

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРА

Велимир Василев

TEMPERATURE INSTRUMENTATION TECHNOLOGIES

Velimir Vasilev

Резюме: Настоящата статия представя обзор на технологии и средства в областта на измерването на температурата за нуждите на различни производствени и други процеси. В статията са обхванати масово използвани методи и техните технологични средства, като: термодвойки, биметални и други видове термометри, като фокусът е поставен над масово използвани интегрални сензори с цифров интерфейс с комерсиално приложение и са сравнени основни техни параметри. С настоящето изложение се надяваме обобщените данни да могат да послужат при избора на интегрални температурни сензори (контактни и безконтактни).

Ключови думи: измерване на температура, термодвойки, интегрални схеми за измерване на температура.

Abstract: The present article presents a review of technologies and means in the field of temperature measurement for the needs of various production and other processes. The article covers widely used methods and their technological means, such as: thermocouples, bimetallic and other types of thermometers, with a focus on widely used integral sensors with digital interfaces for commercial applications and comparing basic technical parameters. From this presentation we hope that the summarized data can serve in the selection of integral temperature sensors (contact and non-contact).

Keywords: temperature measurement, thermocouples, integrated circuits for temperature measurement.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Температурата на обектите е величина даваща информация за степента на тяхната нагрятоост, която може да се определи като величина зависеща от средната вътрешната кинетична енергия на топлинното движещите се молекулите. Веществото което използваме за измерване на температура се нарича термометрично. В практиката се използват различни физически величини като: обем, налягане, електрическо съпротивление, линеен размер, термоелектрическо напрежение и др., които могат да се измерят, като непрекъсната функция. В бита и масовата практика се използват алкохолни (-115°C до 78°C), живачни (за медицински нужди) др. [1, 2, 3] органични течности и газове. Съществуват две базови групи термометри: контактни и безконтактни. При първите обмяната на енергия става между средата и термометричното вещество въз основа на топлопроводимостта, при вторите на топлинното излъчване имащо непрекъснат спектър с променящ се интензитет. При технологични инсталации и техните процеси се извършва чрез контролно-измервателни и управляващи електронни системи.

Измервателната система се състои от няколко основни градивни блока:

- Температурни сензори: термодвойки, термистори и инфрачервени сензори преобразуващи топлинната енергия в електрически сигнали, които могат да бъдат измерени.
- Блок за обработка на сигнала: който може да извършва усилване, филтриране или други настройки, за да се гарантира, че сигналът е надежден и в рамките на желания диапазон.
- Система за събиране на данни: която е отговорна за управление процесът на измерване,

съхраняване, визуализиране и предаване на данните.

- Система за калибриране: за редица производствени процеси е необходимо редовно калибриране, за да се осигурят точни измервания на температурата. Тази система може да включва референтни източници и алгоритми за съответно коригиране на измерванията.

- Функции за безопасност: приложимо в промишлени или критични приложения, функции за безопасност като защита от прегряване и предпазители, за да се предотвратят щети или злополуки.

Тези градивни елементи [4, 5] могат да бъдат комбинирани и персонализирани въз основа на специфичните изисквания и предвиденото приложение на системата за термично измерване. Системата за събиране на данни използва аналогово цифрово преобразуване улеснявайки последващата обработка на сигнала от микроконтролер или процесор. Този основен компонент не само обработва получените цифрови данни, но може също така да изпълнява контролни функции като взаимодействия с други елементи в системата за измерване. Дисплейният модул, независимо дали е обикновен LED дисплей или по-сложен графичен потребителски интерфейс, позволява визуализирането на температурни данни. Надеждното и стабилно захранване е основна предпоставка за правилното функциониране на системата. Системата за калибриране включва референтни източници и алгоритми за корекции на грешките. Комуникационен интерфейс, включващ USB, UART или безжични протоколи, позволява свързване с външни устройства или системи. Устойчивостта на системата към околната среда е подсилена от корпус/кутия, който я предпазва от потенциални замърсители и вредни въздействия като прах, влага или физическо увреждане. В по-високия клас приложения могат да бъдат включени функции за безопасност, като защита от прегряване или предпазни устройства, за да се предотвратят щети или злополуки. Тези градивни елементи могат да бъдат съобразени със специфични изисквания, което прави системата за топлинно измерване адаптивна към средата. Системата за термично измерване обикновено включва различни компоненти за точно измерване на температурата или топлинните свойства.

2. ТЕМПЕРАТУРНИ СКАЛИ

В практиката се използват различни температурни скали. За да преобразувате температурата от една скала в друга, често се ползват математически формули за конверсия между температурните системи, които може да бъдат софтуерно имплементирани. Най-често използваните формули за преобразуване са между Целзий (°C), Фаренхайт (°F) и Келвин (K):

От Целзий към Фаренхайт:

$$F=59\cdot C+32$$

От Фаренхайт към Целзий:

$$C=95\cdot (F-32)$$

От Келвин към Целзий:

$$C=K-273.15$$

От Целзий към Келвин:

$$K=C+273.15$$

От Фаренхайт към Келвин:

$$K=1.8(F+459.67)$$

От Келвин към Фаренхайт:

$$F=(K\cdot 1.8)-459.67$$

Най-често използваните температурни сензори

Има няколко често използвани температурни сензора, всеки със своите предимства и приложения:

- Термодвойки: Те са широко използвани поради своята простота и издръжливост. Те генерират напрежение, пропорционално на температурната разлика между две кръстовища. Различните типове (като тип К, тип J и т.н.) предлагат различни температурни диапазони и точност.

- Термистори: Това са резистивни температурни устройства, които показват значителна промяна в съпротивлението с температурата. Те често се използват, когато се изисква висока точност в ограничен температурен диапазон.

- RTD (детектори за температура на съпротивление): RTD се основават на принципа, че електрическото съпротивление на метала нараства с температурата. Платината се използва често поради своята стабилност и линейност.

- Инфрачервени сензори: Тези сензори откриват инфрачервеното лъчение, излъчвано от обект, за да определят неговата температура. Те са безконтактни и често се използват в приложения, където директният контакт с обекта не е възможен.

- IC температурни сензори: Температурните сензори с интегрална схема (IC) са малки цифрови сензори, които осигуряват температурен изход. Те често се използват в приложения, където размерът и простотата са от решаващо значение.

- Биметални температурни сензори: Тези сензори използват принципа на диференциалното разширение на металите за измерване на температурата. Те често се срещат в термостати и устройства за контрол на температурата.

- Терморезистивни болометри: Те се използват в някои усъвършенствани приложения, особено в научни и изследователски среди. Те измерват промените в електрическото съпротивление поради температурни промени.

- Изборът на температурен сензор зависи от фактори като необходимия температурен диапазон, точност, време за реакция и конкретно приложение. Всеки тип сензор има своите предимства и ограничения.

Термодвойки

Термодвойката е устройство за измерване на температура, което използва принципа на термоелектричен ефект, наречен ефект на Томсън. В зависимост от типа термодвойка, се използват различни комбинации от метални проводници с различни термоелектрични характеристики Табл. 1.

Табл. 1 Процентното съотношение на сплавите за различните термодвойки:

Тип	Сплав
T (Мед-Константан)	Мед: 100%, Константан: ~0%
K (Никел-Хром-Никел-Алуминий)	Никел: ~90%, Хром: ~10%, Алуминий: ~1%
J (Желязо-Константан)	Желязо: ~100%, Константан: ~0%
E (Никел-Хром-Константан)	Никел: ~90%, Хром: ~10%, Константан: ~0%
N (Никел-Силиций-Никел)	Никел: ~84%, Силиций: ~14%, Никел: ~2%
S (Родий-Платина)	Родий: ~90%, Платина: ~10%
R (Родий-Платина)	Родий: ~87%, Платина: ~13%
B (Родий-Платина/Родий)	Родий: ~70-94%, Платина: ~30-6%

Този принцип на работа позволява на термодвойките да бъдат използвани за измерване на температурата в различни области и приложения. Различни видове термодвойки включват различни материали и конструкции, които се използват за измерване на температурата в различни условия. Изборът на тип термодвойка зависи от конкретните изисквания на приложението, като температурен обхват, точност, стабилност и условия на околната среда.

Табл. 2 Видове термодвойки и параметри

Параметър	Тип Т	Тип К	Тип J	Тип E	Тип N	Тип S и Тип R	Тип B
Температурен обхват	Широк	Широк	Широк	Нисък	Широк	Висок	Висок
Чувствителност	Висока	Висока	Средна	Добра	Добра	Висока	Висока
Точност	Средна	Средна	Средна	Добра	Добра	Висока	Висока
Разрешение	Средно	Средно	Средно	Добро	Добро	Високо	Високо
Линейност	Средна	Добра	Средна	Добра	Добра	Висока	Висока
Размер и Форма	Разнообразен	Разнообразен	Разнообразен	Разнообразен	Разнообразен	Разнообразен	Разнообразен
Материали и Изолация	Различни	Специфични за вид	Специфични за вид	Различни	Различни	Специфични за вид	Специфични за вид

Табл. 3 Обхват и грешка на видове термодвойки

Параметър	Тип Т	Тип К	Тип J	Тип E	Тип N	Тип S и Тип R	Тип B
Работен обхват (°C)	-200 до 350	-270 до 1,370	-40 до 750	-270 до 1,000	-200 до 1,300	-50 до 1,600	0 до 1,800
Грешка (°C)	±0.5 до ±1.0	±1.5 до ±2.5	±1.0 до ±2.2	±1.5 до ±2.0	±1.0 до ±2.5	±1.0 до ±2.5	±0.5 до ±2.0

Биметални температурни сензори

Основният принцип на работа на биметалните термометри е следният:

Биметална пластина: термометрите съдържат пластини от два различни метала, който е закрепен в две точки. Когато температурата се променя, металите се разширяват или стягат в различна степен.

Изкривяване при Промяна на Температурата: заради различните температурни коефициенти на разширение, биметалната пластина се изкривява при промяна в температурата.

Прехвърляне на Движение: изкривяването на биметалната пластина се прехвърля на механизъм, който може да се използва за преместване на индикатор или друга част, свързана с термометъра.

Измерване на Температурата: отклонението на механизма се използва за определяне на температурата. Този тип термометър е често използван в домакинствата, в промишлеността и в различни приложения.

Начинът за регулиране на сигнала от температурни сензори може да варира в зависимост от типа на използвания сензор и специфичните изисквания на приложението. Важно е да се отбележи, че спецификата на схемата за усилване и обработка на сигнала ще зависи от характеристиките на сензора, желан изходен формат (аналогов или цифров) и общите системни изисквания. В допълнение могат да бъдат включени схеми за калибриране и настройка за подобряване на точността на измерването. Винаги следва да се съобразяваме със спецификациите на сензора както и областите на приложението за препоръчителните методи за обработка на сигнала. Ето някои общи схеми за обработка на сигнала от често срещани температурни сензори:

Термодвойки: Изисква верига за регулиране на усилването на напрежението. Често включва прецизен усилвател с компенсация на студения преход. Компенсацията на студения преход включва измерване на температурата при референтния (студен) преход и нейното компенсиране.

Термистори: Най-простата форма включва верига на делител на напрежение. За точни измервания може да се използва и усилвател. Изходното напрежение е свързано със съпротивлението на термистора, което се променя с изменение на температурата.

RTD: Обикновено се използва мостова схема на Уинстън. Възбуждащо напрежение се подава на измервателния мост, като изходното напрежение е пропорционално на промяната на съпротивлението в RTD. Обработката на сигнала може да включва усилване и филтриране.

Инфрачервени сензори: Те често имат вградена електроника. Обработката на сигнала може да включва усилване и филтриране на изходния сигнал. Някои може да имат и вериги за температурна компенсация.

ИС температурни сензори: Обикновено имат цифров изход. Може да включва просто усилване и/или филтриране въз основа на специфични нужди на приложението.

Биметални температурни сензори: Често се използва в прости приложения от тип превключвател. Обработката на сигнала може да включва взаимодействие с компаратор или други логически схеми.

Терморезистивни болометри: Кондиционирането на сигнала може да включва сложни схеми за усилване и филтриране. Често се използва заедно с инструменти от висок клас.

Усилватели

Усилвателят на термодвойка е верига, предназначена да усилва и обработва слабото напрежение, генерирано от термодвойка. Термодвойките произвеждат напрежение, пропорционално на температурната разлика между две съединения на различни метали.

Напрежението обикновено е в диапазона миливолти и изисква усиление и обработка на сигнала, за да бъдат точно измерени.

Основна схема на усилвателна верига с термодвойка:

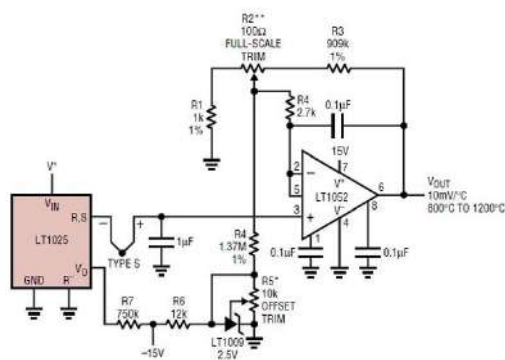


Схема 1. Усилвател на термодвойка, Изт. Digikey

Jon Gabay, Choosing an Amplifier/Conditioning Circuit to Interface with Thermocouples, Contributed By Electronic Products, 2013-04-11, <https://www.digikey.com/en/articles/choosing-an-amplifierconditioning-circuit-to-interface-with-thermocouples>

Температурна компенсация

Температурна компенсация на студено съединение на термодвойка се налага често поради високата стойност на термодвойките поради употребата на благородни метали, както вземе предвид, че разстоянието между точката на измерване на температурата и инструмента може да е голямо. Обикновено се използват компенсационни проводници за свързване на студения край на термодвойката (свободен край), простиращ се до контролния център, където температурата е контролирана.

Усилване:

Ниското изходно напрежение на термодвойката обикновено се усилява с помощта на операционен усилвател.

Коефициентът на усиление е настроен да осигурява измеримо и точно изходно напрежение за дадения температурен диапазон.

Филтриране:

За да се елиминира шумът и да се подобри съотношението сигнал/шум, във веригата могат да бъдат включени филтриращи компоненти.

Линеаризация:

Някои усилватели на термодвойки включват вериги за линеаризация, за да компенсират нелинейната връзка между температурата и напрежението в определени типове термодвойки.

Изходен интерфейс:

Последното стъпало на усилвателя подава сигнала към микроконтролер или аналогов индикатор в желанния изходен формат. В практиката се използват I-wire, I2C, SPI, RS232 интерфейси и по-рядко други.

Захранване:

Операционният усилвател изисква стабилно захранване, за да работи надеждно.

Конкретният дизайн на усилвател с термодвойка може да варира в зависимост от факторите като вида на използваната термодвойка, желанния температурен диапазон и изискваната точност.

Видове интегрирани температурни сензори с цифров изход, подходящи за свързване към микроконтролери.

Тези сензори са проектирани да предоставят удобен и често стандартизиран интерфейс за измерване на температурата. Ето няколко примера:

Цифрови температурни сензори (I2C или SPI):

Тези сензори често опростяват свързването с микроконтролерите [6, 7, 8], като осигуряват цифров изход, който може лесно да бъде прочетен и обработен от микроконтролера.

Освен това много производители предоставят софтуерни библиотеки или примерен код, за да улеснят интегрирането в проекти, базирани на микроконтролери.

I2C температурни сензори:

	DS18B20/DS18S20 (Maxim Integrated)	LM75 (Maxim Integrated)	TMP102 (Texas Instruments)	BMP180/BMP280 (Bosch)	HTU21D (Measurements Specialties)	SHT21/SH T31 (Sensirion)	MAX31855 (MAXIM)
Интерфейс	Прост еднопроводен интерфейс	I2C	I2C	I2C	I2C	I2C	SPI
Резолуция	12-bit	9-bit	12-bit	12-bit	12-bit	14-bit	N/A
Отклонение	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (DS18B20)	$\pm 2^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$ (BMP180)	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ (темп.)	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ (SHT21)	N/A
Работна температура	-55°C to 125°C	-55°C to 125°C	-40°C to 125°C	-40°C to 85°C (BMP180)	-40°C to 125°C	-40°C to 125°C	-200°C to 1350°C
Захранващо напрежение	3.0V to 5.5V	2.8V to 5.5V	1.4V to 3.6V	1.8V to 3.6V	1.5V to 3.6V	2.1V to 3.6V	3.0V to 5.5V
Особености	Цифров изход, прост интерфейс, висока точност	Цифров изход, I2C комуникация	Цифров изход, I2C комуникация	Барометричен сензор, температурен сензор, I2C комуникация	Сензор за влажност и температура, I2C комуникация	Висока точност, сензор за влажност и температура, I2C комуникация	Термодвойка, температурен сензор за компенсация на студения преход, SPI комуникация

SPI температурни сензори:

	DS1621	TMP175/TMP275	LM75A	ADT75	MAX30205	TMP102
Интерфейс	I2C	I2C	I2C	I2C	I2C / SPI	I2C
Резолуция	9/10 bits	9 to 12 bits	9/10 bits	12 bits	12 bits	12 bits
Отклонение	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ (max)	$\pm 2^{\circ}\text{C}$ (max)	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (max)

ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ТЕМПЕРАТУРА

Велимир Василев

Работна температура	-55°C to +125°C	-40°C to +125°C	-55°C to +125°C	-40°C to +125°C	-40°C to +85°C	-40°C to +125°C
Захранващо напрежение	2.7V до 5.5V	2.7V до 5.5V	2.7V до 5.5V	2.7V до 5.5V	1.7V до 3.6V	2.7V до 5.5V
Особеност и	Енергонезависима памет	Режим на ниска консумация	Програмируем термостат	Режим изключване	Висока точност и надеждност при измерване и запис	Режим на ниска консумация

Примерен код

Конвертира температура от една система в друга с калибровъчен коефициент.

Параметри:

- temperature (float): Температурата, която ще се конвертира.
- from_scale (str): Изходна система за измерване (по подразбиране 'Celsius').
- to_scale (str): Желана система за измерване (по подразбиране 'Fahrenheit').
- calibration_factor (float): Калибровъчен коефициент (по подразбиране 1.0).

Връща:

- float: Конвертираната температура със калибровъчен коефициент.

```
def convert_temperature(temperature, from_scale='Celsius', to_scale='Fahrenheit', calibration_factor=1.0):
```

```
    if from_scale == to_scale:
        return temperature * calibration_factor # Калибрирай само ако системите съвпадат.
    if from_scale == 'Celsius':
        if to_scale == 'Fahrenheit':
            return (temperature * 9/5 + 32) * calibration_factor
        elif to_scale == 'Kelvin':
            return (temperature + 273.15) * calibration_factor
    elif from_scale == 'Fahrenheit':
        if to_scale == 'Celsius':
            return ((temperature - 32) * 5/9) * calibration_factor
        elif to_scale == 'Kelvin':
            return ((temperature + 459.67) * 5/9) * calibration_factor
    elif from_scale == 'Kelvin':
        if to_scale == 'Celsius':
            return (temperature - 273.15) * calibration_factor
        elif to_scale == 'Fahrenheit':
            return ((temperature * 9/5) - 459.67) * calibration_factor
```

```
    # Ако няма съвпадение с известните системи, върни грешка.
    raise ValueError("Неподдържана система за измерване.")
```

Пример на използване:

```
celsius_temperature = 25
calibration_factor = 1.1
fahrenheit_temperature = convert_temperature(celsius_temperature, from_scale='Celsius', to_scale='Fahrenheit',
calibration_factor=calibration_factor)
```

```
print(f'{celsius_temperature} градуса по Целзий са {fahrenheit_temperature} градуса по Фаренхайт с
калибровъчен коефициент {calibration_factor}.')
```

Заклучение

В сатията са обобщени температурните скали и преминаването от една към друга. Представен е и примерен код за микроконтролер. Описани са различни температурни сензори с различни предимства и приложения. Термодвойките и термисторите са широко

използвани за контактни измервания, докато инфрачервените сензори и IC температурните сензори предоставят безконтактни и цифрови възможности.

Приложения: Температурните системи се прилагат в различни области, включително промишлени процеси, медицински прибори и научни изследвания. Изборът на сензор зависи от изискванията на конкретното приложение.

Обобщени са параметрите на нови и по-сложни температурни сензори, като IC температурните сензори, които осигуряват директен цифров изход и се използват съвместно с микроконтролери, което би улеснило разработката на приложения с подобни интегрални схеми.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

- [1] CALLENDAR, G. S. The absolute measurement of temperature. *Proceedings of the Physical Society*. 1925, vol. 37(1), pp. 314-325.
- [2] BEATTIE, J. A., and B. E. BLAISDELL. An Experimental Study of the Absolute Temperature Scale. III. The Reproducibility of the Steam Point. The Effect of Pressure on the Steam Point. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* [online]. 1937, vol. 71(6/8), pp. 361-374 [viewed 28.03.2025]. ISSN 0199-9818. JSTOR. Available from: <https://www.jstor.org>
- [3] QUAN, V. M. , G. Sen GUPTA and S. MUKHOPADHYAY. Review of sensors for greenhouse climate monitoring. *IEEE Sensors Applications Symposium, San Antonio, TX, USA* [online]. 2011, pp. 112-118 [viewed 28.03.2025]. ISBN 978-1-4244-8064-7. IEEE Xplore. Available from: doi: 10.1109/SAS.2011.5739816.
- [4] Medical electrical equipment - Part 2-56: Particular requirements for basic safety and essential performance of clinical thermometers for body temperature measurement. *ISO 80601-2-56:2017*. Edition 2, 2017.
- [5] MORRIS, J. W. and R. LANGARI. *Measurement and Instrumentation: Theory and Application*. CRC Press, 2011. ISBN 978-0-12-381962-8.
- [6] BENTLEY, D. E. *Principles of Measurement Systems*. 4th edition. Pearson Education, 2005. ISBN 0130430285.
- [7] MCGRATH, Michael J. and Cliodhna Ni SCANAILL. *Sensor Technologies: Healthcare, Wellness and Environmental Applications*. Apress, 2013. ISBN 978-1-4302-6013-4.
- [8] MORRIS, Alan S. *Measurement and Instrumentation Principles*. Butterworth-Heinemann, 2001. ISBN 0-7506-5081-8.
- [9] SLAVOV, V. and J. P. GALDEANO. 5-channels Virtual Temperature Measurement and Control. In: *Proceeding of the 5th International Conference on Challenges in Higher Education and Research in the 21st Century, June 5-9, 2007, Sozopol*. Sofia: Heron Press, 2007, pp. 282-287. ISBN 978-957-580-227-0.
- [10] NIKOLOV, G., E. GIEVA, B. NIKOLOVA, I. RUSKOVA. Temperature Sensing with Inkjet Printed Structures. In: *28th International Scientific Conference Electronics (ET2019), September 12 - 14, 2019, Sozopol, Bulgaria*. 2019, pp 1-4. ISBN 978-172812574-9.
- [11] NIKOLOV, G. and B. NIKOLOVA. Resistor Temperature Coefficients Extraction Using myDAQ. *Annual Journal of Electronics*. 2012, (1), pp. 69-72. ISSN 1314-0078.
- [12] Безконтактно измерване на температура. *Инженеринг ревю* [онлайн]. 2011, (5) [прегледан 17.04.2025]. Достъпен на: <https://www.engineering-review.bg/bg/bezkontaktno-izmervane-na-temperatura/2/1747/> [Bezkontaktno izmervane na temperatura. *Inzhenering revyu* [onlayn]. 2011, (5) [pregledan 17.04.2025]. Dostapen na: <https://www.engineering-review.bg/bg/bezkontaktno-izmervane-na-temperatura/2/1747/>]
- [13] Измерване на температура. *Инженеринг ревю* [онлайн]. 2010, (2) [прегледан 17.04.2025]. Достъпен на: <https://www.engineering-review.bg/bg/izmervane-na-temperatura/2/1551/> [Izmervane na temperatura. *Inzhenering revyu* [onlayn]. 2010, (2) [pregledan 17.04.2025]. Dostapen na: <https://www.engineering-review.bg/bg/izmervane-na-temperatura/2/1551/>]

Информация за автора:

Магистър, Велимир Василев Василев, НБУ, София, Бунтовник 28, velimirvasilev@gmail.com.

Contacts:

Master of Science Engineering, Velimir Vasilev Vasilev, NBU, Sofia, Buntovnik 28, velimirvasilev@gmail.com.

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 24.09.2024

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 30.09.2024