

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра механики, мехатроники и робототехники



УТВЕРЖДАЮ
проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
«*Северная*» 2016 г.

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО ЦИФРОВОМУ УПРАВЛЕНИЮ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Методические указания к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Компьютерное управление мехатронными
системами» для студентов направления 15.03.06

Курск 2016

УДК 621

Составители: к.т.н. *Яцун А.С.*

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Е.Н. Политов*

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЦИФРОВОМУ УПРАВЛЕНИЮ
МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ:** Методические указания к
выполнению курсовой работы по дисциплине «Компьютерное управление
мехатронными системами» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. А.С. Яцун. Курск,
2017. 32 с.: ил. 21, табл. 2. Библиогр.: с. _____.

Методические указания содержат рекомендации по выполнению курсовой работы с описанием методов проектирования и исследования цифровых систем управления, обработки сигналов, подключения исполнительных устройств и реализации цифровых регуляторов.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утверждённой учебно-методическим объединением.

Предназначены для студентов направления подготовки 15.03.06 – Мехатроника и робототехника всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать _____ . Формат 60x84 1/16 Усл.печ.л.

_____. Уч.-изд.л. _____ Тираж 20 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Введение.

Целью курсовой работы является освоение навыков моделирования и анализа цифрового управления, подбор и применение современной элементной базы для цифровых систем управления, закрепление навыков разработки принципиальных электрических схем и алгоритмов программ управления.

Рассмотрим пример курсовой работы на основе следующего технического задания (ТЗ):

Спроектировать цифровую систему автоматического управления приводом колесной мобильной платформы.

Система управления соответствовать следующим характеристикам:

- 1) Обеспечивать пропорциональное управление двигателем по скорости вращения вала с точностью не менее 5%.
- 2) Обеспечивать возможность дистанционного управления с персонального компьютера;
- 3) Предусматривать возможность экстренной остановки двигателя в случае превышения уровня тока в течение 1 с;
- 4) Время переходного процесса должно быть менее 0,1с.
- 5) Ошибка перерегулирования должна быть менее 10%.
- 6) Напряжение питания системы: 12 В постоянного тока.
- 7) Диапазон рабочих температур: -10...+30 °С

Курсовая работа должна включать в себя следующие пункты:

- 1) Введение
- 2) Обзор существующих аналогов.
- 3) Описание предлагаемой конструкции
- 4) Математическое моделирование переходных процессов и устойчивости.
- 5) Подбор электронных компонентов и создание принципиальной электрической схемы.

б) Создание алгоритма работы системы управления и его реализация на МК.

Рассмотрим в качестве примера, конструкцию проектируемого устройства показана на рисунке 1.

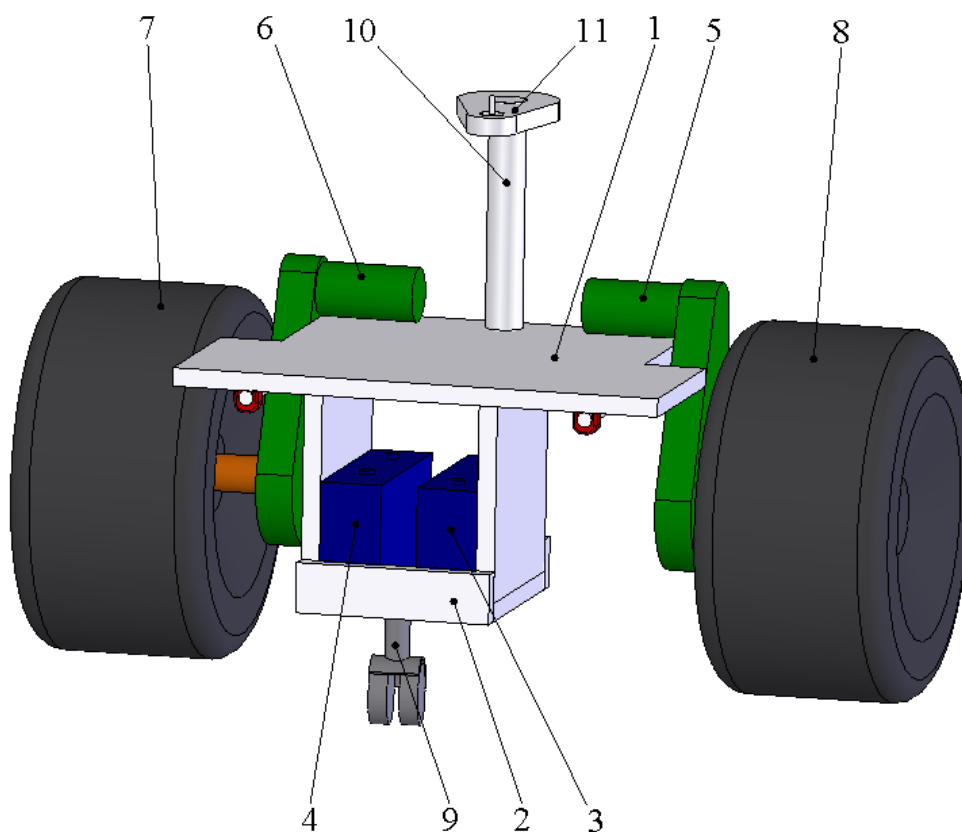


Рис. 1 Общий вид платформы: 1 – основание; 2 – аккумуляторный короб; 3,4 – аккумуляторы; 5,6 – мотор-редукторы; 7,8 – ведущие колеса; 9 – поворотное колесо; 10 – опора локатора, 11 – площадка.

На рис. 1 представлен общий вид мобильной платформы в сборе.

Основание 1 представляет собой древесно-стружечную плиту определенной формы. Такой материал выбран с целью снижения веса описываемой конструкции. На основании 1 выполнены все необходимые технологические пазы и отверстия, посредством которых к нему крепятся элементы платформы. На нижней стороне основания 1 закреплена балка 2 проушинами 3 при помощи винтовых соединений. Также снизу неподвижно

закреплен аккумуляторный короб 2 (рис. 2.1) в котором размещены аккумуляторы 3 и 4. Прочная конструкция аккумуляторного короба 2 надежно защищает аккумуляторы от повреждения при столкновении платформы с какими-либо объектами.

Еще одной опорой мобильной платформы, помимо двух ведущих колес, является поворотное колесо 9 (рис. 2.1) которое крепится к нижней части аккумуляторного короба 2.

К основанию 1 также крепится опора локатора 10, на которой установлена площадка 11, где и располагается локатор.

Передвижение платформы осуществляется при помощи вращения колес 7 и 8, которые в свою очередь приводятся в движение мотор-редукторами 5 и 6 с цилиндрическими зубчатыми передачами, причем поворотное колесо 9 является передним, а колеса 7 и 8 – задними. Питание мотор-редукторов 5 и 6 осуществляется от аккумуляторов 3 и 4, причем система управления мобильной платформой в определенный момент времени может подавать напряжение как на оба мотор-редуктора, так и только на один, тем самым, совершая поворот платформы в нужном направлении. То есть при необходимости поворота мобильной платформы влево подается напряжение только на правый мотор-редуктор, а при повороте вправо – на левый мотор-редуктор.

Оба привода платформы имеют реверсивное управление, то есть, возможно движение не только вперед, но и назад. Эта особенность значительно повышает маневренность мобильной платформы.

Функциональная схема системы управления двигателями тягового привода представлена на рис. 2



Рис. 2. Функциональная схема системы управления

Осуществляется управление по интегралу от отклонения, и дискретный алгоритм имеет вид $u(i) = u(i-1) - k_1 T x(i-1)$. Для связи контроллера с аналоговыми устройствами используется ЦАП. Структурная схема разрабатываемого устройства представлена на рис. 3

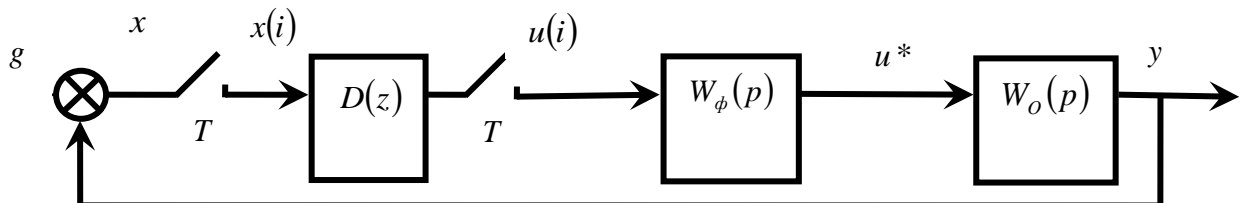


Рис.3 Структурная схема системы управления

Запишем передаточные функции отдельных частей системы управления:

$$D(z) = \frac{k_1 T z}{z-1} \text{ - дискретная передаточная функция контроллера;}$$

$$W_o(p) = \frac{k_2}{1+T_1 p} \text{ - передаточная функция непрерывной части (объекта управления);}$$

$W_\phi(p)$ - передаточная функция формирующего устройства. В качестве формирующего устройства используется экстраполятор первого порядка, имеющий следующую передаточную функцию: $W_\phi(p) = \frac{1 - e^{-Tp}}{p}$.

Общая передаточная функция системы будет определяться как произведение передаточных функций контроллера и приведенной непрерывной части системы:

$$W(z) = D(z)W_{прив}(z).$$

Для получения дискретной передаточной функции приведенной непрерывной части системы, необходимо провести z-преобразование результирующей передаточной функции $W_o(p)W_\phi(p)$. Это связано с тем, что z-преобразования от произведений передаточных функций непрерывных звеньев, не разделенных импульсным элементом (ключом), не равны произведению z-преобразований:

$$W(z) = Z\{W_\phi(p)W_o(p)\} \neq Z\{W_\phi(p)\}Z\{W_o(p)\}.$$

Так как мы используем в качестве формирующего устройства экстраполятор нулевого порядка, то дискретная передаточная функция будет находиться по формуле:

$$W(z) = Z\left\{\frac{1 - e^{-pT}}{p} W_o(p)\right\} = \frac{z-1}{z} Z\left\{\frac{W_o(p)}{p}\right\}, \text{ или}$$

$$W(z) = \frac{z-1}{z} Z\left\{\frac{k_2}{(1+T_1p)p}\right\}.$$

Используя табличные данные z-преобразований для простых непрерывных функций, получим следующее выражение для дискретной передаточной функции приведенной непрерывной части:

$$W_{\text{прив}}(z) = \frac{z-1}{z} Z \left\{ \frac{k_2}{p(1+T_1 p)} \right\} = k_2 \frac{z-1}{z} Z \left\{ \frac{1/T_1}{p(1/T_1 + p)} \right\} = k_2 \frac{z-1}{z} \cdot \frac{(1-d)z}{(z-1)(z-d)} = \frac{k_2(1-d)}{(z-d)}$$

, где $d = e^{-\frac{T}{T_1}}$.

Выражение для общей дискретной передаточной функции будет иметь вид:

$$W(z) = D(z)W_{\text{прив}}(z) = \frac{k_1 T z}{z-1} \frac{k_2(1-d)}{(z-d)} = \frac{kT(1-d)z}{(z-1)(z-d)}, \quad \text{где } k = k_1 k_2.$$

Дискретная передаточная функция разомкнутой системы имеет вид:

$$W(z) = \frac{kT(1-d)z}{(z-1)(z-d)}.$$

Запишем выражение для передаточной функции замкнутой системы.

Оно будет иметь вид:

$$\Phi(z) = \frac{W(z)}{1+W(z)} = \frac{\frac{kT(1-d)z}{(z-1)(z-d)}}{1 + \frac{kT(1-d)z}{(z-1)(z-d)}} = \frac{kT(1-d)z}{(z-1)(z-d) + kT(1-d)z}.$$

Отсюда

$$W_0(z) = \frac{z-1}{z} Z \left\{ \frac{k_3}{p(1+T_1 p)} \right\} = k_3 \frac{z-1}{z} \frac{(1-d)z}{(z-1)(z-d)} = \frac{k_3(1-d)}{(z-d)}, \quad \text{где } d = e^{-\frac{T}{T_1}},$$

$$W(z) = D(z)W_0(z) = \frac{k_1 T z}{z-1} \frac{k_3(1-d)}{(z-d)} = \frac{kT(1-d)z}{z^2 - z(1+d) + d} = \frac{T_2 z}{z^2 - T_3 z + T_4},$$

где $T_2 = kT(1-d)$, $k = k_1 k_3$, $T_3 = 1+d$, $T_4 = d$, T – период дискретизации, T_1 – обобщённая постоянная времени передаточной функции непрерывной части.

Частота квантования сигнала (при работе цифровых устройств в составе системы автоматического управления) оказывает большое влияние не только на форму сигналов, но и на устойчивость системы в целом. Так,

при слишком низкой частоте САУ не сможет качественно отслеживать все изменения, происходящие внутри нее между периодами квантования, и система окажется неустойчивой:

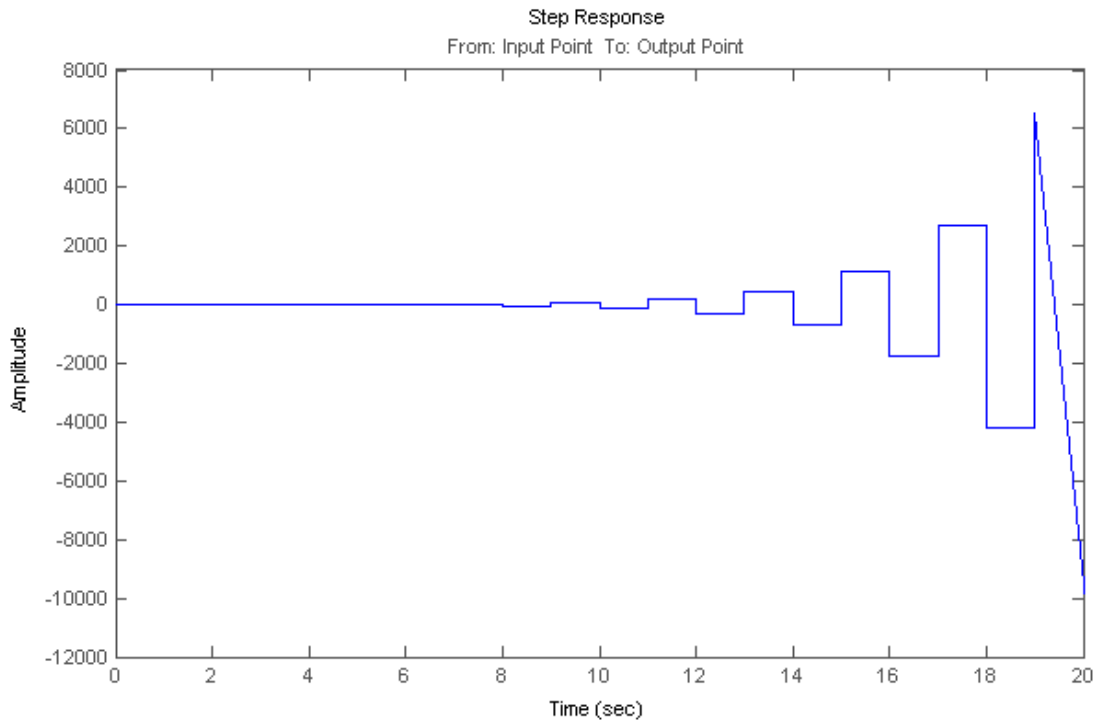


Рис 4. Форма сигнала при периоде дискретизации $T = 1$ сек

Как видно из приведенного выше рисунка (период квантования T составляет 1 с), система автоматического управления оказалась неустойчивой из-за низкой частоты квантования.

Увеличение частоты работы цифрового устройства способно резко поднять качество работы САУ. Так, уже при уменьшении периода квантования в 10 раз ($T = 0,1$ с) система оказывается устойчивой:

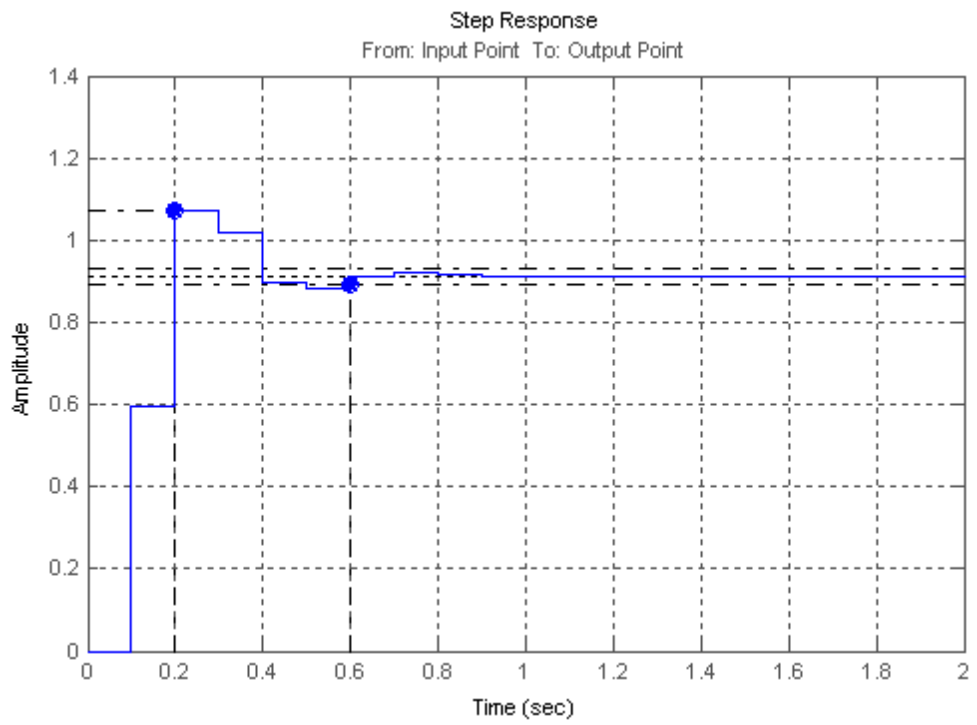


Рис. 5. Форма сигнала при периоде дискретизации $T = 0.1$ сек

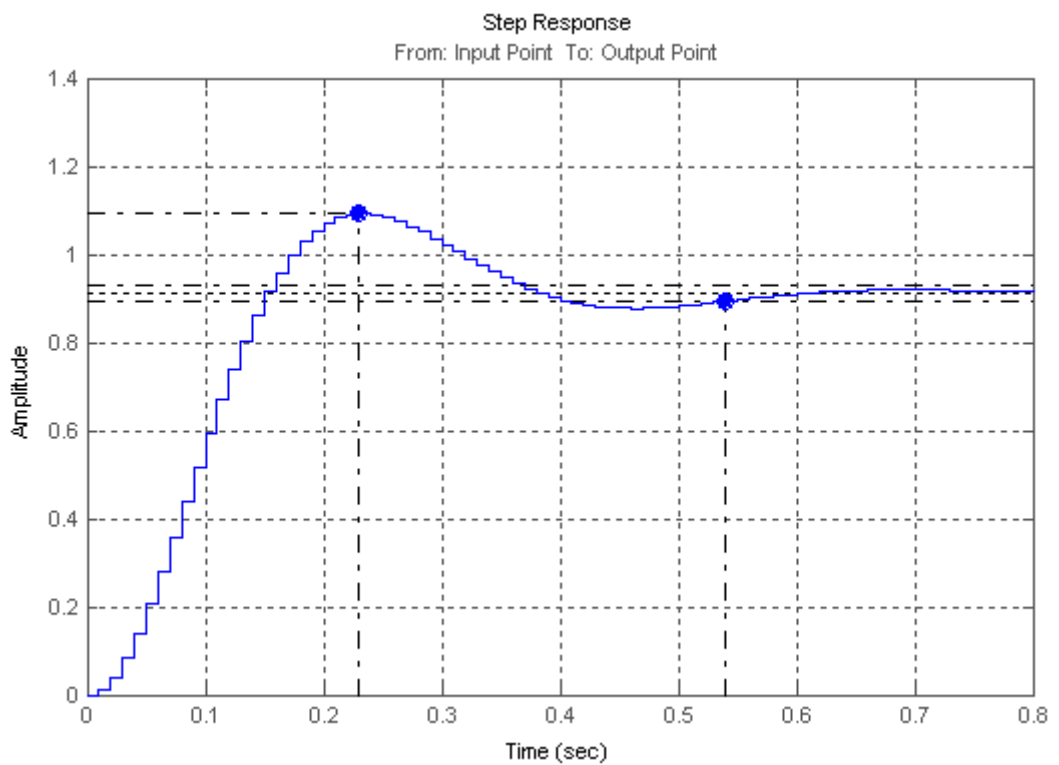


Рис. 6. Форма сигнала при периоде дискретизации $T = 0.1$ сек

Однако, несмотря на устойчивость, качество сигнала в такой системе остается крайне низким (на рисунках видны “ступеньки”, соединяющие мгновенные значения сигнала в моменты квантования), и встает вопрос о дальнейшем увеличении частоты работы устройства. Ниже приведены графики переходных функций САУ при $T = 0,01$ с и $T = 0,001$ с соответственно.

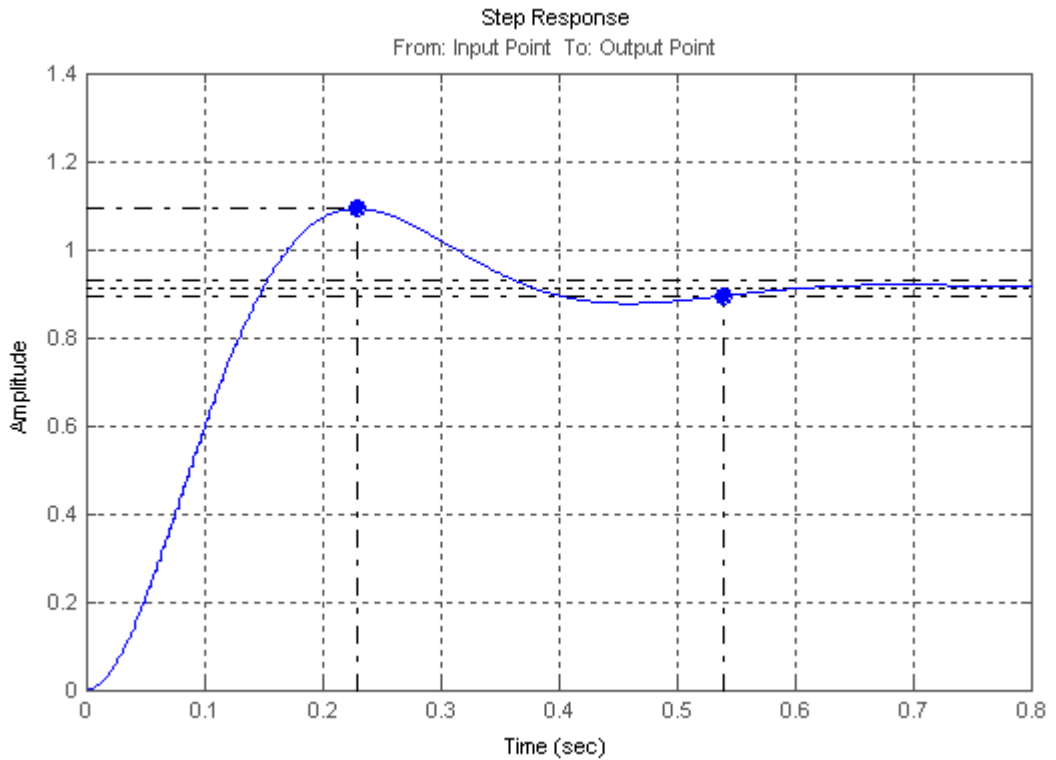


Рис. 7 Форма сигнала при периоде дискретизации $T = 0.01$ сек

В заключение стоит отметить, что частота работы реальных цифровых устройств обычно лежит в диапазоне от единиц килогерц до единиц мегагерц, что оказывается значительно больше частот, рассмотренных выше. Таким образом, погрешность оцифрованного сигнала составляет сотые доли процента.

В среде MathLab была смоделирована реакция САУ на единичное воздействие (функцию Хевисайда) без введения дополнительных регуляторов:

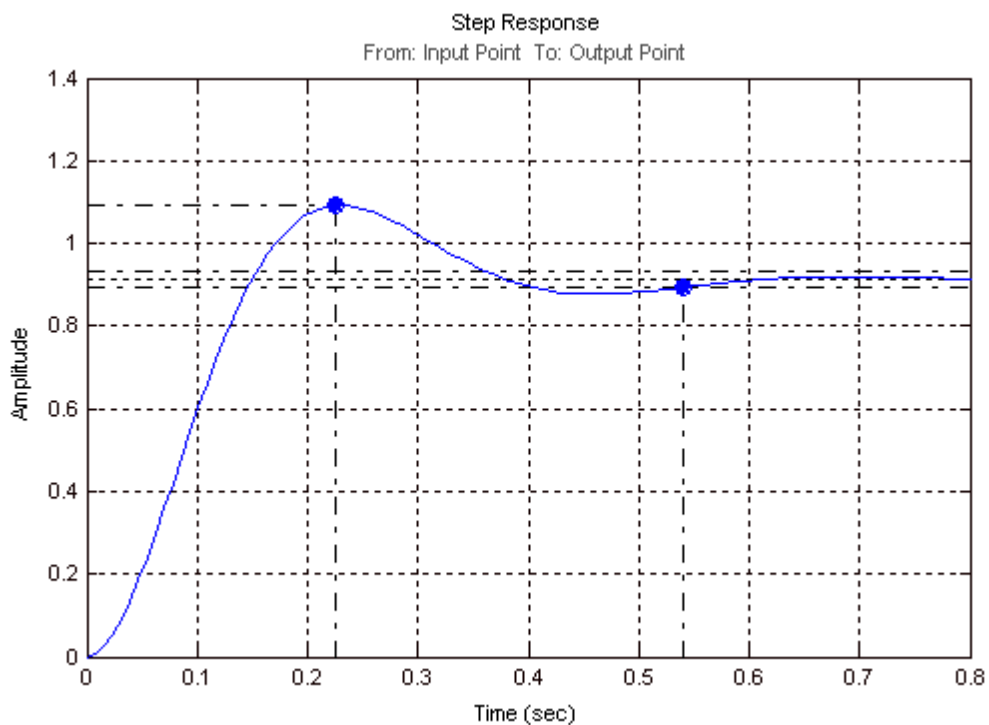


Рис. 8. Характер переходного процесса САУ без применения дополнительных регуляторов

В данном случае коэффициент перерегулирования составил 19,52 %, время переходного процесса – 0,54 с, а установившееся значение оказалось равным 0,912. Данные параметры переходного процесса никоим образом не удовлетворяют условиям технического задания, поэтому встал вопрос о введении в систему дополнительного регулятора. Так как САУ обладает статической ошибкой, то необходимо повысить порядок астатизма, следовательно, нет смысла вводить пропорционально-дифференциальный регулятор. В дальнейшем рассматривались пропорционально-интегральное и пропорционально-интегрально-дифференциальное регулирования, или ПИ- и ПИД-регуляторы соответственно.

Ниже представлен график при введении в САУ ПИ-регулятора с $K = 0.6$, $K_i = 1.1$.

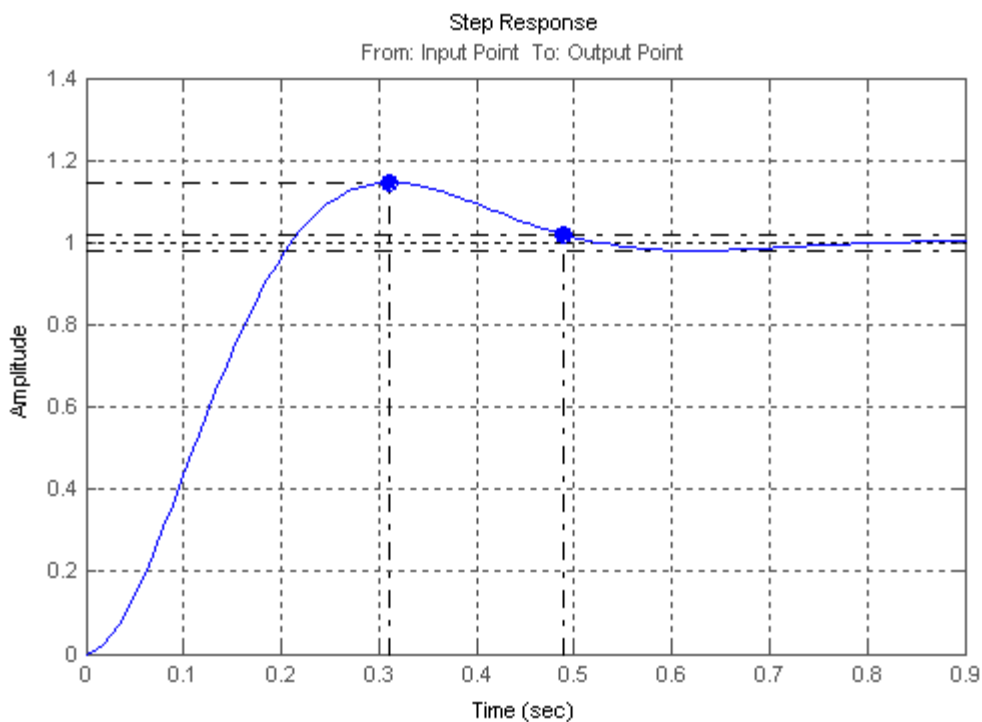


Рис. 9. Характер переходного процесса САУ с ПИ регулятором

Аналогично, было исследовано поведение системы при введении ПИД-регулятора с наиболее оптимальными коэффициентами ($K=0.6$, $K_i=0.938$, $K_d=0.022$)

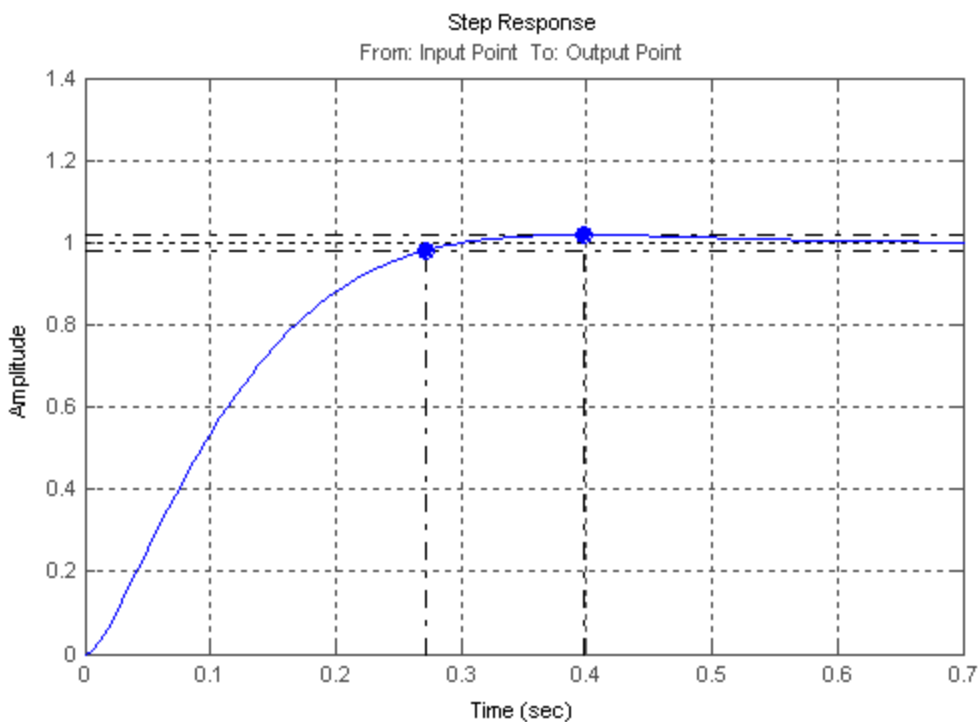


Рис. 10 Характер переходного процесса САУ с ПИД регулятором

По результатам исследований можно построить таблицу с результатами экспериментов при различных типах регуляторов:

Табл. 1. Численные результаты исследований регуляторов

Вид Р	кп	ки	кд	$\sigma\%$	n	tпп	εуст
П	1	0	0	19,52	1	0,54	0,912
ПИ	0,6	1,1	0	14,4	1	0,53	1
ПИД	0,6	0,935	0,022	1,83	0	0,272	1

Как видно из проделанных опытов, система автоматического регулирования с ПИД-регулятором обладает наилучшими параметрами переходного процесса, такими, как время установления, коэффициент перерегулирования и количество колебаний. САУ без регуляторов вообще не удовлетворяет предъявляемым к ней требованиям прежде всего из-за статической ошибки, составляющей около 19 % от требуемого значения выходного сигнала. Таким образом, в данной САУ предполагается использование ПИД-регулятора.

Анализ устойчивости был проведен в среде MathLab и получены следующие результаты:

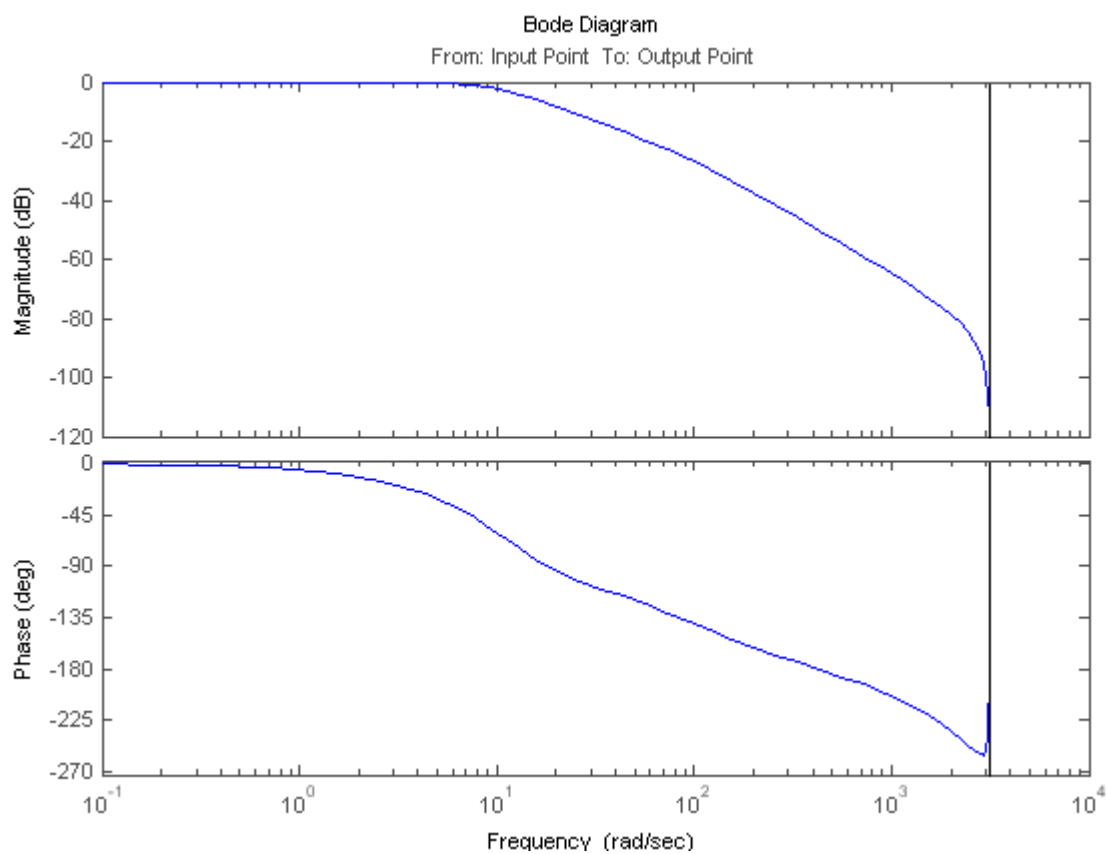


Рис. 11. ЛАЧХ и ЛФЧХ системы

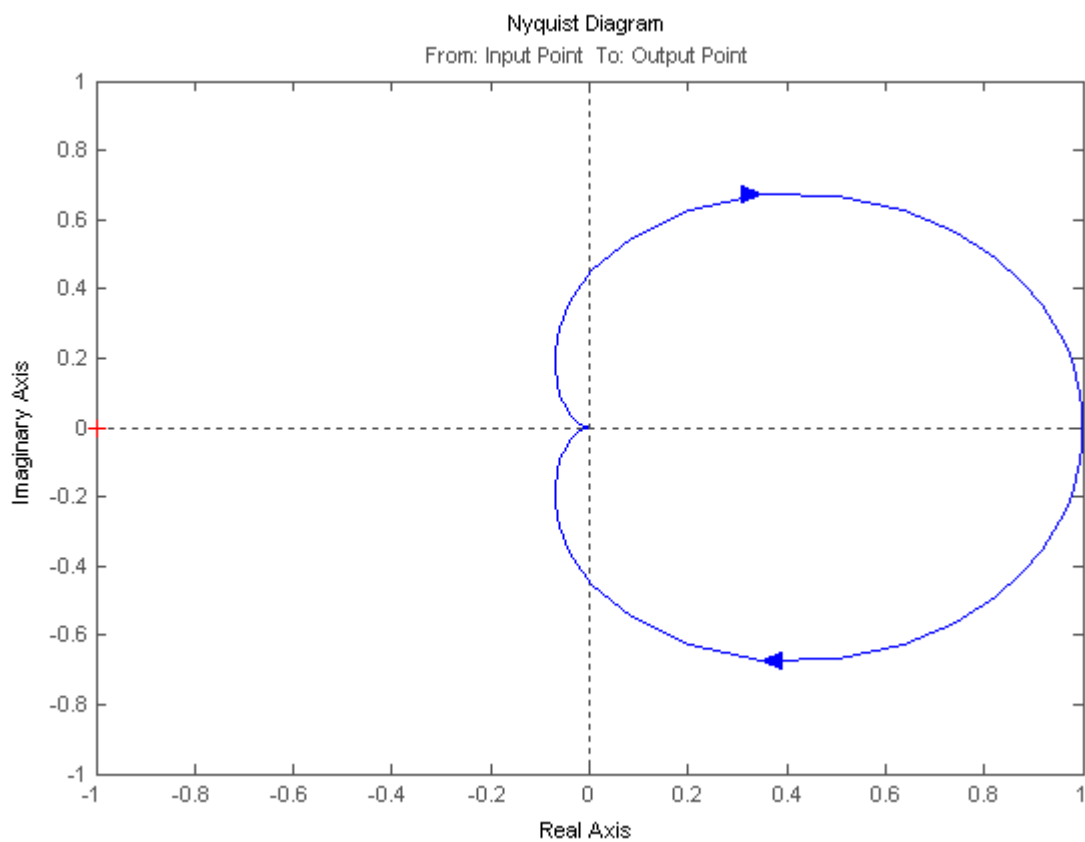


Рис. 12 Диаграмма Найквиста

Из диаграммы видно, что график не охватывает точку $(-1;0)$, следовательно система устойчива.

Оценка быстродействия системы по длительности переходного процесса t_{II} - времени, протекающего от момента приложения на вход единичного скачка до момента, после которого

$$|y(t) - y(\infty)| \leq \Delta y(\infty) = \Delta_1.$$

В данном случае значение Δ_1 составило 1% от величины скачка на входе. Длительность переходного процесса составила 0,3 с, что говорит о достаточно высоком быстродействии системы. Из полученных расчетных данных следует, что система удовлетворяет поставленным условиям.

4. Микропроцессорный блок управления

4.1. Центральный модуль

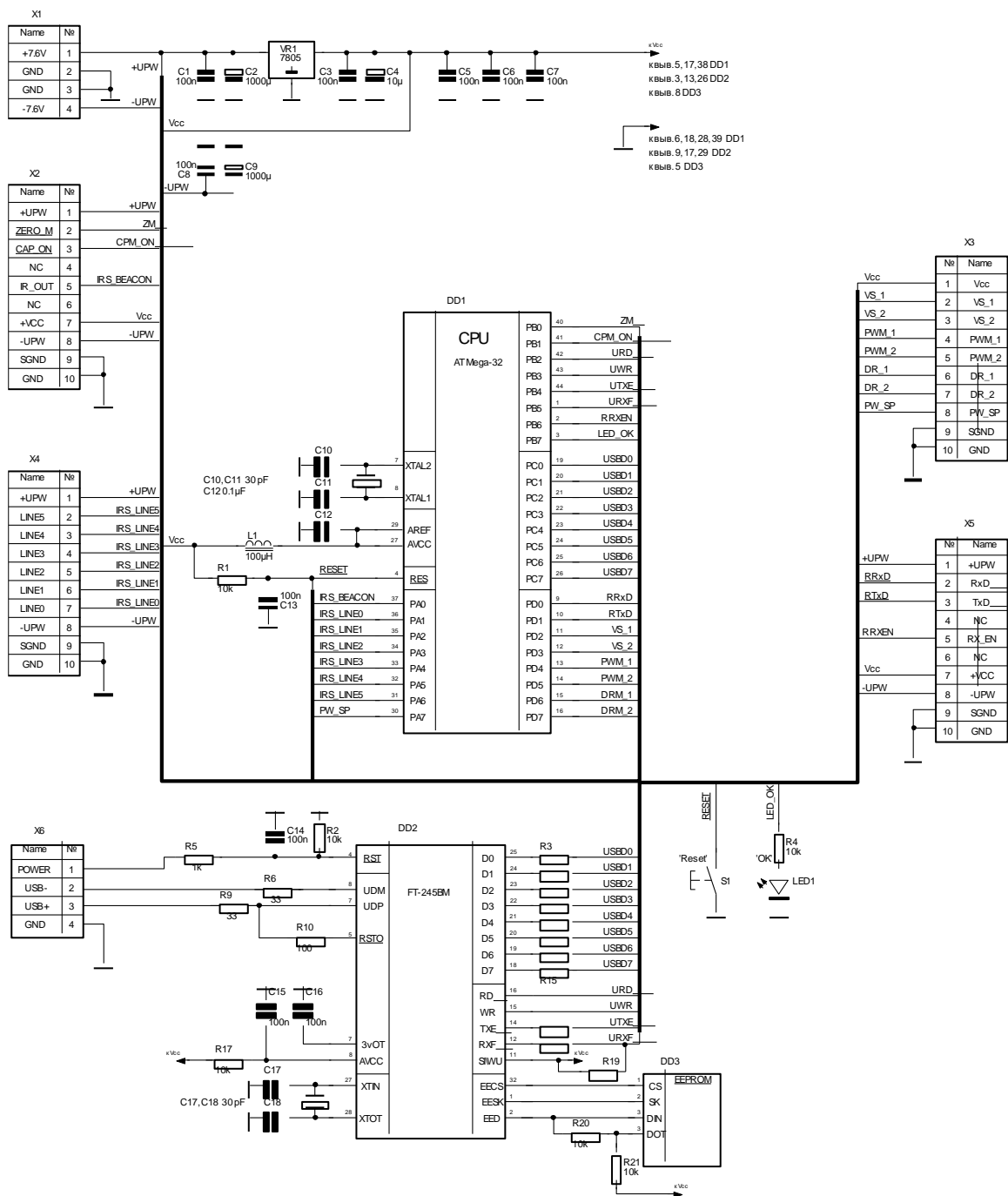


Рис 13. Схема электрическая принципиальная главного модуля управления

Напряжение питания от аккумуляторной батареи (на схеме не показана) подается через разъем X1 на схему стабилизации напряжения на конденсаторах C1 – C9 и микросхеме VR1. Последняя представляет собой интегральный стабилизатор напряжения +5В при токе нагрузки до 250 мА.

Полученное напряжение используется для питания ИС DD1, DD2, DD3, а также некоторых периферийных модулей.

Сердцем главного модуля мобильного устройства, приведенного на рис 3.17, является микроконтроллер ATmega32 DD1 фирмы **Atmel**. Элементы C10, C11, ZQ1 составляют обвеску внутреннего тактового генератора. Частота генерации зависит от примененного кварца, и в нашем случае равна 16 МГц. Элементы L1, C12 представляют собой фильтр питания внутреннего источника тока для аналогово-цифрового преобразователя, поэтому вывод источника внешнего опорного напряжения A_{REF} (выв. 29) остается свободным. Элементы R1 и C13 являются цепью формирования сигнала сброса микроконтроллера при включении напряжения питания.

Светодиод LED1 служит для индикации режима работы модуля. Кнопка S1 «Reset» необходима для принудительной инициализации контроллера.

Общее описание МК ATmega32:

Высокопроизводительный, маломощный 8-разрядный AVR-микроконтроллер

Развитая RISC-архитектура

– 133 мощных инструкций, большинство из которых выполняются за один машинный цикл

– 32 8-разр. регистров общего назначения + регистры управления встроенной периферией

– Полностью статическая работа

– Производительность до 16 млн. операций в секунду при тактовой частоте 16 МГц

– Встроенное умножающее устройство выполняет умножение за 2 машинных цикла

Энергонезависимая память программ и данных

– Износостойкость 32-ми кбайт внутрисистемной перепрограммируемой флэш-памяти: 1000 циклов запись/стирание

– Опциональный загрузочный сектор с отдельной программируемой защитой

Внутрисистемное программирование встроенной загрузочной программой

Гарантированная двухоперационность: возможность чтения во время записи

– Износостойкость 4 кбайт ЭСППЗУ: 100000 циклов запись/стирание

– Встроенное статическое ОЗУ емкостью 4 кбайт

– Опциональная возможность адресации внешней памяти размером до 64 кбайт

– Программируемая защита кода программы

– Интерфейс SPI для внутрисистемного программирования

Интерфейс JTAG (совместимость со стандартом IEEE 1149.1)

– Граничное сканирование в соответствии со стандартом JTAG

– Обширная поддержка функций встроенной отладки

– Программирование флэш-памяти, ЭСППЗУ, бит конфигурации и защиты через интерфейс JTAG

Отличительные особенности периферийных устройств

– Два 8-разр. таймера-счетчика с отдельными предделителями и режимами сравнения

– Два расширенных 16-разр. таймера-счетчика с отдельными предделителями, режимами сравнения и режимами захвата

– Счетчик реального времени с отдельным генератором

– Два 8-разр. каналов ШИМ

– 6 каналов ШИМ с программируемым разрешением от 2 до 16 разрядов

– Модулятор выходов сравнения

– 8 мультиплексированных каналов 10-разрядного аналогово-цифрового преобразования

8 несимметричных каналов

7 дифференциальных каналов

2 дифференциальных канала с выборочным усилением из 1х, 10х и 200х

– Двухпроводной последовательный интерфейс, ориентированный на передачу данных в байтном формате

– Два канала программируемых последовательных УСАПП

– Последовательный интерфейс SPI с поддержкой режимов ведущий/подчиненный

– Программируемый сторожевой таймер со встроенным генератором

– Встроенный аналоговый компаратор

Специальные возможности микроконтроллера

– Сброс при подаче питания и программируемая схема сброса при снижении напряжения питания

– Встроенный калиброванный RC-генератор

– Внешние и внутренние источники прерываний

– Шесть режимов снижения энергопотребления: холостой ход (Idle), уменьшение шумов АЦП, экономичный (Power-save), выключение (Power-down), дежурный (Standby) и расширенный дежурный (Extended Standby)

– Программный выбор тактовой частоты

– Общее выключение подтягивающих резисторов на всех линиях портов ввода-вывода

Ввод-вывод и корпуса

– 53 – программируемые линии ввода-вывода

– 64-выв. корпус TQFP

Рабочие напряжения

– 4.5 - 5.5В

Градации по быстродействию

– 0 - 16 МГц.

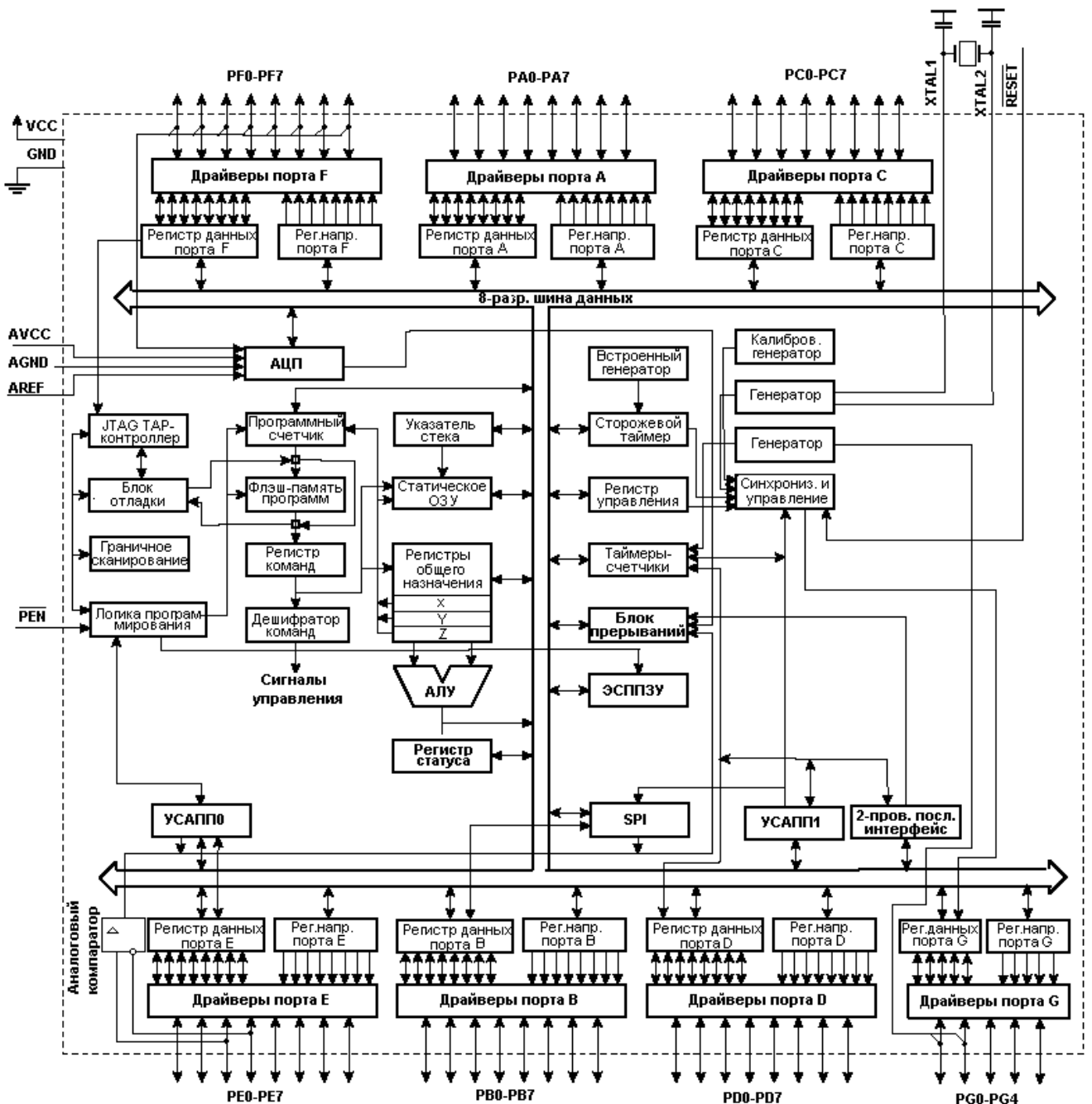


Рис. 14 Функциональная схема микроконтроллера Atmega32

Для связи с ЭВМ посредством протокола USB применена ИС DD2 FT245BM фирмы FTDI, представляющая собой законченный модуль двунаправленной передачи данных по интерфейсу USB (более подробное описание дано в приложении). Цепочка R5, C14, R2 обеспечивает инициализацию ИС при подключении к ЭВМ. Элементы R6, R9, R10 осуществляют согласование втекающих токов для DD2 FT245BM. Элементы C17, C18, ZQ2 являются внешней обвеской внутреннего тактового

генератора. В нашем случае тактовая частота, рекомендованная производителем, составляет 6 МГц. ИС DD3 N9316 выполняет функции ППЗУ конфигурации для DD2 (скорость приемопередачи, вариант протокола, поддержка питания с шины и др.).

Подключение внешней периферии к главному модулю осуществляется через разъемы X2, X3, X4, X5. Для соединения с ЭВМ используется разъем X6.

Табл. 2. Описание выводов разъема подключения ИК локатора (X2)

№ выв	Название	Описание
1	+UPW	Нестабилизированное напряж. батареи
2	ZERO_M	Выход датчика нулевого меридиана
3	CAP_ON	Включение привода локатора
5	IR_OUT	Выход амплитудного детектора ИК локатора
7	+VCC	Стабилизированные +5В
8	-UPW	Нестабилизированное напряж. батареи
4, 6	NC	нет соединения
9, 10	SGND, GND	Сигнальная и цифровая земли.

Табл. 3. Описание выводов разъема подключения датчиков полосы (X4)

№ выв	Название	Описание
1	+UPW	Нестабилизированное напряж. батареи
2	LINE5	Выходы датчиков полосы
3	LINE4	
4	LINE3	
5	LINE2	
6	LINE1	
7	LINE0	
8	-UPW	Нестабилизированное напряж. батареи
9, 10	SGND, GND	Сигнальная и цифровая земли.

Табл. 4 Описание выводов разъема подключения драйвера двигателей (X3).

№ выв	Название	Описание
1	+VCC	Стабилизированное напряжение +5В
2	VS_1	Выходы датчиков скорости левого и правого колеса
3	VS_2	
4	PWM_1	ШИМ сигнал управления ведущими двигателями
5	PWM_2	

6	DR_1	Сигналы управления направлением вращения ведущих двигателей
7	DR_2	
8	PW_SP	Сигнал разряда батарей
9, 10	SGND, GND	Сигнальная и цифровая земли.

Для возможности управления мобильным устройством дистанционно, был введен радиомодуль RCAT-433

Табл. 5 Описание выводов разъема подключения радиомодуля (X5).

№ выв	Название	Описание
1	+UPW	Нестабилизированное напряж. батареи
2	RxD	Принимаемые последовательные данные
3	TxD	Передаваемые последовательные данные
5	RX_EN	Управление прием/передача
7	+VCC	Стабилизированные +5В
8	-UPW	Нестабилизированное напряж. батареи
4, 6	NC	нет соединения
9, 10	SGND, GND	Сигнальная и цифровая земли.

4.2. Блок управления электродвигателями ведущего привода

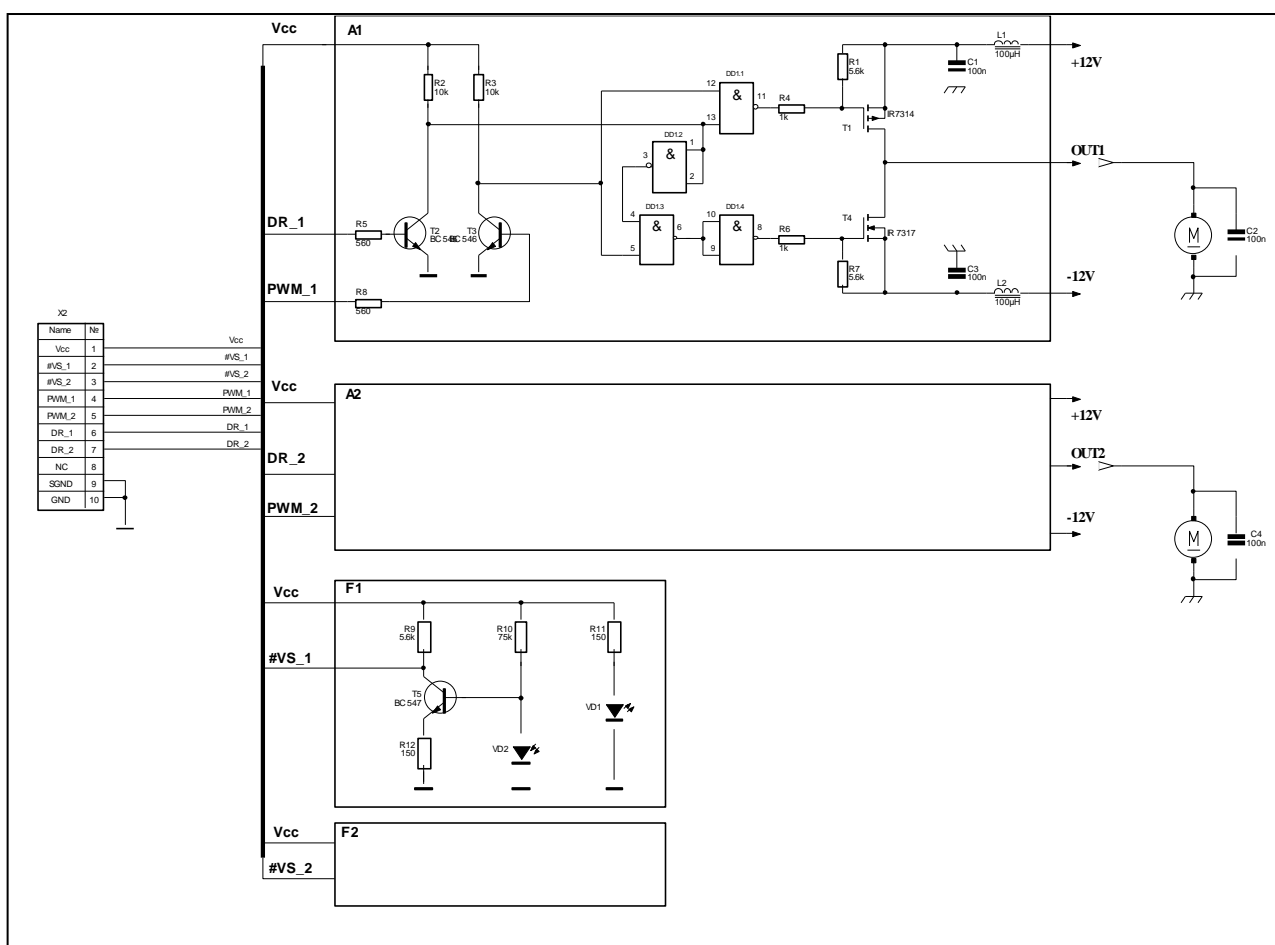


Рис. 15 Схема электрическая принципиальная блока управления электродвигателями тягового привода

Сигналы управления с главного модуля через разъем X1 поступает на инверторы-преобразователи уровня на транзисторах T2, T3. Далее сигналы управления поступают на элементы DD1.1, DD1.2, DD1.3, DD1.4, представляющий собой узел управления полевыми транзисторами. Как видно из таблицы истинности узла, представленной в табл. 3.6, схема предотвращает одновременное открывание двух ключей, что предотвращает их выход из строя при подаче ошибочных сигналов управления.

Табл. 6 Таблица истинности узла управления полевыми транзисторами

PWM_n	DR_n	Направление движения
0	0	-
1	0	Вперед
0	1	-
1	1	Назад

Далее сигналы управления приходят на затворы полевых транзисторов Т1, Т4. Осуществляющих коммутацию напряжения питания. При открывании одного из ключей двигатель вращается в ту или иную сторону. Элементы L1, С1, L2, С3 предотвращают проникновение импульсных помех по сети питания.

Оптический датчик скорости

Для контроля за скоростью вращения валов двигателей в конструкции предусмотрены оптические датчики скорости – энкодеры (блоки F1, F2) . Резистор R11 является ограничителем тока для излучателя VD1 типа АЛ103Г, транзистор VT5 выполняет функции инвертора-усилителя.

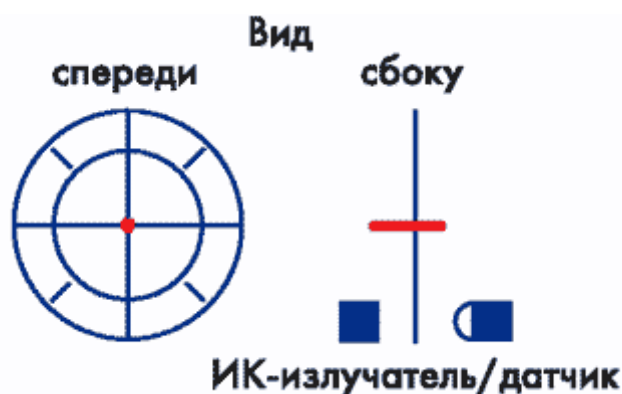


Рис. 16. Схема оптического энкодера

Скорость вращения энкодера может быть измерена разными способами. Наиболее часто встречающийся тип датчиков в энкодерах - это

оптический сенсор. Оптические энкодеры используют инфракрасный светодиод и датчик, а также колесо с прорезями, модулирующими световой поток. Такой датчик выдает один или несколько импульсов на один оборот объекта.

Ниже показаны временные диаграммы при разных скоростях вращения. При увеличении скорости вращения период импульсов и их длительность становятся меньше. Период и длительность импульса пропорциональны скорости вращения. Для получения большей разрешающей способности лучше использовать датчики с несколькими импульсами на 1 оборот.

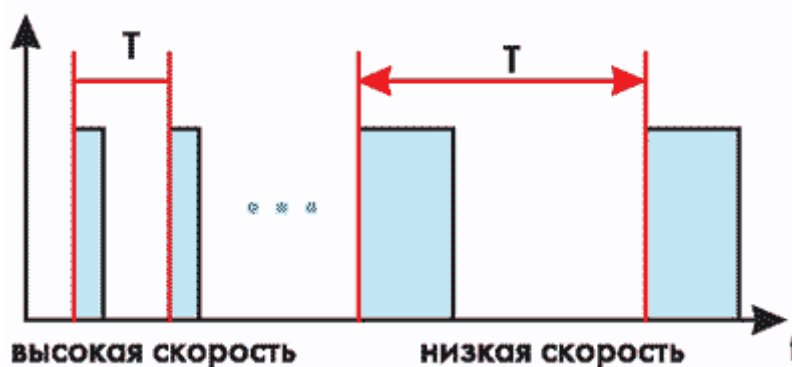


Рис. 17 Зависимость длительности импульсов от скорости вращения

в результате определяется угловая скорость вращения цилиндра по формуле:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 1000}{16(t_1 + t_2)},$$

где t_1 , t_2 – усреднённая длительность соответственно «единичных» и «нулевых» импульсов за один оборот цилиндра, мс.

4.3. Алгоритмы функционирования и управления.

Для реализации системы управления рассмотрим алгоритм работы системы управления. Алгоритм представлен в виде нескольких блок-схем, описывающих основные части исполнительного кода.



Рис.18. Инициализация контроллера

Инициализация контроллера настраивает режимы работы регистров, портов, настройки прерываний, и подключаемые параметры.

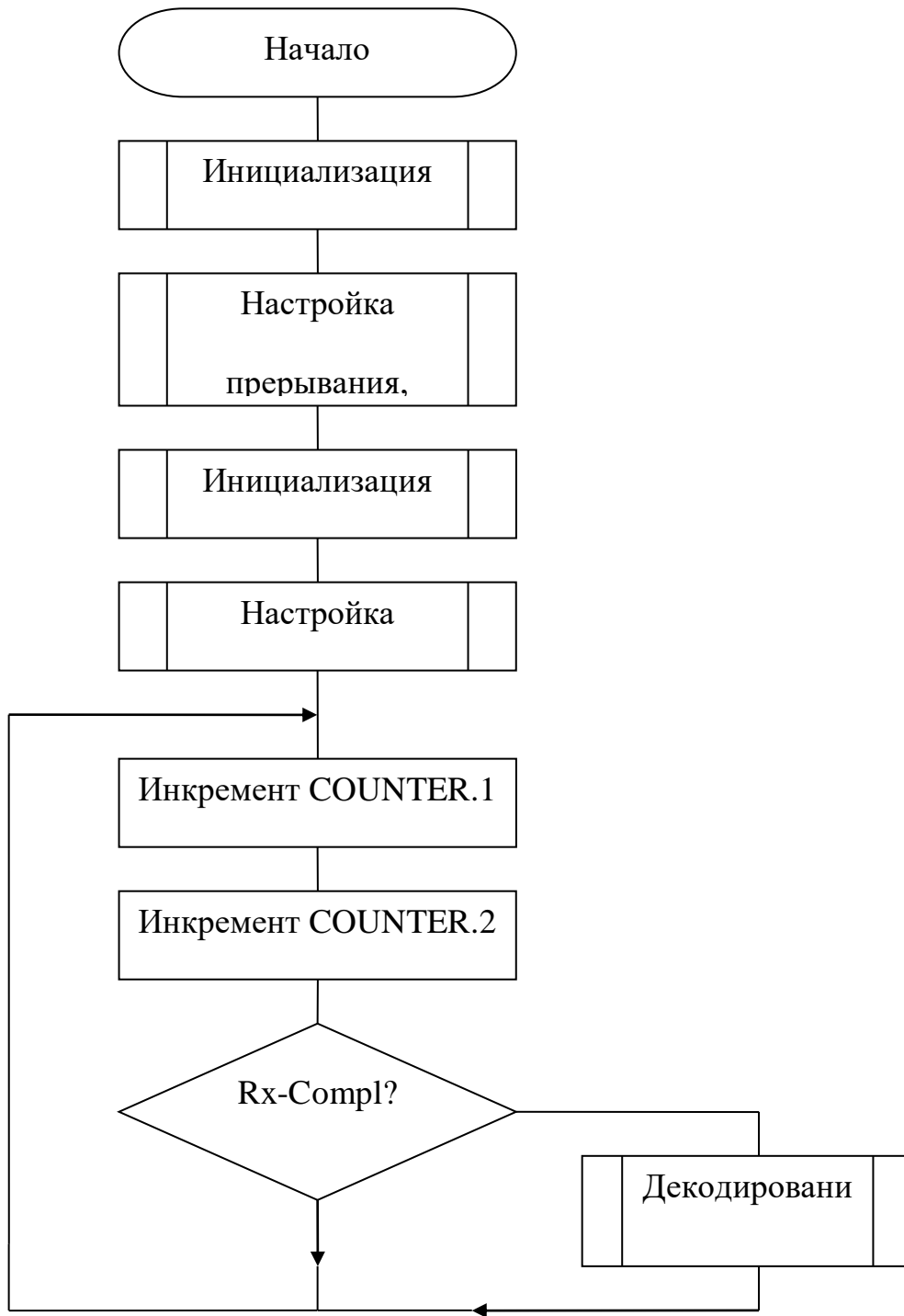


Рис.19. Главный программный цикл

Основной программный цикл реализует систему обратной связи, формирование управляющего воздействия, и обработку возникающих прерываний.

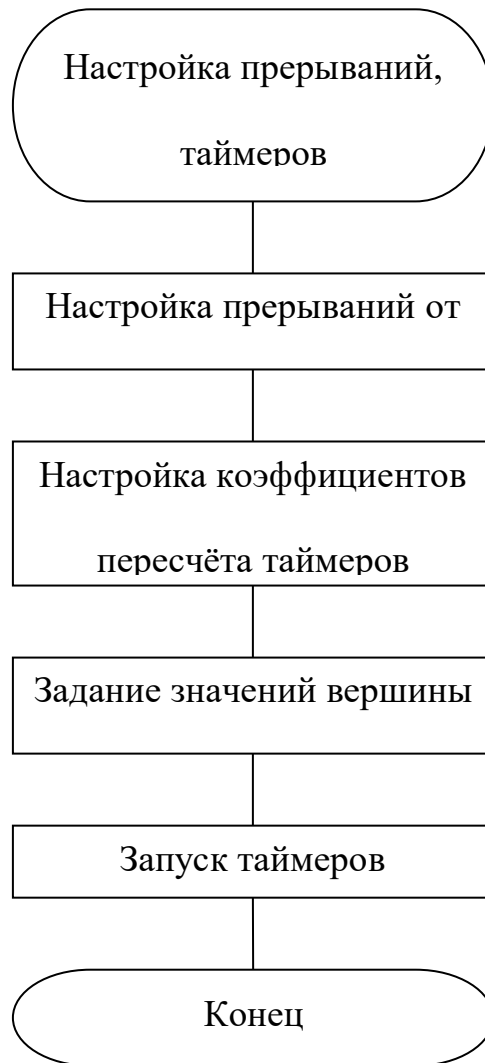


Рис. 20 Настройка внутренней периферии



Рис.21 Обработчик прерывания таймера №2. Вычисление текущих управляющих воздействий

В работе представлен пример реализации курсовой работы на примере системы автоматического управления мобильной подвижной колесной платформы. Показана разработка микропроцессорная система автоматического управления, блок управления двигателями постоянного тока. Проведены анализ устойчивости и качественных характеристик системы автоматического управления.

Список использованных источников

1. Бесекерский В.А., Попов В.П. Теория систем автоматического управления.– Изд. 4-е, перераб. и доп. - СПб, Изд-во «Профессия», 2003. - 752 с.
2. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин: Учеб. Пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990.- 592 с.
3. Красковский Е.Я., Дружинин Ю.А., Филатова Е.М. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов / Под ред. Ю.А. Дружинина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 480 с.
4. Элементы приборных устройств (Основной курс): Учеб. пособие для студентов вузов. В 2-х ч. Ч. 1. Детали, соединения и передачи / Тищенко О.Ф., Киселев Л.Т., Коваленко А.П. и др.; Под ред. О.Ф. Тищенко. – М.: Высш. шк., 1982. – 304 с.
5. Х. Хоровец, А. Хилл. Искусство схемотехники:.. – М.: Наука, 2004 – 320 с ил.
6. <http://www.atmel.com>
7. <http://www.atmel.ru>
8. <http://www.analogdevices.com>
9. <http://www.internationalrectifier.com>
10. <http://www.national.com>