

**DR. BOB DAVIDOV**

## **Система термостатирования на базе PCI интерфейса NI6014 (Sensoray 626)**

***Цель работы:*** Освоить канал связи среды разработки системы управления с внешней средой компьютера для построения быстродействующих систем реального времени.

***Задача работы:*** Построить действующую систему термостатирования на базе модели Simulink и PCI интерфейса.

***Приборы и принадлежности:*** Интерфейс NI-6014 или Sensoray 626; Датчик температуры; ТТЛ электронный ключ 10А/240V; Нагревательный элемент 60 – 2 кВт. Персональный компьютер.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Использование PCI интерфейсов позволяет построить контуры управления значительно более широкополосные чем при использовании интерфейсов с каналами последовательной передачи данных. Так, например, максимальная пропускная способность потоковой передачи данных по шине USB (Rev. 1.1) не более 500 кСлов/с. Казалось бы, не плохая скорость, но в асинхронном режиме в котором передача и прием данных могут происходить на каждом такте этот канал пропускает всего лишь около 100 Слов/с (**в пять тысяч раз меньше**), а именно этот режим используется в контурном управлении. Для сравнения, шина PCI с пропускной способностью 133, 266, 533 или 4096 Мбайт/с свободно обеспечивает асинхронный обмен данными на скоростях 500 кСлов/с и выше.

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Simulink содержит следующие блоки интерфейсных карт в библиотеке Real-Time Windows Target.

- Analog Input
- Analog Output
- Counter Input
- Digital Input
- Digital Output
- Encoder Input
- Other Input
- Other Output

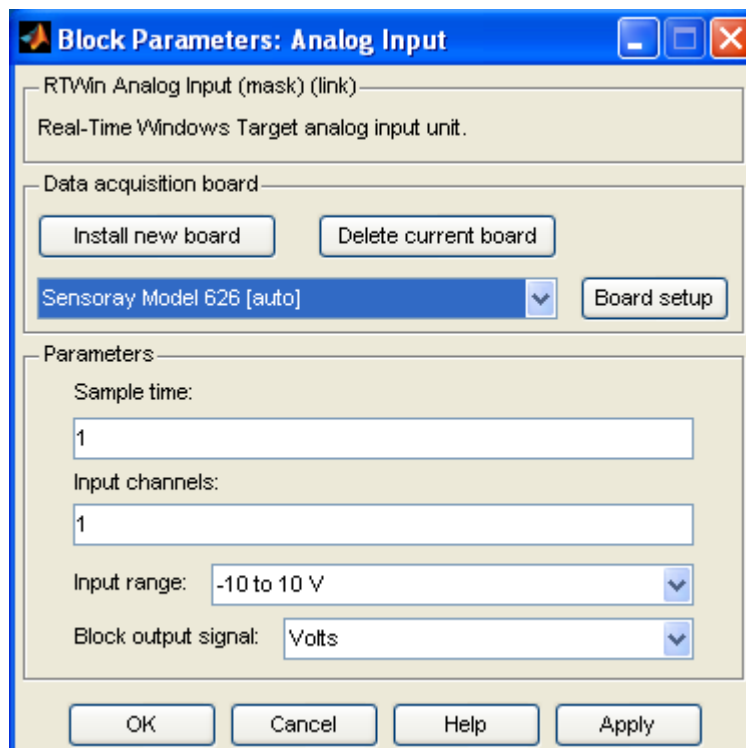
Для работы интерфейсной карты в составе Simulink модели необходимо

1. Установить драйвер pci карты Sensoray 626 для Windows 98, 2000, ME или XP в следующей последовательности.
  - Скопируйте **S626.DLL** в каталог **Windows\System directory**
  - Скопируйте **SXDRV98.SYS** в **Windows\System32\drivers**
  - Выключите компьютер
  - Установите плату в pci разъем.
  - Включите компьютер.
  - Когда операционная система найдет новое устройство (Sensoray 626) укажите каталог с файлом **SX.INF**

Примечание: Из списка интерфейсных плат среды MatLAB рекомендую приобретать платы компании National Instruments (NI) поскольку эти платы помимо MatLAB совместимы с LabView и, возможно, с другими средами, такими как Measurement Studio, LabWindows/CVI, VI Logger, ANSI C, .NET Languages, dll-файлами и др.

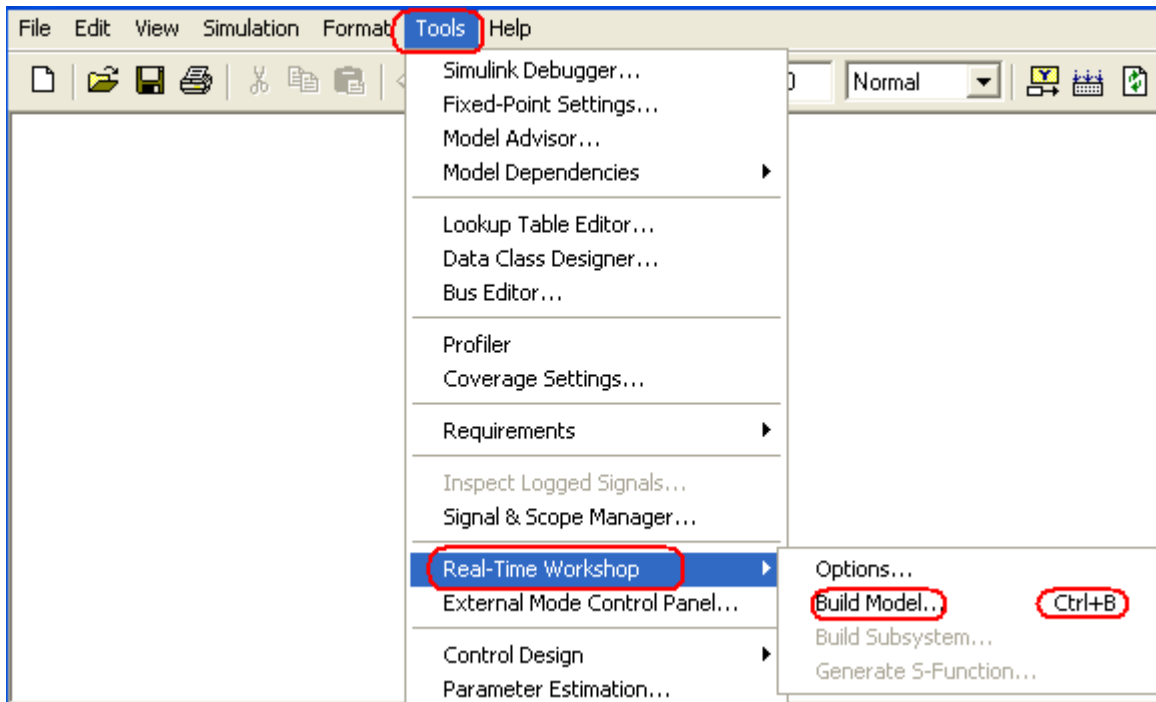
Список интерфейсных плат MatLAB можно увидеть нажав кнопку **Install new board** окна блока Simulink > Real-Time Windows Target > Analog Input (см. Рис. 1).

2. Включить соответствующие блоки pci карты в окно модели и настроить их. Пример параметров аналогового входа интерфейса Sensoray 626 показан на Рис. 1.

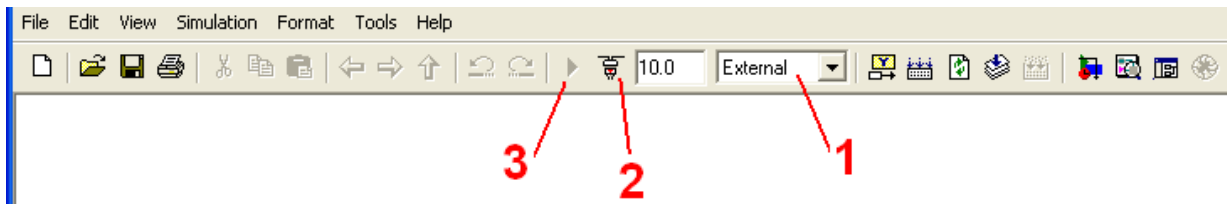


**Рис. 1.** Характеристики блока Simulink > Real-Time Windows Target > Analog Input.

3. Проверить установлено ли ядро пакета **Real-Time Windows Target**. Для этого выполните команду `>>rtwintgt -version`. Если пакет не установлен, то следует установить его командой МатЛАБ `>>rtwintgt -setup` (или `>>rtwintgt -install`). Справочную информацию по установке можно запросить командой `>>help rtwintgt`.
4. Откомпилировать модель Simulink.



5. Запустить модель в следующей последовательности



## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕРФЕЙСА SENSORAY 626.

Sensaray 626 – PCI карта ввода/вывода драйверы которой поддерживаются средой Simulink МатЛАБ. Карта имеет следующие основные характеристики.

- 48 цифровых каналов ввода/вывода (I/O);
- 20 цифровых каналов с обнаружением фронтов, каналные сигналы могут генерировать прерывания;
- 7 цифровых выходов которые могут быть использованы как выходы счетчиков;
- Watchdog таймер с выбираемым периодом, он может “сбрасывать” PCI карту;
- Шесть 24 разрядных up/down счетчиков разбитые на три пары.

- Входы счетчиков могут работать в режиме (1x, 2x, 4x) с сигналами кодовых датчиков, цифровых входов, переноса счетчиков, системным тактам или управляться программно;
  - Счетчики могут вырабатывать прерывания по переполнению счетчиков или цифровых кодовых датчиков;
  - Счетчики могут иметь предустановку, сбрасываться и переполняться;
  - Выход второго счетчика в момент переполнения может использоваться как вход первого счетчика.
  - Счетчик может использоваться как генератор программируемых периодических прерываний.
  - Защита содержимого счетчика при потере питания может быть обеспечена питанием от батареи.
- Контроль заряда Ni-Cad батареи.
  - 16 дифференциальных 14 разрядных аналоговых входов.
  - 4 аналоговых выхода разрядностью 13 bit с **sense** входом для компенсации внешнего выходного сопротивления ЦАП.

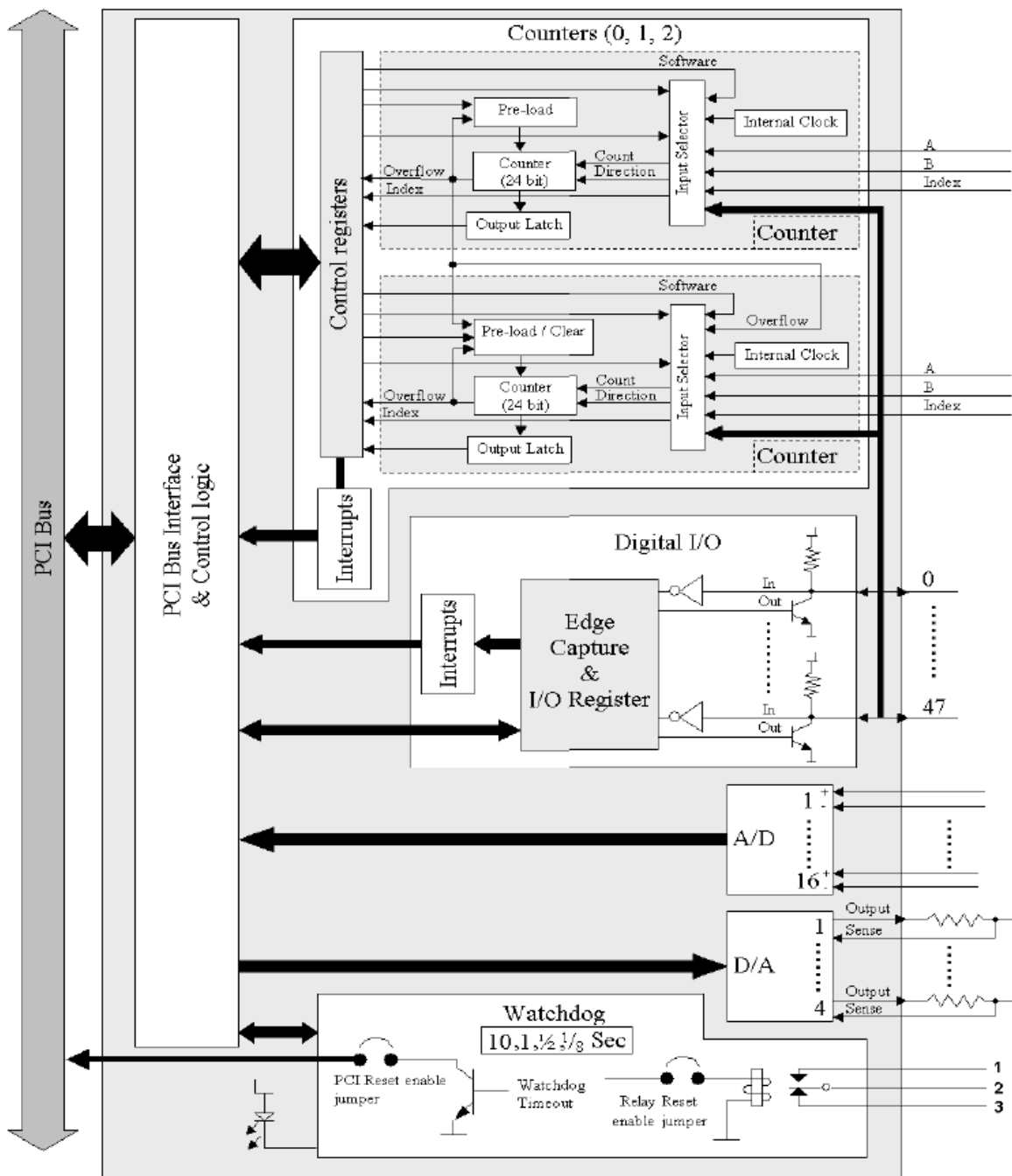


Рис. 2. Блок диаграмма интерфейсной карты Sensoray model 626.

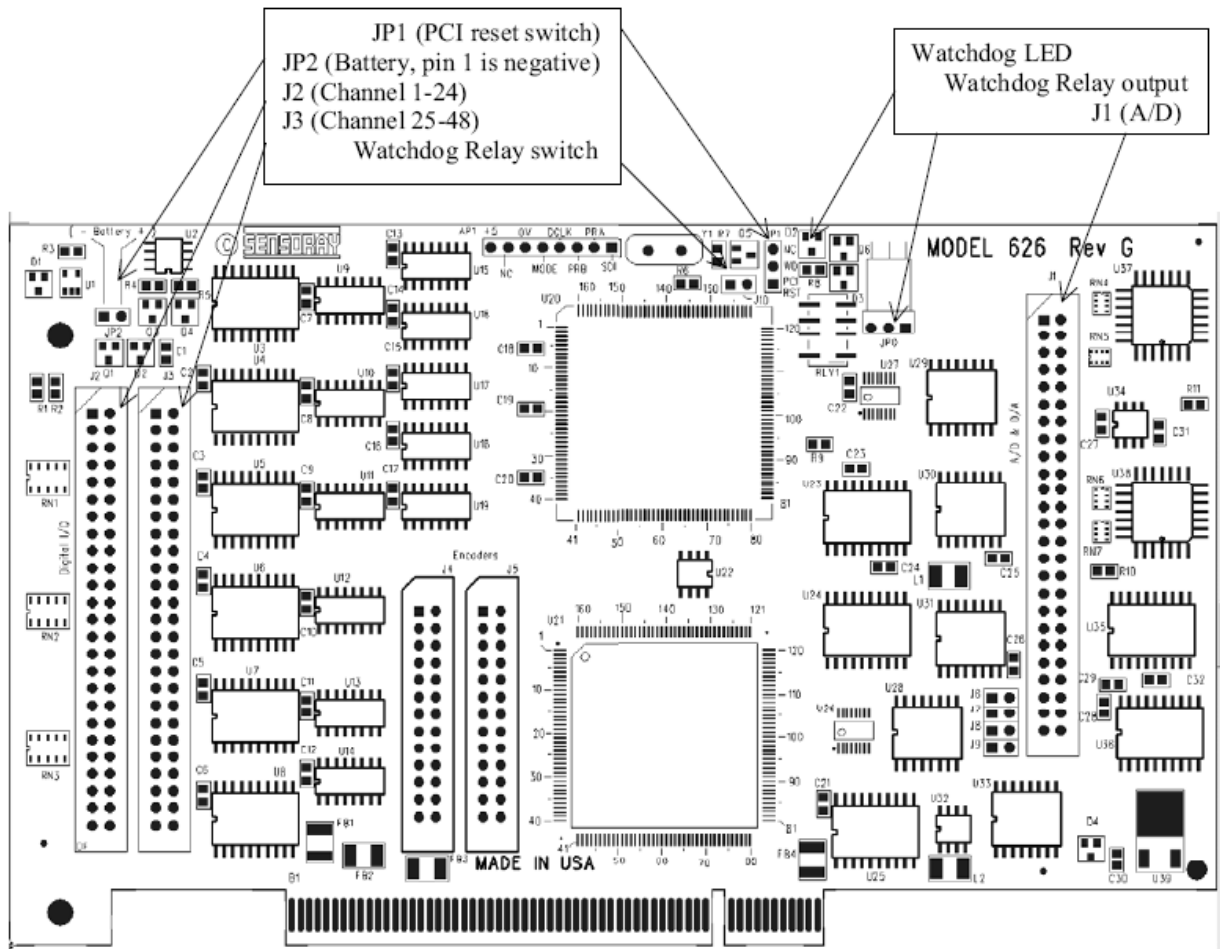


Рис. 3. Расположение элементов PCI карты Sensoray model 626.

Спецификация Sensoray model 626.

Interface	Parameter	Description
Bus	Type	PCI, 32-bit, 33MHz
	Watchdog	Output characteristics
Watchdog	Timeout	$1/8, 1/2, 1$ & 10 seconds
	Encoders	Input characteristics
Counter size		24 bits
Encoder channels		6
I/O	Input characteristics	TTL/CMOS compatible.
	Configuration	Each channel can be either input or output
	Number of I/O	48
Battery	Type	3.6V Nickel Cadmium rechargeable (Optional)
	Charge rate	62.5mA
A/D	Resolution	14 bits
	Input Range	Individually selectable between $\pm 5V$ and $\pm 10V$
	A/D Channels	16
	Conversion time	Approximately 20usec/channel
D/A	Resolution	14 bits including sign
	Output range	$\pm 10V$
	D/A Channels	4
	Conversion time	Approximately 200usec/channel

	Parameter	Typical	Min	Max	Units
I/O	Output sink current			100	mA
	Captured pulse width		250		ns
Watchdog	Max current sink			500	mA
Power	Operating range		+4.75	+5.25	V
	Operating range +12V		+11.6	+15	V
	Operating range -12V		-15	-11.6	V
	Quiescent current (not charging)	450			mA
Battery	Charging current	50	0	62.5	mA
	Battery drain under backup	60			mA
	Battery drain with charger off and not in backup mode	5			mA
Encoder	Internal timer mode			2	MHz
	Externally driven		0	500KHz	MHz
Temperature	Operating range		0	70	C

Внешние разъемы PCI карты:

<b>J2</b>		
50 pin IDC ribbon connector		
Digital I/O 1 - 24		
Pin	Function	User Designation
1	DIO23	
3	DIO22	
5	DIO21	
7	DIO20	
9	DIO19	
11	DIO18	
13	DIO17	
15	DIO16	
17	DIO15	
19	DIO14	
21	DIO13	
23	DIO12	
25	DIO11	
27	DIO10	
29	DIO9	
31	DIO8	
33	DIO7	
35	DIO6	
37	DIO5	
39	DIO4	
41	DIO3	
43	DIO2	
45	DIO1	
47	DIO0	
49	5V	
All even pins	Ground	

<b>J3</b>		
50 pin IDC ribbon connector		
Digital I/O 25 - 48		
Pin	Function	User Designation
1	DIO47	
3	DIO46	
5	DIO45	
7	DIO44	
9	DIO43	
11	DIO42	
13	DIO41	
15	DIO40	
17	DIO39	
19	DIO38	
21	DIO37	
23	DIO36	
25	DIO35	
27	DIO34	
29	DIO33	
31	DIO32	
33	DIO31	
35	DIO30	
37	DIO29	
39	DIO28	
41	DIO27	
43	DIO26	
45	DIO25	
47	DIO24	
49	5V	
All even pins	Ground	

Table 24 Encoder Connectors					
J5					
26 pin IDC ribbon connector					
Encoder 1A – 3A					
Pin	Function	User Designation	Pin	Function	User Designation
1	Encoder (0A) A-		2	Encoder (0A) A+	
3	GND		4	Encoder (0A) B-	
5	Encoder (0A) B+		6	5V	
7	Encoder (0A) I-		8	Encoder (0A) I+	
9	GND		10	Encoder (1A) A-	
11	Encoder (1A) A+		12	5V	
13	Encoder (1A) B-		14	Encoder (1A) B+	
15	GND		16	Encoder (1A) I-	
17	Encoder (1A) I+		18	5V	
19	Encoder (2A) A-		20	Encoder (2A) A+	
21	GND		22	Encoder (2A) B-	
23	Encoder (2A) B+		24	5V	
25	Encoder (2A) I-		26	Encoder (2A) I+	

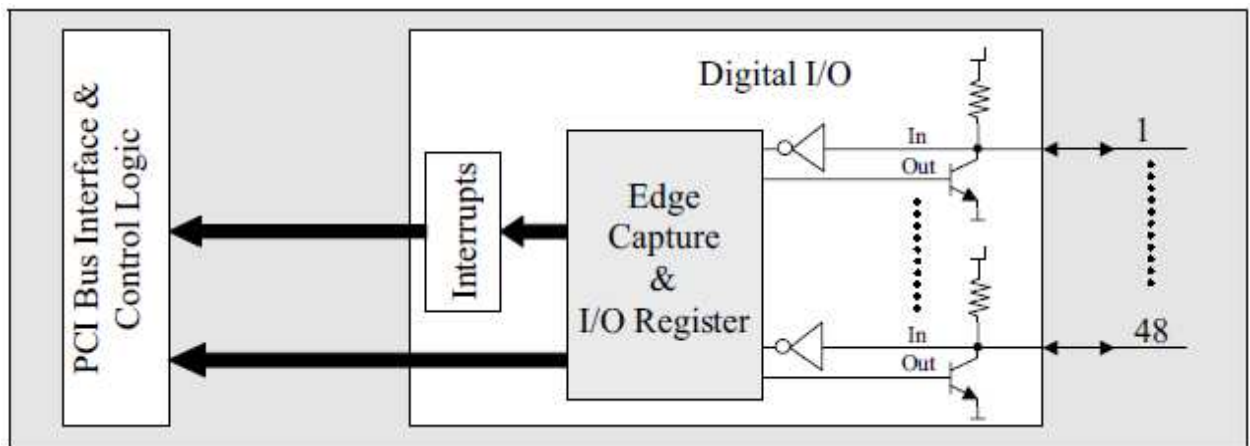
J4					
26 pin IDC ribbon connector					
Encoder 1B – 3B					
Pin	Function	User Designation	Pin	Function	User Designation
1	Encoder (0B) A-		2	Encoder (0B) A+	
3	GND		4	Encoder (0B) B-	
5	Encoder (0B) B+		6	5V	
7	Encoder (0B) I-		8	Encoder (0B) I+	
9	GND		10	Encoder (1B) A-	
11	Encoder (1B) A+		12	5V	
13	Encoder (1B) B-		14	Encoder (1B) B+	
15	GND		16	Encoder (1B) I-	
17	Encoder (1B) I+		18	5V	
19	Encoder (2B) A-		20	Encoder (2B) A+	
21	GND		22	Encoder (2B) B-	
23	Encoder (2B) B+		24	5V	
25	Encoder (2B) I-		26	Encoder (2B) I+	

	Parameter	Typical	Min	Max	Units
I/O	Output sink current			100	mA
	Captured pulse width		250		ns

**Рис. 4.** Характеристики цифрового канала.



<b>J1</b>					
50 pin IDC ribbon cable connector					
Analog inputs & outputs					
Pin	Function	User Designation	Pin	Function	User Designation
1	Shield (Chassis)		2	Ground	
3	-AD0		4	+AD0	
5	-AD1		6	+AD1	
7	-AD2		8	+AD2	
9	-AD3		10	+AD3	
11	-AD4		12	+AD4	
13	-AD5		14	+AD5	
15	-AD6		16	+AD6	
17	-AD7		18	+AD7	
19	Ground		20	Ground	
21	-AD8		22	+AD8	
23	-AD9		24	+AD9	
25	-AD10		26	+AD10	
27	-AD11		28	+AD11	
29	-AD12		30	+AD12	
31	-AD13		32	+AD13	
33	-AD14		34	+AD14	
35	-AD15		36	+AD15	
37	Ground		38	Ground	
39	Ground		40	Ground	
41	Sense1		42	DAC0	
43	Sense2		44	DAC1	
45	Sense3		46	DAC2	
47	Sense4		48	DAC3	
49	Ground		50	Shield (Chassis)	



**Рис. 5.** Структурная схема цифрового ввода / вывода. Интерфейс дает инверсное чтение входного регистра, например, чтение отключенного входного сигнала или сигнала 5В дает ноль. Для нормального чтения необходимо, чтобы в соответствующий выход регистра был записан ноль.

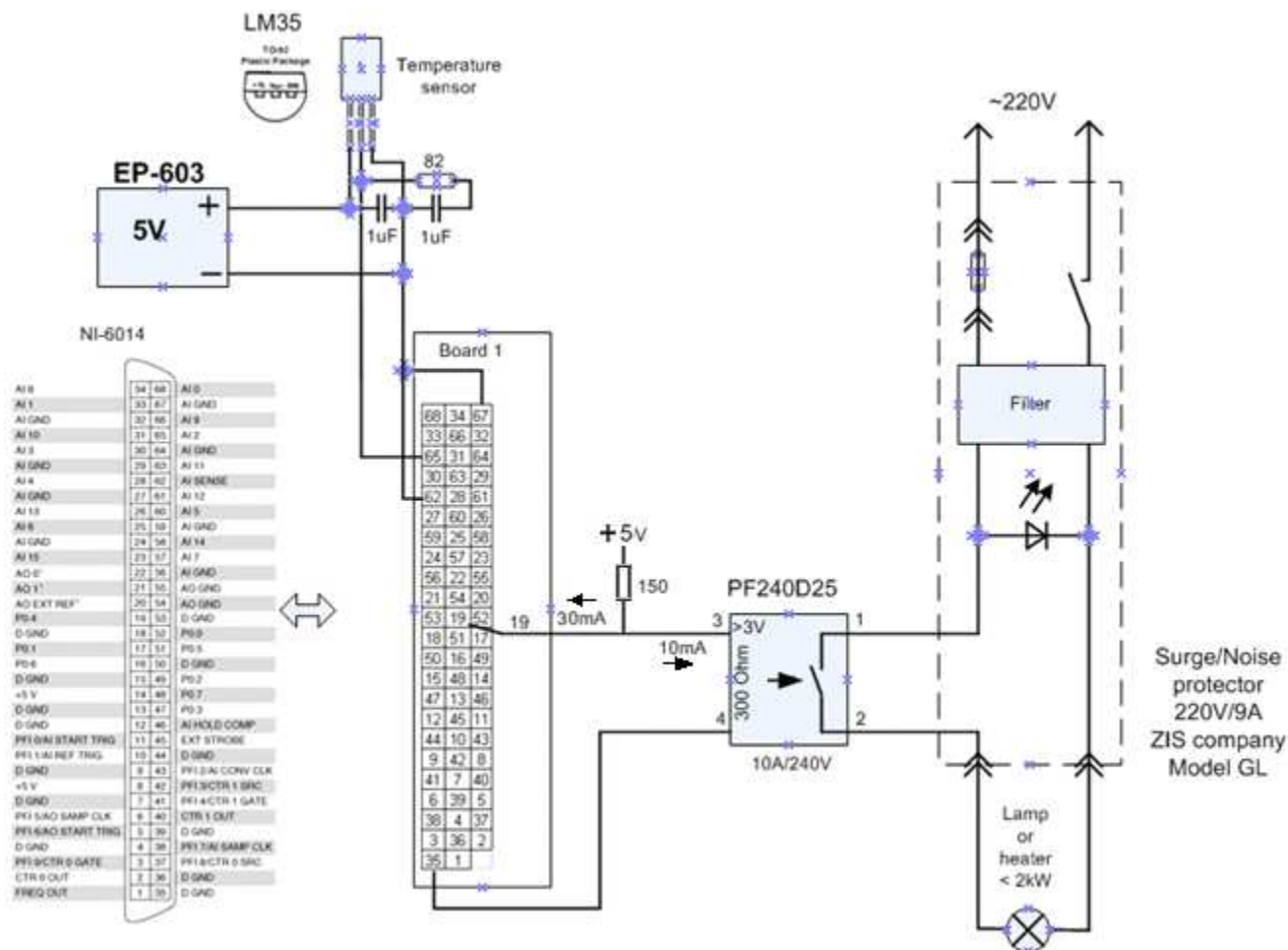
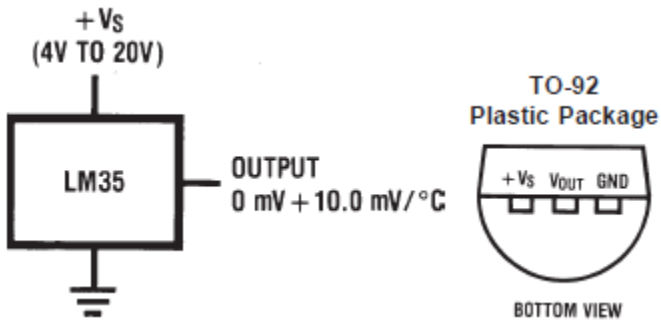


Рис. 6. Пример схемы электрических соединений релейной системы термостатирования на базе интерфейсной карты NI-6014.

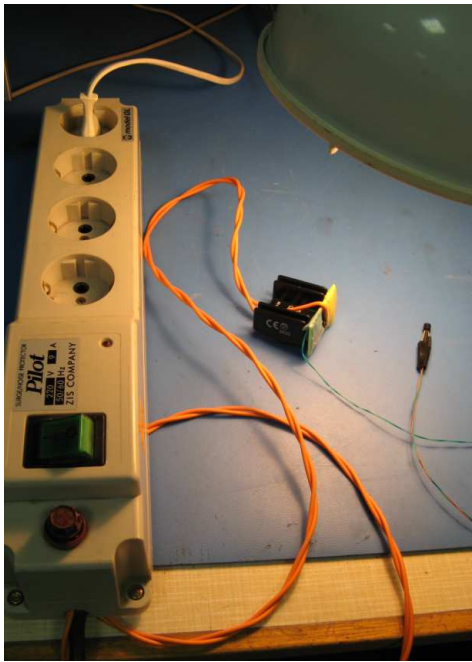
INPUT		OUTPUT	
Description	PF240D25	Description	PF240
Control Voltage Range	3-15 VDC	Operating Voltage (47-63Hz) [Vrms]	12-280
Maximum Turn On Voltage	3.0 VDC	Transient Overvoltage [Vpk]	600
Minimum Turn-Off Voltage	1.0 VDC	Maximum Off-State Leakage Current @ Rated Voltage [mA]	0.1
Typical Input Current @ Nominal Voltage	15 mA	Minimum Off-State dv/dt @ Maximum Rated Voltage [V/usec] (2)	500
Nominal Input Impedance	300 Ohm	Maximum Load Current [A]	Forced Air 25(3) Convection Air 10
Maximum Turn-On Time [msec] (4)	1/2 Cycle	Minimum Load Current [A]	0.06
Maximum Turn-Off Time [msec]	1/2 Cycle	Maximum Surge Current (16.6ms) [Apk]	250
		Maximum On-State Voltage Drop @ Rated Current [Vpk]	1.6
		Maximum I <sup>2</sup> t for fusing (8.3 msec) [A <sup>2</sup> sec]	260
		Minimum Power Factor (with Maximum Load)	0.5

Рис. 7. Спецификация электронного ключа (твердотельного реле) PF240D25 с сопротивлением развязки  $10^9$  Ом. Ключ позволяет управлять подачей питания на сильноточную нагрузку 220В / 10А. Входной сигнал ключа - малоточный 3..15В / 15 мА.

Коэффициент преобразования  $+10\text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$   
 Точность  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (при  $25^{\circ}\text{C}$ )  
 Рабочий диапазон  $-55 \dots +150\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 Напряжение питания  $4 \dots 30\text{ В}$   
 Саморазогрев на воздухе  $0.08^{\circ}\text{C}$   
 Нелинейность  $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$   
 Выходное сопротивление  $0.1\text{ Ом}$  при токе нагрузки  $1\text{ мА}$



**Рис. 8.** Спецификация датчика температуры LM35.



**Рис. 9.** Электрические компоненты системы: твердотельное реле, датчик температуры.

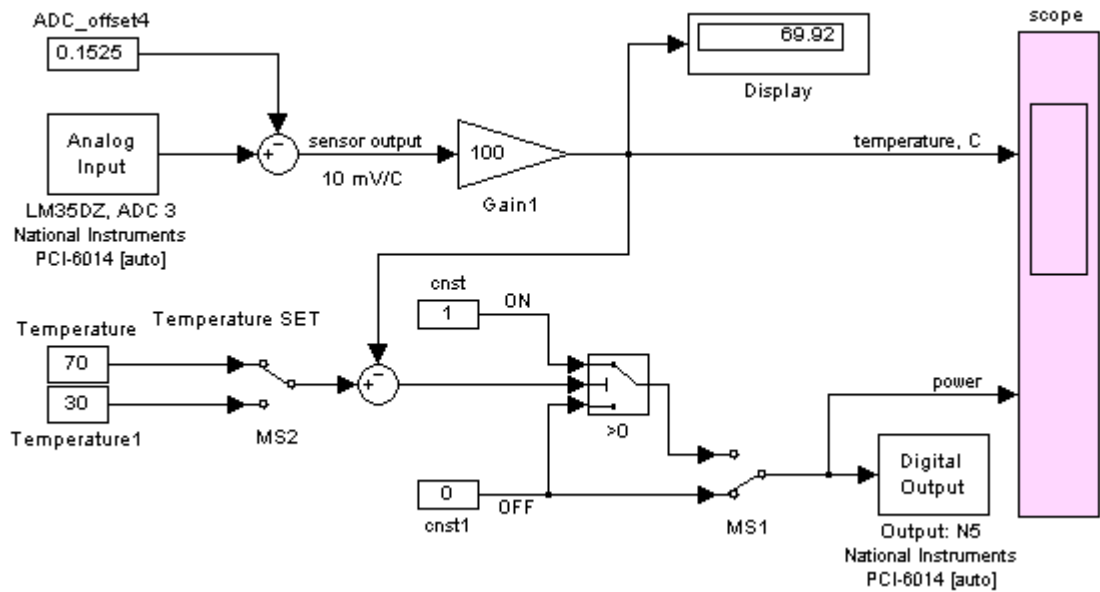
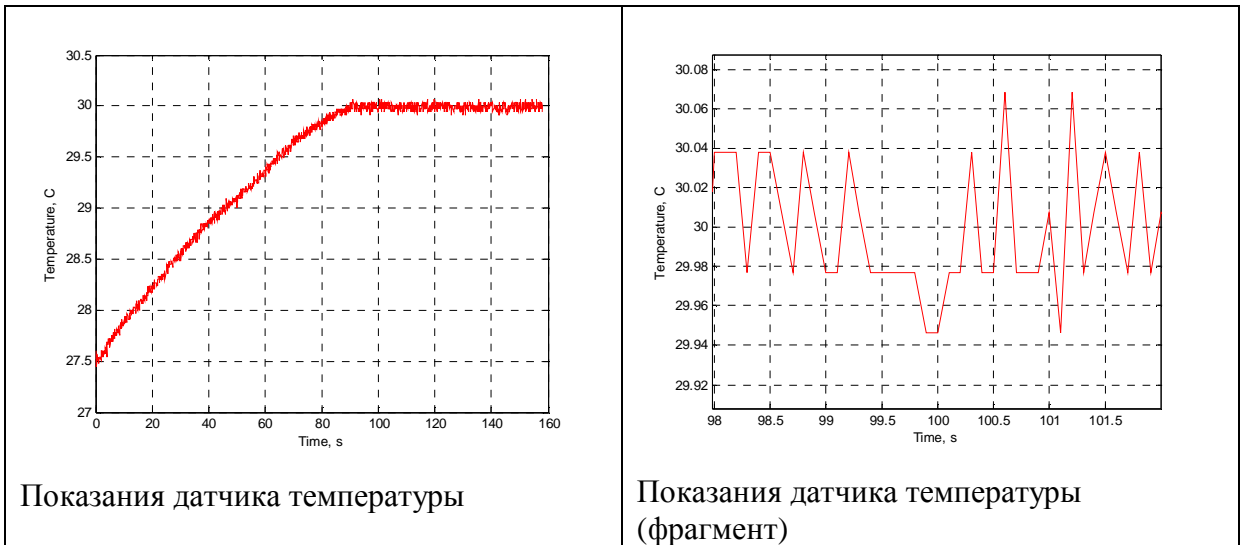


Рис. 10. Simulink модель управления на базе интерфейса NI PCI-6014



Показания датчика температуры

Показания датчика температуры (фрагмент)

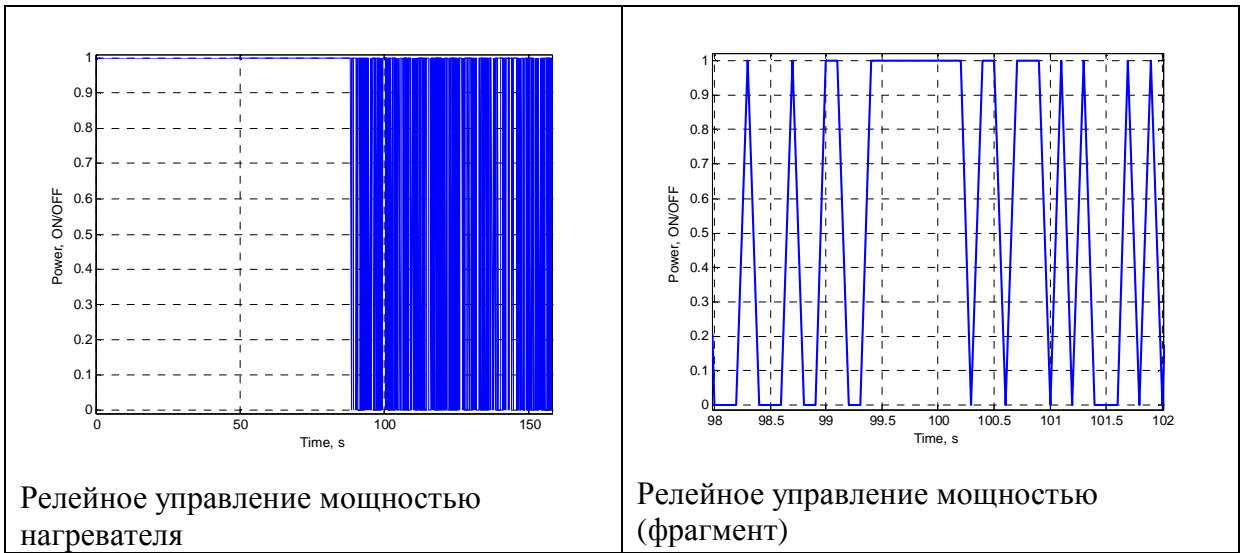


Рис. 11. Результаты тестирования системы термостатирования

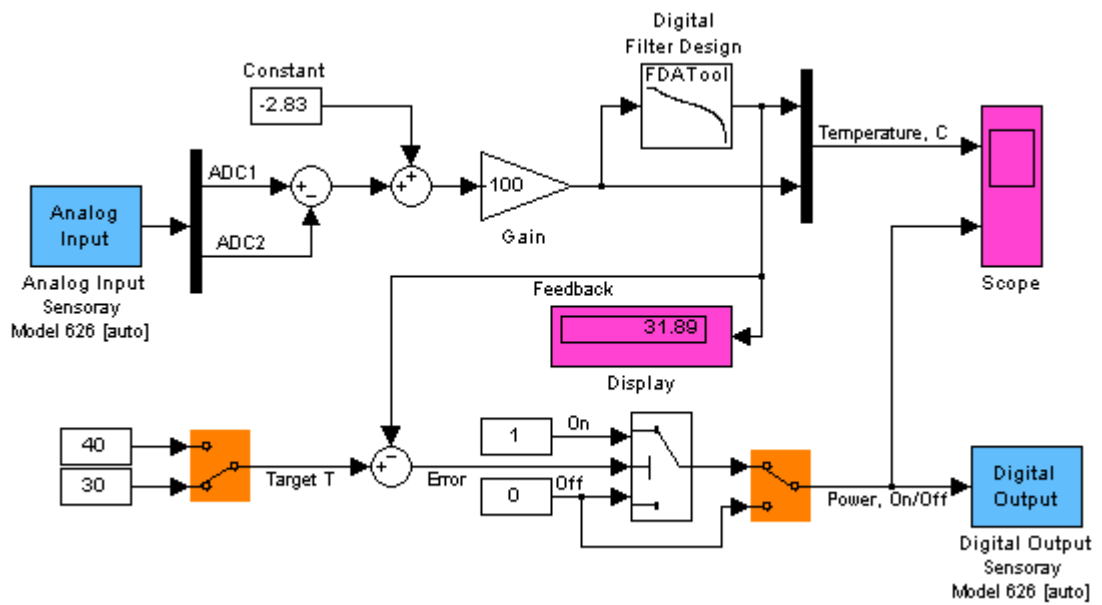


Рис. 12. Simulink модель системы термостатирования на базе интерфейса Sensoray Model 626.



**Рис. 13.** Элементы системы термостатирования на базе интерфейса Sensoray Model 626.

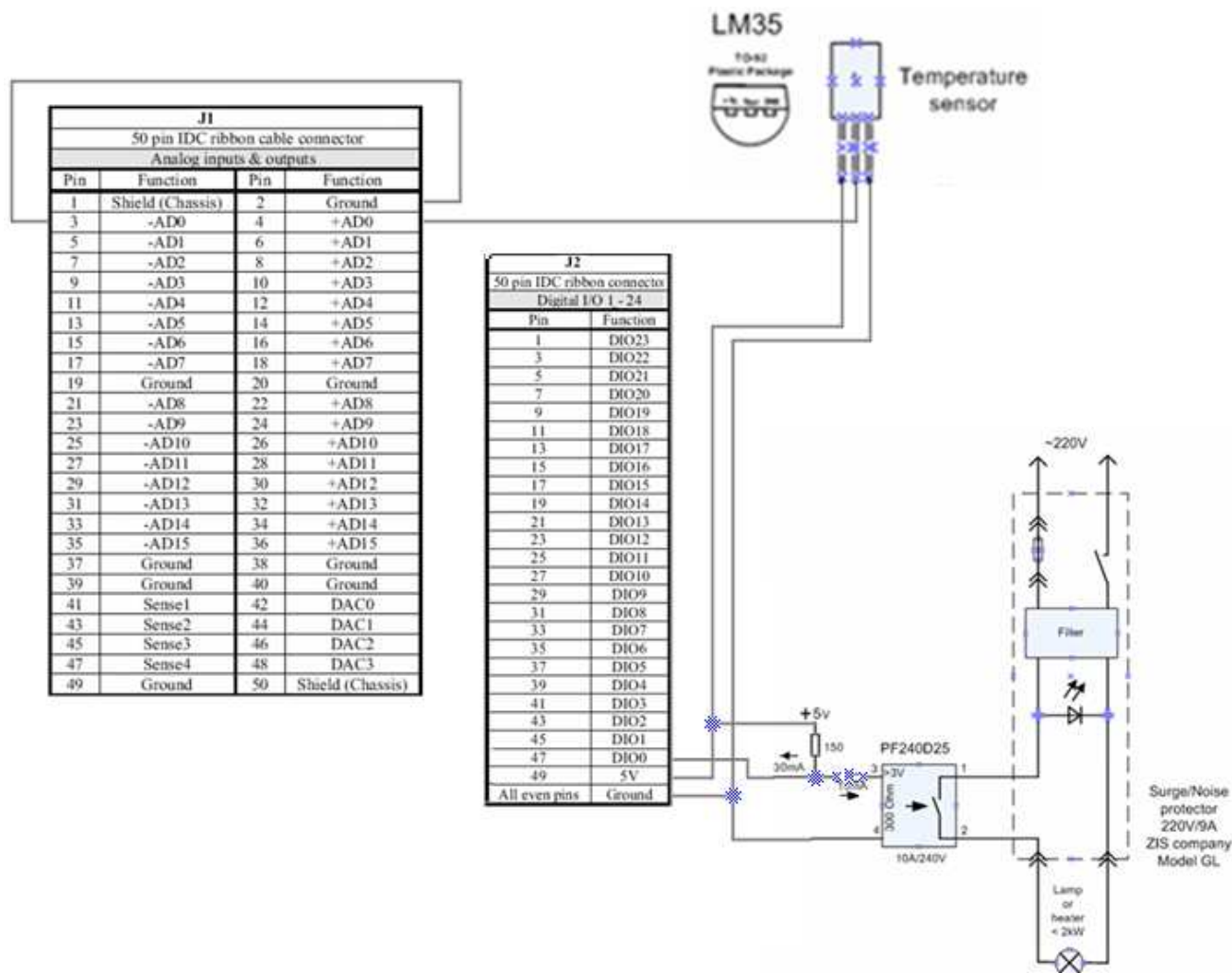


Рис. 14. Электрическая схема системы термостатирования на базе интерфейса Sensoray Model 626.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

### Задание 1.

1. Разработайте систему термостатирования в среде Simulink (см. Рис. 10, Рис. 12).
2. На примере схемы (Рис. 6, Рис. 614) разработайте схему электрических соединений системы термостатирования.
3. Подключите к модели блоки интерфейсной карты (Sensoray 626).
4. Установите заданную температуру 50 град. С.
5. Откомпилируйте Simulink модель.

6. Запустите систему термостатирования в реальном времени.
7. Снимите характеристики системы термостатирования: время переходного процесса, ошибку системы, период и амплитуду автоколебаний.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Почему показания датчика температуры (см. Рис. 11) имеют дискретный характер?
2. Назовите природу автоколебаний системы. От чего зависит частота автоколебаний.
3. Как по переходному процессу изменения температуры определить тепловое сопротивление среды, которая рассеивает тепло.
4. Что необходимо сделать для увеличения точности системы термостатирования?
5. Почему разогрев в термоизолируемом пространстве имеет линейный, а не экспоненциальный характер.
6. Используя результаты тестирования системы постройте модель тепловых потоков системы термостатирования. Определите насколько точно модель описывает поведение реальной системы (определите адекватность модели).
7. Какой максимальной мощностью можно управлять используя ТТЛ электронный ключ 240В/10А?
8. Какие характеристики должны быть у источника входного сигнала электронного ключа (твердотельного реле)?

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. INSTRUCTION MANUAL, Sensoray Model 626, PCI Multifunction I/O Board, Revision F, January 28, 2004
2. Help MatЛАБ.
3. Dr. Bob Davidov. Компьютерные технологии управления в технических системах <http://portalnp.ru/author/bobdavidov>.