

# РАЗРАБОТКА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ «КИНЕТИЧЕСКИЙ ДОЖДЬ»

А.И. Юдин

Научный руководитель: А.С. Фадеев  
Томский политехнический университет  
E-mail: aiy5@tpu.ru

## Введение

«Кинетический дождь» – движущаяся скульптура в сингапурском аэропорту Чанги. Данная скульптура занимает площадь 75 квадратных метров.

Система состоит из двух отдельных сегментов, установленных на расстоянии нескольких метров. Каждый сегмент состоит из заданного количества «капель дождя», подвешенных на тонкой проволоке. Двигатели с контроллерным управлением, прикрепленные к проводам, могут перемещать каждую каплю вверх и вниз независимо, что позволяет каплям дождя создавать сложные движущиеся формы. Установка запрограммирована так, чтобы «капли дождя» располагались определенным образом, создавая связанный контур различных объектов [1].

В настоящее время данная система, помимо аэропорта в Сингапуре, в основном представляется только в виде образца новой технологии на всевозможных выставках и конференциях.

Данная разработка популяризация технологий в массах людей через призму развлечений в различных местах массового скопления людей.

Целью данной работы является разработка концепции и создание аналога системы «Кинетический дождь», которая бы позволяла подключать различное количество конечных устройств и управлять не только перемещением «капли», но и цветом светодиода, расположенного внутри.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- разработать концепцию системы «Кинетический дождь»;
- подобрать интерфейс передачи данных для формирования локальной сети из сервера управления и исполнительных устройств;
- разработать структурную схему исполнительного устройства.

## Концепция системы

Данная система является системой точного позиционирования и предназначена для управления массивом шаговых двигателей для создания инсталляции наподобие кинетического дождя. В состав данной системы входят: двумерный массив шаговых двигателей, с устройством управления на каждом; устройство управления системой (сервер), связанное с устройствами управления шаговыми двигателями по каналу связи, а также компьютер,

подключенный к серверу для передачи массива данных. Схема системы представлена на Рис. 1.

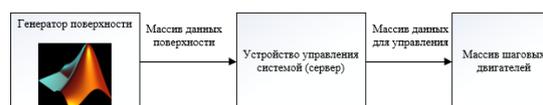


Рис. 1. Схема системы «Кинетический дождь»

Для данной системы были сформированы следующие основные требования:

- проектно-компоуемость, то есть количество «капель» дождя должно быть любым;
- воспроизведение 3D-поверхности со скоростью близкой к воспроизведению видеофайлов (от 10 до 25 кадров/с (10 - 25 Гц)). Следовательно, необходимо обеспечить минимально необходимую скорость работы.

Для определения минимальной скорости передачи данных между сервером и исполнительным устройством необходимо определить необходимое количество байт данных:

- координата для перемещения «капли» – 2 байта;
- скорость перемещения «капли» – 2 байта;
- цвет RGB светодиода – 3 байта.

Итого 7 байт данных.

При частоте воспроизведения 10 - 25 Гц необходимо передавать данные исполнительным устройствам каждые 40 – 100 мс, следовательно, минимальная скорость передачи по линии связи вычисляется по формуле:

$$v = \frac{Q}{t}, \quad (1)$$

где Q – количество данных, бит; t – время передачи данных, с.

Исходя из формулы 1, была получена минимальная скорость передачи данных:

$$v = \frac{7 \cdot 8 \cdot 1000}{40} = 1400 \text{ бит/с} = 1.4 \text{ Кбит/с};$$

Следовательно, скорость передачи данных между сервером и исполнительным устройством должна быть больше или равна 1.4 Кбит/с.

## Интерфейс передачи данных между сервером и исполнительными устройствами

Для передачи данных между исполнительными устройствами и сервером управления необходимо использовать интерфейс, который позволяет

подключать большое количество устройств и поддерживает расширяемость сети.

Беспроводные сети в данном случае не могут быть использованы, так как в местах большого скопления людей, например, в торговых центрах, наличие большого количества беспроводных устройств приведет к отказам системы ввиду низкой помехозащищенности по сравнению с проводной сетью. Другим немало важным аспектом является безопасность беспроводного канала связи, так как сообщения в беспроводной сети можно легко перехватить с помощью стороннего устройства, в проводной же сети для перехвата сообщения необходимо физическое подключение к этой сети [2].

На основании характеристик цифровых проводных интерфейсов передачи данных представленных в [3], было решено использовать в качестве интерфейса передачи данных интерфейс Ethernet 10 BASE-T. Основным критерием для выбора послужил факт, что данный интерфейс позволяет подключить к одной линии данных до 1024 устройств и при этом поддерживает расширяемость сети с использованием дополнительного оборудования, что позволит по необходимости увеличить количество «капель» дождя и обеспечит простоту монтажа готовой системы.

В качестве сетевого адаптера для исполнительного устройства было решено использовать сетевой адаптер W5500, так как он имеет большую емкость буфера приема/передачи, поддерживает Ethernet 10 BASE-T, 100 BASE-T, а также имеет аппаратную реализацию протокола TCP/IP, что не требует подключения дополнительных библиотек [4].

#### Состав исполнительного устройства

Исполнительное устройство предназначено для перемещения «капли» с определенной скоростью, а также обеспечения отображения необходимого цвета «капель».

Для перемещения «капли» дождя необходимо использовать двигатель, который может вращаться как в одном, так и в обратном направлении, при этом имеет небольшую погрешность при перемещении. Исходя из этих требований, было решено использовать шаговый двигатель 28BYJ-48, который к тому же обладает невысокой стоимостью.

При перемещении капли необходимо фиксировать максимальные и минимальные конечные положения «капли» для предотвращения механических повреждений устройства, а также его неверной работы. В качестве датчика конечного положения было решено использовать датчик Холла.

Данный датчик был выбран из тех соображений, что точность его показаний, в отличие от лазерных, щелевых и других датчиков незначительно зависит от внешних факторов (пыли, влаги, температуры).

Методика определения конечных положений заключается в изменении сигнала от датчика Холла при приближении магнитной зоны нити к датчику. В роли магнитных зон выступает магнитный винил наклеенный на определенных участках нити. Размеры магнитных зон будут влиять на величины магнитной индукции, создаваемой этой зоной. При этом контроллер сравнивает данное значение с пороговым и выдает реакцию при его превышении.

Для управления исполнительным устройством было принято решение использовать микроконтроллер STM32F030C8T6, так как он обладает достаточным объемом памяти программ, имеет невысокую себестоимость и стоимость программатора [4].

В результате подбора компонентов исполнительного устройства была разработана схема исполнительного устройства, представленная на рисунке Рис. .

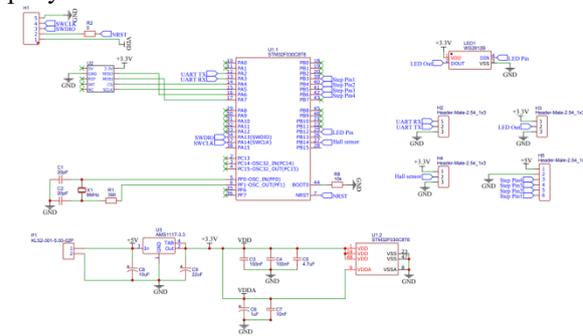


Рис. 2. Схема исполнительного устройства

#### Заключение

На сегодняшний день спроектировано исполнительное устройство системы «Кинетический дождь». Произведена сборка устройства. На данный момент производятся тестовые испытания собранного устройства в лаборатории.

В дальнейшем необходимо проработать пользовательский интерфейс Windows-приложения для управления системой, подобрать аппаратуру сервера управления и осуществить доработку всех элементов системы на основе проведенных экспериментов.

#### Список литературы

1. Kinetic Rain [Электронный ресурс] URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic\\_Rain](https://en.wikipedia.org/wiki/Kinetic_Rain), режим доступа: свободный (дата обращения: 25.12.2019).
2. Энциклопедия АСУ ТП. Промышленный Ethernet [Электронный ресурс] URL: [http://www.bookasutp.ru/Chapter2\\_9.aspx](http://www.bookasutp.ru/Chapter2_9.aspx), режим доступа: свободный (дата обращения: 25.12.2019).
3. Jan Axelson. Serial Port Complete: COM Ports, USB Virtual COM Ports, and Ports for Embedded Systems Second Edition – Madison, 2007. –379p.
4. ЧИП и ДИП — интернет-магазин приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/>, режим доступа: свободный (дата обращения: 25.12.2019).