

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Факультет ИУ – «Информатика и управление»

Кафедра ИУ-3 – «Информационные системы и телекоммуникации»

Методические указания  
по выполнению домашнего задания 2  
«Разработка устройства ввода-вывода сигналов»  
по дисциплине «Методы и средства проектирования  
информационных систем и технологий»

Для студентов, обучающихся по направлениям  
2304002468, 2304007468 и 2302010065

Москва, 2014

## Содержание

1 Общие указания .....	3
2 Требования к отчету .....	3
3 Пример выполнения домашнего задания .....	4
3.1 Информационный элемент .....	4
3.2 Схема электрическая принципиальная устройства .....	5
3.3 Схема соединений и таблица соединений .....	5
3.4 Описание алгоритма наладочной программы .....	7
Список литературы .....	9
Приложение А Экспериментальная плата .....	10
Приложение Б Макетная плата .....	11
Приложение В Разъемы экспериментальной платы .....	12
Приложение Г Входы-выходы общего назначения микроконтроллера .....	15

## 1 Общие указания

Основной целью домашнего задания является разработка принципиальной электрической схемы, схемы соединений и таблицы соединений, необходимых для подключения сенсорного, индикаторного или исполнительного элемента к экспериментальной плате на базе микроконтроллера MSP430FG4618.

Таблица соединений объединяет в единую схему экспериментальную плату EXP430FG4618 (приложение А) и макетную плату WBU-208 (приложение Б) с помощью комплекта соединительных проводников.

Исходными данными для настоящего домашнего задания являются выполненные ранее выбор, обоснование и расчет съемы включения сенсорного, индикаторного или исполнительного элемента.

Разработка схемы электрической принципиальной и таблицы соединений выполняется с учетом технического описания микроконтроллера [1], схемы электрической принципиальной экспериментальной платы [2], а также справочных материалов по сигналам, выведенных на разъемы экспериментальной платы (приложения В и Г).

Для выполнения домашнего задания необходимо:

- изучить техническую документацию [1, 2] и приложения В, и Г;
- ознакомиться с правилами выполнения электрических схем и таблиц соединений [3];
- разработать схему электрическую принципиальную;
- разработать схему соединений;
- построить по схеме соединений таблицу соединений;
- описать алгоритм наладочной программы.

Заключительным этапом выполнения задания является оформление отчета. Срок выполнения домашнего задания – две недели.

## 2 Требования к отчету

Отчет по домашнему заданию должен содержать:

- титульный лист;
- содержание;
- раздел с описанием информационного элемента;
- раздел с описанием схемы электрической принципиальной;
- раздел с описанием схемы соединений и таблицей соединений;
- раздел с описанием алгоритма для наладочной программы;
- схему электрическую принципиальную;

- схему соединений;
- таблицу соединений;
- список использованной литературы;
- приложения (при необходимости).

Оформление отчета осуществляется в соответствии с ГОСТ 2.105-95 [4], электрические схемы – по ГОСТ 2.702-75 [5], список литературы – по ГОСТ 7.1–2003 [6].

### 3 Пример выполнения домашнего задания

#### 3.1 Информационный элемент

Темой домашнего задания является разработка принципиальной электрической схемы и таблицы соединений для подключения температурного датчика KTS-1 [7] к экспериментальной плате EXP430FG4618 [2] на базе микроконтроллера MSP430FG4618 [1].

Температурный датчик KTS-1 представляет собой отрезок двухпроводного шлейфа длиной до 2 м, присоединенный к влагозащитному термочувствительному элементу (рисунок 1).



Рисунок 1 – Температурный датчик KTS-1

В результате выполнения домашнего задания 1 разработана схема подключения температурного датчика, приведенная на рисунке 2, где  $V_{пит}$  – источник питания экспериментальной платы,  $R_1$  –прецизионный резистор с точностью 0,5 % и сопротивлением 62 кОм,  $R_T$  – температурный датчик с номинальным сопротивлением 3 кОм, АЦП – аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера.

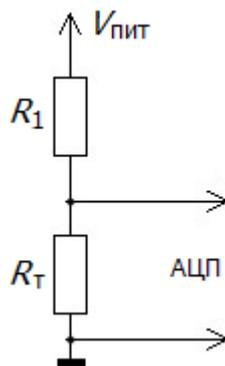


Рисунок 2 – Схема подключения датчика KTS-1

### 3.2 Схема электрическая принципиальная устройства

Схема электрическая принципиальная устройства измерения температуры приведена на рисунке 3.

Для питания схемы используется источник аналогового питания экспериментальной платы В1, подключенный к выводам 100 и 98 микроконтроллера U1. Конденсаторы С1 и С2 используются для фильтрации низкочастотных и высокочастотных помех в цепях питания.

Постоянный резистор R1 и переменный резистор R2, сопротивление которого зависит от температуры, образуют делитель напряжения, со средней точки которого снимается измерительный сигнал. Измерительный сигнал поступает на вывод 95 микроконтроллера, который подключен к каналу А4 встроенного в микроконтроллер аналогово-цифрового преобразователя.

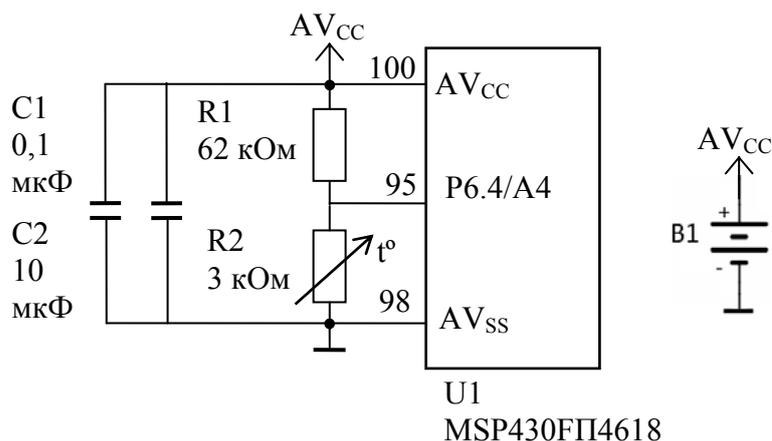


Рисунок 3 – Схема электрическая принципиальная

### 3.3 Схема соединений и таблица соединений

Для монтажа устройства измерения температуры используется:

- макетная плата, где размещаются выносные компоненты схемы;

– соединительные проводники.

Для подачи питания на макетную плату используются разъемы «+» (напряжение питания  $AV_{cc}$ ) и «-» (земля  $AV_{ss}$ ), которые соединены с шинами питания макетной платы «+» и «-» соответственно. Для фильтрации помех по цепям питания на шинах питания экспериментальной платы установлены конденсаторы C1 и C2.

Канал А4 аналогово-цифрового преобразователя, выведенный на контакт Н8.05 внутреннего разъема Н8 экспериментальной платы (см. приложения В), соединен со средней точкой делителя, образованного резистором R1 и датчиком R2.

Итоговая схема подключения экспериментального устройства для измерения температуры приведена на рисунке 4.

Для монтажа экспериментального устройства в лабораторных условиях по схеме соединений (рисунок 4) построим таблицу соединений (таблица 1).

Таблица 1 – Таблица соединений

Обозначение	Соединение	Данные провода	Примечание
R1	Макетная плата d23 – Макетная плата d30	нет	Нагрузка
R2	Макетная плата c22 – Макетная плата c26	нет	Датчик
C1	Макетная плата «+» – Макетная плата «-»	нет	Фильтр ВЧ
C2	Макетная плата «+» – Макетная плата «-»	нет	Фильтр НЧ
П1	Макетная плата «-» – Макетная плата a22	Синий	Земля
П2	Макетная плата «+» – Макетная плата a30	Красный	Питание
П3	Макетная плата «-» – Экспериментальная плата «-»	Синий	Земля
П4	Макетная плата «+» – Экспериментальная плата «+»	Красный	Питание
П5	Макетная плата e26 – Экспериментальная плата Н8.05	Оранжевый	Сигнал

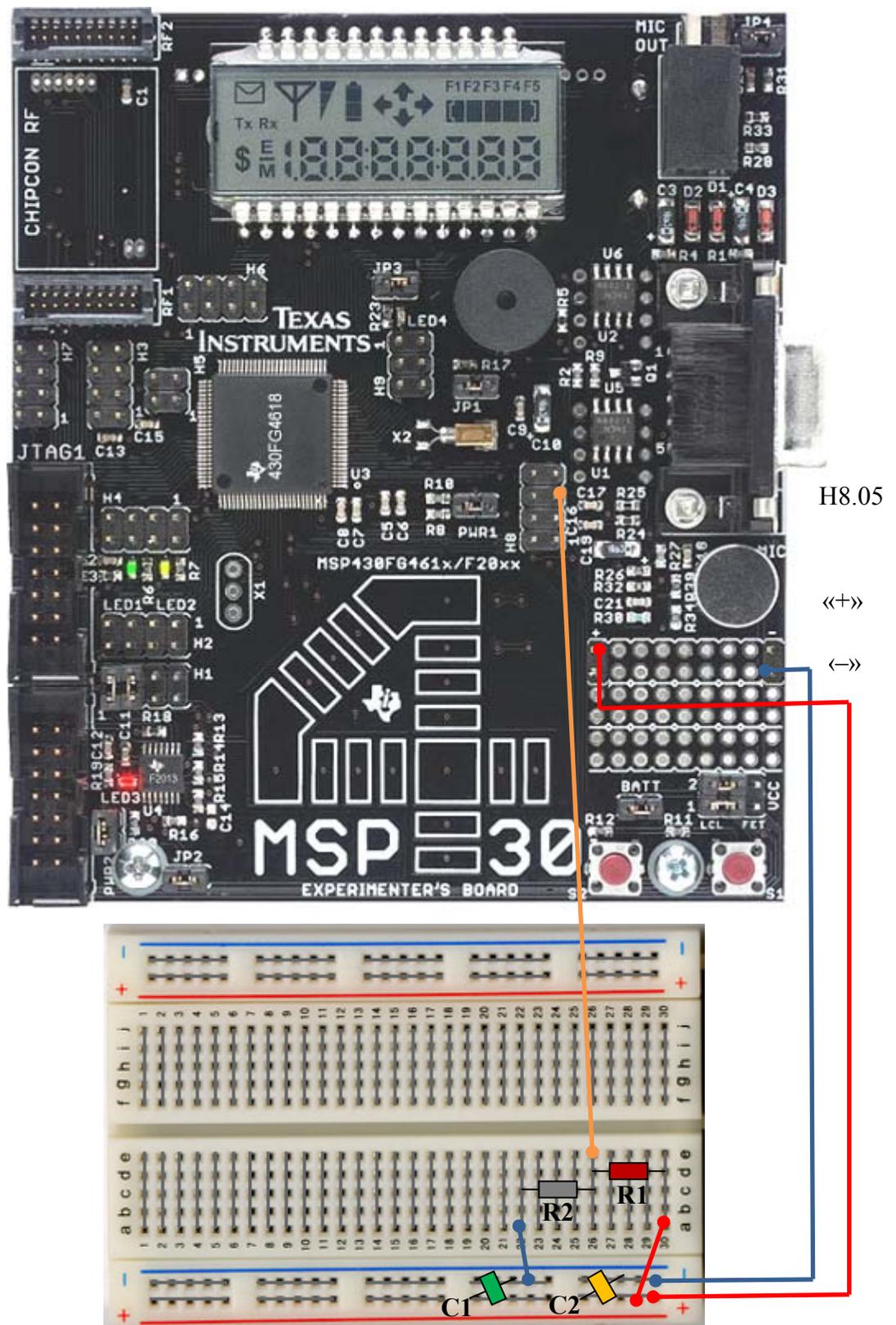


Рисунок 4 – Схема соединений

### 3.4 Описание алгоритма наладочной программы

#### 3.4.1 Наладочная программа в начале работы:

– останавливает сторожевой таймер;

- настраивает вход-выход общего назначения для ввода аналоговых данных;
- конфигурирует аналого-цифровой преобразователь;
- выбирается источник опорного напряжения (аналоговое питание микроконтроллера).

3.4.2 Следующим шагом работы программы является запуск аналого-цифрового преобразователя для ввода отсчета сигнала с температурного датчика по каналу А4 и ожидание завершения преобразования.

3.4.3 По завершению преобразования отсчет сигнала считывается из регистра данных аналого-цифрового преобразователя и преобразуется в значение температуры по следующим формулам:

$$V_{\text{АЦП}} = \frac{D_{\text{АЦП}}}{4096} V_{\text{оп}} [B];$$

$$R_T = \frac{R_1 V_{\text{АЦП}}}{V_{\text{пит}} - V_{\text{АЦП}}} [\text{Ом}];$$

$$T = \frac{\beta}{\ln\left(\frac{R_T}{R_{\text{ном}}}\right) + \frac{\beta}{K + T_0}} - K [^{\circ}C],$$

где  $D_{\text{АЦП}}$  – отсчет измерительного сигнала из регистра данных АЦП;  $V_{\text{оп}}$  – опорное напряжение АЦП в вольтах,  $V_{\text{АЦП}}$  – напряжение, измеряемое АЦП в вольтах;  $\beta$  – коэффициент температурной чувствительности,  $\beta = 3988$ ;  $T_0$  – базовая температура,  $T_0 = 25^{\circ}\text{C}$ ;  $R_{\text{ном}}$  – сопротивление датчика при базовой температуре  $T_0$ ,  $R_{\text{ном}} = 3000 \text{ Ом}$ ;  $K$  – температура Кельвина,  $K = 273^{\circ}\text{C}$ .

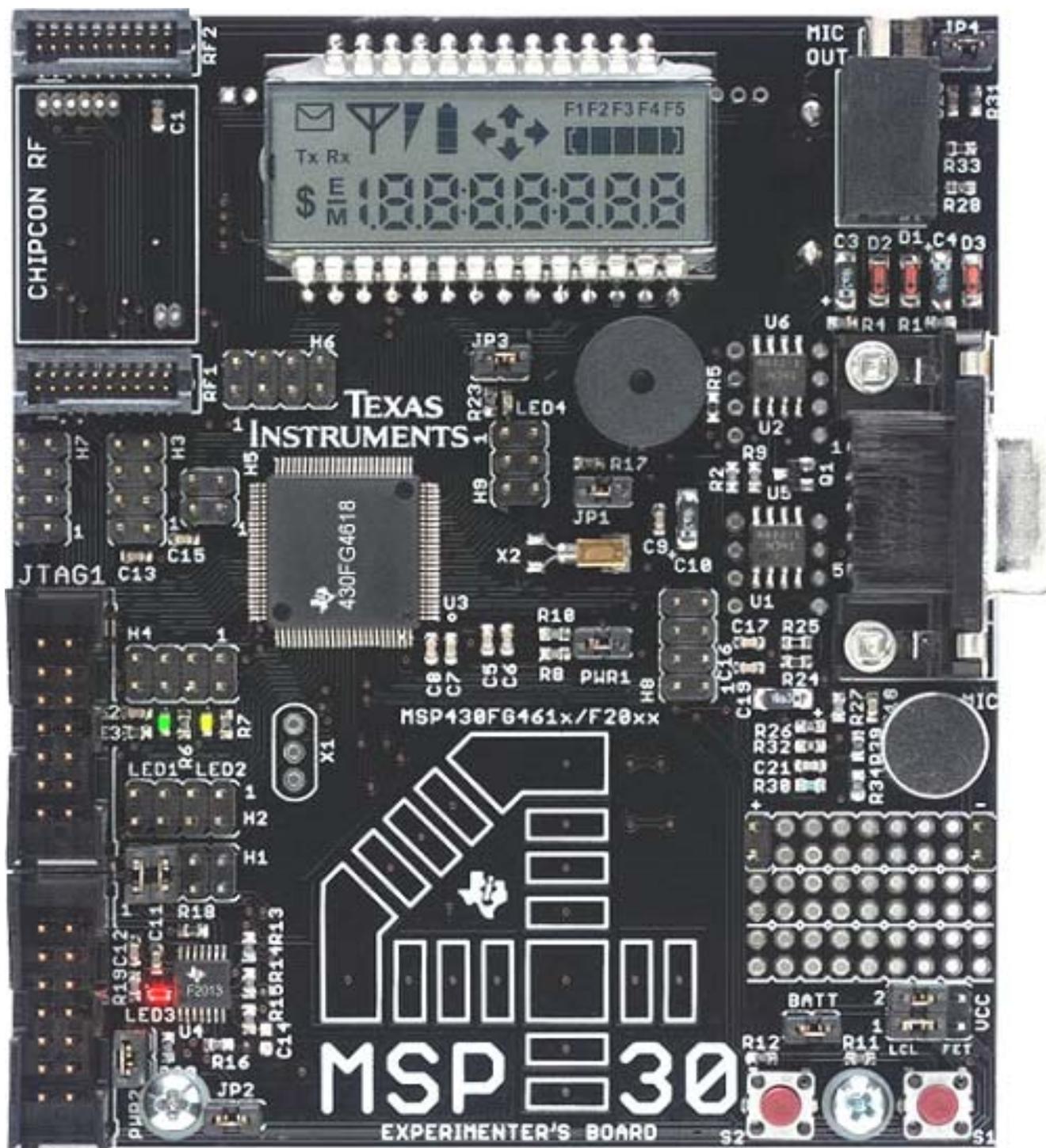
3.4.4 Полученное в результате расчетов значение температуры  $T$  выводится в консольное окно среды программирования.

3.4.5 После небольшой задержки повторяются шаги алгоритма, начиная с п. 3.4.2.

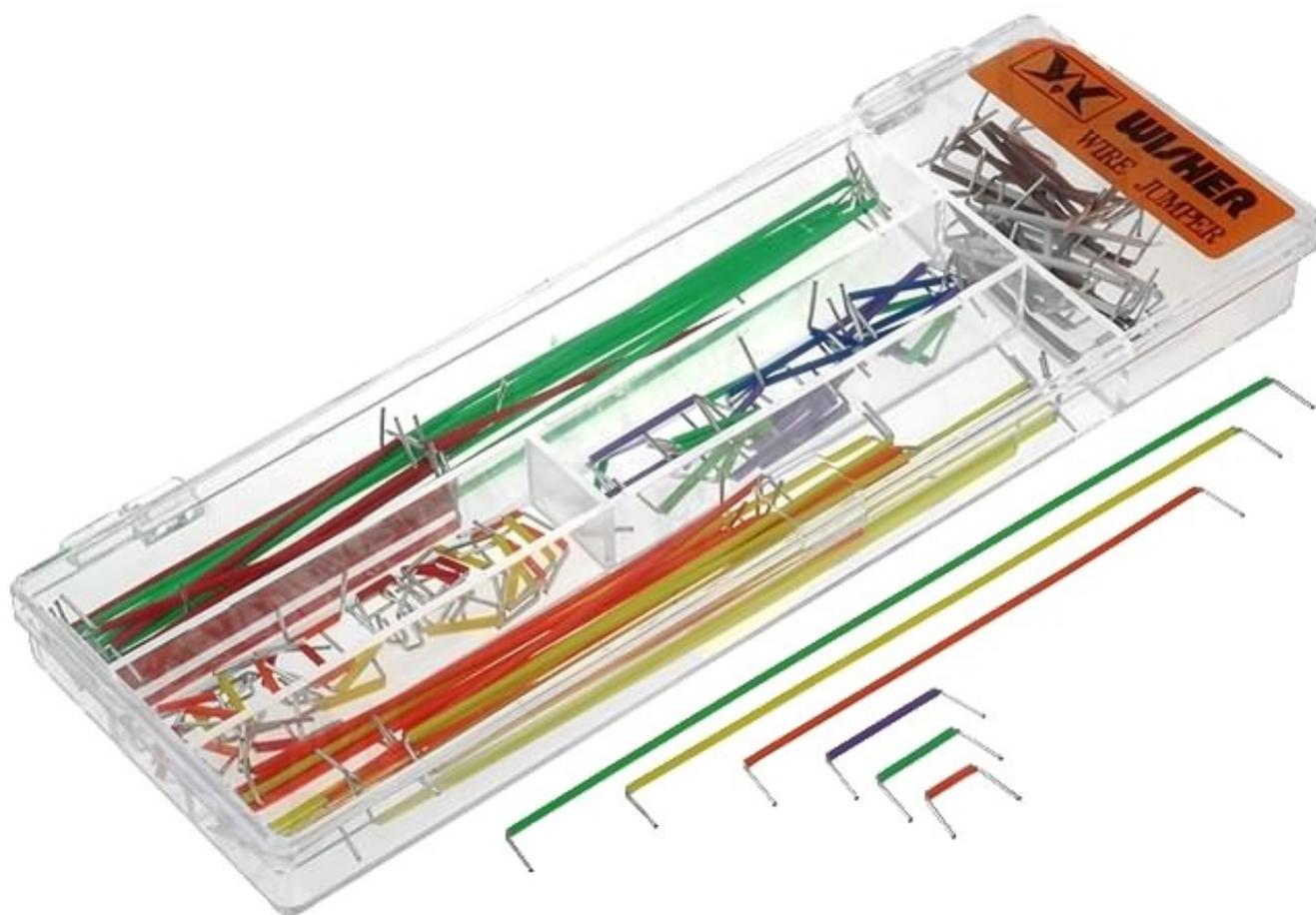
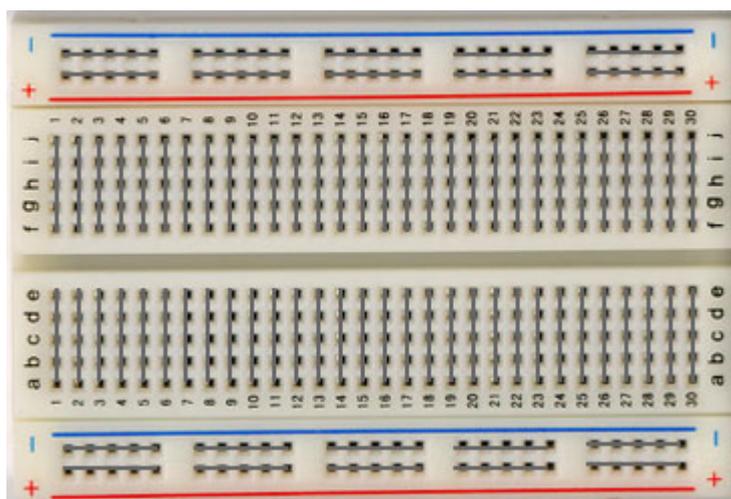
## Список литературы

- [1] MSP430x461x. Mixed Signal Microcontroller. – Texas Instruments, 2009. – 95 p.
- [2] MSP430FG4618/F2013. Experimenter's Board. – Texas Instruments, 2007. – 19 p.
- [3] Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД. Справочник. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 325 с.
- [4] ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 26 с.
- [5] ГОСТ 2.702-75. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 22 с.
- [6] ГОСТ 7.1–2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 54 с.
- [7] KernelChip. Датчик температуры KTS-1: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kernelchip.ru/KTS-1.php>. – Дата обращения: 20.09.2012.

Приложение А  
Экспериментальная плата



Приложение Б  
Макетная плата



## Приложение В

### Разъемы экспериментальной платы

#### H1 – MSP430F2013PW

P1.7 (09: P1.7/A3-/SDI/SDA/TDO/TDI)	01	02	P3.1 (70: P3.1/UCB0SIMO/ UCB0SDA)
P1.6 (08: P1.6/TA1/A3+/SDO/SCL/TDI/TCLK)	03	04	P3.2 (69: P3.2/UCB0SOMI/ UCB0SCL)
P1.4 (06: P1.4/SMCLK/A2+/TCK)	05	06	P3.0 (71: P3.0/UCB0STE)
P1.5 (07: P1.5/TA0/A2-/SCLK/TMS)	07	08	P3.3 (68: P3.3/UCB0CLK)

#### H2 – Port 1

P1.0 (87: P1.0/TA0)	01	02	P1.1 (86: P1.1/TA0/MCLK)
P1.2 (85: P1.2/TA1)	03	04	P1.3 (84: P1.3/TBOUTH/SVCOUT)
P1.4 (83: P1.4/TBCLK/SMCLK)	05	06	P1.5 (82: P1.5/TACLK/ACLK)
P1.6 (81: P1.6/CA0)	07	08	P1.7 (80: P1.7/S34/CA1)

#### H3 – Port 4

P4.0 (63: P4.0/UTXD1)	01	02	P4.1 (62: P4.1/URXD1)
P4.2 (51: P4.2/STE1/S39)	03	04	P4.3 (50: P4.3/SIMO1/S38)
P4.4 (49: P4.4/SOMI1/S37)	05	06	P4.5 (48: P4.5/UCLK1/S36)
P4.6 (47: P4.6/S35/UCA0TXD)	07	08	P4.7 (46: P4.7/S34/UCA0RXD)

#### H4 – Port 2

P2.0 (79: P2.0/TA2)	01	02	P2.1 (78: P2.1/TB0)
P2.2 (77: P2.2/TB1)	03	04	P2.3 (76: P2.3/TB2)
P2.4 (75: P2.4/UCA0TXD)	05	06	P2.5 (74: P2.5/UCA0RXD)
P2.6 (73: P2.6/CAOUT)	07	08	P2.7 (72: P2.7/ADC12CLK/DMAE0)

#### H5 – LCD, Port 5

LCDCAP (59: LCDCAP/R33)	01	02	P5.7 (58: P5.7/R23)
P5.6 (57: P5.6/LCDREF/R13)	03	04	P5.5 (56: P5.5/R03)

### H6 – Port 7

P7.0 (45: P7.0/S33/UCA0STE)	01 02	P7.1 (44: P7.1/S32/UCB0SIMO)
P7.2 (43: P7.2/S31/UCA0SOMI)	03 04	P7.3 (42: P7.3/S30/UCA0CLK)
P7.4 (41: P7.4/S29)	05 06	P7.5 (40: P7.5/S28)
P7.6 (39: P7.6/S27)	07 08	P7.7 (38: P7.7/S26)

### H7 – Port 3

P3.0 (71: P3.0/UCB0STE)	01 02	P3.1 (70: P3.1/UCB0SIMO/UCB0SDA)
P3.2 (69: P3.2/UCB0SOMI/UCB0SCL)	03 04	P3.3 (68: P3.3/UCB0CLK)
P3.4 (67: P3.4/TB3)	05 06	P3.5 (66: P3.5/TB4)
P3.6 (65: P3.6/TB5)	07 08	P3.7 (64: P3.7/TB6)

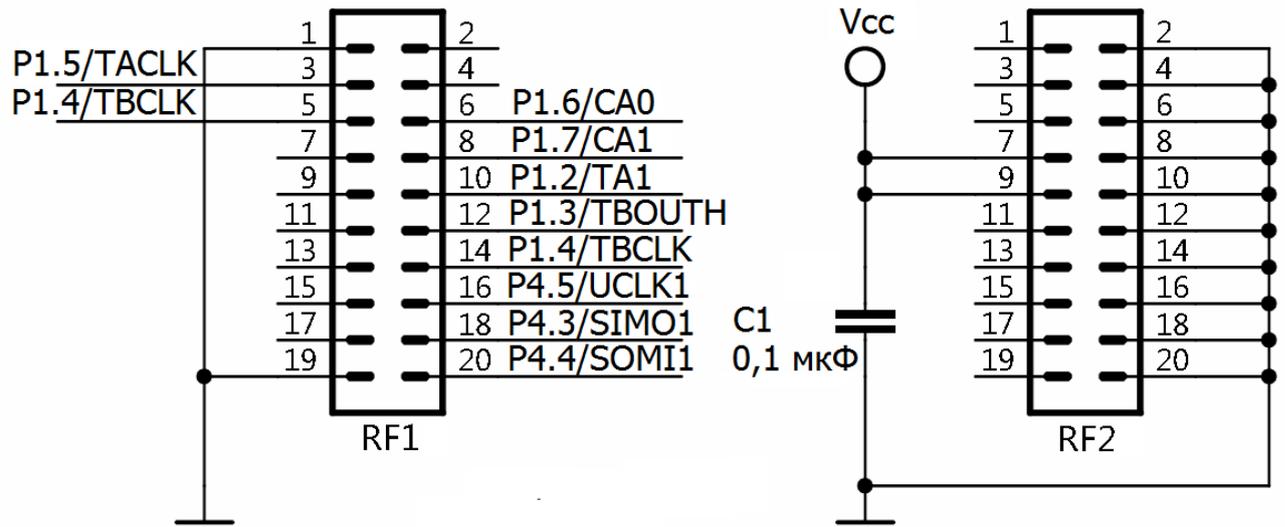
### H8 – Port 6

P6.0 (95: P6.0/A0/OA0I0)	01 02	P6.1 (96: P6.1/A1/OA0O)
P6.2 (97: P6.2/A2/OA0I1)	03 04	P6.3 (02: P6.3/A3/OA1O)
P6.4 (03: P6.4/A4/OA1I0)	05 06	P6.5 (04: P6.5/A5/OA2O)
P6.6 (05: P6.6/A6/DAC0/OA2I0)	07 08	P6.7 (06: P6.7/A7/DAC1/SVSIN)

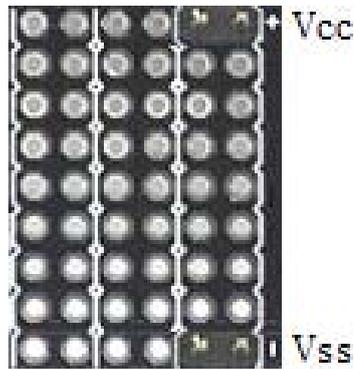
### H9 – VREF, DAC, Port5, Port10

VEREF- (11: VeREF-/VREF)	01 02	VEREF+ (10: VeREF+/DAC0)
P5.0 (13: P5.0/S1/A13/OA1I1)	03 04	P5.1 (12: P5.1/S0/A12/DAC1)
P10.6 (15: P10.6/S3/A15)	05 06	P10.7 (14: P10.7/SA2/A14/OA2I1)

### RF1, RF2



### Питание



## Приложение Г

### Входы-выходы общего назначения микроконтроллера

#### Порт 1

P1.0 (87: P1.0/TA0) H2.01, Buzzer  
P1.1 (86: P1.1/TA0/MCLK) H2.02, Buzzer  
P1.2 (85: P1.2/TA1) H2.03, RF.10  
P1.3 (84: P1.3/TBOUTH/SVCOUT) H2.04, RF.12  
P1.4 (83: P1.4/TBCLK/SMCLK) H2.05, RF.05  
P1.5 (82: P1.5/TACLK/ACLK) H2.06, RF.03  
P1.6 (81: P1.6/CA0) H2.07, RF.06  
P1.7 (80: P1.7/S34/CA1) H2.08, RF.08

#### Порт 2

P2.0 (79: P2.0/TA2) H3.01  
P2.1 (78: P2.1/TB0) H3.02, LED1  
P2.2 (77: P2.2/TB1) H3.03, LED2  
P2.3 (76: P2.3/TB2) H3.04, Mic Supply (R26)  
P2.4 (75: P2.4/UCA0TXD) H3.05, RS232  
P2.5 (74: P2.5/UCA0RXD) H3.06, RS232  
P2.6 (73: P2.6/CAOUT) H3.07  
P2.7 (72: P2.7/ADC12CLK/DMAE0) H3.08

#### Порт 3

P3.0 (71: P3.0/UCB0STE) H7.01, H1.06  
P3.1 (70: P3.1/UCB0SIMO/UCB0SDA) H7.02, H1.02  
P3.2 (69: P3.2/UCB0SOMI/UCB0SCL) H7.03, H1.04  
P3.3 (68: P3.3/UCB0CLK) H7.04, H1.08  
P3.4 (67: P3.4/TB3) H7.05  
P3.5 (66: P3.5/TB4) H7.06, Buzzer  
P3.6 (65: P3.6/TB5) H7.07, MSP430F2013PW (10: NMI/RST/SBWTIO)  
P3.7 (64: P3.7/TB6) H7.08, MSP430F2013PW (11: TEST/SBWTCK)

## Порт 4

P4.0 (63: P4.0/UTXD1)	H3.01
P4.1 (62: P4.1/URXD1)	H3.02
P4.2 (51: P4.2/STE1/S39)	H3.03, RF14
P4.3 (50: P4.3/SIMO1/S38)	H3.04, RF18
P4.4 (49: P4.4/SOMI1/S37)	H3.05, RF20
P4.5 (48: P4.5/UCLK1/S36)	H3.06, RF16
P4.6 (47: P4.6/S35/UCA0TXD)	H3.07
P4.7 (46: P4.7/S34/UCA0RXD)	H3.08

## Порт 5

P5.0 (13: P5.0/S1/A13/OA1I1)	H9.03
P5.1 (12: P5.1/S0/A12/DAC1)	H9.04, LED4 (JP3)
P5.2 (53: P5.1/COM1)	SBLCDA4 COM1 (17: COM1)
P5.3 (54: P5.1/COM2)	SBLCDA4 COM2 (16: COM2)
P5.4 (55: P5.1/COM3)	SBLCDA4 COM3 (15: COM3)
P5.5 (56: P5.5/R03)	H5.04
P5.6 (57: P5.6/LCDREF/R13)	H5.03
P5.7 (58: P5.7/R23)	H5.02

## Порт 6

P6.0 (95: P6.0/A0/OA0I0)	H8.01, Mic HPF (R29)
P6.1 (96: P6.1/A1/OA0O)	H8.02, Mic HPF (C21)
P6.2 (97: P6.2/A2/OA0I1)	H8.03, Mic HPF (R32)
P6.3 (02: P6.3/A3/OA1O)	H8.04, OA1 LPF (C16)
P6.4 (03: P6.4/A4/OA1I0)	H8.05
P6.5 (04: P6.5/A5/OA2O)	H8.06, Audio (R28)
P6.6 (05: P6.6/A6/DAC0/OA2I0)	H8.07
P6.7 (06: P6.7/A7/DAC1/SVSIN)	H8.08, OA1 LPF (R24)

## Порт 7

P7.0 (45: P7.0/S33/UCA0STE)	H6.01
P7.1 (44: P7.1/S32/UCB0SIMO)	H6.02
P7.2 (43: P7.2/S31/UCA0SOMI)	H6.03
P7.3 (42: P7.3/S30/UCA0CLK)	H6.04
P7.4 (41: P7.4/S29)	H6.05

P7.5 (40: P7.5/S28) H6.06

P7.6 (39: P7.6/S27) H6.07

P7.7 (38: P7.7/S26) H6.08

### Порт 8

P8.0 (37: P8.0/S25) SBLCDA4 S21 (26: DOL\_ERR\_MINUS\_MEM)

P8.1 (36: P8.1/S24) SBLCDA4 S20 (25: ENV\_TX\_RX\_8BC)

P8.2 (35: P8.2/S23) SBLCDA4 S19 (24: ANT\_A2\_A1\_A0)

P8.3 (34: P8.3/S22) SBLCDA4 S18 (23: BT\_B1\_B0\_BB)

P8.4 (33: P8.4/S21) SBLCDA4 S17 (22: AU\_AR\_AD\_AL)

P8.5 (32: P8.5/S20) SBLCDA4 S16 (21: PL\_P0\_P1\_P2)

P8.6 (31: P8.6/S19) SBLCDA4 S15 (20: F1\_F2\_F3\_F4)

P8.7 (30: P8.7/S18) SBLCDA4 S14 (19: F5\_PR\_P4\_P3)

### Порт 9

P9.0 (29: P9.7/S17) SBLCDA4 S13 (01: 7F\_7G\_7E\_DP7)

P9.1 (28: P9.7/S16) SBLCDA4 S12 (02: 7A\_7B\_7C\_7D)

P9.2 (27: P9.7/S15) SBLCDA4 S11 (03: 6F\_6G\_6E\_DP6)

P9.3 (26: P9.7/S14) SBLCDA4 S10 (04: 6A\_6B\_6C\_6D)

P9.4 (25: P9.7/S13) SBLCDA4 S9 (05: 5F\_5G\_5E\_COL5)

P9.5 (24: P9.7/S12) SBLCDA4 S8 (06: 5A\_5B\_5C\_5D)

P9.6 (23: P9.7/S11) SBLCDA4 S7 (07: 4F\_4G\_4E\_DP4)

P9.7 (22: P9.7/S10) SBLCDA4 S6 (08: 4F\_4G\_4E\_4D)

### Порт 10

P10.0 (21: P10.0/S9) SBLCDA4 S5 (09: 3F\_3G\_3H\_COL3)

P10.1 (20: P10.1/S8) SBLCDA4 S4 (10: 3A\_3B\_3C\_3D)

P10.2 (19: P10.2/S7) SBLCDA4 S3 (11: 2F\_2G\_2E\_DP2)

P10.3 (18: P10.3/S6) SBLCDA4 S2 (12: 2A\_2B\_2C\_2D)

P10.4 (17: P10.4/S5) SBLCDA4 S1 (13: 1F\_1G\_1E\_DP1)

P10.5 (16: P10.5/S4) SBLCDA4 S0 (14: 1A\_1B\_1C\_1D)

P10.6 (15: P10.6/S3/A15) H9.05

P10.7 (14: P10.7/SA2/A14/OA2I1) H9.06