

4. ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИНТЕГРИРАНИ ТЕМПЕРАТУРНИ СЕНЗОРИ С АНАЛОГОВ ИЗХОД

1. Цели на лабораторното упражнение:

- Запознаване с техническите характеристики и възможности на различните типове интегрирани температурни сензори с аналогов изход.
- Запознаване с особеностите на схемите на включване и снемане на сигнали от тези сензори.
- Разучаване принципа на действие, на електрически схеми с интегрираните температурни сензори с аналогов изход от практиката.
- Придобиване практически опит при подвключването на интегрирани температурни сензори с аналогов изход в конкретни електрически схеми.
- Измерване електрическите параметри на интегрирани температурни сензори с аналогов изход и анализ на получените резултати.
- Осъществяване измервания на температурата с интегрирани температурни сензори с аналогов изход и изчисляване конкретни техни параметри. Построяване графически характеристики.

2. Физични основи

2.1 Понятие температура [1]

Качествено особеностите на температурата нагледно се проявяват при топлообмена между телата. Ако две тела с различна температура, изолирани от други тела са в термичен контакт, то по-нагрятото тяло отдава термична енергия на по-малко нагрятото тяло и се охлажда. По-малко нагрятото тяло, получавайки термична енергия се нагрива. Този процес на предаване на термична енергия от едно тяло на друго и едновременното изменение на температурата на телата ще протича до момента в който настъпва термично равновесие между тях и температурата им не се изравни. Следователно, **температурата определя направлението на предаване на термична енергия при топлообмена между телата.**

Очевидно, че ако някакво тяло се намира в състояние на термично равновесие с второ и трето тяло, то в такова термично равновесие ще бъдат и второто и третото тяло съответно. От това следва, че с помощта на някакво спомагателно тяло може да се установява равенство на температурите между произволни две тела, от които едното е прието за еталон. По такъв начин се обезпечава възможност за измерване на температурата на телата в единна система.

Понижаването на температурата на нагрятото тяло в процеса на топлообмен с по-малко нагрятото тяло характеризира този факт, че температурата определя запаса от вътрешна енергия на тялото. Носители на вътрешната енергия на тялото се явяват неговите молекули. Потенциалната и кинетична енергия на които зависи от температурата.

За газообразни тела, според кинетичната теория, средната енергия на постъпателното движение на молекулите е свързана с температурата на газа със зависимостта:

$$E = \frac{3}{2} k T$$

където: k - константа на Болцман, ($k=1,3804 \cdot 10^{-23}$ J/K), T - температура в К.

Разпределението на енергията на постъпателно движение между молекулите също е в зависимост от температурата при която се намират.

Кинетичната и потенциална енергии на въртеливото и постъпателно движение на молекулите на газ, течност или твърдо вещество се подчиняват на закономерности подробно описани във физиката.

Тъй като температурата се явява мярка за кинетичната енергия а следователно и скоростта на движение на материалните частици, то трябва да съществува долна и горна граница на температурата в природата. Направените в тази връзка изчисления показват че максимално възможната температура в природата е 10^{12} К. Минималната температура е 0 К. В действителност, всички наблюдавани при различни процеси температури се вменстват в диапазона от 0 до 10^{12} К.

За много физични величини процеса на измерването им се състои от експерименталното определение на численото съотношение между измерваната величина и друга такава условно приета за единица за измерване. При измерването на температура, както и при измерването на някои други физични величини, нещата не стоят така. При различни температури телата имат различни енергетични състояния и респективно различни физични свойства. Поради тази причина 1 градус не може да се разглежда като единица за измерване на температурата, а като характеристика на мащаба на температурната скала. Процеса на измерване на температурата се явява определението на положението върху температурната скала на нивото на измерваната температура.

2.2 Температурни скали [1]

Под термина "температурна скала" е прието да се разбира непрекъсната последователност от числа, линейно свързани с числовите значения на някое измеряемо физично свойство, което е еднозначно свързано и монотонна функция на температурата.

За определянето на температурните скали най често се избират две основни или опорни точки, представляващи лесно създавани температури. Постоянството на които може да бъде обосновано от общи физически съображения. Например температурата на кипене или втвърдяване на някои чисти вещества. На тези температури се преписват произволни числени значения t_1 и t_2 . Температурния интервал $t_2 - t_1$ е прието да се нарича основен интервал на температурната скала. Този интервал се разделя на някакво цяло число N , равни части и $1/N$ част от основния интервал се приема за единица или за мащаб на скалата. При това на нея и приписват името **градус**. По такъв начин,

$$1_{\text{градус}} = \frac{t_2 - t_1}{N}$$

По нататък се избира някое физическо или както е прието да се нарича термометрично свойство E . Предполага се, че E е линейно свързано с температурата, т.е. е справедливо равенството:

$$dt = K \cdot dE$$

където K е коефициент на пропорционалност.

След интегриране на последното равенство за температурата получаваме:

$$(4.1) \quad t = K \cdot E + D$$

където D е константа.

За определяне на коефициента на пропорционалност K и константата D се използват двете избрани предварително температури. Действително, измервайки при едната от тях t_1 значението на физическото свойство K_1 , а при друга температура t_2 значението му K_2 , по уравнение (2.1) получаваме:

$$(4.2) \quad t = t_1 + \frac{t_2 - t_1}{E_2 - E_1} (E - E_1)$$

Това е уравнението на температурната скала.

В качеството на термометрично свойство най-често се използва обемното разширение на течности например на живак или спиртен разтвор, поставени в стъклена тръба и резервоар.

Всяка от избраната в зависимост от физичното свойство скала обхваща ограничена област от температурата в която може да се използва термометричното вещество. Развитието на науката и техниката е предизвикало необходимостта от единна универсална температурна скала пригодна за използване в широк интервал.

Решението на този проблем произтича от законите на термодинамиката, като основата е идеалната топлинна машина работеща по цикъла на Карно. Ако такава идеална машина извършва кръгов цикъл по две изотерми и две адиабати, то коефициента на полезно действие не зависи от налягането, или обема на веществото или от неговите физически свойства, а се определя изключително от температурите на хладилника T_1 и нагревателя T_2 :

$$\eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

където: Q_1 и Q_2 е количеството топлина, съответно получено от работното вещество от нагревателя и отдадено на хладилника.

Въз основа на работите на Карно, Келвин е предложил да се определя понятието температура на базата на равенството:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$$

Температурната скала в такъв случай ще се определя, ако бъдат зададени числови стойности за две основни реперни точки за температурата. В течение на дълги години за основни реперни точки са били приемани температурата на топене на леда и кипене на водата. На тези температури са били приписвани стойности съответно 0 и 100. Интервала между тях е бил разделен на 100 равни части и една такава част е наречена градус от термодинамическата скала или градус Целзий като се обозначава $^{\circ}\text{C}$.

Едновременно със стоградусовата скала е била установена и абсолютна термодинамическа температурна скала, стойността на един градус от която се равнява на един градус от стоградусовата скала, а за начало е била приета

абсолютната нула. Числовите стойности на температурата изразена в тая скала се обозначават с K и се наричат градус Келвин.

Температурата на топене на леда изразена в абсолютната температурна скала, по резултатите на много изследвания е 273,15 K с точност $\pm 0,02$ K. За това съотношението на числовите стойности на температурата T в абсолютната термодинамична скала и температурата t по стогорадусовата скала се определя по зависимостта:

$$(4.3) \quad T = t + 273,15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

В някои страни и техническа литература заедно със стогорадусовата скала $^\circ\text{C}$ могат да се срещнат и градуси по скала Фаренхайт $^\circ\text{F}$ и по скала Ренкин $^\circ\text{R}$. Съотношенията между значенията на температурата изразени по различните начини се дават със следните съотношения:

$$(4.4) \quad ^\circ\text{C} = \frac{5}{9} (^\circ\text{F} - 32)$$

$$(4.5) \quad \text{K} = \frac{5}{9} \cdot ^\circ\text{R}$$

2.3 Температурни ефекти в полупроводниковите прибори, използвани за създаването на температурни сензори [2,3].

Полупроводниковите елементи са чувствителни към изменението на температурата. Тази чувствителност се използва за направа на интегрални сензори, които изработват електрически сигнал пропорционален на абсолютната температура.

В полупроводниковите материали съществуват няколко основни вида температурни зависимости.

Първата, е температурното генериране на свободни електрони и дупки чрез откъсване на електрони от ковалентните връзки и превръщането им в свободни електрони, които могат да се движат в структурата на кристала. При отделянето на тези електрони атомите остават с недостиг на електрони и се превръщат в т.нар. "дупки". Скоростта на топлинното генериране на свободни електрони и дупки се увеличава експоненциално с температурата. Това явление се изразява, като експоненциално нарастване на обратния ток на утечката на преходите на полупроводниковите елементи с повишаването на температурата.

При силициевите диоди и транзистори обратния ток приблизително се удвоява при всяко нарастване на температурата с 10°C и отношението на стойностите на обратните токове за две различни температури се дава от израза:

$$\frac{I_R(T_1)}{I_R(T_2)} = 2^{\frac{(T_1 - T_2)}{10^\circ\text{C}}}$$

Това изменение на обратния ток от температурата може да се използва за създаването на сензори за температура. За съжаление обратния ток при дадена температура и скоростта на неговото изменение при промяна на температурата се изменят в много големи граници за отделните екземпляри. Ето защо този ефект трудно може да се използва практически. Може да се добави също, че изменението на обратния ток I_R на P-N прехода е силно нелинейно от температурата. Следователно за да бъде изходната величина на

сензора линейно зависи от температурата е необходима сложна обработка и много преобразувания на обратния ток на чувствителния елемент.

Друг температурно обусловен процес в полупроводниковите елементи е протичането на основни носители през електрическата потенциална бариера на P-N преходите. Когато температурата се повишава, скоростта на протичане на електроните и дупките през потенциалната бариера нараства по експоненциален закон. В резултат на това правият ток на един PN преход на диод или транзистор при поддържане на постоянно напрежение в права посока се увеличава експоненциално с нарастването на температурата. Токът в права посока се увеличава приблизително с 10% при всяко повишаване на температурата с 1 градус или с коефициент, приблизително равен на 2,4 пъти при всяко нарастване на температурата с 10°C .

Ако стойността на тока в права посока се поддържа постоянна, падът на напрежение в права посока върху PN прехода намалява с около $2,2 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Уравнението за температурния коефициент на пада на напрежението в права посока върху един PN преход е следното:

$$TCU_F = \left. \frac{dU_F}{dT} \right|_{I_F=\text{const}} = - \left(\frac{1205 \text{ mV}}{T} + 0,26 \text{ mV}/^{\circ}\text{C} \right).$$

Този температурен коефициент може да се използва за преобразуване и измерване на температурата, но и тук съществуват разлики между падовете на напрежение в права посока U_F на отделните екземпляри. Следователно ще се различават и температурните коефициенти TCU_F . Освен това падът на напрежение в права посока U_F (или U_{BE} при използване на транзистори) не се изменя линейно от температурата.

Друг електрически параметър на полупроводниковите елементи, зависим от температурата е изменението на колекторния ток на биполярния транзистор от напрежението база-емитер. Колекторният ток на транзисторите при работа в активната област е свързан с напрежението база-емитер с проста експоненциална зависимост:

$$I_C = I_{TO} \exp\left(\frac{U_{BE}}{U_T}\right).$$

Ако се използва съгласувана двойка транзистори (или два еднакви транзистора) T_1 и T_2 , отношението на двата колекторни тока може да се представи с формулата

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\exp\left(\frac{U_{BE1}}{U_T}\right)}{\exp\left(\frac{U_{BE2}}{U_T}\right)} = \exp\left(\frac{U_{BE1} - U_{BE2}}{U_T}\right) = \exp\left(\frac{\Delta U_{BE}}{U_T}\right)$$

откъдето

$$\Delta U_{BE} = U_{BE1} - U_{BE2} = U_T \ln \frac{I_1}{I_2} = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_1}{I_2}$$

Ако схемата е така проектирана, че отношението на токовете I_1/I_2 се поддържа постоянно, разликата ΔU_{BE} ще бъде право пропорционална на абсолютната температура. Този ефект е в основата на повечето интегрални датчици на температура. Дори ако двата транзистора не са еднакви, между разликата ΔU_{BE} и абсолютната температура пак ще има право пропорционална

зависимост. В общият случай за двойката разглеждани транзистори съществува остатъчно напрежение U_{I0} , използването на което позволява да се запише отношението на колекторните токове във вида:

$$\frac{I_1}{I_2} = \exp \frac{(\Delta U_{BE} - U_{I0})}{U_T}$$

Остатъчното напрежение на двойка транзистори, които имат еднаква структура, се дължи главно на разликата в ефективните широчини на базите и може да се изрази чрез отношението на тези ефективни широчини:

$$U_{I0} = U_T \ln \left(\frac{W_{B1}}{W_{B2}} \right),$$

където W_{B1} и W_{B2} са ефективните широчини на базите съответно на транзисторите T_1 и T_2 . Тогава разликата между напреженията база-емитер на двойката транзистори може да се представи във вида

$$\Delta U_{BE} = U_T \ln \frac{I_1}{I_2} + U_{I0} = U_T \left(\ln \frac{I_1}{I_2} + \ln \frac{W_{B1}}{W_{B2}} \right).$$

От последната формула се вижда, че разликата ΔU_{BE} и в този случай е точна линейна функция на абсолютната температура.

Температурната зависимост на разликото напрежение ΔU_{BE} на една двойка транзистори лежи в основата на повечето сензори на температура в интегрално изпълнение.

3. Основни характеристики, класификация и форми на реализиране [2,4,5,6,7,].

Основните параметри и характеристики на интегрираните температурни сензори са свързани с основното им предназначение - да генерират сигнал пропорционален на температурата. Най-съществен и важен параметър това е **коэффициента на преобразуване на температурата**. Винаги този коефициент е размерен. И колкото е по голям като числова стойност ✓

Един от тях, това е **диапазона на измерваните температури**. Тъй като в момента произвежданите температурни сензори са на базата на силиция, изпълнени по микроелектронна технология те могат да работят нормално диапазона от -20°C до $+120^\circ\text{C}$. Важен параметър за областта на използване на интегрираните температурни сензори е **грешката**, която те имат в диапазона на измерваните температури. За болшинството типове сензори тази грешка в целия температурен обхват е в границите от 0,5 - 1,0 градуса. Не маловажен параметър е и отклонението на изходния сигнал на сензора от теоретичната статична характеристика, което се нарича - **нелинейност**. Вследствие на действието на различни фактори върху интегрирания сензор, за целия температурен диапазон нелинейността може да достигне до 2,0 градуса независимо от калибрирането по време на производство.

Голяма и важна група параметри представляват тези които са свързани с **захранването на сензорите**. На първо място това е **захранващо напрежение, ток на консумация, динамично съпротивление** и други.

Формите на реализация на интегрираните температурни сензори е най-разнообразна в рамките на стандартизираните корпуси в микроелектрониката.

Тъй като повечето сензори са с малък брой изводи, най често два или три то и корпусите им са от типа TO-92, TO-46, TO-18, TO-52. Много често интегрираните температурни сензори се използват за контрол температурата на електронните платки с елементи където са монтирани и самите сензори. За такива приложения температурните сензори се предлагат в корпуси от типа DIP и SO.

Класификация на интегрираните температурни сензори в зависимост от вида изходен сигнал който те генерират е дадена в таблица 3.1

Таблица 3.1

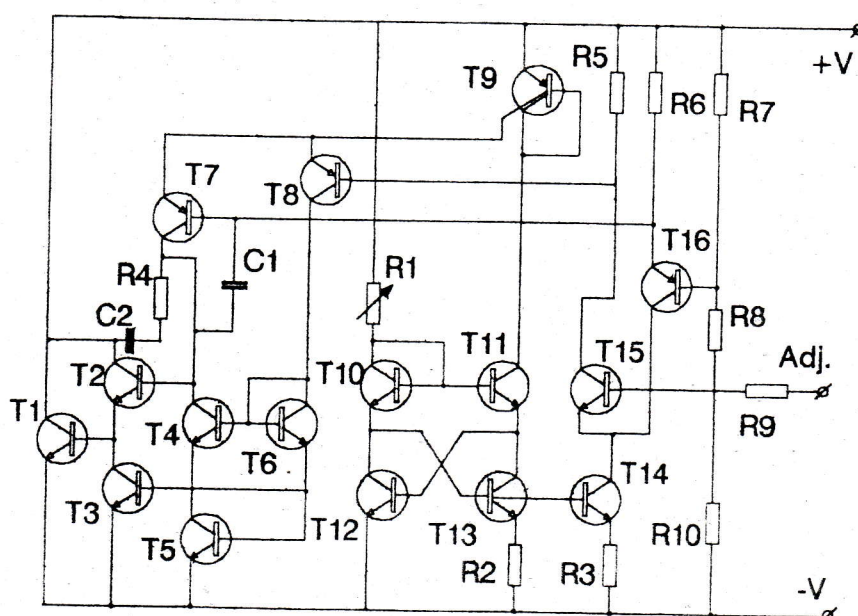
Сензори с аналогов изход	
Изход напрежение във функция на Т	Изход ток във функция на Т

4. Примери на интегрални температурни сензори.

4.1 Температурен сензор с изход - напрежение [5].

Серията LM135/235/335 представляват прецизни интегрални температурни сензори с аналогов изход - напрежение. Работейки, като двуизводен центров диод, LMX35 има пробивно напрежение пропорционално директно на абсолютната температура с температурен коефициент $+10\text{mV/K}$. Сензора има динамично съпротивление по-малко от 1Ω и работи с ток от $400\mu\text{A}$ до 5mA без промяна на параметрите си. Когато е калибриран за 25°C , LMX35 има грешка по-малка от 1°C за температурен обхват от 100°C . За разлика от други сензори LMX35 запазва линейна предавателна характеристика в широк динамичен диапазон.

Вътрешната структура на температурния сензор LM135/235/335 е представена на фиг. 4.1.1.



Фигура 4.1.1 Принципна схема на LM135/235/335.

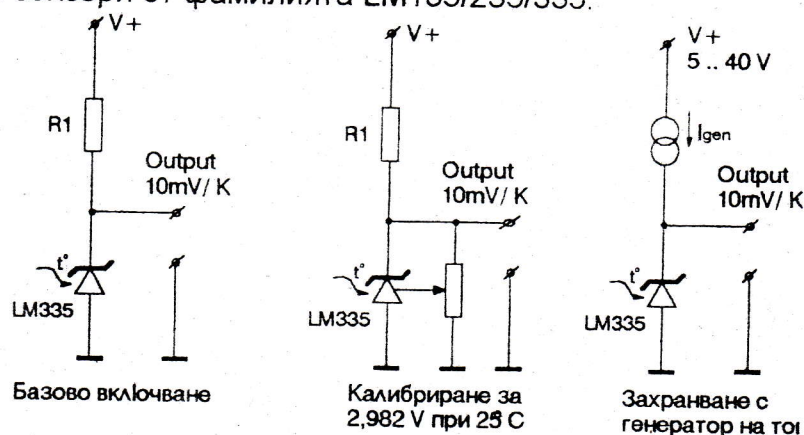
Приложенията на LM135 включват почти всички видове температурни измервания в интервала от -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$. Ниският импеданс и линейният напрежителен изход от температурата, правят връзката на сензора с измервателната или контролна апаратура изключително лесна.

Температурните сензори LM 135/235/335 се предлагат в различни корпуси. В зависимост от корпуса е и температурния диапазон в който работят различните модификации.

Основни параметри на сензорите LM 135/235/335

Температурен коефициент на изходното напрежение	10 mV/K
Изходно напрежение при $T_C=25^{\circ}\text{C}$	2,98 V
Максимален ток в права посока	10 mA
Максимален ток в обратна посока	15 mA
Динамичен импеданс	0,5 Ω
Температурна грешка при $T_C=25^{\circ}\text{C}$, $I_R=1\text{ mA}$	0,5 $^{\circ}\text{C}$
Температурна грешка с калибриране при 25°C в целия обхват при $I_R=1\text{ mA}$	0,3 $^{\circ}\text{C}$
Нелинейност при $I_R=1\text{ mA}$	0,3 $^{\circ}\text{C}$
Времеконстанта при неподвижен въздух	80 sec
Времеконстанта при скорост на въздуха 0.5 m/sec	10 sec
Времеконстанта при разбъркано масло	1 sec

Основната схема на включване на температурните сензори от типа LM135/235/335 за снемане на сигнала пропорционален на температурата е такава както на един ценоверов диод. Необходимо е предварително да бъде определен тока, който ще протича в права посока през сензора в зависимост от конкретното приложение. В зависимост от тока, захранващото напрежение и температурния обхват се изчислява стойността на токоограничаващия резистор. На фигура 4.1.2 са показани основните включвания на температурните сензори от фамилията LM135/235/335.

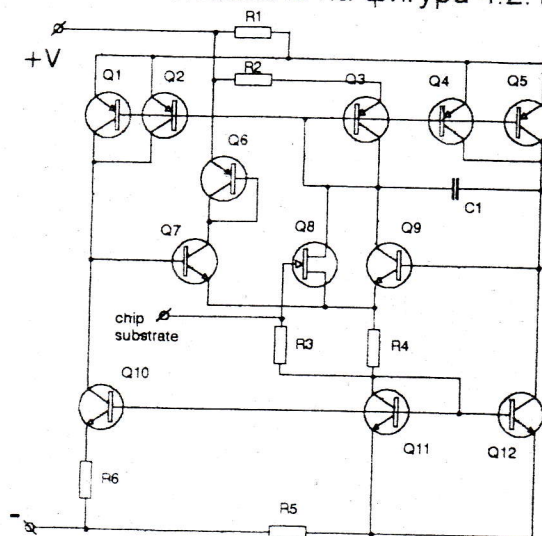


Фигура 4.1.2 Основни включвания на сензорите от типа LM135/235/335

4.2 Температурен сензор с изход - ток, пропорционален на абсолютната температура [7].

Типичен представител на интегралните сензори, генериращи ток, пропорционален на температурата е произведения от фирма HARRIS-semiconductor AD590.

Интегралната схема AD590 е двуполюсен сензор на температура, който генерира ток, пропорционален на абсолютната температура. Вътрешната структура на интегралната схема е показана на фигура 4.2.1.



Фигура 4.2.1 Вътрешна структура на интегралния сензор AD 590.

Обхватът на изменение на напрежението при което може да работи сензора е от +3V до +30V. Динамичното изходно съпротивление е 10 MΩ (минимална стойност), свързано паралелно с капацитет 100pF. Голямото динамично съпротивление е много изгодно, тъй като токът на сензора ще бъде относително независим от захранващото напрежение. По такъв начин токът става относително нечувствителен към пулсациите или други изменения на захранващото напрежение и от пада на напрежението вследствие на съпротивлението на линията, включено последователно на елемента. Така например с изменение на захранващото напрежение с 1,0V токът на елемента се изменя с не повече от 0,1μA. Това отговаря на грешка при измерване на температурата само 0,1°C.

Схемата работи като стабилизатор - генератор на константен ток. Токът е пропорционален на абсолютната температура и температурният му коефициент е 1μA/°C. Сензорната схема е реализирана с тънкослойни резистори, които се настройват с помоща на лазер за постигане на точната стойност на тока 298,2μA при температура 25,0 °C (298,2 K).

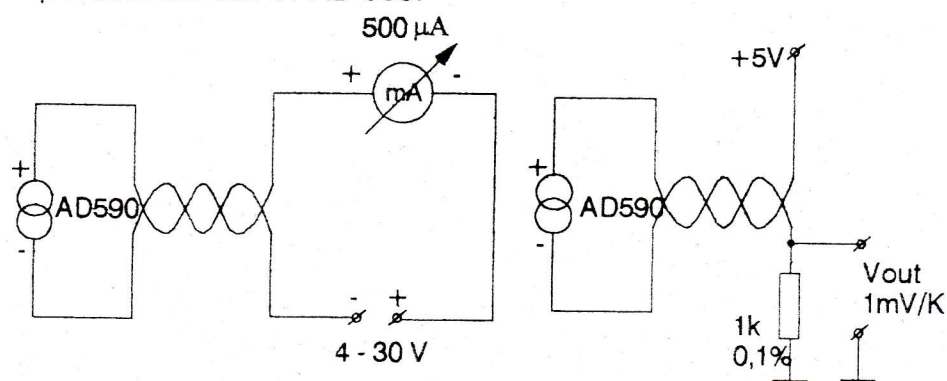
Голямото динамично съпротивление е много полезно при датчици, които са разположени на голямо разстояние от системата. Ако съединителните проводници например имат съпротивление 100Ω, ще се получи грешка в измерването на температурата само 0,001%.

Основни параметри на сензора AD 590

Температурен коефициент на изходния ток	1 μA/ K
Изходен ток при T _c =25 °C	298,2 μA
Максималено захр. напрежение в права посока	+44 V
Максималено захр. напрежение в обратна посока	-20 V
Динамично съпротивление	min 10 MΩ
Абсолютна грешка без външно калибриране	20 °C
Грешка при 25 °C	max 10 °C

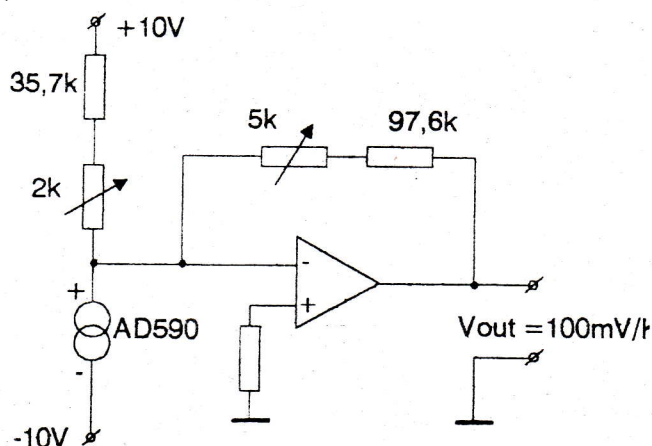
Нелинейност при $I_R = 1 \text{ mA}$	3°C
Токов шум	$40 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
Шунтов капацитет	100 pF

Снемането на сигнала пропорционален на температурата от сензора AD 590 може да се осъществи като тока се пропусне през точен резистор или като се преобразува от преобразувател ток - напрежение изпълнен с операционен усилвател. На фигура 4.2.2 са показани примерни принципни схеми на снемане на информационния сигнал от AD 590.



Фигура 4.2.2 Примерни схеми на снемане на сигнала от AD 590

За постигане на по-голяма точност на изходния сигнал от температурата е необходимо в принципната схема да се предвиди корекция на статичната характеристика на сензора. На фигура 4.2.3 е показана примерна принципна схема в която може да се управлява наклона на статичната характеристика и нейното отместване. По такъв начин може да се постигне много висока точност на измерване на температурата от порядъка на $0,005^\circ \text{C}$ за сравнително малък температурен обхват.



Фигура 4.2.3 Схема позволяваща изменението на статичната характеристика.

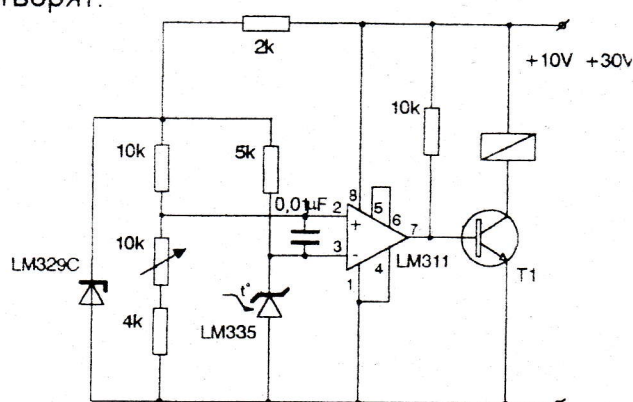
5. Приложения на интегралните температурни сензори с аналогов изход.

Интегралните температурни сензори намират широко приложение в промишлеността, техниката и бита. В зависимост от вида, особеностите на конкретния случай и апаратура се проектира и електронната схема.

5.1 Приложения с температурни сензори LM 135/235/335 [5].

Най широко разпространение и големи възможности при съставянето на схема за обработка имат интегрираните температурни сензори с аналогов изход от типа LM 135/235/335. На фигура 5.1.1 е показана принципната електрическа схема на термостат за подържане на температура чрез нагряване.

Напрежението генерирано от сензора в зависимост от температурата се подава на инвертиращия вход на компаратора. На неинвертиращия вход се подава еталонно напрежение което съответства на зададената за подържане температура. Тази температура може да се променя с промяна на потенциометъра 10k. Напрежението в тази точка се поддържа стабилно от ценовия диод LM329C. В зависимост от това на кой вход на компаратора напрежението е по-голямо на изхода му който е отворен колектор има или отпушен транзистор което съответства на минимален пад или запушен транзистор. В случай когато изходния транзистор на компаратора е отпушен, транзистора Т1 ще е запушен и релето, което управлява нагряващия елемент ще бъде обесточено. Обратно когато температурата падне под определеното задание, компаратора ще превключи и неговия изходен транзистор ще бъде запушен. В този случай ще протече базов ток през резистора 10k и транзистора Т1 ще се отпуши. През релето ще протече ток и контактите му управляващи нагревателя ще се затворят.

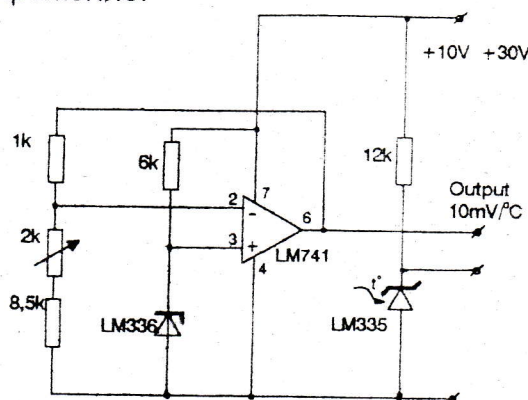


Фигура 5.1.1 Принципната електрическа схема на термостат с LM335

Друго много разпространено приложение на сензора LM335 е използването му за създаване на електронни термометри, които показват температурата в градуси Целзий. На фигура 5.1.2 е показана принципна електрическа схема на такъв термометър.

В тази схема изходния сигнал се взема между интегрирания сензор LM335 и изхода на операционния усилвател LM741. Операционния усилвател е включен в схема на неинвертиращ усилвател. Коефициента на усилване може да се променя в зависимост от стойността на потенциометъра 2k. На неинвертиращия вход е подадено еталонно напрежение получавано от ценера LM336. По такъв начин на изхода на операционния усилвател може да се установи напрежение съответстващо на 2,7315 V. Тогава измерваното напрежение между изходните клеми на тази схема ще бъде пропорционално на 10 mV/°C, и когато сензора е поставен при 0 °C на изхода на схемата ще има 0

V. Когато температурата на сензора е отрицателна на изхода това ще се отрази с отрицателно напрежение.



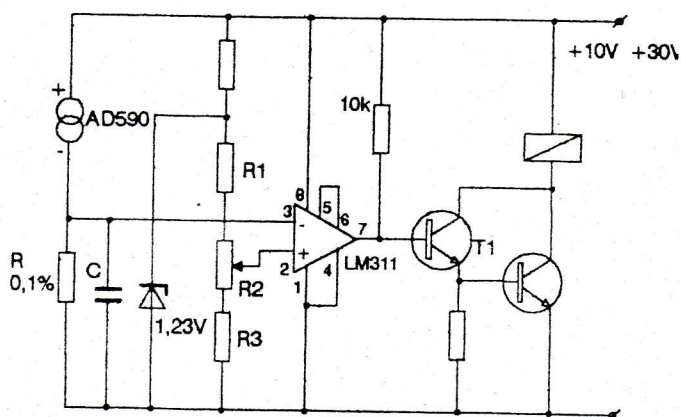
Фигура 5.1.2. Принципна електрическа схема на термометър с градуси Целзий.

5.2 Приложения с температурни сензори AD 590 [7].

С използването на интегралния температурен сензор AD 590 се реализират различни устройства реагиращи на обкръжаващата температура. На фигура 5.2.1 е показана принципна схема на термостат за поддържане температурата на термостат чрез включването на нагревател.

Сравняващият елемент в тази схема е компаратора LM311. На единия вход на компаратора е подадено еталонно напрежение, което съответства на зададената температура на превключване. С помощта на потенциометъра може да се променя еталонното напрежение. По такъв начин се променя праговата температура на термостата.

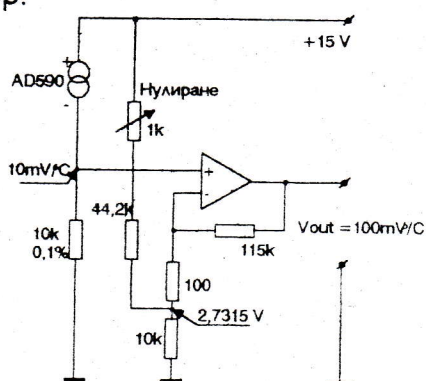
На другия вход на компаратора е подадено напрежение пропорционално на температурата на контролирания обем. Това напрежение се отнема от точния резистор, който е включен последователно във веригата на тока на температурния сензор AD590. Паралелно на точния резистор е включен кондензатор, който служи за изглаждане на пулсации индуцирани във веригата. В зависимост от това кое напрежение е по-голямо от подадените на входа на компаратора, на неговия изход транзистора с отворен колектор е или отпушен или запушен. Съответно съставния транзистор също се отпушва или запушва като управлява по такъв начин тока през нагревателния елемент.



Фигура 5.2.1 Схема на термостат със сензора AD590.

С помощта на тази схема може да се поддържа температура в целия работен обхват на температурите на интегралния сензор. При това хистерезиса е много малък и може да се стигне до навлизане в режим на възбуждане. Поради тази причина термостати от този тип трябва да се използват за управление на обекти с големи температурни константи.

За да може да бъде осъществена схема на електронен термометър със сензора AD590, е необходимо да се снесе сигнал в напрежение за температурата. Това става посредством точен резистор. В зависимост от стойността му се постига и съответният коефициент на преобразуване. На фигура 5.2.2 е показана принципната схема на термометър в градуси Целзий с токовия температурен сензор.



Фигура 5.2.2 Схема на термометър със сензора AD590.

Напрежението от точния резистор се усилва от операционния усилвател. В същото време с операционния усилвател се постига отместване на нулевото значение. Изваждат се 2,7315 V за да бъде напрежението на изхода нула когато имаме 0 °C. На изхода на схемата напрежението е с коефициент 100 mV/°C.

6. Контролни въпроси

- Какво представлява температурата?
- Какво е температурна скала? Кои температурни скали познавате?
- Имат ли термозависими параметри биполярния диод и биполярния транзистор? Кои са най подходящи за измерване на температура?
- Възможно ли е измерване на температура с точност 0.001 °C с помощта на интегрираните температурни сензори? Пояснете подробно отговора.
- Какъв е температурния диапазон на интегралните сензори? Обосновете се. Възможно ли е измерването на температури от порядъка на 200 ; 250 °C с интегрирани сензори?