната съвместимост на захранващия блок и генерираните от него радиошумове. Доказано бе, че захранващият блок не внася съществени емисии над 6 MHz.



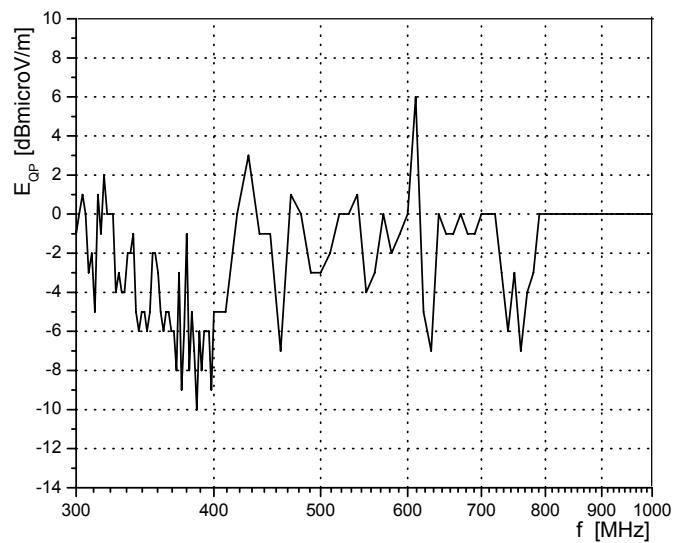
Фиг. 2. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP}$  на отворен неекраниран микропроцесорен блок до 1000 MHz



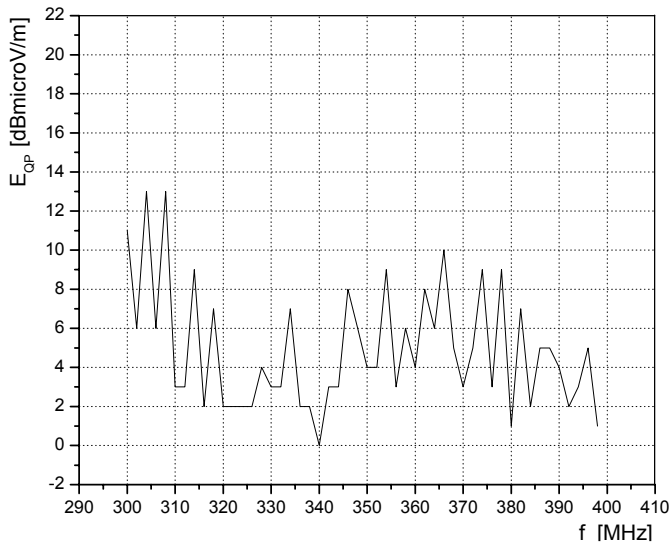
Фиг. 3. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP}$  на отворен неекраниран микропроцесорен блок до 400 MHz



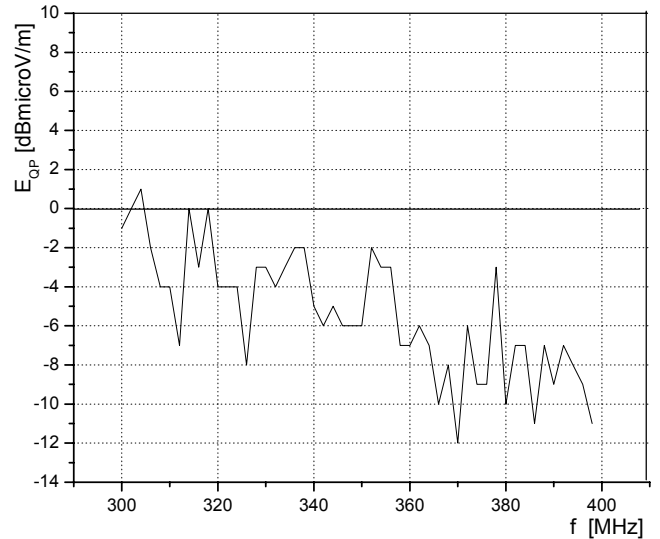
Фиг. 4. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP}$  на незаземен многостранен екран до 1000MHz



Фиг. 5. Относителна ефективност на  $\Delta E_{QP}$  незаземен многостранен екран до 1000MHz



Фиг. 6. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP}$  на заземен многостранен екран до 400MHz



Фиг. 7. Относителна ефективност на  $\Delta E_{QP}$  заземен многостранен екран до 400MHz

Съществено понижаване на напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове бе постигнато с помощта на многостранен екран. На фиг.4 са представени измерванията на незаземен многостранен екран, а на фиг.5 относителна ефективност на  $\Delta E_{QP}$  незаземен многостранен екран до 1000MHz. Най-добри резултати бяха постигнати в режим на заземяване на многостранния екран. Чрез измерване в пълният честотен диапазон бе доказана висока относителна ефективност  $\Delta E_{QP}$  на заземен многостранен екран. Данните от измерванията са показани на фиг. 6. и фиг.7.

### Заклучение

Проведеното изследване доказва възможността за ефективна оптимизация на спектъра на напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радишумове  $E_{QP}$  на микропроцесорен блок. Максимална ефективност в изследвания честотен диапазон бе постигната при използване на многостранен немагнитен заземен екран.

## Литература:

1. Archambeault B., Ramahi O., Brench C., EMI/EMC Computational Modeling Handbook (2nd Edition), Springer; 2001, 336 p.
2. Estienne J.P., Ferrante J.G., Geometrical & Electromagnetic Modeling for Aerospace Engineering, Proc. "2nd Conference on Advances and Applications of GiD, 18- 20 February 2004", Barcelona, Spain.
3. Everett III, Woodrow W., Everett Jr., Woodrow W., and Griffin, Donald W., "Experimental Evaluation of Microprocessor Susceptibility in the 300 MHz to 1.0 GHz Range," 1984 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Vol. 1, Tokyo, Japan, Oct. 16-18, 1984, pp. 216-221.
4. Протокол №01 Квалификационных испытаний (Этап 2), ГНЦ РФ-ИМБП, Проект "Нейролаб", система "Нейролаб-Б" КМ 01.055.00.00 зав.№01, Оцениваемые показатели: Электромагнитная совместимость, 10.11.1995г.
5. Television observations of Phobos G.A.Avanesov, ....P.Gromatkov,....et all. Nature V.341, 1989, 585-587p.
6. Исходные технические требования к аппаратуре и оборудованию - ИТТ2. Комплекс целевых нагрузок. ИТТ КЦН РС МКС П 34240-515, Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С. П. Королева, сентябрь 2000г. 111стр.
7. International Space Station Program. NASA/RSA Joint Specifications/Standards Document for the ISS Russian Segment, SSP 50094, Revision A, NASA, Johnson Space Center Houston, Texas, March 10, 2000. 551pgs.
8. Источники вторичного электропитания. Букреев С.С., Головацкий В.А., и др., -М.: Радио и связь, 1983. – 280с.
9. Sketoe J. G., Integrated circuit electromagnetic immunity handbook, Tech. Rep. NASA/CR-2000 - 210017, Boing Information, Space and Defense Systems, Seattle, WA, 2000.