

**С. М. Зуев**, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры, sergei\_zuev@mail.ru, МИРЭА —  
Российский технологический университет, **Д. О. Варламов**, ст. препод., varlamovd@mail.ru,  
**У. И. Акрамов**, студент, ulugbekakramov97@gmail.com, **В. В. Кукса**, студент, vetal11@yandex.ru,  
Московский политехнический университет

# Программно реализованная модель устройства контроля параметров автоматической коробки переключения передач автомобиля

Представлено описание программно реализованной модели устройства для контроля параметров автоматической коробки переключения передач (АКПП) автомобиля, которое позволяет в реальном времени отслеживать такие параметры, как температура масла АКПП, частота вращения валов, исправность как самих датчиков давления, так и клапанов, которые отвечают за нарастание давления и удерживание его в нужных пределах для задействования тех или иных датчиков давления. Благодаря своей простоте это устройство может широко применяться как в автосервисе, так и в производстве. Кроме того, устройство позволяет определить причину неисправности АКПП на ранней стадии и предотвратить дорогостоящий ремонт.

**Ключевые слова:** автоматическая коробка переключения передач (АКПП), микроконтроллер Atmega32, датчики Холла, терморезистивные датчики, температура масла, частота вращения валов

## Введение

Хорошо известно, что коробка переключения передач (КПП) в автомобилях устанавливается между двигателем и приводом в целях переноса крутящего момента с двигателя на приводной вал и для изменения его скорости вращения [1]. Она может быть выполнена с ручным или с электронным управлением. У коробок первого типа, как правило, сцепление однодисковое, у коробок второго типа оно может быть как однодисковым, так и двухдисковым. Принцип работы КПП основан на передаче крутящего момента от двигателя к приводу, в котором он преобразуется в движение колес.

Если бы двигатель имел жесткое сцепление с приводным валом, то пришлось бы при остановке глушить двигатель, нельзя было бы плавно трогаться с места [2]. Использование КПП необходимо, так как двигатель производит свою максимальную мощность только на узком диапазоне скоростей и при наличии только одной передачи это означало бы, что автомобиль имел бы ограниченную максимальную скорость или

очень плохую производительность на низких скоростях [3].

Сегодня автоматическая коробка переключения передач (далее — АКПП) является наиболее востребованным типом трансмиссии по целому ряду причин [4]. Прежде всего, данный тип КПП значительно упрощает процесс управления автомобилем, езда становится более комфортной и безопасной, так как водитель не отвлекается на переключение передач, исключены ошибки при выборе передачи и т. п. Также АКПП является более сложным агрегатом по сравнению с механической КПП. Вместе с тем известно, что чем сложнее устройство, тем больше вероятность возникновения серьезных поломок [5]. Конечно, как и любая другая система, АКПП требует внимания и регулярного обслуживания. Одним из частых проблемных вопросов, с которым сталкиваются автовладельцы, является появление вибрации в АКПП. Причин может быть несколько: изношенные детали; неисправность гидроблока; выход из строя гидронасоса; некорректная работа фрикционов. Поэтому анализ работоспособности АКПП является важной задачей в современном машиностроении.

## 1. Постановка задачи

При разработке и дальнейшем обслуживании АКПП используются специальные стенды. Однако основным неудобством их использования является то обстоятельство, что некоторые параметры невозможно отслеживать. К числу таких параметров относятся: частота вращения на входном и выходном валах; температура масла непосредственно с датчика; исправность датчиков давления [6].

Принимая во внимание отмеченные выше сложности, была поставлена задача разработать и сконструировать дополнительное устройство, с помощью которого можно было бы контролировать эти параметры в совместной работе со стендом AXILINE 97000 ECRH. Данное устройство разрабатывалось для дополнительного тестирования электронной части АКПП, так как бывшие в использовании датчики, электрические цепи и электромагнитные клапаны имеют свойство выходить из строя и имеющийся стенд AXILINE 97000 ECRH не позволяет их тестировать и выявлять бракованные датчики и провода (косы) [7, 8].

На рис. 1 (см. вторую сторону обложки) приведена электрическая схема разработанного авторами устройства. На основе разработанной электрической схемы был собран опытный образец, который включает в себя перечисленные далее основные элементы.

За управление устройством отвечает 8-разрядный микроконтроллер (МК) Atmega32A, построенный на основе архитектуры AVR RISC [9]. Такой МК тактируется от внешнего кварцевого резонатора на 8 МГц. Для отсечения гармоник высшего порядка к кварцевому резонатору подключаются конденсаторы C4 и C5. МК питается от внешнего адаптера на 5 В. Для фильтрации высокочастотных помех по питанию МК служит конденсатор С3, а конденсатор С6 защищает от возможных колебаний напряжения питания. Для уменьшения наводок и помех по питанию встроенного в МК аналого-цифрового преобразователя (АЦП) применяется LC-фильтр на индуктивности L1 и конденсаторе С2 [10]. Внутрисхемное программирование этого МК осуществляется через стандартный 6-пиновый разъем ISP [11].

Резисторы R6 и R7 соединяются последовательно к датчику Холла входного вала АКПП, а резисторы R9 и R8 — соответственно к датчику Холла выходного вала АКПП. Сигналы с этих датчиков (IN\_shaft и OUT\_shaft) поступают на схему преобразования сигналов, построенную на основе микросхемы LM358N, в которой находятся два опера-

ционных усилителя (ОУ). Датчики Холла и ОУ микросхемы LM358N питаются напряжением 12 В от повышающего стабилизатора напряжения XL6009. На инвертирующие входы этих ОУ с потенциометра RP1 подается напряжение 10,5 В. Если на вход IN\_shaft первого ОУ подается сигнал с напряжением, превышающим 10,5 В, то на выходе 1OUT будет сигнал с амплитудой, близкой к 11 В, если на вход IN\_shaft поступает сигнал с амплитудой менее 10,5 В, то на выходе 1OUT будет 0 В. То же будет справедливо для входа OUT\_shaft и выхода 2OUT второго ОУ. Резисторы R5 и R4 образуют делитель напряжения, который в 3 раза уменьшает амплитуду сигнала с 1OUT первого ОУ, чтобы его можно было подать на вход INT0 (вход внешних прерываний) МК. Аналогично, сигнал с 2OUT второго ОУ преобразуется в INT1 (вход внешних прерываний) МК, уменьшаясь в 3 раза на делителе напряжения, образованного резисторами R2 и R3.

Результат измерения частоты вращения входного и выходного валов АКПП в двоичном коде передается по интерфейсу SPI на микросхему управления сегментными индикаторами MAX7219 [12, 13]. Такая микросхема, используя метод динамической индикации, выводит на верхний индикатор частоту вращения входного вала, а на нижний индикатор — частоту вращения выходного вала АКПП [14].

Резистор R10 образует делитель напряжения с терморезистивным датчиком температуры АКПП. Сигнал "Temper" с датчика поступает на вход PA0 МК, который настроен как аналоговый вход (к нему подключен внутренний АЦП).

Результат измерения напряжения на датчике температуры пересчитывается в температуру и выводится на знакосинтезирующий ЖК-дисплей в полубайтном режиме.

Сигналы с трех мембранных датчиков давления поступают напрямую на индикаторные светодиоды LED1—LED3 через токоограничивающие резисторы R11—R13.

Написание кода для МК разработанного устройства осуществлялось в интегрированной среде разработки Microchip Studio. Рабочее окно программы представлено на рис. 2 (см. вторую сторону обложки).

Рассмотрим настройку 16-битного таймера-счетчика T1 для измерения частоты вращения входного и выходного валов АКПП (см. таблицу). Основная модель АКПП, для которых предназначено данное устройство, — это достаточно популярная 6-ступенчатая АКПП U660E производства компании Aisin, устанавливаемая в автомобили как японского, так и европейского и американского производства.

### Расчет значения входного и выходного валов

| Вал АКПП | <i>n</i> | <i>v</i> , об/мин | $\tau_{\text{п}}$ , мкс |
|----------|----------|-------------------|-------------------------|
| Входной  | 40       | 50                | 30 000                  |
|          |          | 6000              | 250                     |
| Выходной | 44       | 50                | 27 272                  |
|          |          | 6000              | 227                     |

Входной вал такой АКПП имеет 40 зубцов, выходной — 44. Максимальная частота вращения, до которой требуется проводить измерения, составляет 6000 об/мин, а минимальная — 50 об/мин.

Время  $\tau_{\text{п}}$ , за которое мимо датчика Холла проходит один зубец вала, определяется по формуле:

$$\tau_{\text{п}} = \frac{T_m}{vn}, \quad (1)$$

где  $T_m = 60$  с — значение для пересчета в об/с;  $v$  — частота вращения вала, об/мин;  $n$  — число зубцов вала.

Для измерения периодов времени для входного и выходного валов применим 16-битный таймер/счетчик микроконтроллера Atmega32. Он будет считать мкс между приходами зубцов валов АКПП. Поскольку счетчик 16-битный, время в микросекундах, которое он сможет измерить при времени такта в 1 мкс, составит 0,065535 с. Следовательно, минимальная частота вращения, которую он сможет определить, составит

$$v = \frac{T_m}{\tau_{\text{п}} n} = \frac{60}{0,065535 \cdot 40} = 22,9 \text{ об/мин.} \quad (2)$$

В случае, если частота составит меньшее значение, это приведет к срабатыванию прерывания по переполнению счетчика, и на индикаторах будут отображаться тире ("----").

Используем режим работы таймера/счетчика Normal — он установлен в нем по умолчанию. Такт таймера/счетчика  $\text{clk}_{T1}$  определяется по формуле

$$\text{clk}_{T1} = \frac{f_{CPU}}{N}, \quad (3)$$

где  $f_{CPU}$  — частота тактирования ядра МК, Гц (в разрабатываемом устройстве оно составляет 8 МГц);  $N$  — коэффициент делителя таймера/счетчика T1 МК.

Выбор источника тактирования ядра МК проводится на закладке "Fuses" (рис. 3, см. третью сторону обложки) в программе Microchip Studio при подключении программатора к разъему программирования ISP. Здесь выбран внешний высокочастотный кристалл/резонатор, время выхода в рабочий режим, соответствующий 16 тактовым циклам, и задержка запуска 0 мс.

Чтобы время такта таймера составило 1 мкс, частота на выходе предделителя таймера должна составить 1 МГц. Для этого выбираем тактовый сигнал от встроенного генератора с предделителем на 8. Это выполняется путем записи логической единицы в бит CS11 регистра TCCR1B:

$$\text{TCCR1B} = (1 \ll \text{CS11}).$$

Чтобы зафиксировать моменты прихода сигналов от датчика Холла, необходимо разрешить внешние прерывания для входов MK INT0 и INT1 (куда поступают сигналы от датчиков, преобразованные компаратором) по перепаду с 0 на 1:

$$\text{GICR} = (1 \ll \text{INT0}) | (1 \ll \text{INT1});$$

$$\text{MCUCR} = (1 \ll \text{ISC01}) | (1 \ll \text{ISC11}).$$

Чтобы определять актуальное значение скорости вращения валов АКПП, необходимо измеренное (в мкс) значение в счетном регистре TCNT1, переведенное в секунды из микросекунд, подставить в формулу (2).

Рассмотрим построение зависимости напряжения от температуры для терморезистивного датчика.

В технических описаниях датчиков температуры обычно предоставляются табличные зависимости их сопротивления от температуры.

Это позволяет провести оперативное измерение сопротивления терморезистивных датчиков мультиметром в режиме омметра, что используется при проведении их диагностики. Графическое представление характеристики изображено на рис. 4. Судя по представленной зависимости, данный датчик является термистором, так как имеет отрицательный температурный коэффициент (с ростом температуры сопротивление падает).

Напряжение, измеряемое МК, определяется по формуле

$$U_{\text{изм}} = \frac{U_{\text{п}} R_t}{R_{\text{п}} + R_t}, \quad (4)$$

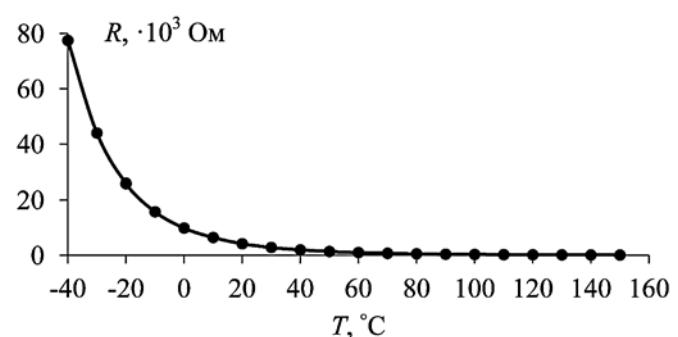


Рис. 4. Графическое представление зависимости сопротивления от температуры для терморезистивного датчика в логарифмическом масштабе

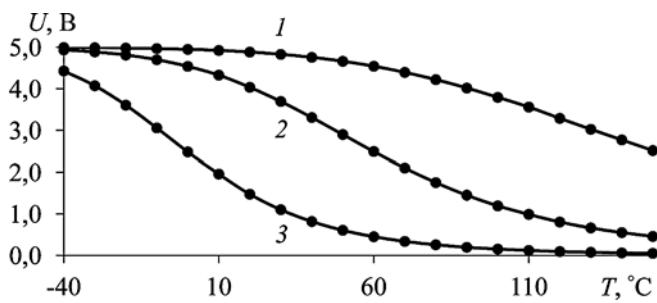


Рис. 5. Зависимости измеряемого микроконтроллером напряжения от температуры:

1 —  $R_n = 100 \text{ Ом}$ ; 2 —  $R_n = 1 \text{ кОм}$ ; 3 —  $R_n = 10 \text{ кОм}$

где  $U_n$  — напряжение питания датчика (5 В);  $R_n$  — постоянное сопротивление делителя напряжения;  $R_t$  — сопротивление термистора.

Проведем расчет зависимости измеряемого напряжения от сопротивления датчика для трех разных значений  $R_n$ . Рассчитанные значения представлены графически на рис. 5.

При сопротивлении  $R_n = 100 \text{ Ом}$  зависимость измеряемого напряжения от температуры занимает только половину от измеряемого диапазона от 0 до 5 В. При сопротивлении  $R_n = 1 \text{ кОм}$  на температурах более 80 °С, на 10 °С изменения температуры изменение напряжения составит менее 50 мВ, что скажется на точности измерения, особенно учитывая то, что они будут проводится АЦП в 8-битном режиме. При сопротивлении  $R_n = 10 \text{ кОм}$  на 10 °С изменения температуры изменение напряжения составит не менее 100 мВ даже на граничных участках характеристики. Поэтому выбираем характеристику при  $R_n = 1 \text{ кОм}$ .

Поскольку МК определяет температуру по напряжению на терморезистивном датчике, то необходимо перестроить зависимость на рис. 5 при  $R_n = 1 \text{ кОм}$  так, чтобы по оси абсцисс было отложено напряжение, а по оси ординат — температура. Такая зависимость представлена на рис. 6.

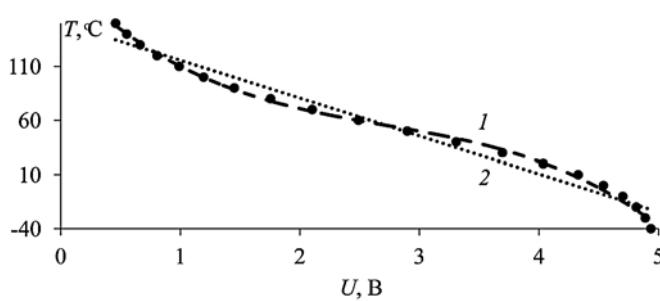


Рис. 6. Зависимость температуры от измеряемого микроконтроллером напряжения с полиномиальной (1) и линейной (2) линиями тренда. Точками показаны экспериментальные значения  $T$ :

$$1 - y = -4,182x^3 + 34,259x^2 - 112,79x + 192,8; 2 - y = -35,057x + 150,72$$

Полученная зависимость является нелинейной. Для того чтобы МК мог пересчитывать значение напряжения в температуру, в программе Microsoft Excel были построены линии тренда (полиномиальная 1 и линейная 2 на рис. 6). Данные линии позволяют подобрать математическую функцию, наиболее оптимально описывающую полученную зависимость. В результате расчета получается таблица с параметрами и результатами моделирования. Линейная функция достаточно проста, но не точно описывает реальную функцию. Полиномиальная функция избыточно сложная для поставленной задачи, с которой будет работать 8-битный МК. При выполнении этой задачи на одном МК нельзя использовать память, чтобы записывать в нее полиномы. Кроме того, при записи полиномиальной функции в память будет потеряно целочисленное значение, которое нужно будет подставлять в качестве операнда. В связи с этим наиболее оптимальным вариантом будут являться разбиение линии на три участка и линеаризация их по отдельности с получением математических уравнений (рис. 7). При этом возможно использование метода последовательных приближений, но по мере приближения к заданной точности лучше воспользоваться методом уточненного максимума. В результате линеаризации получается система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которая позволяет определить положение и размеры каждого отрезка линии.

Если рассматривать график в линейной шкале, то можно сразу увидеть три важные вещи: во-первых, при увеличении напряжения с точки зрения аналоговой логики наблюдается увеличение потребляемого тока, во-вторых, при превышении некоторого порога (например, 5 В) на выходе микросхемы появляется сигнал логической 1. В-третьих, линейная аппроксимация хорошо работает

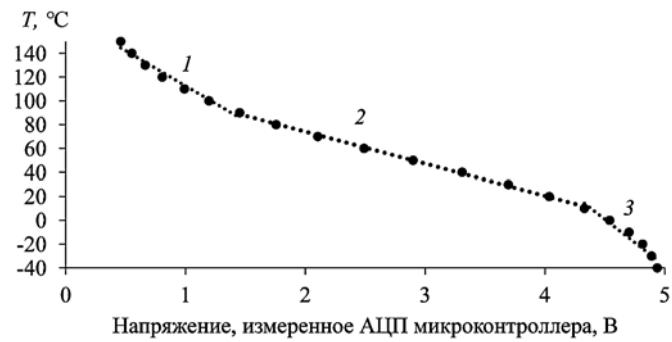


Рис. 7. Зависимость температуры от измеряемого микроконтроллером напряжения с тремя линеаризованными участками:

$$1 - y = -59,221x + 171,74; 2 - y = -26,802x + 127,62; 3 - y = -78,249x + 352,87$$

для аналоговых сигналов и не очень хорошо, а иногда вовсе не работает, для цифрового сигнала. Так что на практике часто приходится пользоваться сложной аппроксимацией (например, сплайнами). В-четвертых, часто для аппроксимации используются не один полином, а несколько. Например, для трех точек — четыре и т. д. Чем больше полиномов участвует в аппроксимации, тем лучше она "сглаживается" и тем меньше влияние разброса параметров отдельных полиномов. В общем случае — чем больше точек взято в полиномном уравнении аппроксимирующего функционала, тем хуже качество аппроксимации.

Зависимость температуры от измеряемого МК напряжения с тремя линеаризованными участками представлена на рис. 7.

По мере увеличения напряжения температура падает, и соответственно, сопротивление также падает.

## 2. Моделирование работы устройства с помощью программы Proteus

Далее рассмотрим моделирование работы устройства. Для правильной настройки работы устройства оно было смоделировано с использованием программы Proteus. Данный симулятор является универсальным средством, позволяющим моделировать работу реального устройства. Среди основных функций можно выделить:

- моделирование работы устройства;
- вывод результатов;
- запуск процедуры;
- получение подробных отчетов о работе устройства.

Модель устройства в программе Proteus представлена на рис. 8, см. третью сторону обложки.

Осциллограммы сигналов, поступающих на входы INT0 и INT1, с диаграммой, поясняющей принцип измерения устройством частоты входных сигналов, представлены на рис. 9, см. четвертую сторону обложки.

Измерение частоты проводится описанным далее способом.

- Для измерения частоты вращения входного вала включается внешнее прерывание INT0 (входной вал) по переднему фронту. Как только на вход INT0 поступит импульс, сработает прерывание, которое запустит счетчик T1, длительность каждого такта которого составляет 1 мкс. По приходу второго импульса происходит выключение внешнего прерывания INT0, остановка счетчика и запись в переменную результата измерения длительности периода сигнала входного вала значения счетного регистра TCNT1.

- Для измерения частоты вращения выходного вала включается внешнее прерывание INT1 (выходной вал) по переднему фронту. Как только на вход INT1 поступит импульс, сработает прерывание, которое запустит счетчик T1. По приходу второго импульса происходит выключение внешнего прерывания INT1, остановка счетчика и запись в переменную результата измерения длительности периода сигнала выходного вала значения счетного регистра TCNT1.

В примере на рис. 9 (см. четвертую сторону обложки) при измерении частоты вращения входного вала в счетном регистре TCNT1 значение составило 855, следовательно, частота вращения (в об/мин) для входного вала составляет  $60/(0,000855 \times 40) = 1754$  об/мин. Для выходного вала значение в TCNT1 составило 1425, следовательно, частота вращения выходного вала  $60/(0,001425 \times 44) = 956$  об/мин.

Для работы с МК основными источниками получения информации являются подсистемы Reference Manual, а также Data Sheet. В них даны характеристики МК, назначение выводов, электрические параметры, описание управляющих регистров, описание периферийных подсистем. АЦП МК измеряет напряжение на входе PA0/ADC1 и пересчитывает значение напряжения в температуру, которая отображается на знакосинтезирующем ЖК-дисплее.

Пересчет осуществляется по одной из трех формул, в зависимости от измеренного напряжения:

$$\text{если } U_{\text{изм}} < 1,1 \text{ В, то } T = 171,4 - 59,9221U_{\text{изм}};$$

$$\begin{aligned} \text{если } 1,1 \text{ В} \leqslant U_{\text{изм}} \leqslant 4,3 \text{ В,} \\ \text{то } T = 127,62 - 26,802U_{\text{изм}}; \end{aligned}$$

$$\text{если } U_{\text{изм}} > 4,3, \text{ то } T = 352,87 - 78,249U_{\text{изм}}.$$

В примере на рис. 8 (см. третью сторону обложки) показано, что при напряжении 2,55 В на потенциометре 1 на ЖК-дисплее 2 отображается температура 60 °C.

Для проверки зависимостей применим вторую из представленных формул:  $T = 127,62 - 26,802 \times 2,55 \approx 60$  — верно.

Таким образом, на основе проведенной работы было сконструировано устройство для контроля параметров АКПП автомобиля, которое предназначено для повышения точности диагностики данного типа устройств (рис. 10, см. четвертую сторону обложки).

## Заключение

Описана программно реализованная модель устройства для контроля параметров АКПП автомобиля. Данная модель позволяет не только в реальном времени отслеживать критерии, которые

предъявляются для оценки качества функционирования устройства (температура масла АКПП; частота вращения валов; исправность датчиков давления и клапанов, которые отвечают за нарастание давления и удерживания его в нужных пределах для задействования тех или иных датчиков давления), но и применять полученные схемные результаты для анализа похожих систем. Рассмотренное устройство благодаря своей простоте может иметь широкий спектр применения как в автосервисе, так и в производстве. Кроме того, оно позволяет определить причину неисправности АКПП на ранней стадии и предотвратить дорогостоящий ремонт, что дает экономическую выгоду от его использования. Спроектированное устройство работает исправно в реальном времени, отображая данные частоты вращения входного и выходного валов на семисегментных индикаторах. На дисплее выводятся также данные о состоянии температуры терморезистивных датчиков. Устройство имеет малую массу и габаритные размеры, удобную индикацию, универсальный разъем подключения, может быть питано от любого блока питания постоянного тока с напряжением 5 В и имеет погрешность измерения менее 0,5 % на интервале от 50 до 6000 об/мин. Все перечисленные показатели делают устройство универсальным и простым в использовании. А высокий класс точности позволяет проводить не только ремонтно-восстановительные работы, но и работы, связанные с разработкой и проектированием новых АКПП, в том числе для автотранспорта с гибридными силовыми установками.

Таким образом, представленное программно реализованное устройство контроля параметров АКПП является актуальным и недорогим решением, что позволяет не разрабатывать и не использовать дорогостоящие системы натурного исследования.

#### Список литературы

1. Salamandra K., Tyves L. Modeling of cyclic gearshifts in automatic transmission for vehicles // Engineering for Rural

Development. 17th International Scientific Conference. 2018. P. 2071–2078. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N331.

2. Blokhin A., Barakhtanov L., Fadeev E., Lubichev P. Research of robotized manual transmissions for all-terrain vehicles // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12, No. 1. P. 20–32.

3. Иванов А. С., Лянденбурский В. В., Фахрутдинов И. И., Экимов П. М., Иванов В. А., Кухмазов К. З. Контроль технического состояния автоматической коробки передач // Нива Поволжья. 2019. № 4 (53). С. 121–128. DOI: 10.36461/NP.2019.52.3.018.

4. Abyzov O. V., Dobretsov R. Y., Sidorov A. A., Galyshev Y. V., Krasilnikov A. A., Uvakina D. V. Stationary text complex for vehicle and tractor gearboxes // International Review of Mechanical Engineering. 2020. Vol. 14, No. 2. P. 127–132. DOI: 10.15866/ireme.v14i2.18267.

5. Белабенко Д. С. Типы исполнительных механизмов современных гидромеханических передач отечественных и зарубежных производителей // Механика машин, механизмов и материалов. 2016. № 3 (36). С. 34–42.

6. Liu J., Li Q., Yu L., Zeng Q. Synthesis of multi-row and multi-speed planetary gear mechanism for automatic transmission // Mechanism and Machine Theory. 2018. Vol. 128. P. 616–627. DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2018.07.007.

7. Экимов П. М., Лянденбурский В. В., Борисов Н. Б. Контроль неисправностей автоматической коробки передач // Бюллетень транспортной информации. 2017. № 10 (268). С. 16–19.

8. Алексин В. А. Проектирование электронных систем с использованием SYSTEMC и SYSTEMC-AMS // Российский технологический журнал. 2020. Том 8, № 4 (36). С. 79–95. DOI: 10.32362/2500-316X-2020-8-4-79-95.

9. Анисимов И. А., Хлопотов Р. А. Обоснование актуальности исследования зависимости расхода топлива двигателя на режиме холостого хода от режима работы АКПП и температурных условий // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 6. С. 120–122.

10. Зуев С. М., Варламов Д. О., Лавриков А. А., Малеев Р. А., Шматков Ю. М. Краткий толковый русско-английский терминологический словарь-справочник. М.: ИНФРА-М, 2021. 200 с. DOI: 10.12737/1242228.

11. Turner J. D., Austin L. Sensors for automotive telematics // Measurement Science and Technology. 2000. Vol. 11, No. 2. P. R58–R79.

12. Малеев Р. А., Зуев С. М., Скворцов А. А., Великий М. Д., Свинцов М. В. Экспериментальные исследования ДВС с емкостными накопителями энергии // Вестник машиностроения. 2021. № 2. С. 32–36. DOI: 10.36652/0042-4633-2021-2-32-36.

13. Малеев Р. А., Зуев С. М., Скворцов А. А., Лавриков А. А. Системы электростартерного пуска с высоковольтовыми источниками тока // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2020. № 1. С. 66–71.

14. Малеев Р. А., Зуев С. М., Лавриков А. А., Гребенников Н. П. Исследование режимов работы емкостных накопителей энергии в системах пуска автомобильных двигателей // Известия МГТУ "МАМИ". 2019. № 1 (39). С. 29–35. DOI: 10.31992/2074-0530-2019-39-1-29-35.

## A Software-Implemented Model of a Device for Monitoring the Parameters of an Automatic Gearbox of a Car

S. M. Zuev, sergei\_zuev@mail.ru,  
MIREA — Russian Technological University, Moscow, 119454, Russian Federation,  
D. O. Varlamov, e-mail: varlamovd@mail.ru, U. I. Akramov, ulugbekakramov97@gmail.com,  
V. V. Kuksa, ya.vetal11@yandex.ru,  
Moscow Polytechnic University, Moscow, 432700, Russian Federation

---

*Corresponding author:*

**Sergei M. Zuev**, PhD, Associate Professor,  
MIREA — Russian Technological University, Moscow, 119454, Russian Federation  
E-mail: sergei\_zuev@mail.ru

*Received on July 15, 2022*  
*Accepted on July 28, 2022*

*The paper presents a description of a device for monitoring the parameters of an automatic transmission of a car, which allows you to monitor in real time such parameters as the temperature of the automatic transmission oil, the rotational speed of the shafts, the serviceability of both the pressure sensors themselves and the valves that are responsible for the increase in pressure and keeping it within the required limits to activate certain pressure sensors. This device, due to its simplicity, has a wide range of applications, both in car service and in production. In addition, the device allows you to determine the cause of the automatic transmission malfunction at an early stage and prevent costly repairs.*

**Keywords:** automatic gearbox (automatic transmission), Atmega32 microcontroller, Hall sensors, thermoresistive sensors, oil temperature, shaft speed

*For citation:*

**Zuev S. M., Varlamov D. O., Akramov U. I., Kuksa V. V.** A Software-Implemented Model of a Device for Monitoring the Parameters of an Automatic Gearbox of a Car, *Programmnaya Ingeneria*, 2022, vol. 13, no. 9, pp. 462–468.

DOI: 10.17587/prin.13.462-468

## References

1. Salamandra K., Tyves L. Modeling of cyclic gearshifts in automatic transmission for vehicles, *Engineering for Rural Development. 17th International Scientific Conference*, 2018, pp. 2071–2078. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N331.
2. Blokhin A., Barakhtanov L., Fadeev E., Lubichev P. Research of robotized manual transmissions for all-terrain vehicles, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 20–32.
3. Ivanov A. S., Lyandenburskiy V. V., Fakhrutdinov I. I., Ekimov P. M., Ivanov V. A., Kukhmazov K. Z. Control of Technical Condition of the Automatic Transmission, *Volga Region Farmland*, 2019, no. 4, pp. 84–89. DOI: 10.26177/VRF.2020.4.4.017.
4. Abyzov O. V., Dobretsov R. Y., Sidorov A. A., Galyshev Y. V., Krasilnikov A. A., Uvakina D. V. Stationary test complex for vehicle and tractor gearboxes, *International Review of Mechanical Engineering*, 2020, vol. 14, no. 2, pp. 127–132. DOI: 10.15886/ireme.v14i2.18267.
5. Belabenko D. S. Types of actuators of modern hydromechanical transmissions of domestic and foreign manufacturers, *Mechanics of machines, mechanisms and materials*, 2016, no. 3 (36), pp. 34–42 (in Russian).
6. Liu J., Li Q., Yu L., Zeng Q. Synthesis of multi-row and multi-speed planetary gear mechanism for automatic transmission, *Mechanism and Machine Theory*, 2018, vol. 128, pp. 616–627. DOI: 10.1016/J.MECHMACHTHEORY.2018.07.007.
7. Ekimov P. M., Lyandenburskiy V. V., Borisov N. B. Control of malfunctions of an automatic transmission, *Transport Information Bulletin*, 2017, no. 10 (268), pp. 16–19 (in Russian).
8. Alekhine V. A. Design of electronic systems using SYSTEMC and SYSTEMC-AMS, *Russian technological journal*, 2020, vol. 8, no. 4 (36), pp. 79–95. DOI: 10.32362/2500-316X-2020-8-4-79-95.
9. Anisimov I. A., Khlopotov R. A. Substantiation of the relevance of the study of the dependence of engine fuel consumption in idle mode on the automatic transmission operating mode and temperature conditions, *Scientific and technical bulletin of the Volga region*, 2013, no. 6, pp. 120–122 (in Russian).
10. Zuev S. M., Varlamov D. O., Lavrikov A. A., Maleev R. A., Shmatkov Yu. M. *Brief explanatory Russian-English terminological dictionary-reference book*, Moscow, INFRA-M, 2021, 200 p. DOI: 10.12737/1242228 (in Russian).
11. Turner J. D., Austin L. Sensors for automotive telematics. *Measurement Science and Technology*. 2000. V. 11. No. 2. P. R58-R79.
12. Maleev R. A., Zuev S. M., Skvortsov A. A., Veliky M. D., Svitsov M. V. Experimental studies of internal combustion engines with capacitive energy storage, *Bulletin of mechanical engineering*, 2021, no. 2, pp. 32–36. DOI: 10.36652/0042-4633-2021-2-32-36 (in Russian).
13. Maleev R. A., Zuev S. M., Skvortsov A. A., Lavrikov A. A. Electric start systems with high-voltage current sources, *Problems of mechanical engineering and automation*, 2020, no. 1, pp. 66–71 (in Russian).
14. Maleev R. A., Zuev S. M., Lavrikov A. A., Grebenchikov N. P. Investigation of operating modes of capacitive energy storage devices in start-up systems of automobile engines, *Proceedings of MSTU "MAMI"*, 2019. no. 1 (39), p. 29–35. DOI: 10.31992/2074-0530-2019-39-1-29-35 (in Russian).

---

**ООО "Издательство "Новые технологии".** 107076, Москва, ул. Матросская Тишина, д. 23, стр. 2  
Технический редактор Е. М. Патрушева. Корректор А. В. Чугунова.

Сдано в набор 09.09.2022 г. Подписано в печать 14.10.2022 г. Формат 60×88 1/8. Заказ Р1921  
Цена свободная.

Оригинал-макет ООО "Адвансед солюшнз". Отпечатано в ООО "Адвансед солюшнз".  
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: [www.aov.ru](http://www.aov.ru)

Рисунки к статье С. М. Зуева, Д. О. Варламова, У. И. Акрамова, В. В. Куксы  
 «ПРОГРАММНО РЕАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА  
 КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ  
 ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЯ»

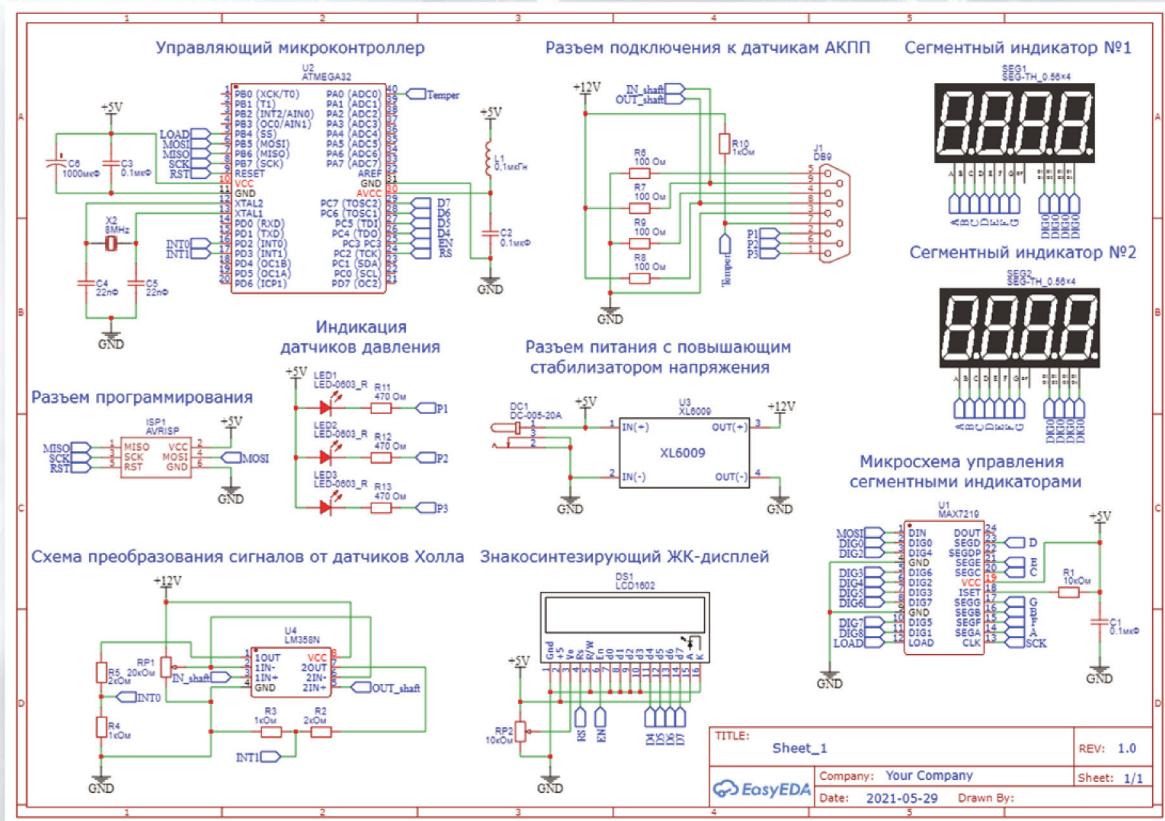


Рис. 1. Электрическая схема устройства

```

Atmega32 - Microchip Studio
File Edit View VAsistX ASF Project Build Debug Tools Window Help
Tahometer_Ulugbek.c* ASF Wizard stdio.h Makefile Atmega32
→ Timer1_ini → void Timer1_ini(void)
    {
        //Настройка регистра управления TCCR1B:
        //Режим работы таймера - Normal - по умолчанию
        //Выбираем тактовый сигнал от встроенного генератора с предделителем на 8:
        TCCR1B|=(1<<CS11);
        //следовательно при F_CPU=8000000 получаем 1 "тик" таймера = 1мкс
        //Включим прерывание по переполнению таймера T1:
        TIMSK|=(1<<TOIE1);
    }
    //Настройка внешних прерываний
    void external_interrupts_ini(void)
    {
        //Регистр управления прерываниями для входа INT0
        GICR|=(1<<INT0); //разрешить прерывания для входа INT0
        //Регистр настройки условий срабатываний для входа INT0
        MCUCR|=(1<<ISC01); //условие: срабатывание по перепаду с 0 на 1
        //Регистр управления прерываниями для входа INT1
        GICR|=(1<<INT1); //разрешить прерывания для входа INT1
        //Регистр настройки условий срабатываний для входа INT1
        MCUCR|=(1<<ISC11); //условие: срабатывание по перепаду с 0 на 1
    }
}

```

Рис. 2. Окно программы Microchip Studio

Рисунки к статье С. М. Зуева, Д. О. Варламова, У. И. Акрамова, В. В. Куксы  
 «ПРОГРАММНО РЕАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА  
 КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ  
 ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЯ»

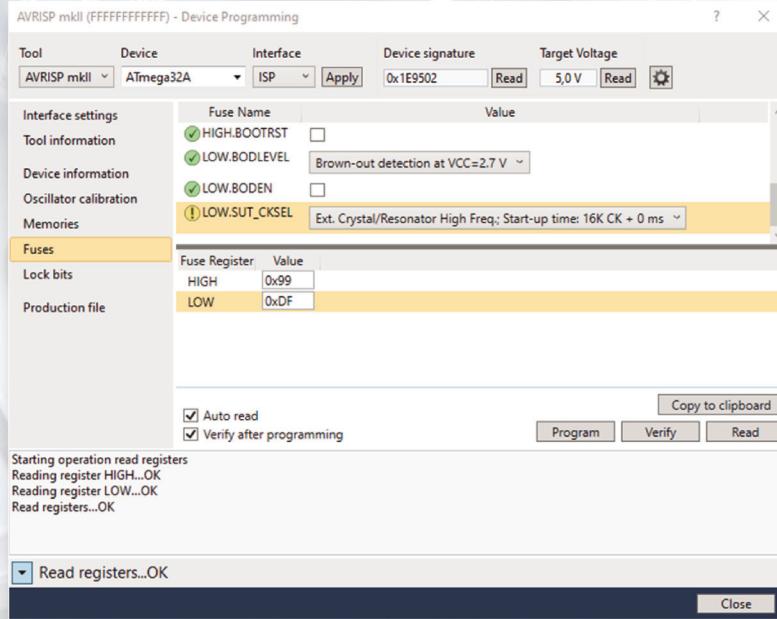


Рис. 3. Окно установки фьюз-битов микроконтроллера

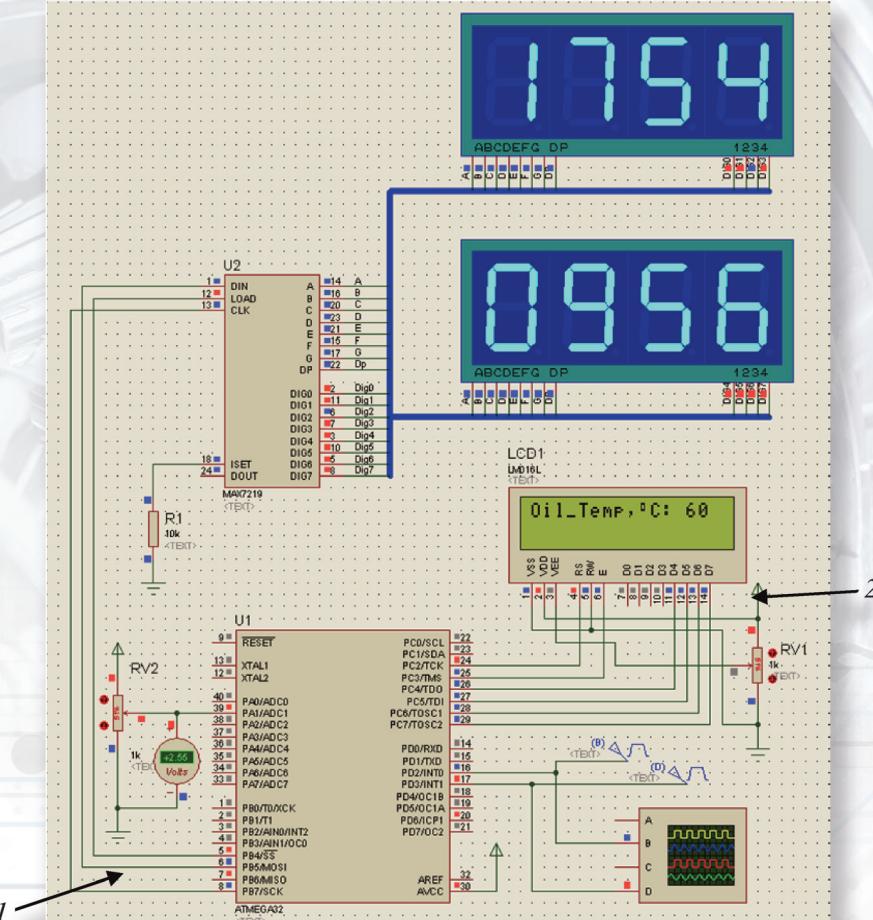


Рис. 8. Модель разработанного устройства в программе Proteus:  
 1 – потенциометр; 2 – ЖК-дисплей

Рисунки к статье С. М. Зуева, Д. О. Варламова, У. И. Акрамова, В. В. Куксы  
«ПРОГРАММНО РЕАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА  
КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ  
ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЯ»

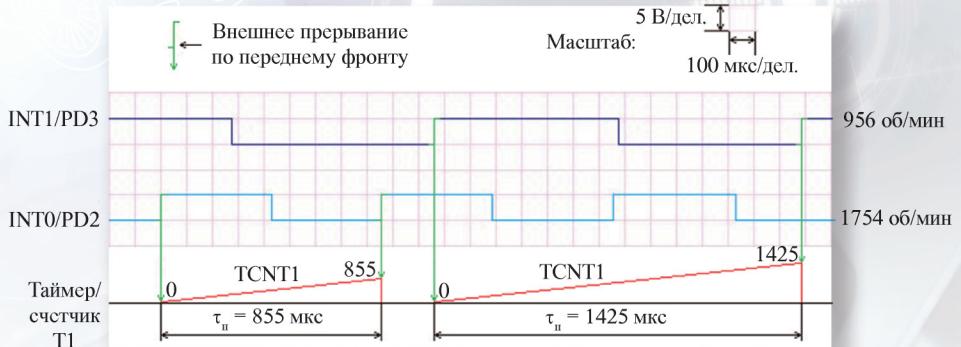


Рис. 9. Осциллографма входных сигналов с датчиков в программе Proteus

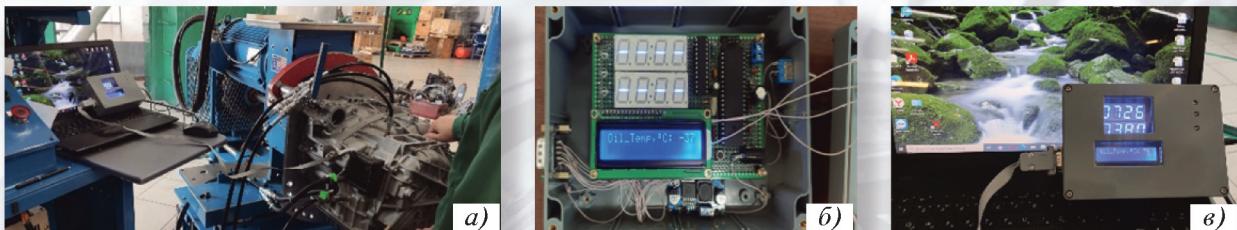


Рис. 10. Установка на испытательном стенде AXILINE 97000 ECRH (а),  
а также внутренний вид (б) и внешний вид (в) устройства