



Термоконтроллер паяльника

- диапазон регулирования 150 – 500 °С;
- точность стабилизации температуры ±2 °С;
- дискретность установки температуры 10 °С;
- широтно-импульсное пропорциональное регулирование;
- установка заданной температуры с помощью энкодера;
- автоматическое отключение от сети при длительном перерыве в работе;
- постоянный контроль положения паяльника;
- звуковая и световая сигнализация;
- автоматический переход в дежурный режим;
- программная корректировка наклона температурной характеристики;
- режим максимальной не стабилизированной температуры;
- подсветка места пайки, встроенными в ручку, светодиодами.



Температурный контроллер паяльника.

Это цифровое устройство предназначено для регулирования и стабилизации температуры паяльника и содержит ряд сервисных функций, обеспечивающих более удобную работу с паяльником. Основные характеристики и особенности контроллера:

- диапазон регулирования 150 – 500 °С;
- точность стабилизации температуры ± 2 °С (реально ± 1);
- дискретность установки температуры 10 °С;
- широтно-импульсное пропорциональное регулирование с возможностью подбора коэффициентов пропорциональности, для более точной стабилизации температуры;
- установка заданной температуры с помощью энкодера и запоминание при необходимости в энергонезависимой памяти контроллера;
- автоматическое отключение от сети по истечении заданного периода времени (задается пользователем 1-99 мин) при длительном перерыве в работе;
- постоянный контроль положения паяльника (на подставке или снят);
- звуковая и световая сигнализация;
- автоматический переход в дежурный режим через промежуток времени, определяемый пользователем 1-99 мин;
- программная корректировка наклона температурной характеристики с возможностью установки коэффициента наклона от 0.1 до 9.9;
- режим максимальной не стабилизированной температуры;
- подсветка места пайки, встроенными в ручку, светодиодами.

1. Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1.

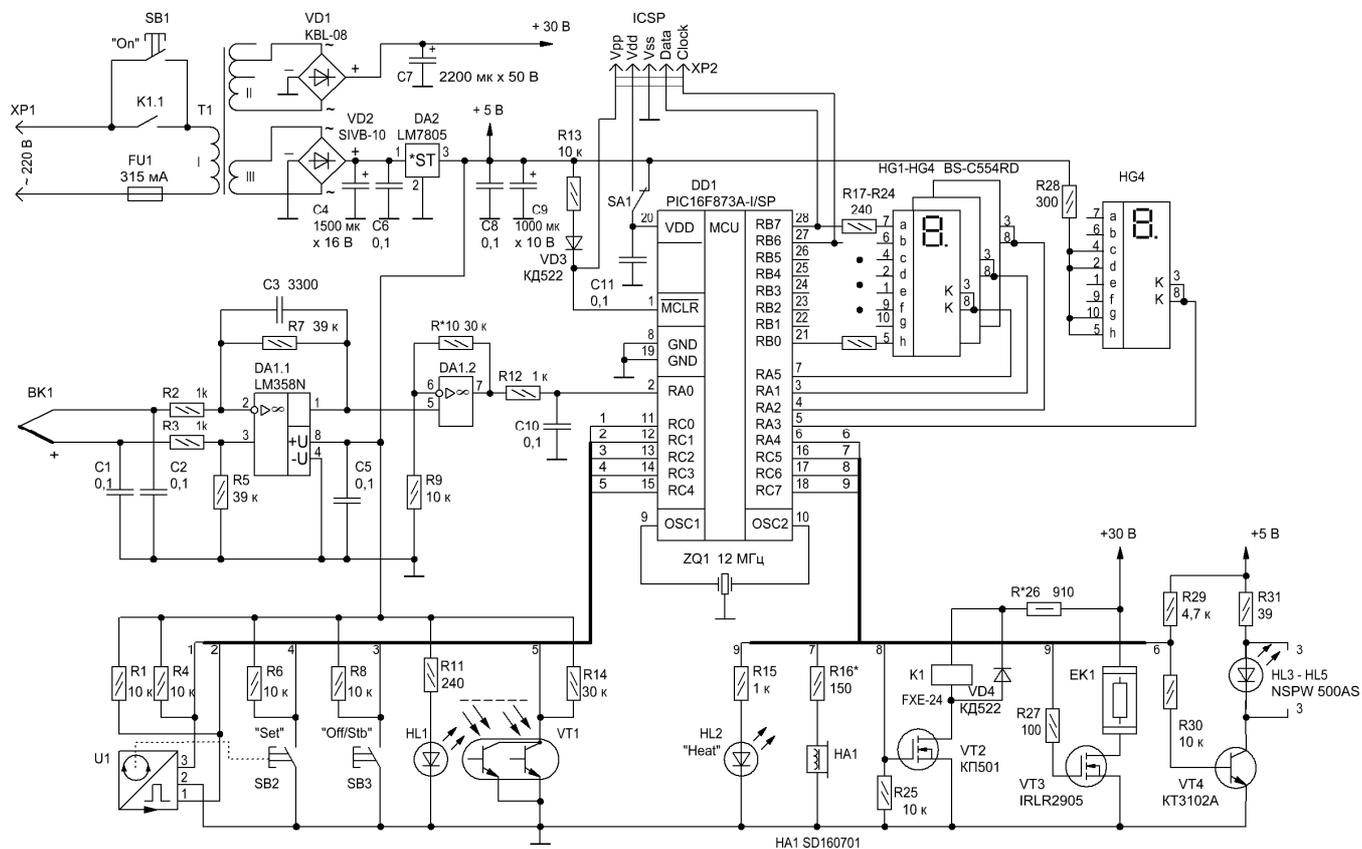


Рис1.

Основой устройства является микроконтроллер DD1 PIC16F873A, работающий под управлением программы. Питание контроллера осуществляется от III обмотки трансформатора T1

напряжением 8 В, через диодный мост VD2 и интегральный стабилизатор DA5, напряжением 5 В. От этого же стабилизатора запитан и сдвоенный ОУ DA1. Термопара BK1, установленная в нагревателе паяльника, подключена к дифференциальному усилителю, собранному на ОУ DA1.1. Усилитель на DA1.2 служит для калибровки сигнала термопары, выход 7 его через фильтр R12-C10 подключен к выводу RA0 контроллера, сконфигурированного как вход АЦП. Светодиодные семисегментные индикаторы HG1-HG3, отображающие температуру в цифровом виде, анодами через токоограничительные резисторы R17-R24 подключены к порту В контроллера, а общие катоды подключены к выводам RA5, RA1, RA2 соответственно. Такое подключение обеспечивает динамическую индикацию отображаемых данных, реализованную программно с помощью прерываний таймера T0. Полный цикл индикации составляет около 20 мс, что исключает эффект мерцания индикаторов. Дополнительный индикатор HG4, установленный в перевернутом

положении (точкой вверх) отображает знак градуса Цельсия  и управляется выводом RA3 микроконтроллера. Для установки нужной температуры используется механический энкодер U1 с

кнопкой SB2 “Set”. Назначение кнопки SB3  – многофункционально и зависит от режима работы устройства. Оптопара HL1-VT1 установлена в подставке паяльника. Когда паяльник установлен на подставку световой канал оптопары перекрыт, транзистор VT1 закрыт, на выводе RC1 DD1 будет логическая 1 (высокий уровень). Нагреватель паяльника EK1 подключается к источнику питания 30 В с помощью полевого транзистора VT3, затвор которого через ограничительный резистор R27 подключен к порту RC7 микроконтроллера, настроенному как выход. К этому же порту подключен и светодиод HL2, служащий индикатором включения нагревателя паяльника. Звукоизлучатель HA1 служит для звуковой сигнализации работы устройства. Реле K1, управляемое транзистором VT2, отключает устройство от сети и питается напряжением 30 В через гасящий резистор R26. Белые сверхяркие светодиоды HL3-HL5, установленные в ручке паяльника, позволяют дополнительно подсвечивать место пайки, когда недостаточно внешнего освещения. Включением и отключением их управляет микроконтроллер через транзисторный ключ VT4. Разъем XP2 позволяет подключить программатор для внутрисхемного программирования микроконтроллера, при этом переключатель SA1 должен быть переведен в левое по схеме положение.

2. Работа устройства.

На Рис 2 показана лицевая панель устройства с органами управления. При нажатии и удержании

кнопки  SB1 в течение 1 секунды напряжение сети подается на первичную обмотку трансформатора T1, далее напряжение 5 В поступает на микроконтроллер DD1, который,

инициализируясь, настраивает порты ввода-вывода и включает реле K1. Контакты K1.1 реле блокируют контакты кнопки SB1 и удерживают устройство во включенном состоянии после отпускания кнопки. Если паяльник находится на подставке, звучит сигнал приветствия в виде азбуки Морзе и на индикаторах появляется надпись номера версии программы

 и далее текущее значение температуры паяльника, если она выше 100

°C или мигающая надпись  (от

Low Temperature), что означает «низкая температура». При этом начинается процесс регулирования, контроллер DD1 управляет включением и выключением нагревателя паяльника



Рис 2.

через транзистор VT2 в зависимости от разницы текущей и установленной температуры. Если паяльник во время включения устройства не находится на подставке, то звучит серия сигналов

SOS азбукой Морзе с одновременным выводом мигающей надписи на индикаторе. Нагреватель при этом не включается, и если в течение 10 секунд не положить паяльник на подставку, то микроконтроллер обесточит полностью все устройство выключением реле К1. Эта функция предотвращает включение паяльника при использовании случайных подставок или при отсутствии их, тем самым, обеспечивая пожарную безопасность.

Чтобы изменить значение температуры паяльника следует нажать на колесико энкодера – кнопку SB2 “Set”, при этом на индикаторе будет показано текущее значение температуры

контрольной точки, а знак будет мигать. Вращением колесика энкодера можно уменьшить или увеличить значение уставки в пределах выбранного диапазона температуры. При коротком нажатии на колесико принимается новое значение контрольной точки, и подаются два коротких звуковых сигнала, при длительном нажатии на колесико (более 3 с.) значение контрольной точки дополнительно записывается в энергонезависимую память микроконтроллера и используется при следующем включении устройства, при этом звучат три коротких сигнала. Если же на колесико не нажимать, то через 6 секунд индикатор вернется к показаниям текущей температуры автоматически, а уставка останется прежней.

Для контроля процесса работы с паяльником в устройстве применяются три заранее установленных пользователем таймера в диапазоне 1-99 минут. Первый таймер начинает отсчет, когда паяльник снимают с подставки, и подает напоминающий короткий звуковой сигнал каждую минуту. Установка паяльника на подставку сбрасывает таймер, но если время таймера истекло, и паяльник не был положен на подставку, то в течение 6 секунд следует серия звуковых сигналов с

одновременной мигающей надписью на индикаторе (выключение). Если за это время не положить паяльник на подставку то устройство отключится. Второй таймер отсчитывает время холостой работы, когда паяльник находится на подставке. Снятие паяльника сбрасывает таймер, а установка вновь запускает. По истечении времени этого таймера устройство переходит в

дежурный режим, при этом на индикаторе будет отображена надпись (Stand by), а яркость уменьшится вдвое. Температура паяльника будет стабилизирована на уровне T_{min} – минимальной температуры диапазона. Принудительно перевести устройство в дежурный режим

можно кратковременным нажатием кнопки SB3. Длительное нажатие кнопки SB3 отключает устройство. В дежурном режиме начнет работать третий таймер, который определяет выдержку до полного отключения устройства от сети. Сброс таймера происходит, если снять паяльник с

подставки или кратковременно нажать кнопку SB3, при этом устройство возвращается к стабилизации температуры, которая была до перехода в дежурный режим. По окончании выдержки таймера за минуту до отключения устройства на индикаторе будет отображаться обратный

секундный отсчет, по истечении которого появится мигающая надпись, азбукой Морзе будет просигнализировано две буквы «К» и устройство отключится от сети.

Во время работы, когда паяльник снят с подставки, короткое нажатие на кнопку SB3 включает подсветку, встроенную в ручку паяльника. Если положить паяльник на подставку, подсветка отключается, снятие паяльника вновь включит подсветку и т.д. Отключают подсветку коротким нажатием кнопки SB3. Длительное (более 3 секунд) нажатие колесика энкодера (SB2) переводит устройство в режим высокой температуры. На индикаторе будет поочередно

высвечиваться надпись (High Temperature) и текущее значение температуры, при этом

паяльник включен постоянно и температура регулироваться не будет. Возврат из этого режима – короткое нажатие кнопки энкодера.

Во время работы устройство использует параметры, задаваемые пользователем. Чтобы войти

в меню параметров необходимо при выключенном устройстве удерживать нажатой кнопку



(SB3) и нажать кнопку включения (SB1). На индикаторе будет отображена буква «P» и номер параметра. Всего параметров 9, назначение их в таблице 1.

Таблица 1. Параметры контроллера температуры.

№ пар.	Обозн.	Значение по умолчанию	Диапазон корректных значений	Описание
P1	Tmin	180°C	150 ... Tsp	Минимальная температура диапазона регулирования ⁽¹⁾
P2	Tsp	300°C	Tmin...Tmax	Температура контрольной точки ⁽¹⁾
P3	Tmax	400°C	Tsp ... 500	Максимальная температура диапазона регулирования ⁽¹⁾
P4	T1	5 мин	0...99	Таймер работы со снятым паяльником, 0 – отключен ⁽²⁾
P5	T2	20 мин	0...99	Таймер холостой работы, паяльник на подставке, 0 – отключен ⁽²⁾
P6	T3	20 мин	0...99	Таймер дежурного режима, 0 – отключен ⁽²⁾
P7	Ktmax	18	10...99	Коэффициент пропорциональности при Tmax, 0 - не допустимое значение ⁽¹⁾
P8	Ktmin	30	10...99	Коэффициент пропорциональности при Tmin, 0 - не допустимое значение ⁽¹⁾
P9	Kn	1.6	0.1 ... 9.9	Коэффициент наклона температурной характеристики, 0 - не допустимое значение ⁽¹⁾

Примечания: 1 - следует устанавливать корректные значения, в противном случае программа устройства правильно работать не будет;

2 – установка в 0 данного параметра, фактически устанавливает таймер на 255 мин., такую большую выдержку можно считать отключением таймера.

Переход с одного параметра на другой осуществляется по кругу кнопкой (SB3), для просмотра или изменения параметра нажимают колесико энкодера. Вращением колесика изменяют значение параметра. Короткое нажатие на кнопку энкодера - возвращение в меню параметров без сохранения в EEPROM, а длительное - с сохранением. Выход из меню – длительное нажатие на кнопку SB3, при этом контроллер перезагружается и начинает работу с новыми параметрами.

3. Основные детали.

В устройстве использован промышленный стержневой трансформатор типа ТС – 40. Если будет использоваться самодельный трансформатор, то следует предусмотреть в обмотке для питания паяльника несколько отводов с разницей $\pm 3-5\text{В}$ от номинального напряжения паяльника. Обмотка для питания цифровой части устройства рассчитана на напряжение 7-10 В и ток 0,3-0,5 А. В качестве диодных мостов VD1, VD2 можно применить аналогичные с обратным напряжением не менее 50 и 20 В, ток 3 и 0,5 А соответственно.



Рис 3.

Энкодер U1 – механический, взят от неисправной компьютерной «мышки», число импульсов на один оборот – 13. Подойдут и другие энкодеры с встроенными кнопками, например от музыкальных центров или автомагнитол (Рис 3). Под держатель колесика энкодера установлена микрокнопка SB2 типа ПКН.

Кнопки SB1 и SB3, а также оптопара HL1- VT1 тоже от мышки. Реле K1 – малогабаритное, сопротивление обмотки около 3 кОм на напряжение 24 В. Контакты реле и кнопки SB1 должны быть рассчитаны на коммутацию напряжения 220 В. Транзистор VT2 – маломощный полевой, может быть заменен на КП502 или 2N7000. Малогабаритный электромагнитный капсюль HA1, от материнской платы устаревшего компьютера, сопротивление обмотки – около 60 Ом. Кварцевый резонатор применен со встроенными конденсаторами, можно применить обычный двухвыводной резонатор и два конденсатора 15-33 пф, подключенные по стандартной схеме. Индикаторы HG1-HG3 - красного свечения, могут быть заменены на другие с общим катодом. Индикатор HG4 может отличаться не только размером от HG1-HG3, но и цветом свечения, а также может быть с общим анодом, подключение в этом случае будет наоборот. Можно вообще в качестве HG4 применить обычный светодиод, который будет подсвечивать надпись «°C» на лицевой панели. Транзистор VT3 в корпусе TO-252AA (D-рак), установлен на плате со стороны печатных проводников. Для замены может быть выбран транзистор средней мощности с максимальным напряжением стока не менее 50 В, и током стока 3-5 А, а управляется должен напряжением логического уровня [1]. ОУ DA1 в корпусе SOIC8, установлен также со стороны проводников.

4. Конструкция.

4.1. Печатные платы. Большинство деталей устройства размещены на двух печатных платах из односторонне фольгированного текстолита толщиной 1,5 мм. Плата индикации и управления (рис. 4), крепится над платой микроконтроллера под углом приблизительно 45° с помощью проволочных перемычек $\varnothing 0,5$ (рис. 5). Контакты с обозначением А...Н платы индикации соединены с одноименными контактами платы микроконтроллера резисторами R17-R24 (рис. 6). Скрепленные таким образом платы устанавливаются на основание корпуса прибора через втулки высотой 10 мм.



Рис 4.



Рис 5.

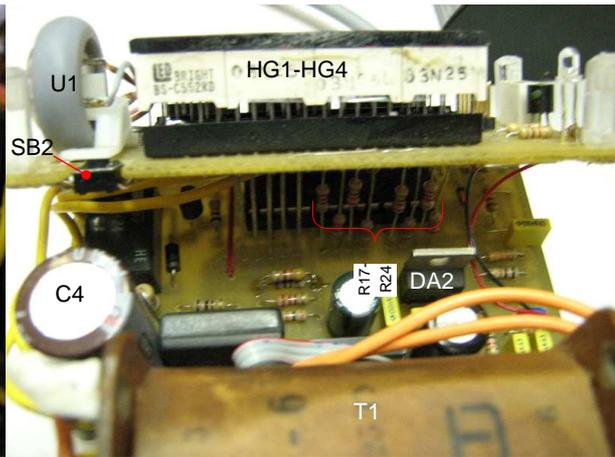


Рис 6.

Печатные платы рисовались в программе Sprint-Layout 5.0 и приведены на рис 7. Изготавливались по технологии ЛУТ.

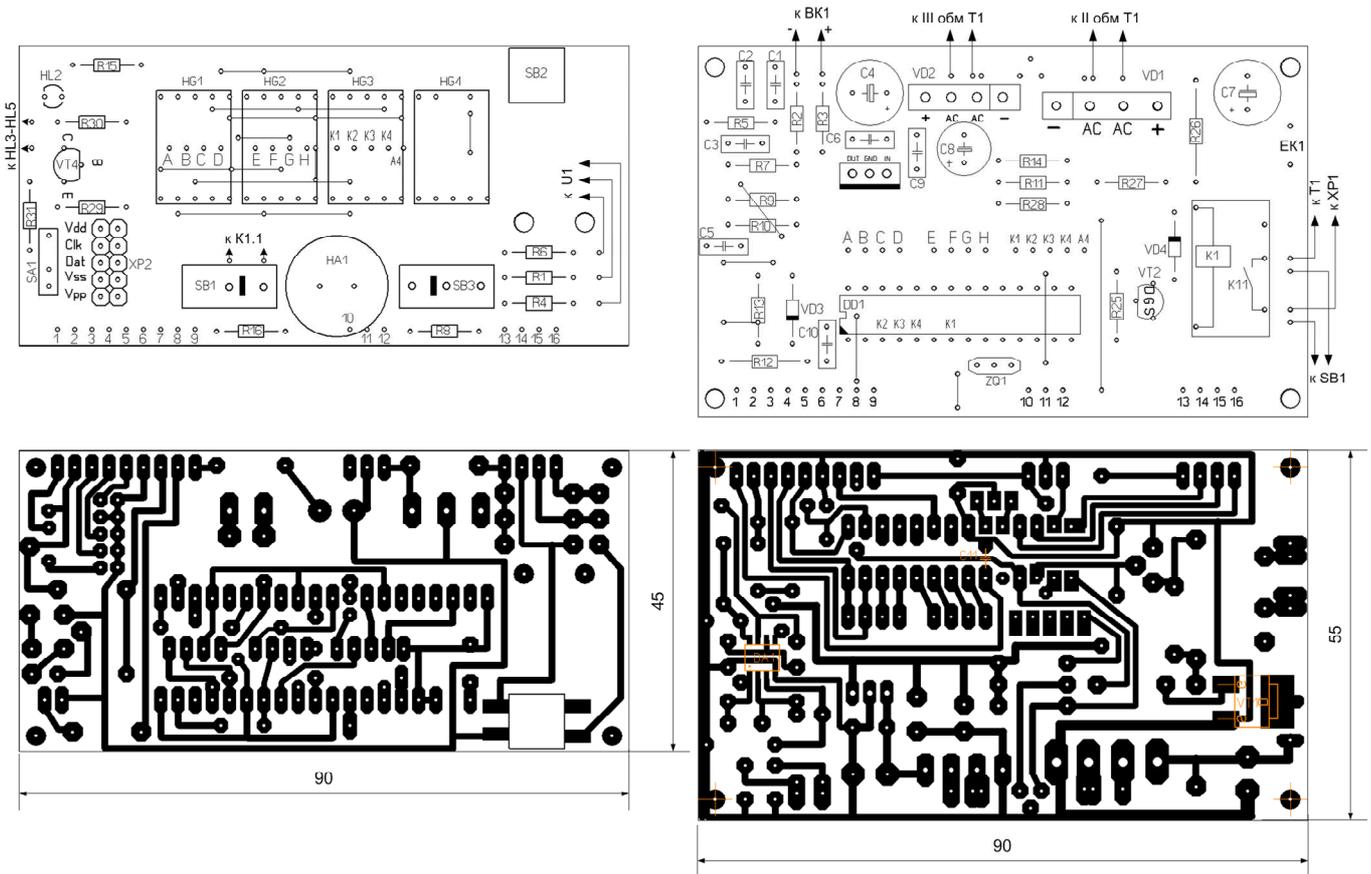


Рис 7.

4.2. Лицевая панель и корпус. Материалом для корпуса регулятора послужили пластиковые отрезки подходящих размеров толщиной 2-3 мм от крышек и корпусов различных ненужных устройств. Например, для лицевой панели я использовал крышку от принтера EPSON. Эта крышка была изготовлена из полупрозрачного тонированного пластика выгнутой формы толщиной 2 мм. Поскольку такой пластик неплохо пропускал свечение индикаторов разных цветов, отверстия под индикаторы не вырезались. Основание корпуса выполнено из оргстекла толщиной 4,5 мм.

Для рисования чертежей я пользовался программой Microsoft Visio 2003, которая имеет достаточно возможностей для выполнения чертежей и рисунков. Выполняем в масштабе 1:1 рисунок внешнего вида будущей лицевой панели устройства с размещением органов управления и индикации (Рис 8). Далее на основании этого рисунка чертим шаблон (Рис 9) с указанием центров

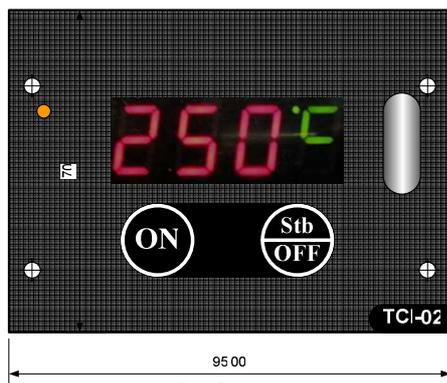


Рис 8

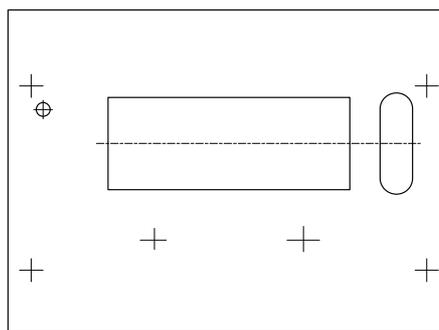
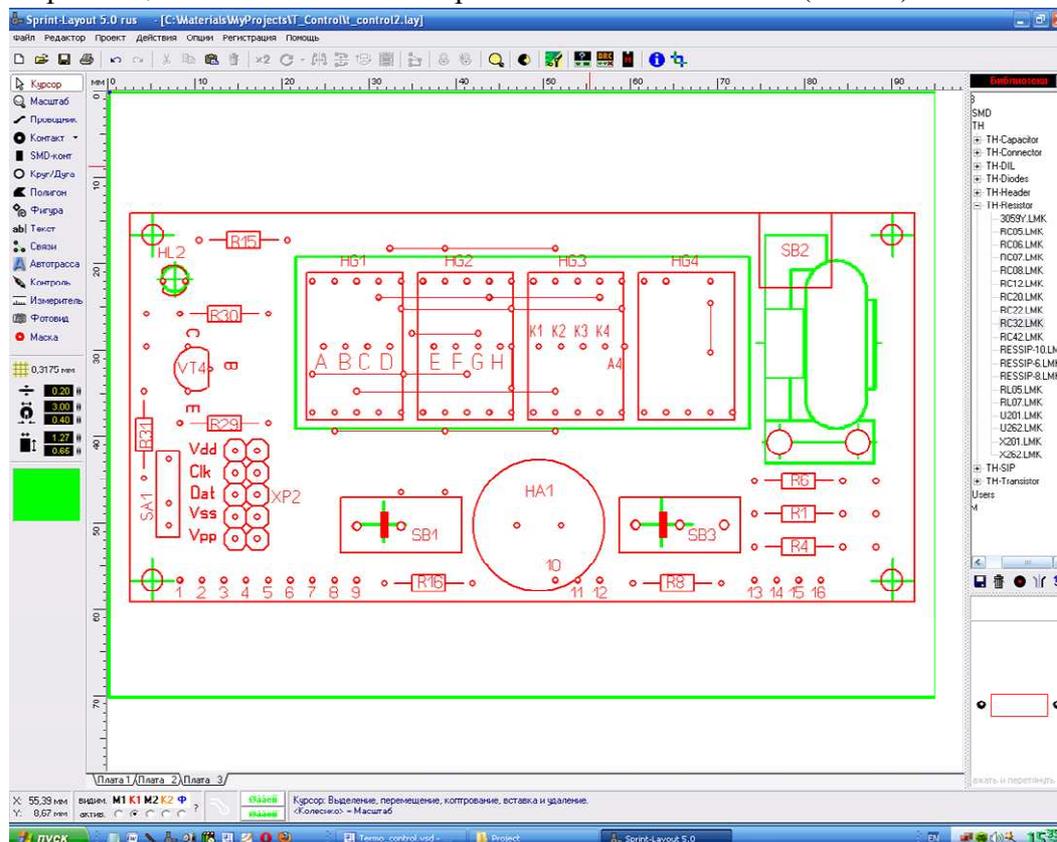


Рис 9

необходимых отверстий. Этот шаблон распечатывается на принтере 1:1, вырезается по контуру с запасом 5 мм и приклеивается в нескольких точках к заготовке будущей лицевой панели. Клей следует использовать типа резинового, чтобы не оставлял следов после снятия шаблона. Шилом по шаблону намечают центры отверстий и контуры линий. Далее шаблон снимается, счищаются остатки клея, и по разметке сверлим и выпиливаем необходимые отверстия.

Шаблон (Рис 9) используем также в качестве подложки в редакторе печатных плат для точного размещения элементов и отверстий на печатной плате.(Рис 10)



Для этого шаблон сохраняем в формате .bmp в ч/б режиме с разрешением 200 dpi. Конструкция и крепление лицевой панели к печатной плате показано на Рис 11.

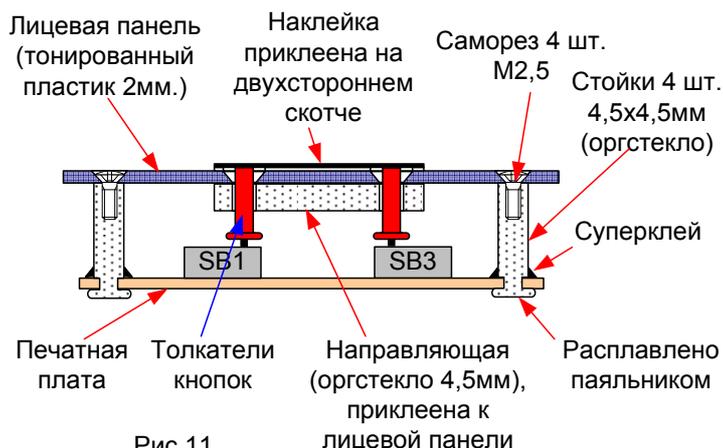


Рис 11.

Наклейки нарисованы также в графическом редакторе, распечатаны на принтере, для меньшего стирания проклеены прозрачным скотчем.

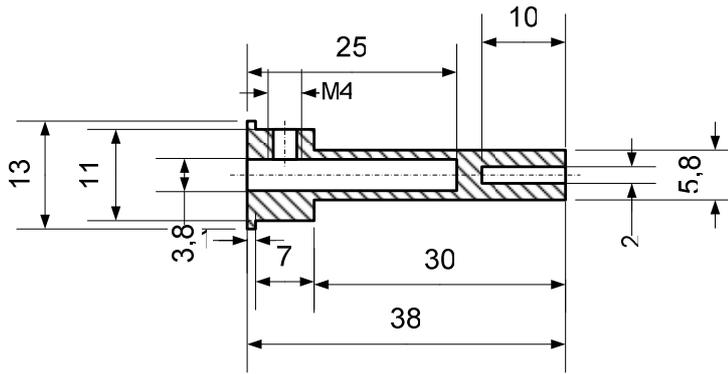


Temperature Controller of Soldering Iron

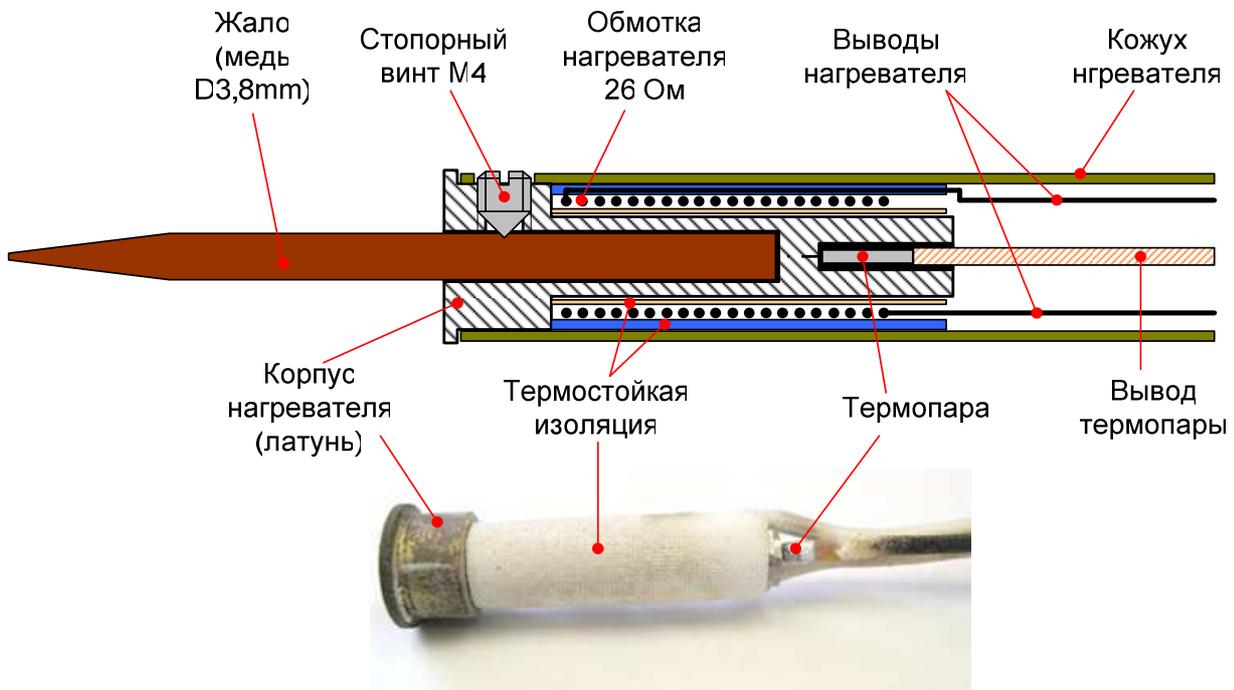
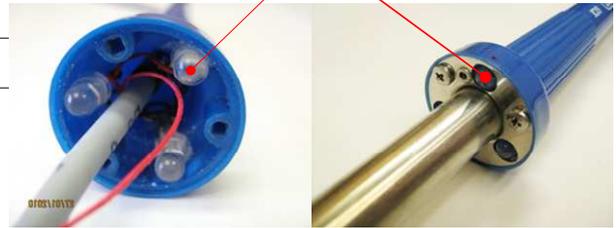


4.3. Паяльник. Паяльник переделан из промышленного на 240В. Термопара VK1 изготовлена из термопарного провода хромель-алюмель и встроена в корпус нагревателя. Белые сверхяркие светодиоды HL3-HL5 диаметром 5 мм от ручного фонарика, укреплены в ручке паяльника с помощью клея. Напротив светодиодов в кожухе нагревателя просверлены отверстия, металлические части кожуха не должны касаться светодиодов.

Конструкция паяльника



LED подсветки
установлены на
клею



Материалы нагревателя



Нихромовый провод DC 3mm
от проволочного сопротивления
изолированная окислом

Конструкция термопары



5.Налаживание. Налаживание устройства начинают с проверки монтажа. У реле К1 измеряют сопротивление обмотки и рассчитывают сопротивление гасящего резистора $R_{26} = R_p(U_{ип} - U_p)/U_p$, где $U_{ип}$ – напряжение источника питания; U_p – рабочее напряжение реле; R_p – сопротивление обмотки реле. Микроконтроллер DD1 перед установкой на плату должен быть запрограммирован кодом программы, но возможно программирование МК непосредственно в устройстве. Для этого снимается лицевая панель, выводы разъема XP2 соединяют с одноименными выводами разъема ICSP программатора, а переключатель переводят в левое по схеме положение (в верхнее на устройстве), питание устройства должно быть выключено. Конфигурация МК и данные EEPROM содержатся в кодах программы. При установке битов конфигурации вручную, она должна быть следующая: CP_OFF, WDT_OFF, BODEN_OFF, PWRTE_OFF, HS_OSC, LVP_OFF, CPD_OFF, WRT_OFF, DEBUG_OFF.



Для корректировки температурной характеристики устройства необходим образцовый цифровой термометр, для этого можно использовать, например, широко распространенный тестер M826 или аналогичный. Термопару образцового термометра прикрепляют к жалу паяльника (ближе к нагревателю). Вместо резистора R10, впаивают цепочку из последовательно соединенных постоянного резистора сопротивлением 22 кОм и переменного 20 кОм. Включают устройство в режиме меню и изменяют следующие параметры: P1 – 150 °С, P2 – 150°С, P9 – 1.0 . Выходят из

режима меню, после инициализации на дисплее будет мигающая надпись **L.O.T**, светодиод HL2 будет включен, показывая, что идет процесс нагрева. После того как результат АЦП превысит 100°, на индикаторе будет значение текущей температуры. По мере приближения температуры к 150° нагрев будет импульсным, подбором параметра P8 добиваются стабилизации температуры 150±1°С. Если стабилизация температуры происходит ниже контрольной точки, уменьшают

параметр P8, если выше – увеличивают. Одновременно наблюдают за образцовым термометром, и переменным резистором добиваются, возможно, равных показаний (150±2-3°С). Далее

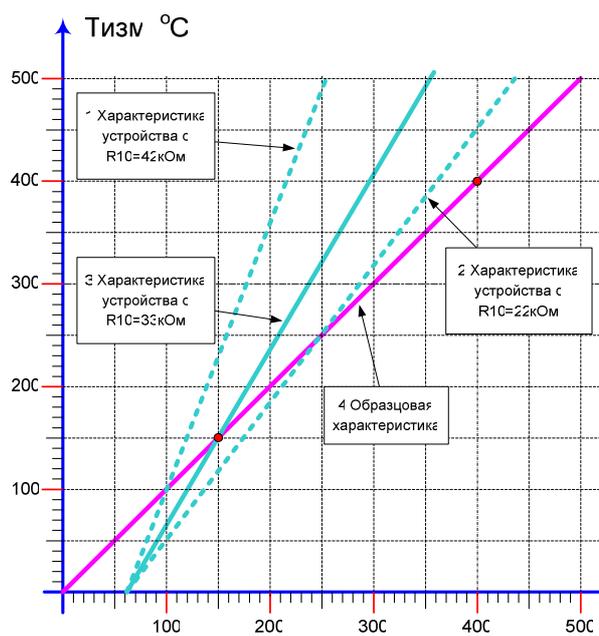


Рис 12

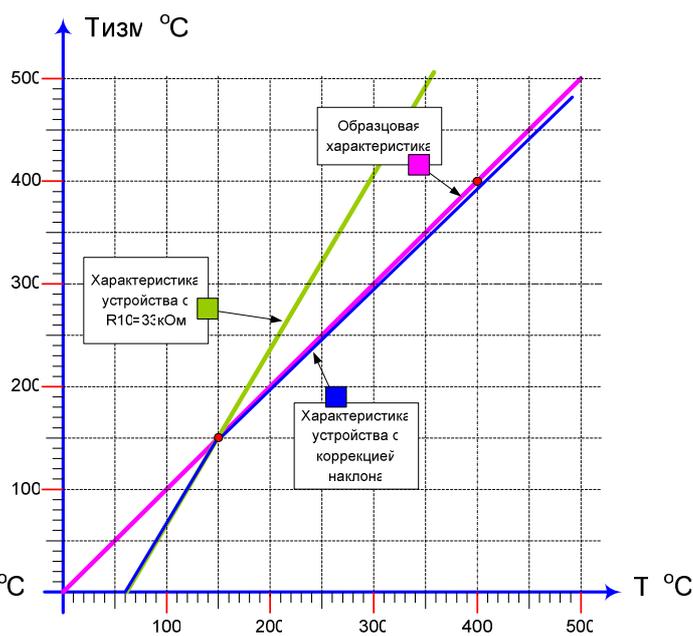


Рис 13

параметр P8, если выше – увеличивают. Одновременно наблюдают за образцовым термометром, и переменным резистором добиваются, возможно, равных показаний (150±2-3°С). Далее

устанавливают температуру контрольной точки равную T_{max} (P3). После того как температура стабилизируется, вычисляют коэффициент наклона $K_n = P_9 = (T_{устр-150}) / (T_{обр-150})$, где $T_{устр}$ – показания устройства; $T_{обр}$ – показания образцового термометра; результат округляют до десятых долей и заносят в параметр P9. Проверяют температуру в нескольких точках диапазона и сравнивают с образцовыми показаниями, при необходимости корректируют значение K_n до ± 0.1 .



Рис 14. Результат коррекции температурной характеристики устройства.

Следует отметить, что идеального совпадения показаний добиться не удастся, вследствие разных точек измерения температуры и других особенностей. На Рис 12-13 показаны температурные характеристики авторского устройства: на Рис 12 характеристики 1и2 сняты при крайних положениях переменного резистора, а характеристика 3 при совпадении показаний образцового прибора и устройства в контрольной точке 150 °С. Характеристики снимались также в контрольных точках 200, 250, 300, 350 °С. В качестве образцового прибора автор использовал промышленный терморегулятор E5CN фирмы Omron. На Рис 13 синий график – характеристика с программным коэффициентом наклона. Как видно из рисунка показания устройства ниже 150 °С значительно отличаются от показаний образцового прибора, но поскольку эта температура вне диапазона регулирования, то она нас не интересует. В связи с этим показания устройства ниже 100 °С замаскированы мигающей надписью **LoT** (низкая температура).

Налаживание пропорционального регулятора начинают с установки в меню параметров значений максимальной и минимальной температуры, с которыми будет работать устройство. Выйдя из меню, устанавливают контрольную точку на T_{min} , ожидают стабилизации температуры, подбором параметра P8 добиваются стабилизации $T_{min} \pm 1^\circ\text{C}$. Аналогично подбирают параметр P7 для максимальной температуры (T_{max}). На основе значений параметров P7 и P8 программа устройства автоматически рассчитывает коэффициент пропорциональности для всех промежуточных значений температуры в диапазоне от T_{min} до T_{max} . Необходимо отметить, что на точность поддержания заданной температуры влияет также стабильность питающего напряжения паяльника, при больших колебаниях сетевого напряжения будет изменяться и напряжение питания паяльника, а, следовательно, и температура (практически до $\pm 2^\circ\text{C}$).

В заключение налаживания измеряют сопротивление временно впаянной цепочки резисторов и устанавливают постоянный резистор на место R10, с сопротивлением возможно близким к измеренному значению. Подбором резистора R16 устанавливают желаемую громкость звучания капсуля HA1, но желательно, чтобы общее сопротивление R16-HA1 было не менее 200 Ом, в противном случае для HA1 следует применить транзисторный усилитель. Прошивка и печатные платы в формате Sprint Layout 5.0 тут : http://progcode.narod.ru/ex_author/tp_control.html

Литература.

1. Мощные полевые переключательные транзисторы фирмы International Rectifier. – Радио, 2001, № 5, с. 45.
2. Долгий А. С. Разработка и отладка устройств на МК. – Радио, 2001, № 5-12.