

УДК 621.362.1

Будылина Полина Сергеевна, Дмитриевский Игорь Дмитриевич
Budylna Polina Sergeevna, Dmitrevskii Igor Dmitrievich

Магистрант

Master

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный радиотехнический университет имени
В.Ф. Уткина»

Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin

Рязань, Россия

Ryazan, Russia

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

STUDY OF THE FORMATION AND DEVELOPMENT HUMAN BODY TEMPERATURE MEASURING TECHNICAL METHODS

Аннотация: Рассмотрена история становления способов измерения температуры тела человека в совокупности с современными техническими методами проектирования электронных термометров.

Annotation: The history of the formation of temperature of the human body measuring methods with modern technical methods for designing electronic thermometers in conjunction are considered.

Ключевые слова: температура тела человека, электронный термометр.

Key words: human body temperature, electronic thermometer.

Измерение температуры тела – очень простая и привычная процедура. Время от времени каждый человек пользуется приборами, позволяющими за несколько минут или даже секунд определить такой важный показатель состояния организма, как его температура. Но были времена, когда термометры представляли собой громоздкие приборы, а их использование требовало определенной сноровки.

Сегодня невозможно назвать имя человека, который изобрел термометр, поскольку над этим вопросом одновременно работали сразу несколько выдающихся ученых. Правда, одни пытались создать измеритель температуры воздуха, другие – воды, а третьи – тела человека. Чаще всего вся слава

достается небезызвестному итальянцу Галилео Галилею. Интересно, что в его записках не описывается такое изобретение. Однако остались заметки учеников, которые рассказали о создании термоскопа.

Прибор, созданный Галилеем в 1592 году, представлял собой большой шар с прикрепленной к нему стеклянной трубкой. При опускании этой трубки в цветную жидкость последняя перемещалась под действием тепла. Прибор не имел шкалы, поэтому показывал лишь относительную степень нагревания либо охлаждения.

Тем временем еще один итальянец – врач Санторио – работал над прибором для измерения температуры человеческого тела. В 1626 году ему удалось создать ртутный термометр. Компонентом прибора тоже был огромный шар, но уже заполненный жидкостью. К шару присоединялась широкая трубка из стекла с нанесенной шкалой.

Пользоваться приспособлением было непросто. Для измерения температуры следовало взять шар в руки и дышать на него некоторое время, чтобы тепло заставило жидкость подняться по трубке. Поскольку единой шкалы на тот момент не существовало, у делений Санторио была своя расшифровка. К слову, именно этот ученый выяснил, что температура тела здорового человека должна оставаться постоянной.

На звание изобретателя термометра претендует и голландец Ван-Дреббель. Практически одновременно с Галилеем и Санторио он тоже работал над прибором, измеряющим температуру. Его термометр учитывал способность газов к существенному изменению своего объема при небольших температурных колебаниях и работал следующим образом:

- Большой сосуд наполовину заполнялся водой;
- Стеклянная трубка с расширением в виде шара на одной стороне опускалась в воду закупоренным концом и там открывалась;
- Вода лишь частично наполняла трубку;
- При нагревании шара уровень воды в трубке падал, при охлаждении – повышался.

Впоследствии в воду стали добавлять азотную кислоту в соотношении 3:1, а также медный купорос для окрашивания. Этот прибор отличался довольно высокой чувствительностью, однако показатели сильно зависели от атмосферного давления [1].

Первое приспособление, которое можно было назвать термометром, разработали во Флорентийской академии. Он выглядел как трубка из стекла с расширением в форме шара на конце. Конструкцию нагревали, воздух разряжался и частично выходил наружу. Тогда трубку открытым концом опускали в окрашенный винный спирт, который поднимался и заполнял саму трубку вместе с шариком. Потом термометр нужно было охладить, пока трубка не опустеет наполовину. По чувствительности прибор практически не уступал современным моделям, но пользоваться им было слишком сложно.

Опытным путем ученые определили, что в большом шарике-резервуаре нет необходимости, а тепло должна передавать его центральная часть. Появились приборы причудливой формы, с изогнутыми в нескольких местах трубками, причем их длина доходила до 1 м (рис.1). Одни принимали за точку отсчета место, где останавливалась жидкость в трубке. Другие считали, что ноль – это температура самых сильных зимних морозов. На шкалу наносили даже деление «жарко», которое соответствовало температуре лихорадочного больного.

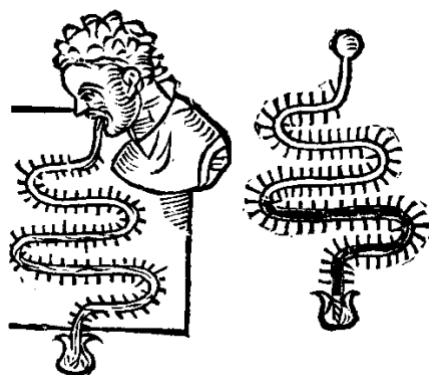


Рис.1 – Один из первых прототипов термометров.

Идея считать исходной точкой температуру замерзания воды принадлежит физику Роберту Бойлю. Правда, в процессе выяснилось, что на одной точке шкалу не построишь. Итальянец Шарль Ренальдини в 1694 году придумал термометр с новой шкалой. Нулевое деление определялось путем помещения шарика в смесь воды и льда, следующая отметка определялась при кипении воды.

Ньютон отмечал верхнюю точку при помощи льняного масла, у которого точка кипения значительно выше. В его шкале было несколько делений по температуре:

- Тающего льда – 1°;
- Человеческой крови – 2°;
- Плавления воска – 3°;
- Кипения воды – 4°;
- Плавления сплава свинца с оловом и висмутом – 5°;
- Плавления свинца – 6°.

До современного термометра было еще далеко, но ученые не останавливались. Например, был создан прибор под названием «Картезианский водолаз» (рис. 2): продолговатая емкость из хрустала, закрытая герметично, но с некоторым количеством воздуха сверху. В остальном пространстве в разбавленном спирте плавали 10-12 шариков различной массы из стекла с воздухом внутри. При понижении температуры шарики всплывали, при повышении опускались на разную глубину. Если температура была очень высокой, они тонули.



Рис.2 – «Картезианский водолаз».

На тот момент было ясно, что развитие болезни можно контролировать с помощью термометра. Уже выяснилось, что удобнее всего проводить измерения под мышкой, и для удобства термометры делали в форме черепахи.

Следующим важным этапом стала замена спирта на ртуть, которая хорошо проводит тепло, реагирует на температурные перепады, не замерзает при низкой температуре и не кипит при высокой.

В 1714 году голландец Даниэль Фаренгейт создал сравнимые термометры. На его шкале были три постоянные точки:

- Ноль – определялся путем погружения резервуара в смесь воды со льдом и морской солью;
- Нормальная температура человеческого тела;
- Температура кипения воды.

Шкалу Фаренгейта и сейчас используют во многих странах. Известны также термометры Реомюра, когда-то популярные в Италии и Франции. В них использовалась смесь воды и спирта, но по точности приборы уступали ртутным.

Последним шкалу термометра усовершенствовал Андерс Цельсий, ученый из Швеции. Он определили постоянными точками температуры, при которых кипит вода и тает лед, а отрезок между ними поделил на 100 градусов. Сегодня мы пользуемся именно этой шкалой [2].

Уже в наше время появились новые приборы – цифровые термометры. Ртуть очень опасна для человека, к тому же с ее помощью на измерение температуры уходит много времени. Цифровые модели лишены этих недостатков. Они производят измерения за несколько минут, отображают результаты на дисплее и сообщают о завершении процедуры звуковым сигналом.

Еще одно важное преимущество цифровых термометров заключается в их универсальности. При помощи такого прибора можно измерять температуру под мышкой, во рту или в ухе, а также ректально.

Есть даже бесконтактные приборы, которые достаточно приложить ко лбу для получения точных данных [1].

На рисунке 3 представлена принципиальная схема разработанного в [3] цифрового термометра. Основой измерительной части рассматриваемого цифрового термометра является микросхема MAX6675ISA, позволяющая измерять температуру до 1023°C . Управление цифровым термометром осуществляется микроконтроллером (МК) PIC16F690-I/ML.

Разработанный прибор имеет следующие основные характеристики:

- Диапазон измеряемых температур $0...1023^{\circ}\text{C}$.
- Ошибка измерения в диапазоне $0...700^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Ошибка измерения в диапазоне $700...1023^{\circ}\text{C} \pm 4.25^{\circ}\text{C}$.
- Максимальный ток потребления $<12 \text{ мА}$.
- Ток в «спящем» режиме 0.3 мкА .

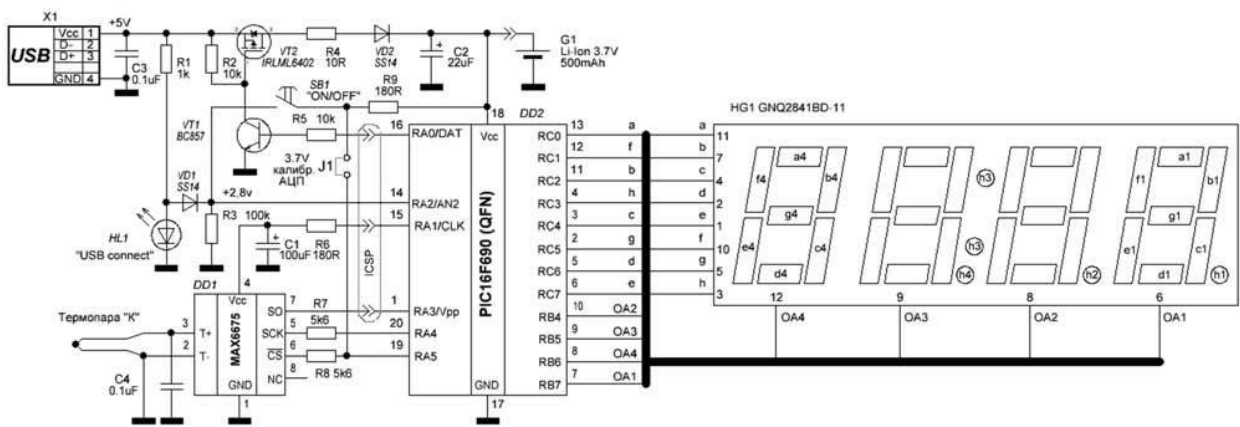


Рис.3 – Принципиальная схема цифрового термометра.

В качестве датчика температуры в приборе использована термопара К-типа.

Аналоговый сигнал от термопары усиливается и преобразуется в последовательный цифровой (двоичный) код в АЦП (аналого-цифровом преобразователе) DD1 типа MAX6675, который выполнен в корпусе SO-8. Этот код (в формате SPI™) обрабатывается в микроконтроллере DD2 типа PIC16F690 (в корпусе QFN-20). После этого измеренное значение температуры выводится на четырехразрядный семисегментный светодиодный индикатор с общими анодами (OA) HG1 типа GNQ2841BD-11.

Микросхема 12-разрядного АЦП DD1 типа MAX6675ISA специализированная. Она разработана специально для преобразования сигнала от термопары К-типа в последовательный цифровой код. MAX6675ISA имеет встроенную схему автоматической компенсации температур холодных спаев такой термопары.

Напряжение питания этой МС лежит в пределах 3.0...5.5 В, но при тестах она показала свою работоспособность на пониженном напряжении до 2.5 В.

Максимальный ток потребления микросхемы MAX6675 не более 1.5 мА. Поэтому автор использовал в качестве источника питания этой МС один из портов МК, тем самым, обеспечив минимальный ток потребления в спящем режиме.

Напряжение питания MAX6675 подается на вывод 4 DD1, с вывода 15 МК DD2 через фильтр R6C1.

В качестве источника питания МК (и всей схемы) используется литиевый аккумулятор (3.7 В) без маркировки размером 30 × 25 × 6 мм.

Кнопка SB1 служит для включения или выключения термометра.

В термометр встроено USB зарядное устройство (ЗУ) для аккумулятора.

ЗУ построено на двух транзисторах: VT2 – силовой ключ управления зарядным током батареи, VT1 – его драйвер. Подбор зарядного тока, в

зависимости от емкости применяемой батареи, производится подбором сопротивления резистора R4.

Если USB-кабель не подсоединен, то развязывающий диод VD2 отключает схему зарядки от батареи.

При подключении прибора к USB порту ПК, термометр автоматически включается в режим зарядки батареи и на индикаторе высвечивается текущее напряжение на ней.

Падение напряжения, снимаемое с индикатора включения USB ЗУ (HL1), через развязывающий диод VD1 поступает на вход RA2/AN2 микроконтроллера DD2. По величине этого напряжения МК определяет включено или выключено питание через разъем USB. Вторая функция входа RA2/AN2 – сканирование состояния (нажатия) кнопки SB1 «ON/OFF».

В процессе измерения температуры кнопкой SB1 можно переключать индикатор из режима индикации температуры в режим индикации напряжения батареи питания и наоборот.

При заряде аккумулятора, когда напряжение на нем достигнет 4.2 В, процесс зарядки отключится, а на индикаторе высветится надпись «FULL».

Для согласования уровней шины обмена данными, используются резисторы R7 и R8.

В приборе применена посегментная, динамическая индикация четырехразрядного индикатора. Время обновления индикации 4 мс. Низкое напряжение питания, позволило автору обойтись без токоограничивающих резисторов для HL1 [3].

Рассмотрим принцип действия, устройство и применение инфракрасного бесконтактного термометра. Он также имеет специальное название пирометр (от греческих слов *pyr* - огонь и *metreo* - измеряю). Пирометр предназначен для дистанционного измерения температуры поверхности твердых тел.

Принцип действия инфракрасного термометра основан на измерении амплитуды электромагнитного излучения от объекта в инфракрасной части спектра и последующем пересчете измеренного значения в мощность теплового излучения [4].

Тепловое излучение, сфокусированное оптической системой, передается на датчик-преобразователь, на выходе которого появляется электрический сигнал, пропорциональный значению температуры поверхности измерения.

Этот сигнал проходит через электронный преобразователь, попадает в счётное устройство, результаты из которого отображаются на дисплее.

Чтобы измерить температуру объекта нужно навести инфракрасный термометр на объект и нажать кнопку. Полученная температура тут же отображается на дисплее. Чтобы центр пятна измерения пришёлся на нужную точку проверяемой поверхности, пирометры имеют лазерный целеуказатель, световая точка которого смещена от центра пятна измерения приблизительно на 2 см.

Расстояние до объекта может быть любым, дальность действия ИК-термометра ограничена диаметром пятна и прозрачностью среды.

Современный термометр инфракрасный бесконтактный имеет следующие основные технические характеристики (рис.3):

- оптическое разрешение (соотношение расстояния к диаметру пятна);
- диапазон измеряемых температур (предельно от -50 до 4000°C);
- разрешение (как правило $0,1^{\circ}\text{C}$);
- точность измерения (от $\pm 1\%$ до $\pm 2\%$);
- быстродействие (у хороших моделей очень высокое — меньше 1 секунды);
- излучающая способность — переменная либо фиксированная;
- приспособление для нацеливания — оптический или лазерный прицел.

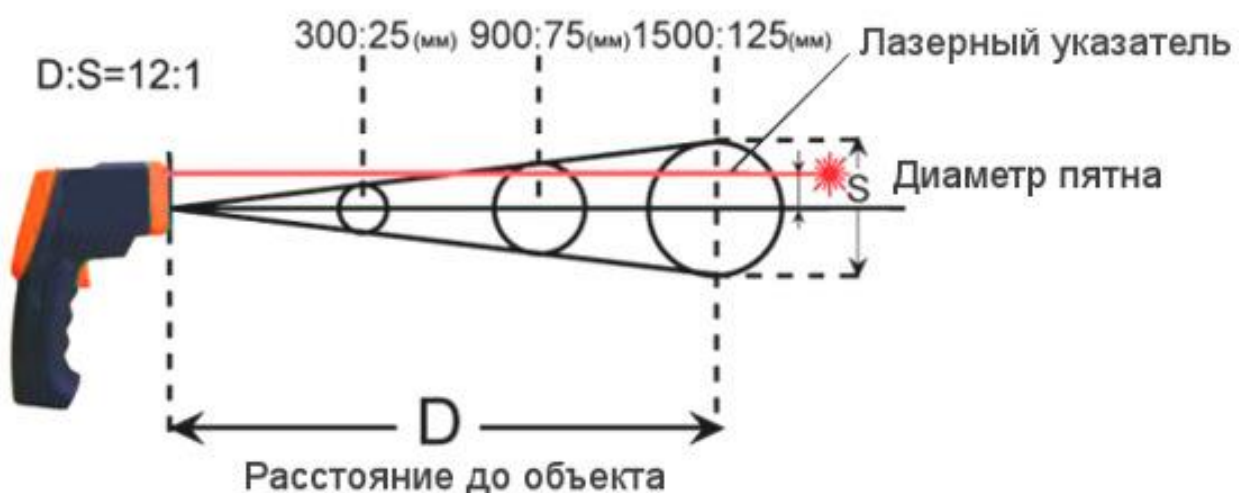


Рис.3 – Основные оптические характеристики пирометра.

Зная оптическое разрешение пирометра, можно правильно выбрать расстояние до объекта. Дело в том, что пятно измерения не должно превышать размер проверяемого объекта. Иначе инфракрасный бесконтактный термометр будет измерять ещё и температуру окружающих предметов, которые попали в зону пятна. А это вводит искусственно созданную погрешность и не позволяет точно измерить температуру именно нужной поверхности.

Излучающая способность простых моделей ИК-термометров имеет фиксированное значение (как правило 0,95, потому что именно такое значение является подходящим для большинства применений в быту и технике). Но бывают ситуации, когда фиксированное значение коэффициента излучения не позволяет получить точные данные. Чем более светлой является поверхность, тем ниже нужен коэффициент излучения. Тем более, если поверхность обладает высокой отражающей способностью, как например полированный металл. В моделях пирометров с настраиваемой излучающей способностью этот параметр может быть задан от 0,1 до 1,0 - и это значительно расширяет возможности прибора [5].

В [6] рассмотрен способ создания бесконтактного инфракрасного термометра на Arduino и датчике температуры MLX90614 (посредством микроконтроллерной техники).

Современные термометры [7] просты в использовании и оснащены множеством современных функций для комфортного и безопасного использования человеком. Например, некоторые модели способны сохранять в памяти несколько последних значений, отображать измерения в виде смайликов, переключаться с режима °C на °F. Есть детские термометры в виде забавных животных, измерители температуры, встроенные в пустышку, устройства, измеряющие температуру любых объектов. Дополнительным плюсом служит разнообразие моделей как по функционалу, так и по дизайну, а также возможность синхронизации с мобильными приложениями.

Библиографический список

1. Термометры_ история развития за 400 лет - Академия Здоровья Beurer [Электронный ресурс]. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_conductivity (дата обращения 17.11.21).
2. Temperature - [Электронный ресурс]. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Temperature> (дата обращения 17.11.21).
3. Цифровой термометр на микросхеме MAX6675 и микроконтроллере - MAX6675ISA [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=165194> (дата обращения 17.11.21).
4. Radiation – Wikipedia [Электронный ресурс]. – URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation> (дата обращения 08.11.21).
5. Принцип действия, устройство и применение инфракрасного бесконтактного термометра (пирометр) [Электронный ресурс]. – URL: <https://magazin-zapchastei.ru/termometr-infrakrasnyj-beskontaktnyj-primenenie.htm> (дата обращения 17.11.21).
6. Бесконтактный термометр на Arduino и датчике MLX90614_ схема и программа [Электронный ресурс]. – URL: <https://microkontroller.ru/arduino-projects/beskontaktnyj-infrakrasnyj-termometr-na-arduino-i-datchike-temperature-mlx90614/> (дата обращения 17.11.21).
7. Электронный термометр медицинский __ ГК _Теплоприбор_ [Электронный ресурс]. – URL: <http://теплоприбор.рф/catalog/elektronnyj-termometr-meditsinskij/> (дата обращения 17.11.21).