

## **ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЕНЗОРИ ЗА ТЕМПЕРАТУРА С ВИРТУАЛЕН ИНСТРУМЕНТ, РАЗРАБОТЕН В LABVIEW**

**Емил Йончев**

[e\\_iontchev@yahoo.com](mailto:e_iontchev@yahoo.com)

**ВТУ “Тодор Каблешков”, катедра “ПТСМС,” ул. “Гео Милев” 158, София 1574  
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** система за събиране на данни, сензори за температура, LabVIEW*

***Резюме:** Представено е решение за реализиране на измервателна система на температура, с възможност за адаптиране към различни температурни сензори. Системата е отворена за добавяне на допълнителни сензори и за промяна на параметрите ѝ. С предвидената възможност за записване на данните в текстови файл се предоставя възможност за последваща обработка на данните в подходяща за потребителя среда. Една от предоставените възможности е да се определя преобразователна характеристика на температурен сензор, за който липсват каталожни данни на базата на сравнение с характеристиката на еталонен сензор.*

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Измерването и контролирането на температурата се извършва в почти всички сфери на човешката дейност. За тази цел се използват няколко вида сензори, включващи терморезистори, термистори, термодвойки и различни полупроводникови термопреобразователи. Обхвата на измерване, точността на измерване, леснота при тяхното използване е различно, така че най-добрият избор зависи от конкретното приложение и температурния обхват. В доклада е представена измервателна система, към която може да се включват терморезистори, термистори, термодвойки и полупроводникови устройства за измерване на температура, в различни схеми за формиране на информативен сигнал и да се снимат техните характеристики или да се използва за измерване на температура в конкретно приложение. Тя е реализирана с устройство за събиране на данни - DAQ 6211 на фирмата National Instruments и виртуален инструмент реализиран в програмната среда LabView на същата фирма.

### **ОСНОВНИ ЗАВИСИМОСТИ ЗА ОТДЕЛНИТЕ ВИДОВЕ СЕНЗОРИ**

Терморезисторите са най-точните и стабилни температурни сензори. Температурният им обхват е приблизително от  $-200^{\circ}\text{C}$  -  $+800^{\circ}\text{C}$ , като зависи от материала и конкретната конструкция. От материалите, които се използват за направата им, най-широко разпространение е получила платината заради нейната химична неактивност и повтаряемост в промяната на съпротивлението ѝ. Зависимостта на съпротивлението ѝ от температурата се определя с израза [1]:

$$(1) R_T = R_o [1 + AT + BT^2 + CT^3 (T - 100^{\circ}\text{C})]$$

където  $R_T$  е съпротивлението на терморезистора при неизвестната температура,  $R_0$  е съпротивлението при  $0^\circ\text{C}$ , А, В, С са коефициенти дадени в [2]. Промяната на съпротивлението на терморезистора, може да се измери като се използва Уинстонов мост захранван от източник на напрежение или директно терморезистора се захранва от източник на ток и се измерва напрежението между изводите му. В този случай измерваната температура се определя с израза [3]:

$$(2) T = \frac{2(U_{RTD} - I_{RTD}R_0)}{I_{RTD}R_0 \left[ \sqrt{\frac{A^2 + 4B(U_{RTD} - I_{RTD}R_0)}{I_{RTD}R_0}} \right]}$$

Измерването е свързано с разсейването на някаква мощност в сензора, затова при избора на методи и средства за измерване е необходимо да се държи сметка да не би разсейваната в него мощност да превиши максимално допустимата. В противен случай, това би довело до неговото загряване и от тук внасяне на значителни грешки при измерването на температурата. В повечето случаи терморезисторите са нискоомни и грешка в резултата от измерването ще внасят и съединителните проводници. Компенсация на съпротивлението им се извършва като се използва трипроводна или четирипроводна схема на свързване.

Термисторите са също съпротивителни преобразуватели на температура, но с по-тесен температурен диапазон на измерваните температури, обикновено от  $-50^\circ\text{C}$  -  $+150^\circ\text{C}$ . В зависимост от материала, от който са направени те могат да имат положителен или отрицателен температурен коефициент. Техните температурни коефициенти са значително по-големи от тези на терморезисторите, което предполага и по-високи стойности на изходното напрежение и отпада необходимостта от специално опроводяване на измервателната схема за постигане на по-добра точност. Тяхната преобразователна характеристика е силно нелинейна и нестабилна, затова и не са стандартизирани както е при терморезисторите и термодвойките. Това предполага да се извършва калибриране при работа с тях. Зависимостта на температурата от промяната на съпротивлението им се дава с израза [2]:

$$(3) T = \frac{1}{A + B \ln(R_T) + C [\ln(R_T)]^3} [^\circ\text{K}]$$

където А, В, С са константи зависещи от материала и се дават от производителя,  $R_T$  е измереното съпротивление.

Термодвойките са най-разпространените температурни сензори, което се дължи на тяхната надеждност, малки размери, ниска стойност, много голям температурен обхват от  $-100^\circ\text{C}$  -  $+2500^\circ\text{C}$  и сравнително добра точност  $\pm 1-2^\circ\text{C}$ . Изходният им сигнал е директно в напрежение, но то е с ниски стойности, което налага да се използва предварително усилване на сигнала и филтриране. Зависимостта на температурата от измереното напрежение се апроксимира с полинома [4]

$$(4) T = \sum_{i=0}^n c_i (E)^i$$

където  $c_i$  са коефициенти зададени в табличен вид, Е е напрежението на изхода на термодвойката, n е броят на коефициентите за конкретния тип термодвойка. Стойностите в тези таблици са дадени когато единият край на термодвойката е при  $0^\circ\text{C}$ , в случай когато същият е при друга температура се използват схеми и алгоритми за преизчисление на отчетеното напрежение към табличното.

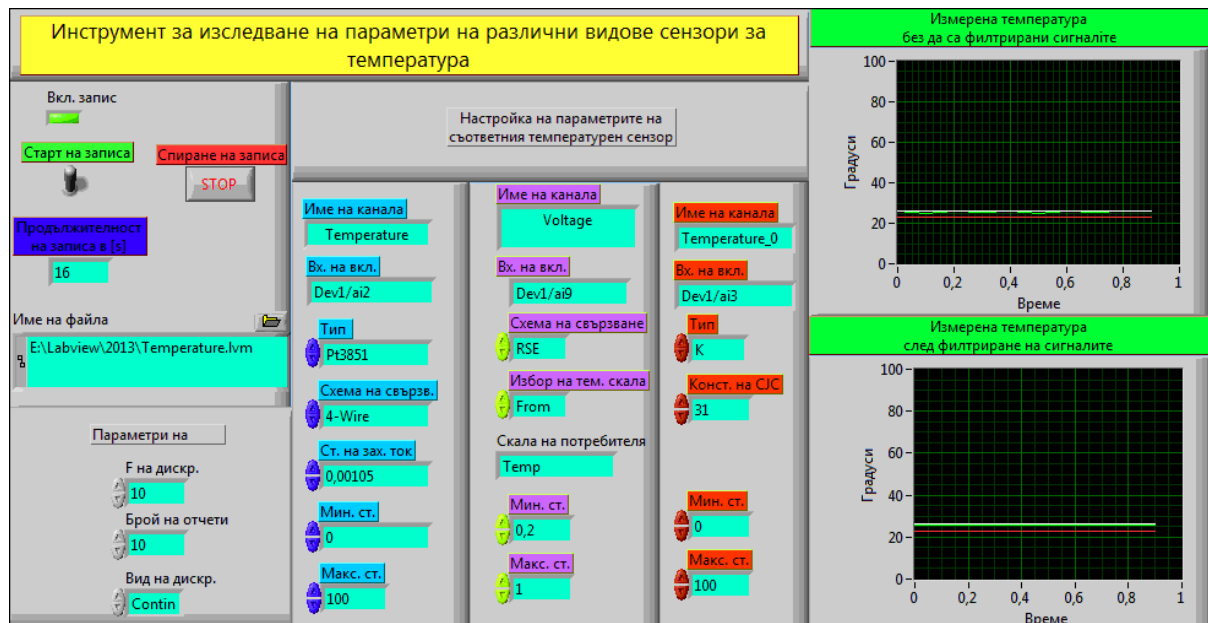
Полупроводниковите преобразуватели на температура имат линейна характеристика и температурен обхват  $-50^\circ\text{C}$  -  $+150^\circ\text{C}$ . За измерване с тях не е необходима

специална измервателна схема и сложни преобразувания, обикновено се задава тяхната чувствителност от производителя, която е линейна за целият им работен обхват[5].

Общ параметър за всички видове температурни сензори е топлинната им времеконстанта  $\tau$ . Това е времето необходимо на сензора да отчете промяна в температурата от начална стойност до 63% от друга установена стойност., когато промяната на температурите на средата е станало скокообразно. В каталожните данни на фирмите производителки този параметър се определя при достигане на 90% от установената стойност. Той зависи от мястото на монтаж на сензора и средата, в която е разположен и е определящ при избора на температурния сензор за конкретно приложение.

## ИЗМЕРВАТЕЛНА СИСТЕМА

Към преносим компютър посредством USB кабел е свързано устройството NI USB-6211 [6], [7]. Към аналоговите му входове могат да се свържат до осем сензора ако са включени в диференциална схема. Самото устройство има извод за захранващо напрежение със стойност 5V, което се използва за захранване на пасивните температурни сензори или допълнително включените източници на ток. Вида на схемата за преобразуване на температурата и начина на включване на сензора се избира в зависимост от конкретното приложение. Основно конфигурацията на измервателната система се задава по програмен път като се използва драйвера NI-DAQmx. В програмната среда LabVIEW той е представен като набор от виртуални инструменти, с които се извършва настройка на устройството, събиране и изпращане на данни към него. Обикновено преобразуването на получения сигнал в температура се извършва посредством настройка на устройството, но ако не е възможно, то може да се извърши с функциите от палитрата Mathematics. След като данните са дискретизирани и предадени, те се филтрират с избрана функция от палитрата Signal Processing. В конкретното решение е използван медианен филтър реализиран с виртуалния инструмент Median Filter.

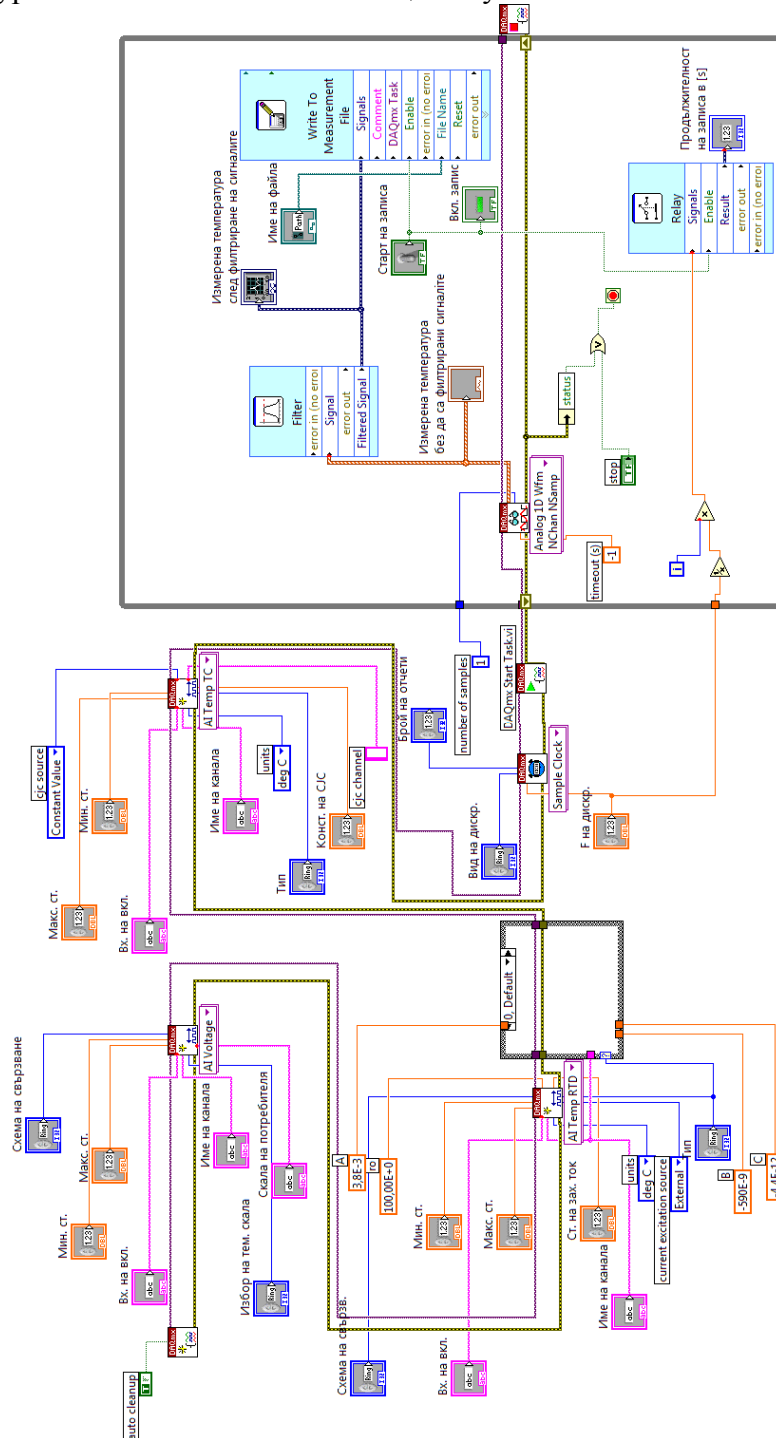


Фиг. 1. Лицев панел на виртуалния инструмент

След филтрирането стойността на текущия отчет е изчислената стойност на медианата в диапазона от десет отчета преди и след текущата стойност. Записването на обработените данни става с виртуалния инструмент Write to measurement file. Той

записва данните в няколко формата, но в случая когато те ще бъдат използвани от друго приложение е необходимо да бъдат записани в текстови файл с разширение “.lmv”. Могат да се настройат параметрите на файла и начина на поведение на програмата при дублиране на файловете. Визуализирането на получените данни на лицевия панел на виртуалния инструмент може да бъде в графичен и/или цифров вид. Схема на лицевия панел на реализирания виртуален инструмент е показана на фигура 1.

На фигура 2 е показана съответстващата му блокова схема.

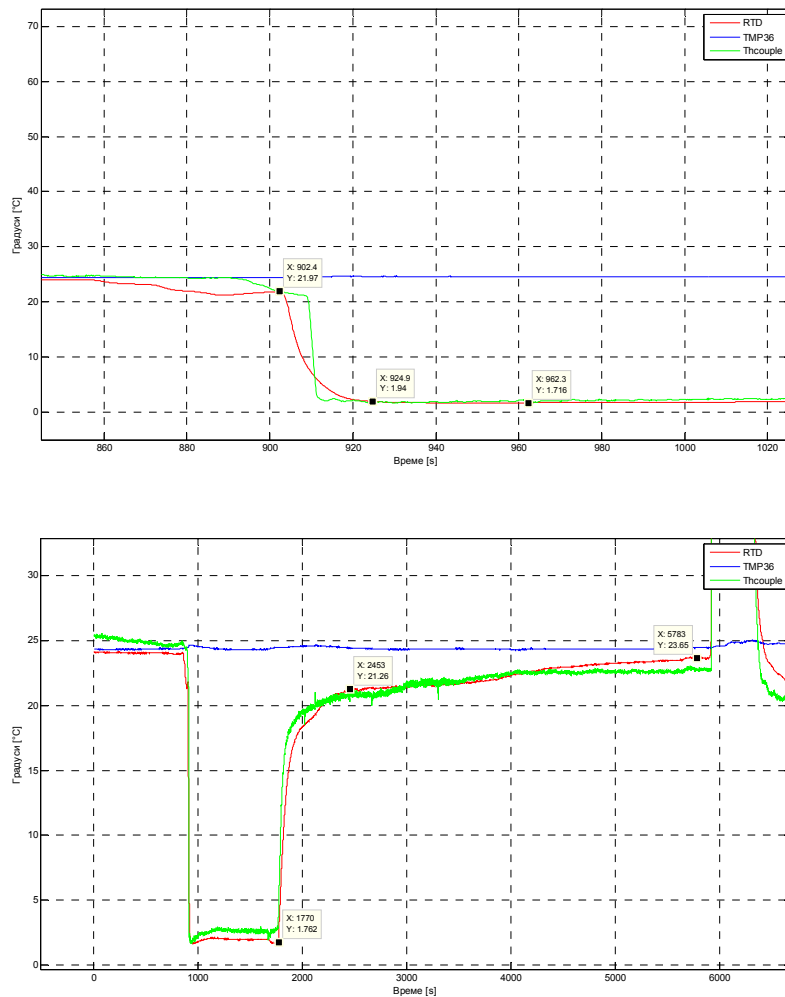


Фиг. 2. Блокова схема на виртуалния инструмент

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

За проверка на работоспособността на реализирания виртуален инструмент са направени измервания за определяне на времеконстантата на терморезистора и

термодвойката при скокообразноизменение на прилаганата им температурата от стайна до 0°C и втора времеконстанта при обратният процес. При тези опити полупроводниковият температурен сензор е измервал температурата на околната среда. За 0°C е приета температурата на топящ се лед. Данните са снети с честота на дискретизация 10Hz и са записани в текстови файл с разширение .lmv, който след това е прочетен и обработен в средата на Matlab, за получаване на графиките показани на фигура 3.

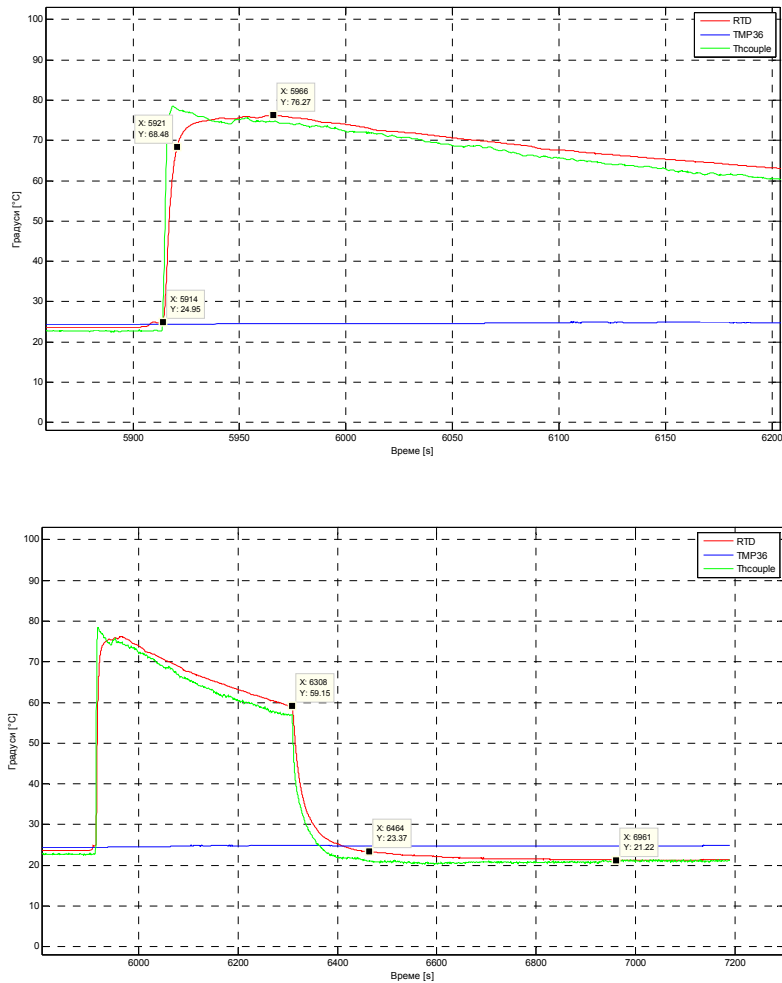


**Фиг. 3. Графики за определяне на времеконстантите от стайна температура до 0 °C и обратно**

На графиките са показани курсори с надписи на стойностите на температурата и времето, показана е началната стойност, приетата за установена стойност и стойността която е 0.9 от установената. От тези стойности може да се определят търсените времеконстанти.

Същото е направено и за случая при скокообразно изменение на температурата от стайна до температурата на кипяща вода и при обратния процес. Получените резултати са показани на фигура 4.

От получените резултати е видно, че обобщените времеконстанти силно зависят от средата, в която са поставени сензорите за температура. Получените времеконстанти на термодвойката са с по-малки стойности, което се дължи на по-малките ѝ геометрични размери.



**Фиг. 4. Графики за определяне на времеконстантите от стайна температура до 100 °C и обратно**

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледаната структура на измервателна система на температура предлага лесна апаратна и програмна адаптация към всеки вид сензор за температура. Чрез системата може да се изследва и избира удачно решение за включване на конкретен сензор в схема за формиране на информативен сигнал, да се сменя преобразователната му характеристика, необходима в случай когато липсват каталожни данни, да се определя неговият температурен коефициент, да се определят времеконстантата му в различни среди, в които е поставен. С модификация на схемата, като се използват наличните изходи на устройството NI USB-6211, може да се извърши регулиране на температурата на един или няколко обекта.

### ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.nist.gov/index.html>
- [2] <http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370466V-01/measfunds/rtdtypes/>
- [3] <http://www.keithley.com>
- [4] <http://srdata.nist.gov/its90/main/>
- [5] <http://www.analog.com/en/mems-sensors/digital-temperature-sensors/tmp36/products/product.html>
- [6] <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203224>
- [7] Йончев Е., Използване на одометър за реализиране на пространствена дискретизация на аналогови сигнали, “Механика, транспорт, комуникации”, том 10, брой 3/2, 2012 г., стр.7.1-7.4, ISSN 1312-3823, София

# INVESTIGATION OF THE TEMPERATURE SENSORS WITH VIRTUAL INSTRUMENT DEVELOPED IN LABVIEW

**Emil Iontchev**  
[e\\_iontchev@yahoo.com](mailto:e_iontchev@yahoo.com)

*Todor Kableshkov University of Transport,  
158 Geo Milev Street, Sofia 1574,  
BULGARIA*

**Key words:** *data acquisition, temperature sensors, LabVIEW*

**Abstract:** *Represented is a solution to realize the measuring system of temperature with an ability to adapt to different temperature sensors. The system is open for adding additional sensors and changing its parameters. There's a possibility to record of the acquired data in a text file. This opens the possibility for further processing of the data from many other user programming environments.*