

## Микропроцесорна система за измерване на съпротивление

Анелия Манукова, Ивайло Иванов

**Microprocessor system for resistance measurement:** The purpose of this article is to develop microprocessor system for measuring the value of the resistance of unknown resistor. On the basis of synthesized method and developed an electronic system, has offered algorithm for management of stand for the sort of elements.

**Key words:** microprocessor system, resistance, balanced bridge

### ВЪВЕДЕНИЕ

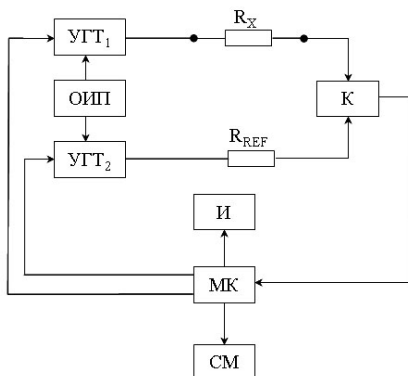
В съвременното електронно измерване често се налага измерването на активно съпротивление, тъй като съпротивленията преобладават в състава от елементи на дадено устройство. В повечето случаи измерването на съпротивление се извършва ръчно от оператор, който в някои случаи избира неподходящ обхват на измервателният уред и това несъмнено води грешка при измерването. За предотвратяване на този субективен фактор в лицето на оператора, е нужно обхвата на измерване да се избира автоматично.

Проектирането и създаването на автоматизирани системи за измерване на съпротивления са предпоставка за по-икономически ефективен технологичен процес [1,3,5]. При съвременното развитие на електронната и микропроцесорната техника е възможно да се разработи електронна система, която да намира точната стойност на съпротивленията и да управлява стенд за сортиране на елементите.

Целта на статията е да се разработи микропроцесорна система за измерване на стойността на съпротивлението на неизвестен резистор. На базата на синтезирания метод и разработената електронна система, е предложен алгоритъм за управление на стенд за сортиране на елементи.

### БЛОКОВА СХЕМА НА МИКРОПРОЦЕСОРНАТА СИСТЕМА

Блоквата схема на разработваното устройство е представена на фиг.1.



УГТ1 е Управляем Генератор на Ток 1;  
 УГТ2 е Управляем Генератор на Ток 2;  
 ОИП е Опорен Източник на Напрежение;  
 К е Компаратор;  
 И е Индикация;  
 МК е МикроКонтролер;  
 СМ е Сортиращ Механизъм.

**Фиг. 1.** Блоквата схема на микропроцесорната система

Изборът на микроконтролер е направен на основата на бързодействие, периферия, капацитет на програмната памет, капацитет на временната памет и брой на входно-изходните изводи. Необходимите входно-изходните изводи са 31 на брой и е избран микроконтролер PIC18F452 [2,4].

### МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЕИЗВЕСТНОТО СЪПРОТИВЛЕНИЕ

Управляемите генератори (УГ) на ток са реализирани по еднотипни схеми. Разликата се състои в това, че в УГ1 е включен неизвестния резистор, а в УГ2 – еталонния.

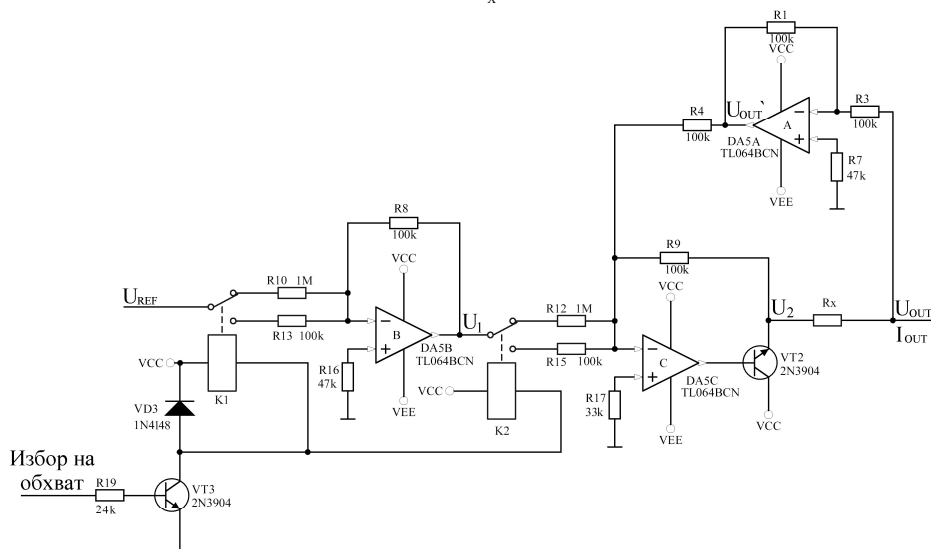
Най-често срещаният генератор на ток се управлява с напрежение, което се подава върху съпротивление като протичащият през него ток се подчинява на закона на Ом. Предимството на този метод е, че токът протичащ през веригата се пресмята тривиално. Недостатъкът и е, че единият извод на съпротивлението е винаги към маса.

Тези недостатък е отстранен в избраното съвременно схемното решение показано на фиг.2. Изходният ток  $I_{OUT}$  е равен на токът, протичащ през измерваното съпротивление  $R_x$ . Стойностите на елементите са подбрани така, че да усилвателите да работят с малки входни токове и минимално внасяне на шум, което подобрява стабилността на схемата.

Предвидено е превключване на обхвата посредством контактите на релета K1 и K2. При малки стойности на неизвестното съпротивление  $R_x$  протича недопустимо голям ток през него, което може да предизвика неговото повреждане. Това се предотвратява, ако токът през него се намали чрез смяна на обхвата на измерване. Във втория обхват на измерване се избира 100 пъти по-малък ток. За двата изходни тока се определят зависимостите (1) и (2).

$$\text{За обхват 1} \quad I_{OUT} = \frac{U_{REF}}{R_x} = \frac{U_{REF}}{R_x \cdot 100} \quad (1)$$

$$\text{За обхват 2} \quad I_{OUT} = \frac{U_{REF}}{R_x} \quad (2)$$



Фиг. 2. Управляем генератор на ток

Управляемият генератор на ток 2 (УГ2) има същият принцип на формиране на изходният ток, но в схемното решение е включен ЦАП – AD566. В този генератор на ток е фиксирано изходното съпротивление за всички обхвати, а се изменя входното напрежение чрез ЦАП, което се управлява посредством микроконтролера.

$$\begin{array}{l} \text{Ток в изхода} \\ \text{на УГ2} \end{array} \quad I_{\text{OUT}} = \frac{U_{\text{REF}} \cdot \frac{N_X}{4096}}{1000} = \frac{U_{\text{REF}} \cdot N_X}{4096000} \quad (3)$$

Чрез компаратор се сравняват двата изходни тока от управляемите токови генератори. Компаратора е много важен, тъй като чрез него се осъществява отчитането на уравновесяването на двата тока, а от там намиране на вярната стойност на  $R_X$ . При изравняване на двата тока е намерена стойността на  $R_X$ . За двата обхвата се получават зависимости (4) и (5).

$$\text{За обхват 1} \quad \frac{U_{\text{REF}}}{R_X \cdot 100} = \frac{U_{\text{REF}} \cdot N_X}{4096000} \Rightarrow R_X = \frac{40960}{N_X} \quad (4)$$

$$\text{За обхват 2} \quad \frac{U_{\text{REF}}}{R_X} = \frac{U_{\text{REF}} \cdot N_X}{4096000} \Rightarrow R_X = \frac{4096000}{N_X} \quad (5)$$

От получените зависимости следва, че стойността на измерваното неизменно съпротивление  $R_X$  се определя само и единствено от стойността на кода, подаден на входовете на ЦАП –  $N_X$ . Това е едно от най-големите предимства на схемата.

### АЛГОРИТЪМ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТЕНД ЗА СОРТИРАНЕ НА СЪПРОТИВЛЕНИЯ

На фиг.3. е показан алгоритъмът на микропроцесорната система за измерване и сортиране на съпротивления.

При началната инициализация на микроконтролера, блок 1, се извършва конфигуриране на неговата периферия, зареждане на работните регистри с необходимата информация и начална инициализация на LCD дисплея.

В блок 2 и 3 се проверява състоянието съответно на бутони *Режим 1* и *Режим 2*, чрез които се извършва избора на работния режим на устройството. Ако не е натиснат някой от тези бутони се повтаря проверката, докато не се натисне някой от тях. При избор на *Режим 1* се осъществява измерване само на единични съпротивления, а при избор на *Режим 2* - управление на стенд за сортиране на съпротивления.

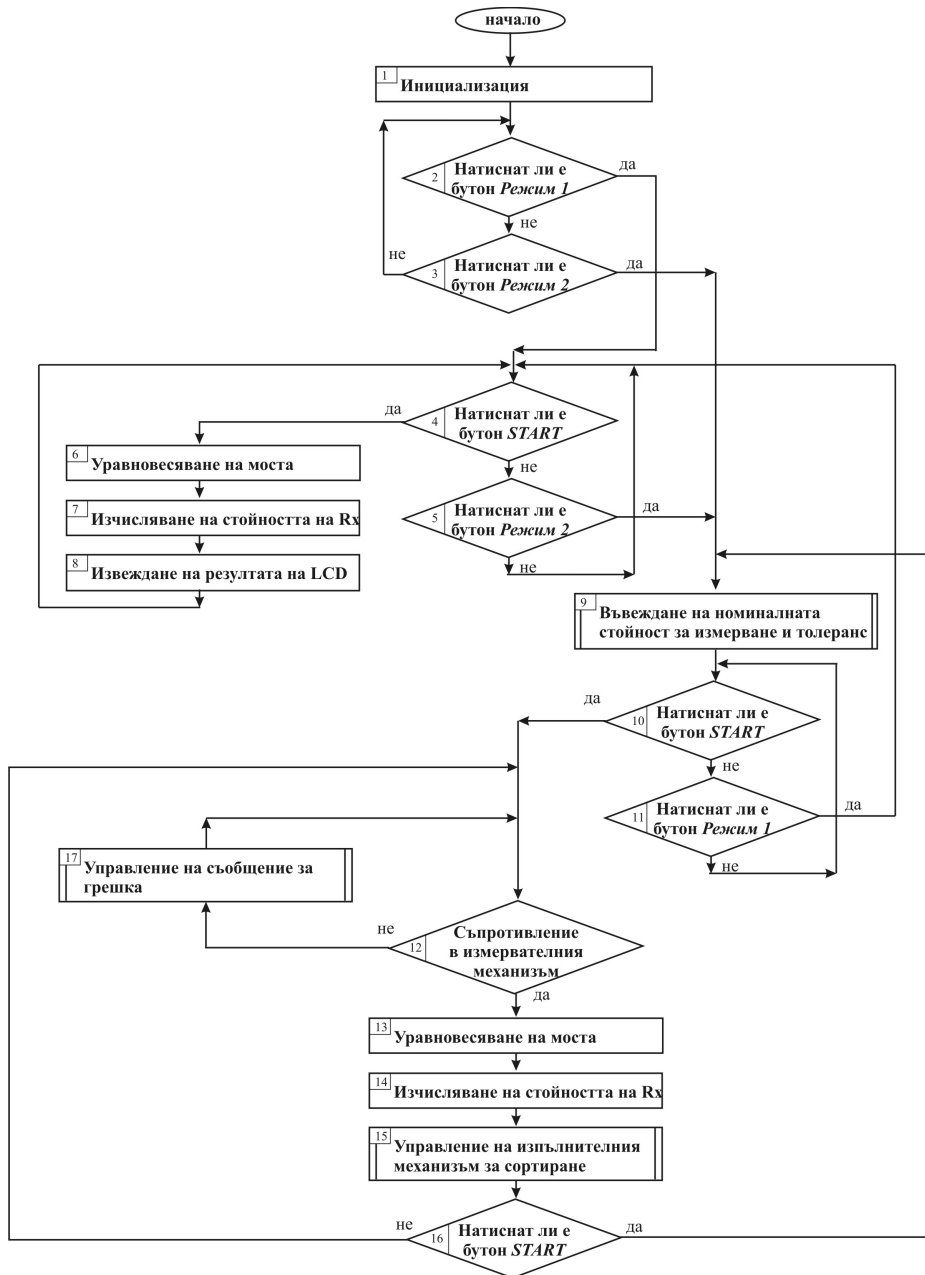
При натискане на бутона START, блок 4, се стартира измерването на единично съпротивление поставено в измервателния механизъм.

В блок 5 се извършва проверка за състоянието на бутона *Режим 2*. При натискането на този бутон устройството преминава от режим на измерване 1 в режим на измерване 2.

В блокове 6 и 13 се извършва уравновесяване на моста по метода на ЦАП с поразрядно следящо уравновесяване. Методът се състои в това, че чрез ЦАП се изработва стъпаловидно напрежение, което в началото е с голяма амплитуда на стъпката и след това тази амплитуда се намалява на половина с всяка следваща стъпка. Този метод се характеризира с голяма скорост на преобразуване. Едно преобразуване за пълен обхват се извършва за  $n$ -стъпки, като  $n$  е разрядността на ЦАП.

Блокове 7 и 14 извършват изчисление на стойността на  $R_X$  по изведените зависимости. Изведждането на резултата върху LCD дисплея се извършва в блок 8, след получените резултати в блок 7.

В блок 9 се задава номиналната стойност на съпротивленията, които ще се сортират. В този блок също се задава и толеранса, в който може да варира номиналната стойност на измерваните съпротивления. В блок 10 се проверява дали е натиснат бутона START. При натискане на бутона се стартира измерването на съпротивленията от стенда за сортиране.



Фиг. 3. Блокова схема на алгоритъм за измерване и сортиране на съпротивления

В блок 11 се извършва проверка за състоянието на бутона *Режим 1*. При натискането на този бутон устройството преминава от режим на измерване 2 в

режим на измерване 1, тоест от измерване от стенда за сортиране в измерване на единично съпротивление.

Блок 12 служи за проверка дали има съпротивление в измервателният механизъм на стенда. Сигналът, който се следи, се формира от преместващият механизъм на стенда.

Блок 15 осъществява управлението на сортиращият механизъм, като указва на сортиращият механизъм дали измерваното съпротивление  $R_x$  е в границите на толеранса или е извън него. Сортиращият механизъм от своя страна го отделя в указаното му направление.

В блок 16 се проверява дали по време на измерване на съпротивленията от стенд, е натиснат бутоната START. След като вече е стартирана системата за измерване на съпротивление от стенда, този бутон служи за спиране на измерването от поточната линия.

Блок 17 се използва за извеждане на съобщение на LCD дисплея „Няма съпротивление в измервателният механизъм“ към оператора, а той от своя страна да предприеме съответните мерки.

## РЕЗУЛТАТИ

След проведените симулационни изследвания на двата управляеми генератори (УГ) с програмният продукт Altium Designer 6 са установени резултатите, отразени в табл.1 и табл.2.

В табл.1 са дадени получените резултати за изходният ток  $I_{OUT}$  на УГ1 и напреженията в по-важните връзки на схемата при входно напрежение  $U_{REF}=5V$ , товарно съпротивление  $R_T=1k\Omega$  и зададени стойности на съпротивлението  $R_x$ .

От направените симулации може да се направи извода, че протичащият ток  $I_{OUT}$  през неизвестното съпротивление  $R_x$  се подчинява единствено на изведените зависимости (1) - за *Обхват 1* и (2) - за *Обхват 2*. Изходният ток не зависи от товарното съпротивление  $R_T$ . Това показва, че синтезираната електронна схема се характеризира с добри и стабилни параметри на изходният ток  $I_{OUT}$ , което се дължи на въведената обратна връзка по напрежение от DA5A.

Таблица 1.

Изходен ток и напрежения на схемата при  $U_{REF}=5V$  и  $R_T=1k\Omega$

$R_x$	Обхват 1			Обхват 2		
	10 $\Omega$	100 $\Omega$	1000 $\Omega$	1k $\Omega$	10 k $\Omega$	100 k $\Omega$
U1	-499,9mV	-499,9mV	-499,9mV	-4,998V	-4,998V	-4,998V
U2	4,684V	539,2mV	99,03mV	9,689V	5,490V	5,045V
$U_{OUT}$	4,637V	489,8mV	49,27mV	4,820V	494,6mV	49,46mV
$U_{OUT}$	-4,636V	-489,6mV	-49,24mV	-4,819V	-494,4mV	-49,43mV
$I_{OUT}$	4,684mA	494,7 $\mu$ A	49,76 $\mu$ A	4,869mA	499,5 $\mu$ A	49,96 $\mu$ A

В табл.2 са отразени получените резултати на изходният ток  $I_{OUT}$  на УГ2 и напреженията в по-важните връзки на схемата при същите входни данни и зададени стойности на входният код на ЦАП.

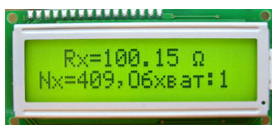
От направените симулации може да се направи извода, че протичащият ток  $I_{OUT}$  през съпротивлението  $R_{REF}$  се подчинява единствено на зависимост (3). Изходният ток не зависи от товарното съпротивление  $R_T$ .

На фиг.4 са представени екраните на LSD дисплея с измерените стойности, а под тях стойността на включения резистор за измерване. Резултатите от направените тестове на разработената микропроцесорна система показват много добра точност на работа – под 0,2%.

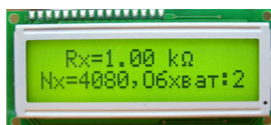
Таблица 2.

Изходен ток и напрежения на схемата при  $U_{REF}=5V$  и  $R_T=1k\Omega$

Код MSB	LSB	$U_{DAC}$	$U_1$	$U_2$	$U_{OUT}$	$I_{OUT}$
000000000000		0V	15,27 $\mu$ V	94,24nV	26,01nV	68,22pA
000000000001		1,221mV	-2,281mV	2,154mV	1,077mV	1,077 $\mu$ A
010101010101		1,666V	-3,327V	3,326V	1,663V	1,663mA
100000000000		2,5V	-4,993V	4,991V	2,496V	2,496mA
101010101010		3,332V	-6,654V	6,652V	3,326V	3,326mA
111111111111		5V	-9,846V	9,703V	4,851V	4,851mA



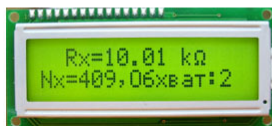
$R_x=100\Omega \pm 1\%$



$R_x=1k\Omega \pm 1\%$



$R_x=3,9k\Omega \pm 1\%$



$R_x=10k\Omega \pm 1\%$



$R_x=47k\Omega \pm 1\%$



$R_x=100k\Omega \pm 1\%$

Фиг. 4. Резултати от работата на разработената микропроцесорна система за измерване на съпротивление

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложената микропроцесорна система е базирана на съвременни схемни решения, с която се постига точност при измерването под 0,2%.

Предложеният алгоритъм за определяне на стойността на съпротивлението може да се използва при производството на резистори, тъй като е заложена възможност за определя на толеранса на елементите.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Джиев Ст. Моделиране и оптимизация на процеси, Технически университет – София, 2003
- [2] Кенаров Н., PIC Микроконтролери II, Варна, Млад конструктор 2006 г.
- [3] Мейзда Ф., Электронные измерительные приборы и методы измерений, Москва, Мир 1990 г.
- [4] Русева Й., Бенчева Н., Микропроцесорна схемотехника – ръководство за упражнения, Русе, Русенски университет 2006 г.
- [5] Соболев Д., Введение в технику физического эксперимента, Москва, Мир 1990 г.

### За контакти:

гл.ас. маг. инж. Анелия Манукова, катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Тел.: 082/ 888 366, E-mail: amanukova@ecs.ru.acad.bg  
инж. Ивайло Иванов Иванов, катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, E-mail: raiderbg@googlemail.com

Докладът е рецензиран.