

## Радиационно-стойкий процессор **«СПУТНИК»**

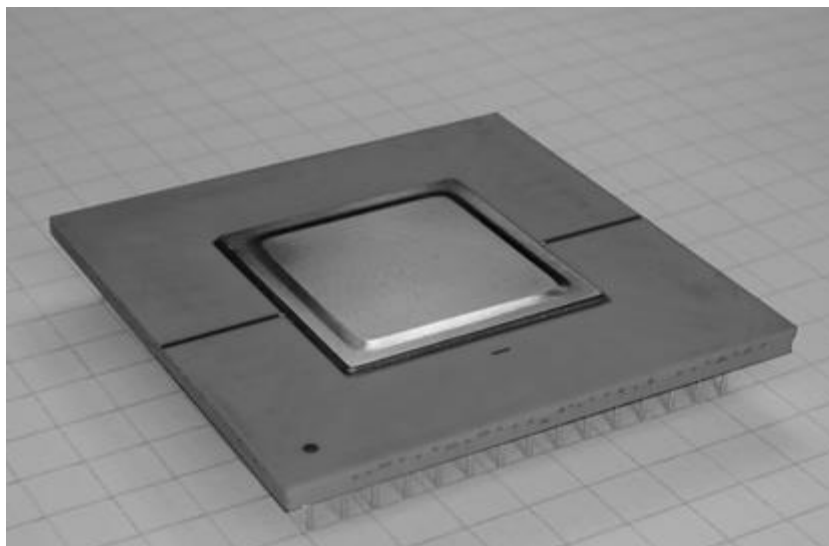
*Микросхема «5023BC016» – радиационно-стойкая СБИС отказоустойчивого 32х разрядного процессора для построения аппаратуры телеметрии служебных систем космических аппаратов.*

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

## 1 Основные характеристики\*

- Процессорное ядро: ARM Cortex M0;
  - ✓ Разрядность: 32 бита;
  - ✓ Конвейер: 3 стадии;
  - ✓ Аппаратный умножитель 32x32;
  - ✓ Тактовая частота 100 МГц;
  - ✓ Производительность – от 0.87 до 1,27 DMIPS/МГц;
- Потребление ядра процессора:
  - ✓ Среднее – 350 мА при частоте 40 МГц;
- Система работы с памятью с возможностью обнаружения и исправления битовых ошибок
  - ✓ 256 Кбайт встроенной оперативной памяти, при включении функции исправления ошибок доступно 128 Кбайт;
  - ✓ Контроллер внешней статистической памяти, разрядность шины данных 8/16 бит;
  - ✓ Возможность независимого включения функции исправления ошибок для внутренней и внешней памяти;
  - ✓ Аппаратные счетчики количества обнаруженных ошибок;
- Контроллер прямого доступа к памяти;
- Интерфейсы:
  - ✓ Два интерфейса SpaceWire (ECSS-E-ST-50-12C) со скоростью передачи данных до 100 Мбит/с;
  - ✓ Четыре резервированных магистральных последовательных интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 (MIL-STD 1553B);
  - ✓ Два асинхронных последовательных интерфейса (UART);
  - ✓ Два синхронных последовательных интерфейса (SPI);
  - ✓ Интерфейс отладки JTAG;
- Аппаратный контроллер передатчика телеметрической информации в соответствии со стандартом CCSDS, имеющий в своем составе:
  - ✓ Кодер Рида-Соломона: (255,223), (255, 239);
  - ✓ Турбокодер: 1/2, 1/3, 1/4, 1/6;
  - ✓ LDPC кодер: (8160, 7136);
  - ✓ Сверточный кодер: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 или 7/8;
- Аппаратный контроллер приемника телекомандной информации в соответствии со стандартом CCSDS, имеющий в своем составе:
  - ✓ Декодер БЧХ (63,56);
  - ✓ Декодер Витерби;
- Напряжение питания ядра: 1,8 В ± 10%; площадок ввода/вывода: 3,3 В ± 10%;
- Тип корпуса: 6112.145-А (металлокерамический PGA, 6 тип по ГОСТ Р 54844-2011);
  - ✓ Количество выводов: 145;
  - ✓ Габаритный размер: 41,8x41,8x4,1 мм;
- Рабочая температура: от минус 60 до +125 °С;

- Стойкость к специальным факторам:
  - ✓ Накопленная доза – до 500 КРад;
  - ✓ Пороговое значение ЛПЭ по функциональным сбоям (SEFI) – не менее 15 МэВ·см<sup>2</sup>/мг;
  - ✓ По тиристорному эффекту и катастрофическим отказам – не менее 60 МэВ·см<sup>2</sup>/мг.
- Рекомендуемые среды для разработки:
  - ✓ IAR Embedded Workbench for ARM;
  - ✓ ARM Compiler;
  - ✓ Keil MDK;
  - ✓ ARM GCC.



Внешний вид микросхемы

\* некоторые из представленных значений параметров получены по результатам внутренних испытаний и приводятся в информационных целях, для получения более подробной информации, обращайтесь в ОАО «Ангстрем» или ООО «НПП «Цифровые решения».

## 2 Описание

Радиационно-стойкий отказоустойчивый 32-х разрядный процессор «Спутник» предназначен для построения специализированной аппаратуры, в том числе контрольно-измерительных (КИС) и телеметрических систем космических аппаратов, с возможностью эксплуатации в жестких условиях специальных видов воздействующих факторов космического пространства.

Процессор «Спутник» может использоваться для организации каналов связи по интерфейсам магистральной последовательной шины по ГОСТ Р 52070-2003 с резервированием в качестве контроллера шины, оконечного устройства, а также монитора.

Наличие двух контроллеров интерфейсов SpaceWire ECSS-E-ST-50-12C со скоростью передачи данных до 100 Мбит/с позволяет также использовать микросхему независимых в каналах передачи данных.

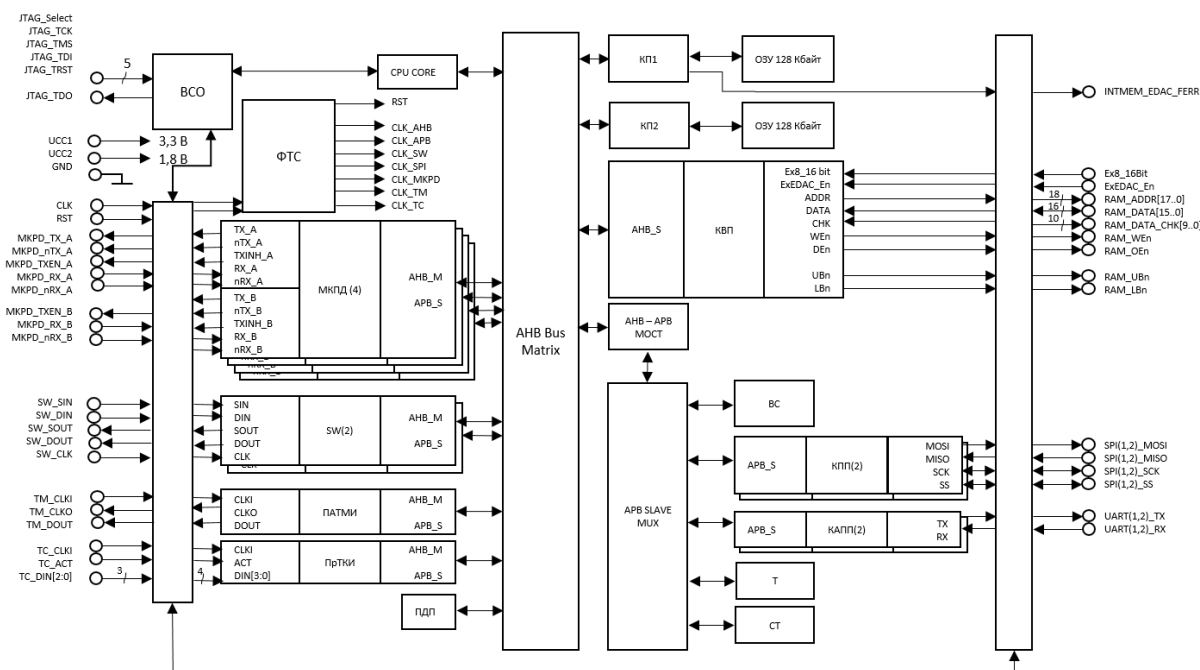
Процессор «Спутник» имеет блоки передатчика телеметрической информации и приемника телекомандной информации. Данные блоки позволяют снизить нагрузку на CPU при построении систем передачи телеметрии с различными видами кодирования (LDPC, Турбо, Рида-Соломона).

Применение процессора «Спутник» позволит создавать системы управления космическими аппаратами совместимыми с международными стандартами CCSDS, а также снизить массогабаритные характеристики и потребляемую мощность аппаратуры КИС, телеметрии служебных систем космических аппаратов в 4-5 раз и обеспечить требования Федерального космического агентства по дозовой стойкости и воздействию тяжелых заряженных частиц.

По техническому уровню процессор «Спутник» находится на уровне мировых разработок.

Для изготовления микросхемы процессора «Спутник» используется типовая КМОП технологический процесс с топологическими нормами 180 нм с применением как конструктивных, так и схемотехнических решений, обеспечивающих стойкость к специальным воздействующим факторам.

### 3 Принципиальная схема процессора



#### ОБОЗНАЧЕНИЯ:

BCO – Внутрикристалльная схема отладки с интерфейсом JTAG;

ФТС – Формирователь тактовых сигналов;

МКПД – Контроллеры мультиплексного канала передачи данных по ГОСТ Р 52070-2003;

SW – Контроллеры интерфейса SpaceWire;

ПАТМИ – Передатчик телеметрии;

ПрТКИ – Приемник телекоманд;

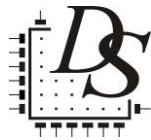
ПДП – Контроллер прямого доступа к памяти;

КП – Контроллер памяти;

КВП – Контроллер внешней памяти;



ГРУППА  
**АНГСТРЕМ**

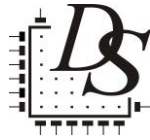


## Процессор «Спутник»

ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОПИСАНИЕ  
Версия 1.0  
Октябрь/2014

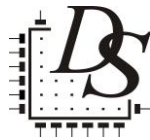
---

КПП – Контроллер синхронного последовательного порта;  
КАПП – Контроллер асинхронного последовательного порта;  
Т – Таймер;  
СТ – Сторожевой таймер.



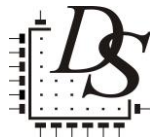
## 4 Назначение выводов микросхемы

Номер вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
N4	U <sub>cc2</sub>	Питание 1,8 В
P3	U <sub>cc1</sub>	Питание 3,3 В
Q2	CLK	Тактовый сигнал микросхемы
P4	RST	Сброс микросхемы
N5	JTAG_TRST	Сброс контроллера интерфейса JTAG
Q3	JTAG_TCK	Тактовый сигнал интерфейса JTAG
P5	JTAG_TMS	Выбор интерфейса JTAG
Q4	JTAG_TDI	Вход данных интерфейса JTAG
N6	JTAG_TDO	Выход данных интерфейса JTAG
P6	ExEDAC_En	Включение блока исправления ошибок внешней памяти
Q5	Ex8_16bit	Выбор режима интерфейса внешней памяти
P7	RAM_ADDR[0]	Бит 0 адреса интерфейса внешней памяти
N7	RAM_ADDR[1]	Бит 1 адреса интерфейса внешней памяти
Q6	RAM_ADDR[2]	Бит 2 адреса интерфейса внешней памяти
Q7	RAM_ADDR[3]	Бит 3 адреса интерфейса внешней памяти
P8	RAM_ADDR[4]	Бит 4 адреса интерфейса внешней памяти
Q8	GND	Земля
N8	U <sub>cc1</sub>	Питание 3,3 В
N9	U <sub>cc2</sub>	Питание 1,8 В
Q9	RAM_ADDR[5]	Бит 5 адреса интерфейса внешней памяти
Q10	RAM_ADDR[6]	Бит 6 адреса интерфейса внешней памяти
P9	RAM_ADDR[7]	Бит 7 адреса интерфейса внешней памяти
P10	RAM_ADDR[8]	Бит 8 адреса интерфейса внешней памяти
N10	RAM_ADDR[9]	Бит 9 адреса интерфейса внешней памяти
Q11	RAM_ADDR[10]	Бит 10 адреса интерфейса внешней памяти
P11	RAM_ADDR[11]	Бит 11 адреса интерфейса внешней памяти
Q12	RAM_ADDR[12]	Бит 12 адреса интерфейса внешней памяти
Q13	RAM_ADDR[13]	Бит 13 адреса интерфейса внешней памяти
P12	RAM_ADDR[14]	Бит 14 адреса интерфейса внешней памяти



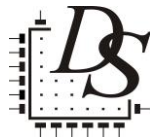
Номер вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
N11	RAM_ADDR[15]	Бит 15 адреса интерфейса внешней памяти
P13	RAM_ADDR[16]	Бит 16 адреса интерфейса внешней памяти
Q14	RAM_ADDR[17]	Бит 17 адреса интерфейса внешней памяти
N12	JTAG_Select	Выбор контроллера интерфейса JTAG
N13	RAM_DATA[0]	Бит 0 данных интерфейса внешней памяти
P14	RAM_DATA[1]	Бит 1 данных интерфейса внешней памяти
Q15	GND	Земля
M13	U <sub>cc2</sub>	Питание 1,8 В
N14	U <sub>cc1</sub>	Питание 3,3 В
P15	RAM_DATA[2]	Бит 2 данных интерфейса внешней памяти
M14	RAM_DATA[3]	Бит 3 данных интерфейса внешней памяти
L13	RAM_DATA[4]	Бит 4 данных интерфейса внешней памяти
N15	RAM_DATA[5]	Бит 5 данных интерфейса внешней памяти
L14	RAM_DATA[6]	Бит 6 данных интерфейса внешней памяти
M15	RAM_DATA[7]	Бит 7 данных интерфейса внешней памяти
K13	RAM_DATA[8]	Бит 8 данных интерфейса внешней памяти
K14	RAM_DATA[9]	Бит 9 данных интерфейса внешней памяти
L15	RAM_DATA[10]	Бит 10 данных интерфейса внешней памяти
J14	RAM_DATA[11]	Бит 11 данных интерфейса внешней памяти
J13	RAM_DATA[12]	Бит 12 данных интерфейса внешней памяти
K15	RAM_DATA[13]	Бит 13 данных интерфейса внешней памяти
J15	RAM_DATA[14]	Бит 14 данных интерфейса внешней памяти
H14	RAM_DATA[15]	Бит 15 данных интерфейса внешней памяти
H15	GND	Земля
H13	U <sub>cc1</sub>	Питание 3,3 В
G13	U <sub>cc2</sub>	Питание 1,8 В
G15	RAM_DATA_CHK[0]	Бит 0 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти
F15	RAM_DATA_CHK[1]	Бит 1 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти
G14	RAM_DATA_CHK[2]	Бит 2 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти
F14	RAM_DATA_CHK[3]	Бит 3 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти
F13	RAM_DATA_CHK[4]	Бит 4 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти
E15	RAM_DATA_CHK[5]	Бит 5 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти
E14	RAM_DATA_CHK[6]	Бит 6 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти



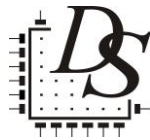


Номер вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
D15	RAM_DATA_CHK[7]	Бит 7 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти
C15	RAM_DATA_CHK[8]	Бит 8 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти
D14	RAM_DATA_CHK[9]	Бит 9 кода Хемминга данных интерфейса внешней памяти
E13	RAM_Wen	Сигнал разрешения записи интерфейса внешней памяти
C14	RAM_Oen	Сигнал направления передачи данных интерфейса внешней памяти
B15	RAM_LBn	Сигнал разрешения для младших бит данных интерфейса внешней памяти
D13	RAM_Ubn	Сигнал разрешения для старших бит данных интерфейса внешней памяти
C13	SPI1_SS	Разрешение данных интерфейса SPI 1
B14	SPI1_SCK	Сигнал синхронизации интерфейса SPI 1
A15	GND	Земля
C12	U <sub>CC2</sub>	Питание 1,8 В
B13	U <sub>CC1</sub>	Питание 3,3 В
A14	SPI1_MISO	Вход данных интерфейса SPI 1
B12	SPI1_MOSI	Выход данных интерфейса SPI 1
C11	SPI2_SS	Разрешение данных интерфейса SPI 2
A13	SPI2_SCK	Сигнал синхронизации интерфейса SPI 2
B11	SPI2_MISO	Вход данных интерфейса SPI 2
A12	SPI2_MOSI	Выход данных интерфейса SPI 2
C10	MKPD1_RX_A	Приемная линия основного канала 1 интерфейса по ГОСТ Р 52070-2003
B10	MKPD1_nRX_A	Приемная линия основного канала 1 интерфейса по ГОСТ Р 52070-2003
A11	MKPD1_TX_A	Передающая линия резервного канала 1 интерфейса по ГОСТ Р 52070-2003
B9	MKPD1_nTX_A	Передающая линия основного канала 1 интерфейса по ГОСТ Р 52070-2003
C9	MKPD1_XTEN_A	Разрешение передатчика основного канала 1 интерфейса по ГОСТ Р 52070-2003
A10	MKPD1_RX_B	Приемная линия резервного канала 1 интерфейса ГОСТ Р 52070-2003
A9	MKPD1_nRX_B	Приемная линия резервного канала 1 интерфейса по ГОСТ Р 52070-2003
B8	SW_CLK	Тактовый сигнал интерфейсов SpaceWire

Номер вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
A8	GND	Земля
C8	U <sub>CC1</sub>	Питание 3,3 В
C7	U <sub>CC2</sub>	Питание 1,8 В
A7	UART1_TxD	Передающая линия интерфейса UART 1
A6	MKPD1_TXEN_B	Разрешение передатчика резервного канала 1 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
B7	MKPD2_RX_A	Приемная линия основного канала 2 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
B6	MKPD2_nRX_A	Приемная линия основного канала 2 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
C6	MKPD2_TX_A	Передающая линия основного канала 2 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
A5	MKPD2_nTX_A	Передающая линия резервного канала 2 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
B5	MKPD2_XTEN_A	Разрешение передатчика основного канала 2 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
A4	MKPD2_nRX_B	Приемная линия резервного канала 2 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
A3	MKPD2_nRX_B	Приемная линия резервного канала 2 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
B4	UART1_RxD	Приемная линия интерфейса UART 1
C5	UART2_TxD	Передающая линия интерфейса UART 2
B3	MKPD2_TXEN_B	Разрешение передатчика резервного канала 2 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
A2	MKPD3_RX_A	Приемная линия основного канала 3 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
C4	MKPD3_nRX_A	Приемная линия основного канала 3 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
C3	MKPD3_TX_A	Передающая линия основного канала 3 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
B2	MKPD3_nTX_A	Передающая линия основного канала 3 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003
A1	GND	Земля
D3, D4	U <sub>CC2</sub>	Питание 1,8 В
C2	U <sub>CC1</sub>	Питание 3,3 В
B1	MKPD3_TXEN_A	Разрешение передатчика основного канала 3 интерфейса по ГОСТ Р52070-2003



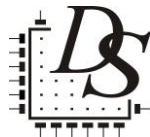
Номер вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
D2	MKPD3_RX_B	Приемная линия резервного канала 1 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
E3	MKPD3_nRX_B	Приемная линия резервного канала 3 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
C1	UART2_RxD	Приемная линия интерфейса UART 2
E2	INTMEM_EDAC_FERR	Сигнал наличия неисправимой ошибки внутренней памяти
D1	MKPD3_XTEN_B	Разрешение передатчика резервного канала 3 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
F3	MKPD4_RX_A	Приемная линия основного канала 4 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
F2	MKPD4_nRX_A	Приемная линия резервного канала 4 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
E1	MKPD4_TX_A	Передающая линия основного канала 4 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
G2	MKPD4_nTX_A	Передающая линия основного канала 4 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
G3	MKPD4_XTEN_A	Разрешение передатчика основного канала 4 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
F1	MKPD4_nRX_B	Приемная линия резервного канала 4 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
G1	MKPD4_nRX_B	Приемная линия резервного канала 4 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
H2	TC_DIN[1]	Бит данных 1 приемника телекоманд
H1	GND	Земля
H3	U <sub>CC1</sub>	Питание 3,3 В
J3	U <sub>CC2</sub>	Питание 1,8 В
J1	TC_DIN[2]	Бит данных 2 приемника телекоманд
K1	MKPD4_TXEN_B	Разрешение передатчика резервного канала 4 интерфейса по ГОСТ P52070-2003
J2	SW_SIN[0]	Входной сигнал синхронизации интерфейса SpaceWire 1
K2	SW_DIN[0]	Входной сигнал интерфейса Spacewire 2
K3	SW_SOUT[0]	Выходной сигнал синхронизации интерфейса SpaceWire 1



Номер вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
L1	SW_DOUT[0]	Выходной сигнал данных интерфейса SpaceWire 1
L2	SW_SIN[1]	Входной сигнал синхронизации интерфейса SpaceWire 2
M1	SW_DIN[1]	Входной сигнал данных интерфейса SpaceWire 2
N1	SW_SOUT[1]	Выходной сигнал синхронизации интерфейса SpaceWire 2
M2	SW_DOUT[1]	Выходной сигнал данных интерфейса SpaceWire 2
L3	TM_CLKI	Входной сигнал синхронизации передатчика телеметрии
N2	TM_CLKO	Выходной сигнал синхронизации передатчика телеметрии
P1	TM_DOUT	Выход данных передатчика телеметрии
M3	TC_CLKI	Входной сигнал синхронизации приемника телекоманд
N3	TC_ACT	Входной сигнал валидности данных приемника телекоманд
P2	TC_DIN[0]	Бит 0 входа данных приемника телекоманд
Q1	GND	Земля



ГРУППА  
**АНГСТРЕМ**



## Процессор «Спутник»

ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ОПИСАНИЕ  
Версия 1.0  
Октябрь/2014

**По вопросам поставки микросхем обращайтесь в ОАО «Ангстрем»:**

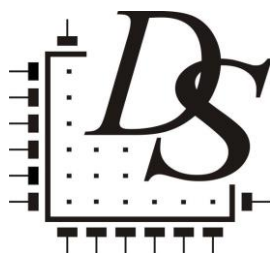


ГРУППА  
**АНГСТРЕМ**

### **ОАО «Ангстрем»**

124460, г. Москва, Зеленоград,  
Проезд № 4806, дом 4, строение 3  
Телефон: +7 (499) 731-1453, 731-1470  
Факс: +7 (499) 731-1508  
e-mail: [general@angstrem.ru](mailto:general@angstrem.ru), [market@angstrem.ru](mailto:market@angstrem.ru)  
[www.angstrem.ru](http://www.angstrem.ru)

### **Техническая поддержка:**



### **ООО «НПП «Цифровые решения»**

111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, д.15  
Почтовый адрес: 105066 Россия, г. Москва, а/я 18  
Телефон: +7 (495) 978-2870  
Факс: +7 (495) 745-4218  
e-mail: [support@dsol.ru](mailto:support@dsol.ru)  
[www.dsol.ru](http://www.dsol.ru)