

Разработка Цифрового Термометра На Основе Термопары

Стёпин Дмитрий Иванович¹

Аннотация: в данной статье рассматривается полный процесс проектирования цифрового термометра, базирующегося на термопаре для дальнейшего применения этого способа проектирования на практических занятиях для слушателей военных инженерных учебных заведений.

Kalit so'zlar: termojuft, termoelektro-harakatlantiruvchi kuch, analog-raqamli o'zgartirgich, sxema, o'tkazgich, kopel, alumel, ekran.

Термопара - это один из видов электрических термометров. Термопары применяются для с высокой точностью высоких температур (2500°C). При таких высоких температурах другие виды цифровых измерителей температуры не выдерживают и выходят из строя.

Термопары применяются при измерении температуры в различных типах техники, как военной так и бытовой. Поэтому в этой статье мы поближе ознакомимся с физической сущностью термопары и также я опишу полный процес проектирования цифрового термометра на базе термопары.

Существует огромное количество разновидностей термопар, но широко распространены хромель-алюмелевые (тип К) термопары, из-за низкой цены и линейной зависимости термо ЭДС от изменения температуры.

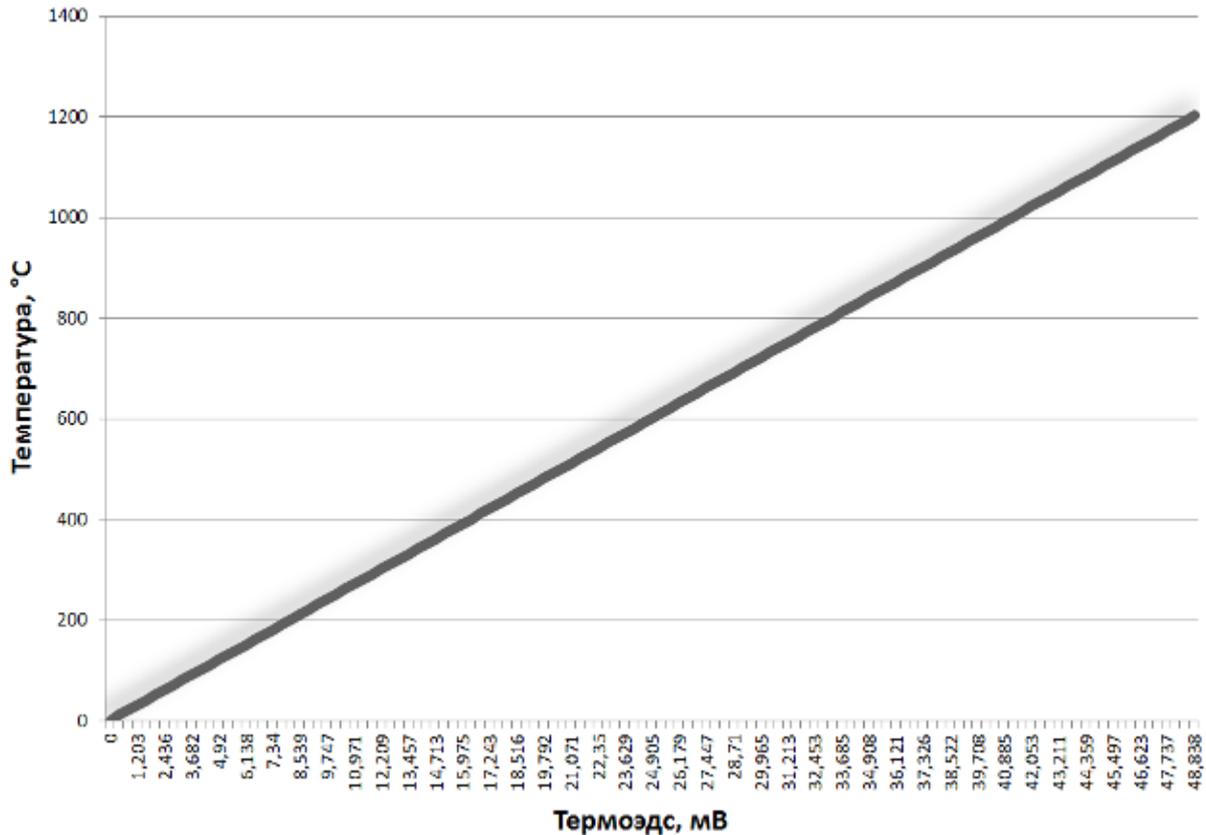
Термопара - это цепь состоящая из двух разнородных металлов. Точка соединения этих двух проводников называется горячим спаем из-за еёрасположения непосредственно в месте измерения температуры. В точке этого контакта возникает разность потенциалов. Эта разность потенциалов называется термо ЭДС и напрямую зависит от температуры, в которой находится спай. Металлы подбираются таким образом, чтобы зависимость термоэдс от температуры нагрева была наиболее линейна. Это упрощает расчет температуры и сокращает погрешность измерений.

Так широко применяемые хромель-алюмелевые термопары имеют достаточно высокую линейность и стабильность показаний на всем диапазоне измеряемых температур.

Ниже приведен график для хромель-алюмелевых термопар (тип К) показывающий, зависимость возникающей термо ЭДС от температуры спая:

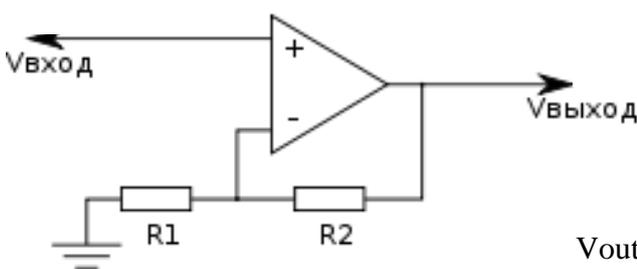
¹ Майор, Старший преподаватель кафедры Авиационное оборудование Института военной авиации Республики Узбекистан





Таким образом значение ТЭДС достаточно умножить на нужный коэффициент и получить температуру, не заморачиваясь с табличными значениями и аппроксимацией - один коэффициент на весь диапазон измерений. Очень просто и понятно. Но встает вопрос о подключении термопары к микроконтроллеру. Понятно, что если на выходе термопары напряжение, тогда задействуем АЦП, но разность потенциалов на выходе термопары слишком мала, чтобы микроконтроллер мог быть задействован эффективно. Поэтому прежде его нужно увеличить, например, применив операционный усилитель.

Берём стандартную схему неинвертирующего включения операционного усилителя:



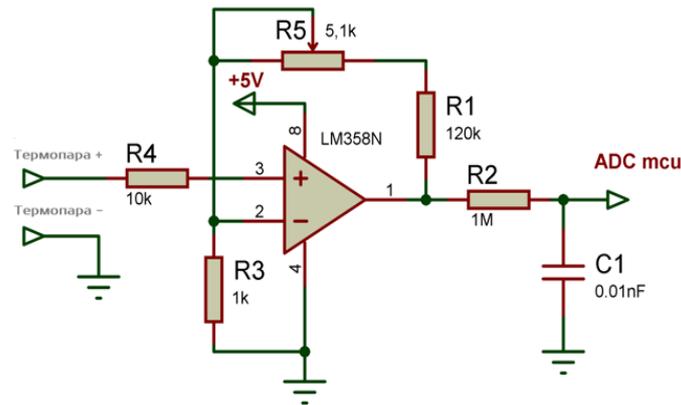
Отношение входного и выходного напряжений описывается простой формулой:

$$V_{out}/V_{in} = 1 + (R2/R1)$$

От значений резисторов обратной связи R1 и R2 зависит коэффициент усиления сигнала. Величину усиления сигнала нужно подбирать с учетом того, что будет использоваться в качестве опорного напряжения.

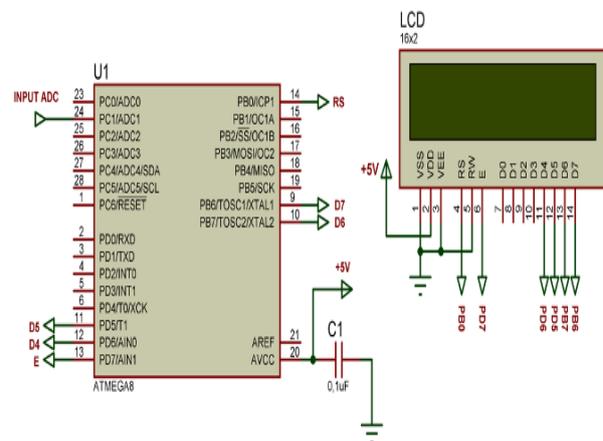
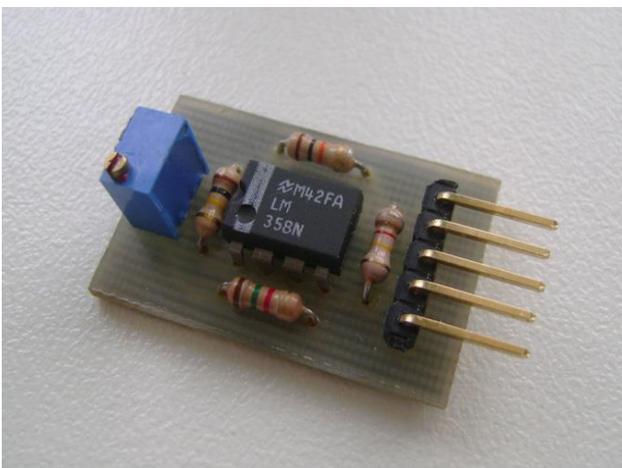
Допустим опорным будет напряжение питания микроконтроллера 5V. Теперь необходимо определиться с диапазоном температур, которые собираемся измерять. Я взял пределом измерения 1000 °C. При этом значении температуры на выходе термопары будет потенциал примерно 41,3 мВ. Это значение должно соответствовать напряжению в 5 вольт на входе АЦП. Поэтому операционный усилитель должен иметь коэффициент усиления не менее 120. В итоге при помощи электронной лаборатории





Proteus была спроектирована следующая схема:

Следующим шагом было разводка печатной платы при помощи программы Proteus и сборка радиодеталей после чего мы получили готовый прототип операционного усилителя. Данный прототип показан ниже на фотографии:



Собрал на бредборде такую схему подключения двухстрочного дисплея к микроконтроллеру:

Термопара была взята из комплекта мультиметра. Спай закрыт в металлическую гильзу.



Для цифровой термопары был подобран контроллер Arduino Uno из-за его вместимости и малых габаритов. При написании кода для цифровой термопары была использована база данных Vascom-AVR:

```
$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 8000000
```

Dim W As Integer

'подключение двухстрочного дисплея

```
Config Lcdpin=Pin,Rs=Portb.0,E=Portd.7,Db4=Portd.6,Db5=Portd.5,Db6=Portb.7,Db7=Portb.6
```

```
Config Lcd = 16 * 2
```

```
Cursor Off
```

```
Cls
```



'считывание значения с АЦП по прерыванию от таймера

Config Timer1 = Timer , Prescale = 64

On Timer1 Асп

'конфигурация АЦП

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = **Avcc**

Enable Interrupts

Enable Timer1

Do

Cls

Rem Температура:

Lcd "Температура:"

Lowerline

Lcd W

Waitms 200

Loop

'работа с АЦП

Асп:

Start Adc

'запуск АЦП

W = Getadc(1)

W = W / 1.28

'подгоняем замеры под действ.

Температуру

Return

End

Число 1,28 в знаменателе получил опытным путем, подгоняя значение считанное с АЦП в известное значение температуры.

В качестве эталона замера температуры выступила контрольно проверочная аппаратура для авиационных термометров масла. Для чистоты эксперимента сначала замерил температуру кипящей воды при помощи контрольно проверочной аппаратуры. Удостоверившись в правильности показаний, замерил температуру уже моим изделием и подгоняя коэффициент деления, установил значение 100°C.

По окончании эксперимента замеры были произведены при помощи автогазовой горелки. Максимально измеряемая температура получилась 650°C

В итоге поучился хороший опыт проектирования и закрепления знаний по теме Термоэлектродвижущая сила что хочу применить в качестве лабораторных занятий для наших студентов.

Использованная литература

1. Андреев А.А. Искусство дизассемблирования// [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.e-joe.ru/sod/97/4_97/st096.html
2. Bruce Dang, Alexandre Gazet, Elias Bachaalany, Sebastien Josse. Practical Reverse Engineering: x86, x64, ARM, Windows Kernel, Reversing Tools, and Obfuscation. 2014.
3. Крис Касперски. Образ мышления – дизассемблер IDA. 2001.
4. Крис Касперски Техника и философия хакерских атак – записки мыш'а. 2002.
5. Пирогов В. Ю. Ассемблер и дизассемблирование. 2006. (MOOC). URL: <https://eto.kai.ru/resources/edr/mooc/> (дата обращения: 19.05.2023).

