

# ИЗМЕРВАНЕ НА КОНТАКТНО СЪПРОТИВЛЕНИЕ ПРИ НИСКО НИВО НА СИГНАЛА

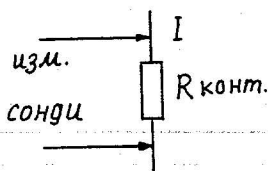
доц. ктн Рачо Маринов Иванов

В електрониката и електротехниката е необходимо да се контролира контактното съпротивление на различни свързващи елементи. Класическият метод за измерването му е с пропускане на ток и отчитане на получения напрежителен пад. Стойността на контактното съпротивление е под  $1 \Omega$  и в зависимост от конструкцията се изменя от 10-ки  $m\Omega$  до части от  $m\Omega$ . За получаването на по-голям напрежителен пад се пропуска ток от няколко ампера до няколко десетки ампера. Това от своя страна води до загряване на елементите и поява на паразитни термодвойки. Всички тези особености създават неудобства при измерването. В някои случаи контактното съпротивление, което трябва да се измерва е трудно достъпно и при измерването се включва и съпротивлението на свързващите проводници.

За условията и изискванията на измерване на контактното съпротивление има стандартизационни документи. Те определят методите, последователността на измервателните цикли и допустимата грешка. По стандарт измерването на контактното съпротивление се извършва при ниско ниво на сигнала (със съответните изисквания и методика) и при високо ниво на сигнала (с други изисквания и методика).

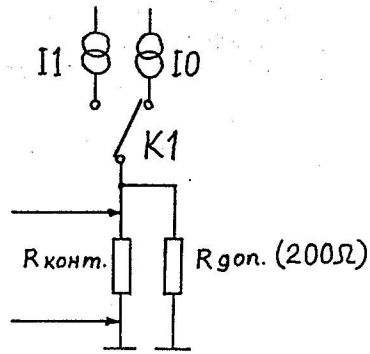
Измерването при ниско ниво на сигнала се извършва с ток по-малък или равен на  $100 \text{ mA}$ . При постоянен ток измерването се извършва с пропускането му в двете посоки. Напрежението между контактите не трябва да бъде по-голямо от  $20 \text{ mV}$  при отворени контакти.

Измервателната схема е реализирана чрез четирипроводно свързване (фиг. 1).



фиг. 1

Предложената схема на фиг. 2 осигурява при отворен контакт напрежението да е по-малко от  $20 \text{ mV}$ .



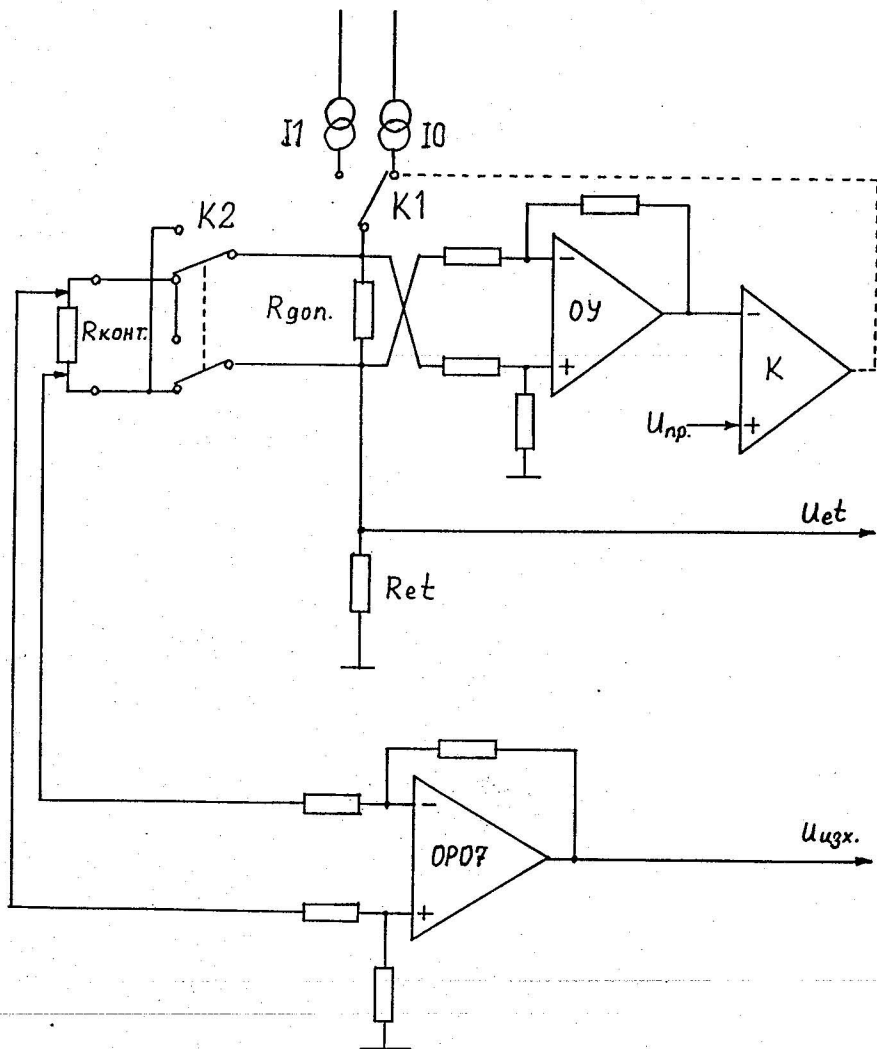
фиг.2

Чрез ключ K1 се превключват токовете I1 и I0. Условието е преди измерването да е започнало да е включен токът I0 (100  $\mu$ A) и падът на напрежение върху Rдоп. (200  $\Omega$ ) да е 20 mV. При измерване на контактното съпротивление, което е по-малко от 200 m $\Omega$  падът на напрежение при този ток ще бъде под 20  $\mu$ V и изменението на напрежението от 20 mV на 20  $\mu$ V. служи за условие на включване на тока I1 (100 mA) чрез ключ K1. Включването на тока I1 ще доведе до създаване на пад на напрежението по-малък или равен на 20 mV. Тази схема осигурява при липса на контактното съпротивление за измерване падът да не бъде по-голям от 20 mV, което отговаря на изискването на стандарта. Схемата може да се използва и за автоматично стартиране на измерването, т.е. да се извършва измерване само при условие, че има контактното съпротивление в определените граници.

На фиг. 3 е показана схемата на управление на ключа K1, получаването на опорно напрежение за аналого-цифровия преобразувател (АЦП) и измервателния усилвател.

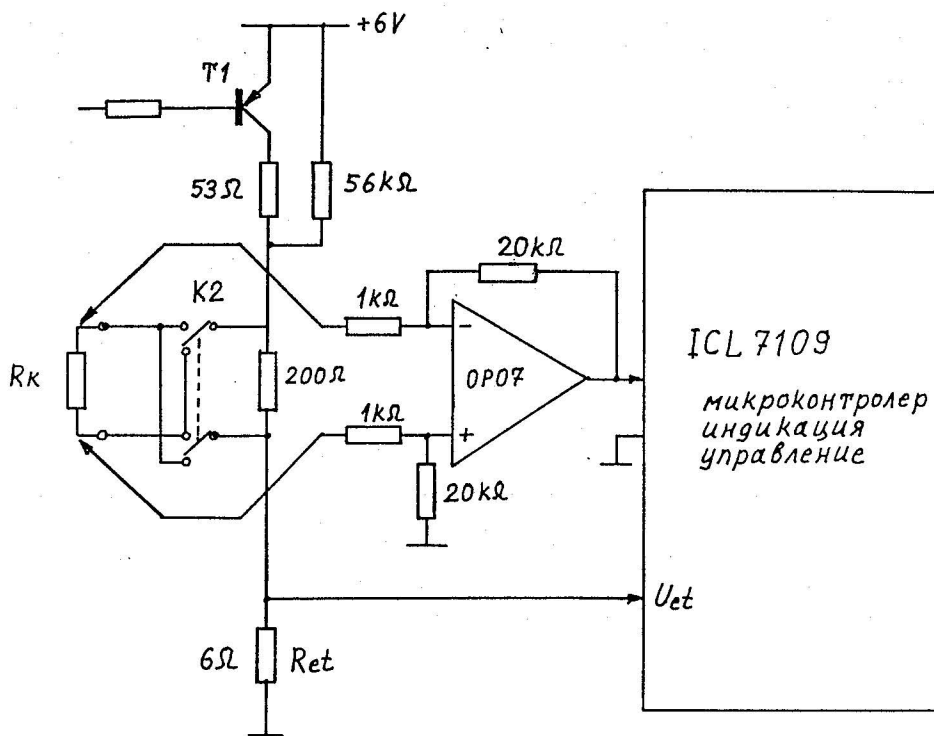
Методиката изисква превключването на посоката на тока при измерването и това се осигурява чрез релето K2. Към контактите на релето няма специални изисквания, но за препоръчване е да се използва реле с по-висока надеждност на превключване (тъй като при измерване то се превключва по два пъти за секунда). Така проектираната схема извършва измерване само при наличие на контактното съпротивление ( $R_{\text{контактно}} \leq 200 \text{ m}\Omega$ ). Това води до облекчаване на режима на работа на релето. Схемата е предвидена да работи с АЦП с двойно интегриране с външен опорен източник.

Опорното напрежение се получава като напржителния пад на протичащия измерителен ток върху  $R_{et}$ . По такъв начин евентуалното изменение на измервателния ток няма да води до грешка в резултата от измерването. Полученият напржителен пад се усилва от диференциален усилвател с  $OP07$  и се подава на входа на АЦП за измерване.



фиг. 3

На фиг. 4 е показана опростена принципна схема на измервателното устройство.



фиг. 4

Генераторите на ток са реализирани по показания на фигурата начин. Токът  $I_0$  се осигурява от резистор със стойност  $56\text{ k}\Omega$  включен директно към  $+6\text{ V}$ . Чрез транзистора T1 се включва резистор със стойност  $53\ \Omega$  за осигуряване на ток  $I_1 = 100\text{ mA}$ . Измервателната схема е проектирана по такъв начин, че изменението на тока не влияе върху измерването (условието е че този ток не се променя по време на едно измерване, т.е. в рамките на 1 секунда). Друга грешка се внася от  $R_{допълнително}$  ( $200\ \Omega$ ), което се явява в паралел с измерването контактно съпротивление. Като се има пред вид, че

измерваното контактно съпротивление е под 200 mΩ, т.е 1000 пъти по-малко то едопълнително то грешката, която се внася ще бъде незначителна. Измерването се осъществява с постоянен ток и дрейфът на усилвателя също може да доведе до грешка. Пропускането на тока през контактното съпротивление в двете посоки води до различна полярност на изходното напрежение на усилвателя. Резултатът се получава като се сумират стойностите на двете измервания (дрейфът от едното измерване ще се извади, а към другото измерване ще се прибави) и това ще доведе до елиминирането му в крайния резултат. По същата причина ще се елиминира и евентуалното влияние на паразитните термодвойки. За осигуряване на стабилност и точност трябва резисторът  $R_{et}$  и резисторите на диференциалния усилвател да бъдат стабилни.

Използвано е АЦП ICL 7109, работещо с двойно интегриране и изискващо един опорен източник. То се управлява от микроконтролер, осигуряващ включването на тока, на релето за промяна на посоката на тока, четене на данните от АЦП, управление на цифрова индикация, обслужване на управляващите бутони и др.

На този принцип е реализиран измервателен уред, който позволява измерване на контактно съпротивление до 200 mΩ. Има възможност за запаметяване на измервана стойност и изваждането ѝ от крайния резултат (например стойността на съпротивлението на свързващите проводници). Започва измерване само при наличие на контактно съпротивление и има възможност за задаване на праг на измерваната стойност и звуков сигнал при превишаването ѝ.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Реализираният по тази схема уред осигурява бързо и сигурно измерване на контактното съпротивление даже и при трудно достъпни места. Точността зависи от малко елементи и не се нуждае от точен опорен източник. Много важно предимство е, че схемата много лесно може да се модифицира и за друг измерителен ток. Тя може да намери широко приложение в електрониката, енергетиката и на всички места, където измерването на контактното съпротивление е от съществено значение.

#### Литература:

1. Колев Н., А. Лазаров, Е. Манов, Б. Матраков, В. Туренков, Електрически измервания, Издателство на ТУ - София, 1993 г.
2. Стандарт БДС 14409 - 84

# MEASURING OF CONTACT RESISTANCE WITH LOW LEVEL SIGNAL

Ph.D. Assoc.Prof.Ratcho Marinov Ivanov ,TU -Sofia

The contact resistance of a number of electronic components is of great importance for the proper functioning of the whole device. That evokes the measurement of the contact resistance of relays and various other points of connection. The standart resistance measuring devices are offen of little use in such cases. The basic reason for that is the fact that the measuring current has the value of several decades of milioms. The voltages to be measured are not higher that several microvolts. The measurement of such weak signals requires taking respect of the parasitic thermocouples, the temperature drift and noise.