

Управління в технічних системах

УДК 621.317

Бондарь А.И., Дегтярь С.М., Пилипенко О.Ю., Федоренко Е.В.

К ВОПРОСУ О РЕАЛИЗАЦИИ ВРЕМЯЗАДАЮЩЕЙ ЦЕПОЧКИ В ТЕХНИКЕ

Введение. Вопросы учета временных параметров являются важной составной частью систем управления транспортными средствами [1], в том числе в алгоритмах управления техники специального назначения, а именно:

– алгоритмы предпусковой подготовки, включающие процессы закачки масла, обеспечения предпускового подогрева, продувки, требующие точного выполнения циклограммы во времени для качественного последующего пуска в любых заявленных условиях эксплуатации по температуре, атмосферному давлению, влажности, исключая ошибки оператора, повышающие надежность, предсказуемость результатов работы системы;

– алгоритмы пуска\останова двигателя, обеспечивающие необходимый выбег при работе двигателя перед повышенной нагрузкой и при остановке, для надлежащего охлаждения, что защищает механизмы от повреждения при резких изменениях режимов работы;

– алгоритмы работы гидропневмоочистки приборов наблюдения, обеспечивающие точное функционирование системы для оптимально эффективной работы системы очистки, исключая чрезмерный расход рабочих жидкости и воздуха при ошибочных действиях оператора;

– алгоритмы работы системы жизнеобеспечения, обеспечивающие автоматическую работу как систем пожаротушения, временной фактор работы которой является критически важным для выживаемости экипажа и изделия, а также систем обеспечения микроклимата, временной фактор которых повышает надежность функционирования благодаря устранению резких изменений температурных режимов кондиционера\отопителя.

Цель работы. Выбор метода, типа устройства для измерения времязадающей цепочки в системах управления специальными транспортными средствами.

Основная часть. Для отсчета времени в технике частое применение находят два физических явления – накопление заряда и резонанс кристаллов кварца.

Одним из наиболее простых способов получить эталон времени является использование RC цепочек накапливающих заряд.

На рисунке 1 представлены графики заряда-разряда RC цепочек.

Постоянная времени для RC цепочек определяется формулой:

$$T=R \cdot C, \quad (1)$$

где R – сопротивление резистора; C – электрическая емкость конденсатора.

Режим заряда характеризуется величинами:

T – постоянная времени, это время при котором напряжение достигнет 63% от своего максимального значения;

$3T$ – троекратное значение постоянной времени, при котором напряжение достигнет 95% от своего максимального значения.

© А.И. Бондарь, 2019

Режим разряда идет по тому же закону, но с зеркальным отображением.

Во время заряда или разряда конденсатора значение протекающего тока изменяется. Мгновенное значение тока выражается формулой:

$$I_C \approx C \cdot \frac{\Delta U_C}{\Delta t}, \quad (2)$$

где: ΔU_C – изменение напряжения на обкладках конденсатора за время Δt .

Выражение (2) показывает, что напряжение на конденсаторе при его заряде не сразу достигает своего максимального значения [2].

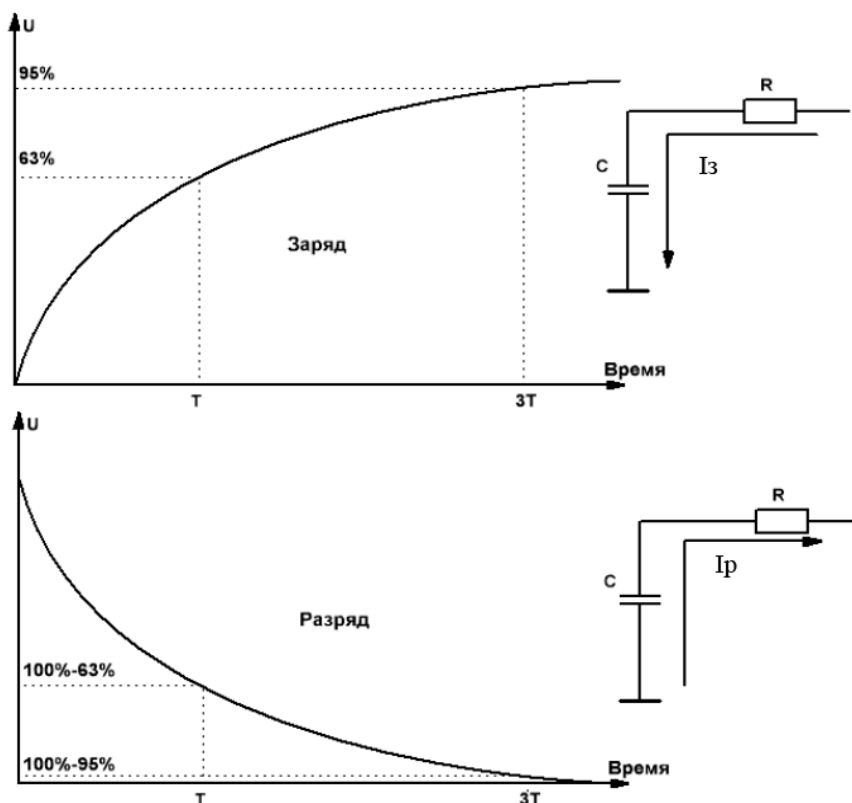


Рисунок 1 – Графики заряда-разряда RC цепочек

Точно также при разряде конденсатора напряжение убывает до нуля не мгновенно.

Широкое распространение получила схема порогового типа на базе интегральной микросхемы таймера 555.

На рисунке 2 представлена типовая схема включения микросхем типа 555.

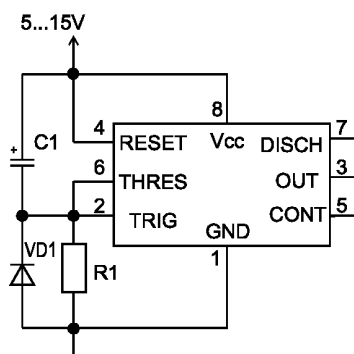


Рисунок 2 – Типовая схема включения микросхем типа 555

Система, построенная на базе данной микросхемы, позволяет выполнять отсчет времени в довольно широких пределах и регулируется значениями емкости и сопротивления элементов времязадающей цепи.

Система может работать в двух режимах. Первый – моностабильный мультивибратор при котором система находится в выключенном состоянии и во включенное состояние переходит при подаче на вход таймера какого-либо сигнала. Второй – генератор импульсов. Для нашей задачи рассмотрим режим моностабильного мультивибратора.

На схеме представлен ждущий мультивибратор (одновибратор), управляемый по цепи питания, вырабатывающий положительный импульс выходного напряжения через время T после включения напряжения питания.

Использование интегрального таймера NE555 в схеме имеет следующие преимущества:

- широкий диапазон питающего напряжения;
- высокая стабильность формирования задержки;
- простота схемы;
- доступность и дешевизна используемых компонентов;
- малое количество элементов;
- высокая нагрузочная способность выхода (до 200 мА), позволяет напрямую коммутировать автомобильное реле.

Как уже отмечалось выше, время, на которое мультивибратор переходит в активное состояние, определяется RC цепочкой. Эти свойства могут быть использованы в самых разнообразных схемах для запуска чего-либо на определенное время или наоборот – для формирования паузы на заданное время.

Время, на которое таймер включается, может быть от одной миллисекунды до сотен секунд и определяется выражением:

$$T=1,1 \cdot R \cdot C \quad (3)$$

где: 1,1 – коэффициент порога срабатывания микросхемы на уровне $2/3 U_{пит}$; R – сопротивление резистора; C – электрическая емкость конденсатора.

Теоретически пределов по длительности импульсов нет как по минимальной длительности, так и по максимальной. Однако, минимальные значения, установленные практическим образом, для сопротивления составляет 10кОм, а для емкости – 95пФ. Уменьшение сопротивления резистора приведет к резкому потреблению электроэнергии, а уменьшение емкости, к увеличению помех.

Максимальное значение резистора примерно равно 15 МОм. Здесь ограничение накладывает ток, потребляемый входом Останов (около 120нА) и ток утечки конденсатора. Таким образом, при слишком большом значении резистора таймер просто никогда не выключится, если сумма токов утечки конденсатора и тока входа превысит 120 нА.

Максимальная емкость конденсатора, определяется током утечки. Чем больше емкость, тем больше ток утечки и тем хуже будет точность таймера. Поэтому, если таймер будет использоваться для больших временных интервалов, то лучше пользоваться конденсаторами с малыми токами утечки - например, танталовыми.

Паразитные процессы, протекающие в конденсаторе, потребление тока самой микросхемой накладывают значительные ограничения на временные промежутки в десятки минут и более. Кроме того, значительную погрешность на больших временных интервалах вносят сами времязадающие элементы, которые в случае применения не

прецизионных компонентов имеют значительную погрешность и температурную нестабильность.

Поэтому применение данного способа целесообразно на интервалах до минут.

Для более длительных интервалов времени и большей точности применяются микросхемы таймеров со счетным устройством.

К ним можно отнести ряд микросхем, таких как MC14536BCP, CD4536B, КР512ПС10. Они позволяют вести подсчет времени как на основе RC цепочки так и с применением кварцевого резонатора. В таких микросхемах в отличие от микросхем типа 555 используется не пороговое значение, а счетное устройство. Это позволяет не меняя частоту и коэффициенты деления частоты добиваться работы с высокой точностью и на больших отрезках времени. Применение кварцевого резонатора прецизионного качества (часовой кварц) обеспечивает высокий класс точности. На рисунке 3 представлена типовая схема реле времени на основе микросхемы КР512ПС10 с использованием RC цепочки.

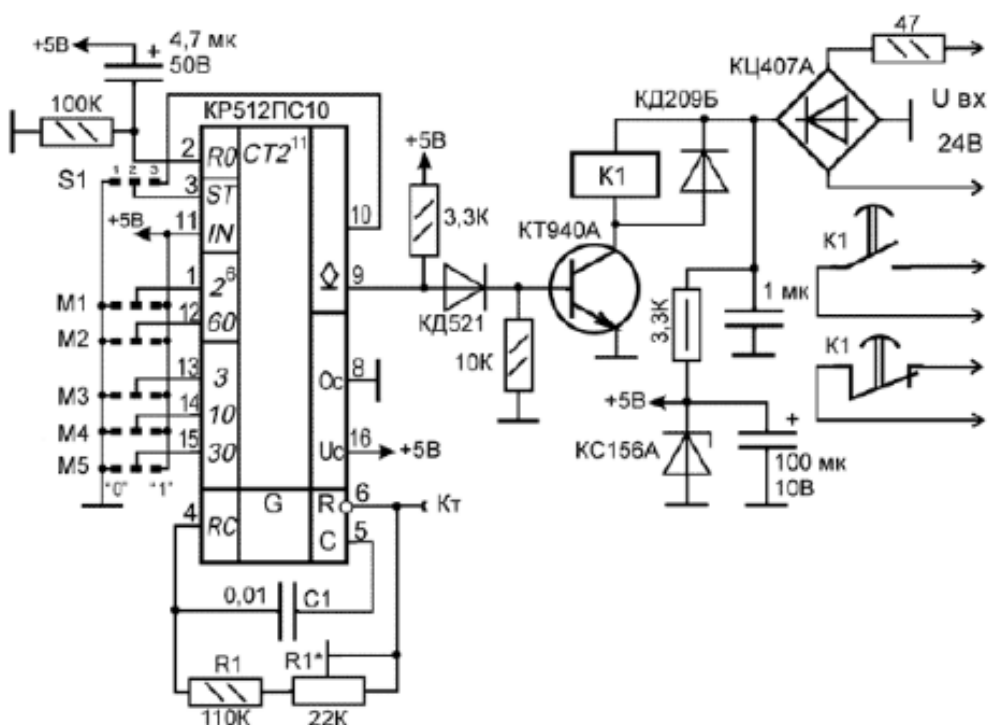


Рисунок 3 – Типовая схема реле времени на основе микросхемы КР512ПС10 с использованием RC-цепочки

Для построения одновибратора на микросхеме КР512ПС10 достаточно ее выход (вывод 10) соединить со входом ST. Запуск одновибратора происходит при подаче короткого импульса высокого уровня на вход RO. На выходе появляется низкий уровень, счетчики начинают работать.

Точное время задержки срабатывания устанавливается подбором R1, C1. Для дискретного изменения времени задержки в широких пределах используются входы предустановки коэффициента деления M1 ... M5. Установкой перемычек на плате можно задать время от нескольких секунд до нескольких суток. Перемычка S1 позволяет получить различный режим работы: если замкнуть площадки 1, 2 реле времени будет периодически включаться и выключаться через заданное время, причем время включенного состояния равно времени выключенного состояния. Если замкнуть площадки

2, 3 – реле времени отсчитывает заданный интервал и включает выходное реле, которое останется в этом состоянии сколь угодно долго, пока не будет выключено и вновь включено напряжение питания. Более удобна микросхема MC14536BCP или CD4536B, которая имеет широкий диапазон напряжения питания – до 18 В, вместо +6 В у КР512ПС10, что позволяет легко встраивать узлы задержки времени в различные устройства автоматики на КМОП микросхемах.

Недостаток этого одновибратора, как впрочем и многих других, состоит в том, что в момент включения питания он однократно запускается при отсутствии управляющего сигнала.

По заявлению производителя микросхемой КР512ПС10 при частоте времязадающего элемента в 1 Гц может обеспечиваться отсчет времени свыше 9 месяцев. Практически это означает, что микросхема обеспечивает построение таймера на любое разумное время.

Но эта схема не лишена недостатка, как и предыдущая. Низкие частоты доступны только на RC цепочках с большими сопротивлениями и емкостями, что снижает точность по сравнению с кварцевым резонатором [3].

Поэтому наиболее перспективным в части точности и длительности задержки времени является применение микроконтроллеров (например PIC или AVR). Они позволяют совместить высокую точность кварцевых резонаторов и при этом обеспечить отсчет времени в практически неограниченных пределах.

Для тактирования самого микроконтроллера можно использовать как внутренний генератор тактовой частоты микроконтроллера, так и кварцевый резонатор. Для отсчета времени микроконтроллером используется таймер который генерирует прерывания при переполнении счетчика, что можно использовать для подсчета времени. Работа микроконтроллера задается программно [4,5]. На рисунке 4 приведен фрагмент программы выдачи сигнала на включение с длительностью 0,25 с.

```
#define vr_otkl 75 //300 = 1 sec Задается количество прерываний до отключения
// Global variables
bit vod_kn=0, vod_kn_otp=0,
unsigned int time_vod=0,
// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer 0 value
TCNT0=0x06;
// Подсчет количества прерываний
if (vod_kn==1) {time_vod=time_vod+1;};
if (time_vod>=vr_otkl) {vod_kn=0; time_vod=0; prib_vod=0;};
}
while (1)
{
// Цикл опроса кнопки управления (нажата/не нажата)
if (opr_kn_vod==0 & vod_kn_otp==0)
{ vod_kn=1;
prib_vod=1;
vod_kn_otp=1; }
if (opr_kn_vod==1 & vod_kn_otp==1){vod_kn_otp=0;}
}
```

Рисунок 4 – Фрагмент программы выдачи сигнала на включение с длительностью 0,25 С.

Из рисунка видно основную часть работы по опросу кнопок, а также механизм подсчета количества прерываний, которые являются в данном случае эталоном измеряемого отрезка времени. При этом обработка прерываний в микроконтроллере имеет больший приоритет перед основной программой, что обеспечивает точный подсчет временных отрезков независимо от выполнения внутренних циклов программы. В данном примере используется прямой подсчет количества прерываний происходящих 300 раз за одну секунду. Для увеличения временных отрезков возможно использовать дополнительные переменные хранящие значения секунд, минут и т.д. полученные на основе прерываний.

Такой способ организации подсчета времени является наиболее гибким и оптимальным в системах управления, где использование микроконтроллеров необходимо для выполнения также других задач, однако является избыточным в системах, где применение микроконтроллеров не предусмотрено.

В процессе эксплуатации изделий типа БТР-4, оборудованных микропроцессорными блоками управления двигателем и трансмиссией было обнаружено, что при выключении «зажигания» и последующего выключения «массы» изделия блоки управления «не успевают» записать необходимую информацию, в результате чего происходит сбой программного обеспечения указанных блоков управления. Для устранения этого дефекта на основе процесса разрядки конденсатора в RC цепочке была разработана система блокировки отключения «массы» изделия во время работы двигателя и в течении еще 30-35 секунд после отключения «зажигания». Малое время необходимой задержки позволило применить наиболее дешевую и простую схему с пороговым срабатыванием по напряжению разряда RC цепочки. На рисунке 5 представлен фрагмент схемы с RC цепочкой.

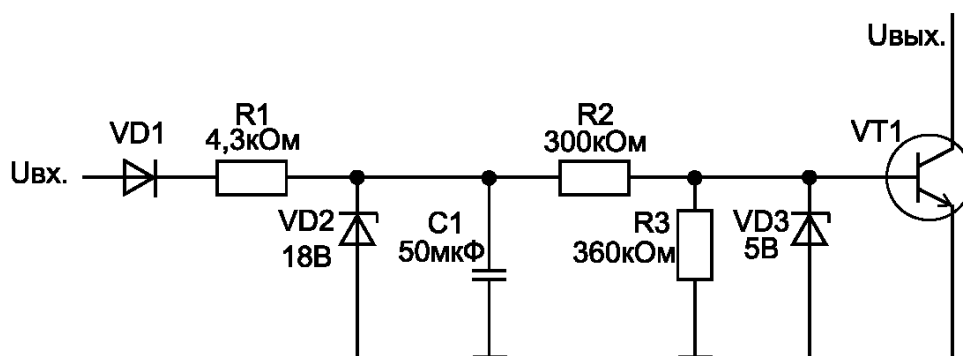


Рисунок 5 – Фрагмент схемы задержки отключения «массы».

Исходя из значений ограничения порогов срабатывания стабилитронами VD2, VD3, сопротивления делителя напряжения (R2, R3), используя (1) и (2), получаем постоянную времени данной цепи:

$$T=2,25 \cdot R \cdot C=33,7 \text{ С}, \quad (4)$$

где: R – сопротивление резистора времязадающей цепочки $R2$; C – электрическая емкость конденсатора времязадающей цепочки $C1$.

Данная блокировка обеспечивает повышение надежности, позволяет системам управления двигателя и трансмиссии корректно завершить операции в блоках управления до момента отключения питания и может быть применена во всех изделиях легкобронированной техники, оборудованных электронными блоками управления двигателем и трансмиссией.

Выводы. Анализ различных вариантов решения подсчета времени показал, что наиболее оптимальным вариантом подсчета времени является вариант на базе счетчиков. Этот вариант сочетает в себе простоту реализации, достаточно широкий диапазон подсчета времени, низкую стоимость. Однако в случае применения микроконтроллера для реализации достаточно сложных алгоритмов управления, для подсчета времени целесообразно использовать таймер, уже встроенный в микроконтроллер.

Список литературы: 1. Сосин Д. А., Яковлев Ф. Новейшие автомобильные электронные системы.- М. : СОЛОН-Пресс, 2005. - 240 с. 2. Лавру В. С. Источники энергии- М. : Наука и техника, 1997.- 200с. 3. Раннев Г. Г. Методы и средства измерений: учебник / Г. Г. Раннев, А. П. Тарасенко. – 5-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 332 с. 4. Щетина В. А., Морговский Ю. Я., Богомазов В. А. Электромобиль :Техника и экономика. Под общ. ред. Щетины В. А. – Л. : Машиностроение, 1987. –253 с. 5. Автомобильный справочник. Bosch. - М. : ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. - 896 с.

Bibliography (transliterated): 1. Sosin D. A., Yakovlev .F. Noveishie avtomobil'nye elektronnye sistemy.- M. : SOLON- Press, 2005. - 240 s. 2. Lavru V. S. Istochniki energii- M. : Nauka i tekhnika, 1997.- 200s. Khusainov A.Sh. Tyagovyi raschet avtomobilya. – Ul'yanovsk:UlGTU, 2009. – 47s. 3. Rannev G. G. Metodi i sredstva izmerenii:uchebnik / G. G. Rannev, A. P. Tarasenko. – 5-e izd., ster. – M. : Akademia, 2008.- 332s. 4. Shchetina V. A., Morgovskii Yu. Ya., Bogomazov V. A. Elektromobil' :Tekhnika i ekonomika. Pod obshch. red. Shchetiny V.A. – L. : Mashinostroenie, 1987. – 253 s. 5. Avtomobil'nyi spravochnik. Bosch. - M. : ZAO KZhI «Za rulem», 2002. - 896 s.

Бондар О.І., Дегтяр С.М., Пилипенко О.Ю., Федоренко Є.В.

ДО ПИТАННЯ ПРО РЕАЛІЗАЦІЮ ЧАСОЗАДАВАЛЬНОГО ЛАНЦЮЖКА В ТЕХНІЦІ

У статті розглянуто варіанти реалізації часозадавального ланцюжка в техніці, наведено їх схемотехнічні рішення, їх переваги та недоліки.

A. Bondar, S. Degtyar, O. Pilipenko, E. Fedorenko

TO THE QUESTION OF IMPLEMENTING A TIME-CONSUMING CHAIN IN ENGINEERING

The article considers options for implementing a time-consuming chain in engineering, their circuit-based solutions, their advantages and disadvantages.