

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-44-02>

УДК 621.3

Каганюк Олексій Казимирович к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0003-4616-8768>

Бортник Катерина Яківна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0001-5282-099X>

Свиридюк Катерина Анатоліївна, інженер

<https://orcid.org/0000-0003-0138-3931>

Міскевич Оксана Іванівна, асистент

<https://orcid.org/0000-0002-5009-2391>

Луцький національний технічний університет

КОМП'ЮТЕРНА ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ СУПУТНИКОВОЮ АНТЕНОЮ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА АТМЕГА.

Каганюк О. К., Бортник К. Я., Свиридюк К. А., Міскевич О. І. Комп'ютерна підсистема управління супутниковою антеною на базі мікроконтролери АТМЕГА. В даній статті розглядаються питання щодо до розробка комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною. Дається короткий огляд передачі сигналу без перешкод за допомогою супутникових антен. Приводиться обґрунтування по вибору технічних засобів в будові комп'ютерної підсистеми. Розглядаються питання щодо формування основних положень на створення автоматизованої комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною із використанням мікроконтролера.

Ключові слова: автоматизований процес, комп'ютерна підсистема, супутникова антена, мікроконтролер.

Каганюк А. К., Бортник Е. Я., Свиридюк Е. А., Міскевич О. И. Комп'ютерна підсистема управління супутниковою антеною на базі мікроконтролери АТМЕГА. В данной статье рассматриваются вопросы по разработке компьютерной подсистемы управления спутниковой антенной. Дается краткий обзор передачи сигнала без помех с помощью спутниковых антенн. Приводится обоснование по выбору технических средств в построении компьютерной подсистемы. Рассматриваются вопросы формирования основных положений по созданию автоматизированной компьютерной подсистемы управления спутниковой антенной с использованием микроконтроллера.

Ключевые слова: автоматизированный процесс, компьютерная подсистема, спутниковая антенна

Kaganyuk A., Bortnyk K., Svyrydiuk K., Miskevych O. Computer pisystem for controlling a satellite antenna based on microcontrollers ATMEGA. This article discusses the issues of developing a computer subsystem for controlling a satellite antenna. A brief overview of the transmission of signals without interference using satellite dishes is given. The rationale for the choice of technical means in the construction of a computer subsystem is given. The issues of the formation of the main provisions for the creation of an automated computer subsystem for controlling a satellite antenna using a microcontroller are considered.

Key words: automated process, computer subsystem, satellite dish.

Постановка проблеми. Якщо розглядати супутникове телемовлення в загальних аспектах життєдіяльності суспільства, то дана проблема передачі сигналу на відстані великої протяжності між об'єктами є величезною проблемою. І для стійкої передачі достовірно чіткого сигналу без втрати інформації якості, необхідно використовувати додаткові пристрої, або пристосування, які дозволили б виконати поставлене завдання.

У сучасну епоху супутникове телебачення стає більш доступним інструментом у створенні комфортних умов з передачі інформаційного матеріалу між об'єктами знаходяться на віддаленій відстані один від одного.

Аналіз дослідження поставленої проблеми.

В нашому випадку ми будемо розглядати технологічний процес, які буде підвищувати ефективність по використанню окремої замкнутої підсистеми управління супутникової антени. Для розробки підсистеми автоматичного управління супутниковою антеною, необхідно звернути увагу на технічні складові, які будуть входити в дану систему.

Одним із основних факторів, якій будемо використовувати в розробці підсистеми автоматичного управління супутниковою антеною, це регулятор. В нашому випадку необхідно зробити ставку на диференційний регулятор (ПД-регулятор). Існує достатньо багато методик по настройці ПД – регуляторів, однак традиційний метод не може забезпечити прийнятну ефективність регулювання. Тому виникає необхідність в розробці і вдосконаленні нових алгоритмів для адаптивних ППР – регуляторів.

Як показує аналіз літературних джерел [1,2,3], що при управлінні складними об'єктами, які функціонують в умовах не стаціонарності, широке використання найшли адаптивні регулятори, які реалізують типові ПІ, або ПІД закони регулювання. Адаптивні контролери, на базі яких будуються різного типу системи, здатні змінювати параметри, при зміні зовнішніх умов так, щоб мета

функціонування системи буде досягнута, навіть якщо зміни зовнішніх умов перешкоджають цьому. У закордонних і вітчизняних виробників Ремиконт, Овен, Сіменс, Мікрол та інші, як правило, реалізують метод Циглера-Ніколса [4]. Слід зазначити, що даний метод передбачає виведення об'єкта в область автоколивань, за рахунок переходу на Π – закон і грубого варіювання коефіцієнта посилення Кр. Однак, значний ряд технологічних процесів за умовами експлуатації не допускають автоколивального режиму.

Якщо не тільки вихідна величина об'єкта змінюється внаслідок зовнішніх причин, а й динамічні властивості об'єкта також змінюються в часі, то потрібна додаткова адаптивна властивість системи, яка забезпечує узгодження динамічних властивостей основного контуру до мінливих динамічних властивостей об'єкта. Системи, що реалізують цей принцип, називаються адаптивними.

При проведенні багатьох фізичних експериментів[5,6] необхідно забезпечити переміщення досліджуваних об'єктів з мінімальними кутовими відхиленнями їх робочих площин. Рішення задач управління складними технічними системами або об'єктами засноване на розробці їх математичних моделей визначаються в подальшому алгоритму регулювання.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що при проведенні багатьох фізичних експериментів необхідно забезпечити переміщення досліджуваних об'єктів з мінімальними кутовими відхиленнями в їх робочих площинах.

Цілью даної роботи полягає в тому, щоб використовуючи сучасну бібліотеку та напрацювання в розвитку мікропроцесорних контролерів, розробити підсистему управління супутниковою антеною

Виклад основного матеріалу. Супутникова антена (антена супутникового зв'язку) це антена, яка використовується для прийому і (або) передачі радіосигналів між наземними станціями і штучними супутниками Землі, в більш вузькому значенні - антена, яка використовується при організації зв'язку з ретрансляції через супутники. В супутниковому зв'язку використовують різні типи антен, найвідоміші - дзеркальні параболічні антени (супутникові тарілки), які масово застосовуються для прийому супутникового ТБ - мовлення і в супутниковому зв'язку. Залежно від призначення системи супутникового зв'язку можуть застосовуватися і інші типи антен.

Для роботи об'єктів прийому та передачі сигналів та команд через супутник, перш за все необхідно, щоб між антеною та супутником забезпечувалася пряма трансляція без зовнішніх перешкод для передачі інформаційного сигналу. На рисунку 1 показана схема інформаційного каналу за допомогою якого можна позбавитись перешкод на земній поверхні

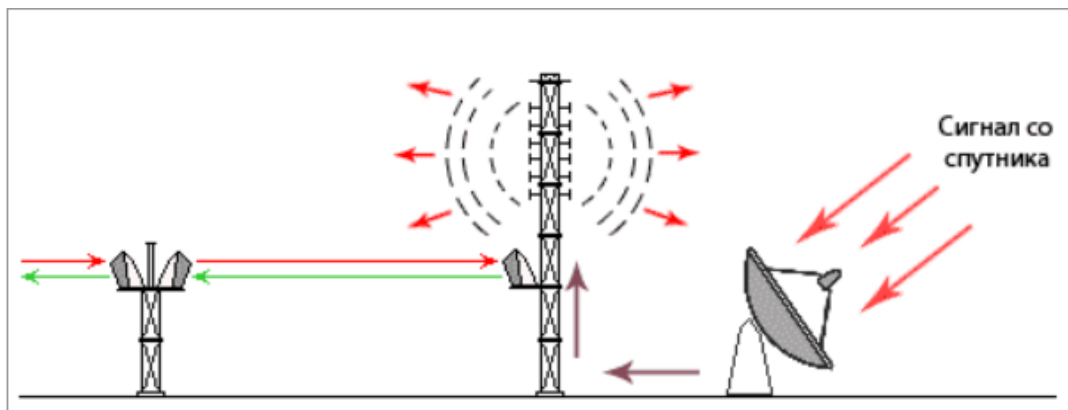


Рис. 1. Передача даних через супутникову антену

На рисунку 2 зображена технологічна схема передачі інформації через супутник.



Рис. 2. Технологія передачі сигналу з використання супутникового каналу.

Спрямована антена повинна бути орієнтована таким чином, щоб напрямком на супутник збігався з максимальним напрямком її діаграми спрямованості. Малі антени які працюють в низькочастотних діапазонах (L, C), мають широкую діаграму спрямованості. Наприклад, для портативного терміналу Inmarsat BGAN ширина діапазону ДН складає від 30 до 60 градусів. Таку антену досить грубо зорієнтувати в потрібному напрямку таким чином, щоб супутник міг потрапляти в обмежений сектор діаграмного спрямовування. Антени з вузько – направленою діаграмою спрямованості і високим посиленням інформаційного сигналу, вимагають максимально точного наведення передатчика та приймача. Наша задача полягає в тому, щоб розробити комп'ютерну підсистему управління супутниковою антеною, афективного прийому — передачі інформаційного сигналу в вузькому діапазоні направленої лучевої діаграми.

Як що розглядати практичну сторону реалізації даної системи, нам необхідно сформувані основні положення та вимоги, на яких буде формуватися розробка підсистеми. Загальні вимоги по формуванню комп'ютерної підсистеми, були відображені автором в матеріалах [5,6]

Для цього ми розглянемо найбільш реальний процес для телестудії, в якій здійснюється запис телепередачі. Для роздачі даної інформації або для безперешкодного мовлення на досить великий простір, нам необхідно сформований інформаційний сигнал, який пройшов первинну обробку і послати на супутникову антену. Далі цього, інформаційний сигнал необхідно направити на супутник, який знаходиться в космосі і має свої певні координати, які постійно змінюються в космічному просторі. Після цього, сигнал повинен надійти на приймальню супутникову антену, а потім вже безпосередньо до споживача. Це складний технологічний ланцюжок, не має статичних параметрів.

Але супутники, з яких ми будемо приймати інформаційний сигнал, знаходяться від землі на відстані близько 36 000 км. Для забезпечення досить надійного каналу мовлення, необхідно, щоб супутник перебував стаціонарно в одній і тій же точці з постійними координатами щодо положення нашої планети. Оскільки координати місця розташування визначаються в градусах, то і положення супутника в космічному просторі, також мають визначатися в цих же одиницях. На базі цих основоположних моментів, нам необхідно сформулювати основні положення по технічному оснащеності і подальшої розробці комп'ютерної підсистеми автоматичного управління супутникової антеною.

Їх можна сформувані наступним чином, враховуючи деякі припущення:

- розташування супутників повинно бути на геостаціонарній орбіті;
- положення супутників повинно бути стаціонарним і його координати повинні бути прив'язані до земних;
- положення координат супутника в космічному просторі під час передачі інформаційного сигналу в момент трансляції має визначатися в градусному вимірі з прив'язкою до земних координат.

А оскільки, ми знаходимося в північній півкулі, то для нас супутники, яких ми бачимо, будуть знаходитися в південно – східному і південно - західному напрямку. Для будь-якого з нас користувача з Землі, видно тільки частину геостаціонарної орбіти у вигляді дуги над горизонтом (див. рис. 3.)

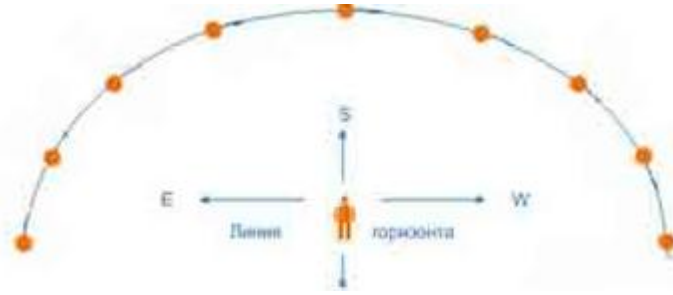


Рис. 3. Супутники на геостаціонарній орбіті. Процес налаштування.

У зв'язку з цим і визначається кількісний склад супутників, які беруть участь в ретрансляції даної інформації. Тому й існує певний порядок розташування загальновідомих супутників, які можна знайти у відповідних [1,2].

Покладаючись на теоретичне обґрунтування щодо розташування супутників в космічному просторі, дає нам можливість здійснювати відповідні налаштування на будь-який, доступний для нас супутник для прийому – передачі відповідного інформаційного каналу

Для того, щоб більш точно здійснювати налаштування між об'єктами, нам необхідно знати координати місця знаходження об'єкту прийому інформації. Для цього нам необхідно скористатися вимірювальними приладами, які будуть враховувати похибку при розробці програмного забезпечення

Обґрунтування щодо вибору технічних засобів. Для формування комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною ми зупинимося на стандартній супутниковій тарілці, яка найбільш поширена серед користувачів, мешканців населених пунктів, та селищ.

Закріплення супутникової тарілки виконується на стандартному поворотному пристрої. Для обертання антени використовується актюатор. Актюатор, це двигун із редуктором і датчиком обертання антени [2].

Для обертання супутникових антен, як зазвичай використовується планетарна підвіска, яка дозволяє переміщувати антену тільки в одній площині. Оскільки всі супутники які транслюють інформаційний канал, знаходяться на геостаціонарних орбітах, тобто обертаються навколо землі над екватором, то швидкість обертання антени буде дорівнювати швидкості обертання землі. В результаті, вони як би «зависають» кожен над своєю точкою на земній поверхні. Тому для наведення супутникову антену необхідно розташувати таким чином, щоб вона мала можливість обертання навколо осі, яка розташована паралельно осі обертання землі. Обертаючись тільки в цій одній площині, супутникова антена буде послідовно наводитися на кожен з супутників, які «висять» на геостаціонарній орбіті. Саме таку можливість і реалізує планетарна підвіска.

Стандартний актюатор забезпечує обертання антени зі швидкістю приблизно 90 градусів в хвилину, тобто, досить повільно. І влаштований електродвигун, для повертання антени, розрахований на постійну напругу 36 В і пусковий струм 1,5 А, працює на простий редуктор, що знижує частоту обертання до 2-3 оборотів в хвилину. Зміна напрямку обертання виробляється шляхом зміни полярності напруги живлення. На виході первинного редуктора, встановлений датчик обертання.

Датчик обертання це геркон, який закріплений в корпусі актюатора а постійний магніт – на вихідному валу редуктора. В даному випадку застосований з геркон має два нормально розімкнута контакти. Контакти геркона замикаються один раз при кожному оберті вихідного валу первинного редуктора.[4].

З виходу редуктора, крутний момент передається на черв'ячний механізм, що змушує рухатися спеціальну штангу, яка має великий хід. Під дією мотора, вона може виходити з корпусу актюатора приблизно на метр, або забиратися в нього повністю. Ця штанга і повертає супутникову антену. Нам необхідно розробити електронний пристрій, за допомогою якого позиціонер буде слідувати за станом антени використовуючи датчики оберту і зберігати поточне значення кута оберту в внутрішній пам'яті.

Позиціонер повинен мати можливість в будь-який момент запам'ятати поточний стан антени в одній зі спеціальних осередків внутрішньої пам'яті. Кількість таких осередків повинно бути не менше десяти. Тобто по-іншому, позиціонер повинен мати можливість запам'ятати не менше 10 позицій антени.

Вся записана у внутрішню пам'ять пристрою інформація повинна зберігатися в ньому після вимкнення живлення. Причому схема повинна гарантувати повне збереження всієї інформації навіть у разі непередбаченого зникнення живлення.

Позиціонер повинен забезпечувати автоматичний поворот антени в будь-яку сторону з раніше запам'ятованої позиції. Поворот повинен починатися відразу після вибору номера потрібної позиції.

Якщо поворот антени на обрану позицію ще не закінчено, а користувач вибере іншу, то відпрацювання попередньої позиції повинно бути негайно припинено, і позиціонер повинен перейти до відпрацювання нової позиції. Якщо нова позиція знаходиться в тому ж напрямку, що і скасована, то рух припинятися не повинна. Якщо нова позиція знаходиться в іншому напрямку, то електромотор повинен змінити напрямок обертання.

Позиціонер повинен мати цифровий індикатор. На ньому має відображатися номер поточного обраного каналу. Мається на увазі, що кожен канал зберігає одну із позицій. Крім того, на індикаторі повинна відображатися інформація про зміну режиму роботи і повідомлення про помилки. Також, позиціонеру необхідно мати мінімум кнопок управління, та мати систему дистанційного керування. Бажано при цьому використовувати один із стандартних пультів управління, наявних у вільному продажі. Позиціонер повинен мати черговий режим роботи. У черговому режимі позиціонер повинен переходити на знижене споживання енергії. Повинна бути передбачена можливість виходу з режиму очікування, як за допомогою кнопок управління, так і за допомогою пульта дистанційного управління. Для підвищення надійності роботи принципової схеми, необхідно передбачити розв'язку силового ланцюжка із керуючим ланцюжком. Це необхідно для захисту мікропроцесорної частини від атмосферних розрядів.

Для остаточного вирішення поставленої задачі по розробці принципової схеми управління, необхідно звернути увагу на додаткові вимоги що до розробці.

Для зберігання поточної інформації, необхідно використовувати постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП) [7,8,9,10].

У нашому випадку обсяг інформації, призначеної для зберігання, повинен бути досить невеликим. Для цього вистаче, наприклад, мікросхема K558PP1.

Мікросхема K558PP1 є електрична перепрограмуємо ПЗП, що має 256 осередків, у якій для читання і запису інформації використовується послідовна двох провідна шина, яка використовує протокол обміну під назвою I2C. Ця шина і протокол розроблені фірмою PHILIPS. Вони призначені для систем цифрового управління в сучасних моделях телевізорів. Не вдаючись в подробиці, скажу лише, що таке рішення дозволяє процесору обмінюватися інформацією з мікросхемою пам'яті за допомогою всього лише двох проводів.

Детальніше про роботу I2C-шини ви можете прочитати на сайті [13] в розділі «Довідкові матеріали». Алгоритм роботи шини досить складний. Однак це не викликає ніяких труднощів, так як на сайті фірми ATMEL [14] виробника мікроконтролерів AT89C2051, є приклад готової програми для роботи з флеш-пам'яттю по I2C-шині і схема підключення такої пам'яті до процесора. Взагалі інформаційна підтримка продукції цієї фірми налагоджена добре.

Наступний момент, який потрібно було продумати перед тим, як почати розробку принципової електричної схеми - це розрядність лічильника положення антени. Показання лічильника будуть зберігатися в пам'яті мікроконтролера. Тому під лічильник необхідно буде виділити одну або кілька осередків. Спробуємо визначити, скільки елементів пам'яті нам буде потрібно для зберігання даної інформації. Максимальне число, яке буде зберігатися в даному лічильнику дорівнює кількості спрацьовувань датчика при повороті антени з одного крайнього положення в інше. У той же час, кількість розрядів лічильника визначає точність, з якою ми зможемо встановлювати антену в необхідну позицію.

Якщо для зберігання показань лічильника ми використовуємо всього один осередок пам'яті, то лічильник переповниться вже після 256 спрацьовувань датчика. Така кількість спрацьовувань настане при повороті антени всього на пару градусів. Тому одного осередку явно мало. Якщо ж для лічильника виділити два осередки, то такий лічильник переповниться тільки після 65536 спрацьовувань датчика. Підрахунок кількості спрацьовувань датчика реального актюатора на кожен градус повороту антени показав, що цього цілком достатньо.

Далі, потрібно було визначитися з кількістю розрядів цифрового індикатора. Основне призначення індикатора – відобразити номер поточного обраного каналу. Здавалося б досить і одного розряду. Однак я вирішив, що оптимальним рішенням буде дворозрядний семи сегментний індикатор. По-перше, на двох індикаторах легко висвітлити різні службові написи. Наприклад «РУ» (ручне управління) або «Ег» (помилка).

Крім того, в процесі дослідження було вирішено зробити не 10, а 100 осередків для запису позицій антени і, відповідно, 100 каналів. Обсягу пам'яті обраної мікросхеми (256 осередків) цілком вистачає. Зрозуміло, навряд чи ви на свою антену зможете зловити сигнали від ста різних супутників. Але з'являється можливість одну і ту ж позицію записати в кілька різних каналів і узгодити номери цих каналів з номерами каналів вашого ресивера. Загалом, зайвий запас за кількістю каналів ніколи не завадить. Тим більше, що це не зажадає ніяких додаткових витрат.

Другим етапом в нашому проєкті, необхідно визначитись із вибором процесора. Це дуже важливий етап. Вся інша елементна база буде будуватися виходячи із вибраного процесора.

В нашому випадку, ми зупинились на мікропроцесорі, якій володіє достатніми можливостями для вирішення поставленого завдання

Відразу було вирішено використовувати або P1C-контролер, або щось аналогічне йому. В результаті ми вибрали мікроконтролер AT89C2051 фірми ATMEL.

По-перше, за розмірами, кількістю портів введення/виводу, обчислювальним можливостям, він нічим не поступається P1C-контролерам. По-друге, він також, як і більшість P1C-контролерів, має вбудовану флеш-пам'ять програм. Однак, у порівнянні з P1C-ами, обраний контролер мав дуже суттєву перевагу. Його внутрішня структура і система команд буде максимально сумісна зі структурою і системою команд мікроконтролера iMCS-51 фірми Intel. Крім того, вже є в наявності всі основні інструментальні програми, необхідні для складання і налагодження програм. А саме транслятор з мови Асемблера і Отладчик.

Але, перш-ніж остаточно зупинитися на обраному процесорі, необхідно було переконатися в тому, що можливостей процесора вистачить для вирішення всіх поставлених завдань. Перший критичний момент, за яким процесор може не підійти для даної конкретної системи - це його швидкодія. Швидкодія будь-якого мікропроцесора визначається, перш за все, частотою його тактового генератора. За технічними умовами, максимально допустима частота тактового генератора процесора AT89C2051 - 24 МГц.

Однак, для правильної роботи згаданих вище алгоритмів підтримки флеш-пам'яті необхідно, щоб тактова частота дорівнювала рівно 12 МГц. Оцінимо тепер, чи вистачить такої частоти для виконання всіх передбачених технічним завданням функцій [12]. Спочатку згадаємо, що частота тактового генератора, перш ніж поступить на всі схеми мікроконтролера, за допомогою вбудованого дільника частоти ділиться на шість. В результаті частота синхросигналу основний схеми в нашому випадку фактично дорівнює 1 МГц.

Тепер подивимося, чи вистачить нам такої частоти. Найшвидший процес, який доведеться обробляти мікроконтролеру - це розпізнавання команд пульта дистанційного керування. Стандартний пульт дистанційного керування дозволяє проходження імпульсів в пачці до 1 кГц. Програма позиціонера повинна розпізнавати команди від пульта в режимі реального часу. Очевидно, що на кожен вхідний імпульс від пульта дистанційного керування доведеться 1000 тактів роботи процесора. З огляду на те, що більшість команд процесора виконуються за один, або за два такту, то за час, що дорівнює періоду проходження імпульсів в сигналі пульта дистанційного керування, даний процесор може виконати програму довжиною понад 500 команд. Виходячи з досвіду побудови подібних алгоритмів, можна стверджувати, що такої кількості команд більш ніж достатньо. В нашому випадку, як показали дослідження, складається всього з 60 операторів. Друге питання, яке потрібно продумати при виборі процесора - кількість ліній вводу / виводу. Наш процесор повинен керувати такими пристроями: дворозрядним світлодіодним дисплеєм, що складається з двох семисегментних індикаторів, двома ключами включення і виключення мотора поворотного пристрою (прямий і інверсний хід). Крім того, процесор повинен отримувати і обробляти сигнали від наступних зовнішніх пристроїв: кнопки управління (7 кнопок), датчик повороту антени, фотоприймач сигналів ДУ.

Для того, щоб оцінити, чи вистачить існуючих висновків процесора для вирішення всіх перелічених вище завдань, потрібно мати досвід розробки мікропроцесорних пристроїв. При цьому слід зауважити, що зовсім не обов'язково, щоб число висновків точно відповідало числу обслуговуваних пристроїв. Існує безліч прийомів, що дозволяють використовувати одні і ті ж висновки для управління кількома різними пристроями.

Останнім аргументом, який схилив чашу терезів на бік остаточного вибору - це невисока ціна мікросхеми AT89C2051.

Розробка схеми. Наступний етап - розробка принципової електричної схеми. Вдало розроблена схема - запорука якості і надійності всієї конструкції. Зазвичай, необхідно всебічно обмірковує різні варіанти схемного рішення. Порівнюючи їх між собою, намагаючись оцінити

недоліки і переваги кожного з варіантів. Зрозуміло, що для цього потрібно мати певний досвід в розробці мікропроцесорних пристроїв. Тому пропонується просто подивитися на рис. 4. Докладніше принцип роботи та опис периферійних пристроїв даної схеми буде описано в наступних матеріалах

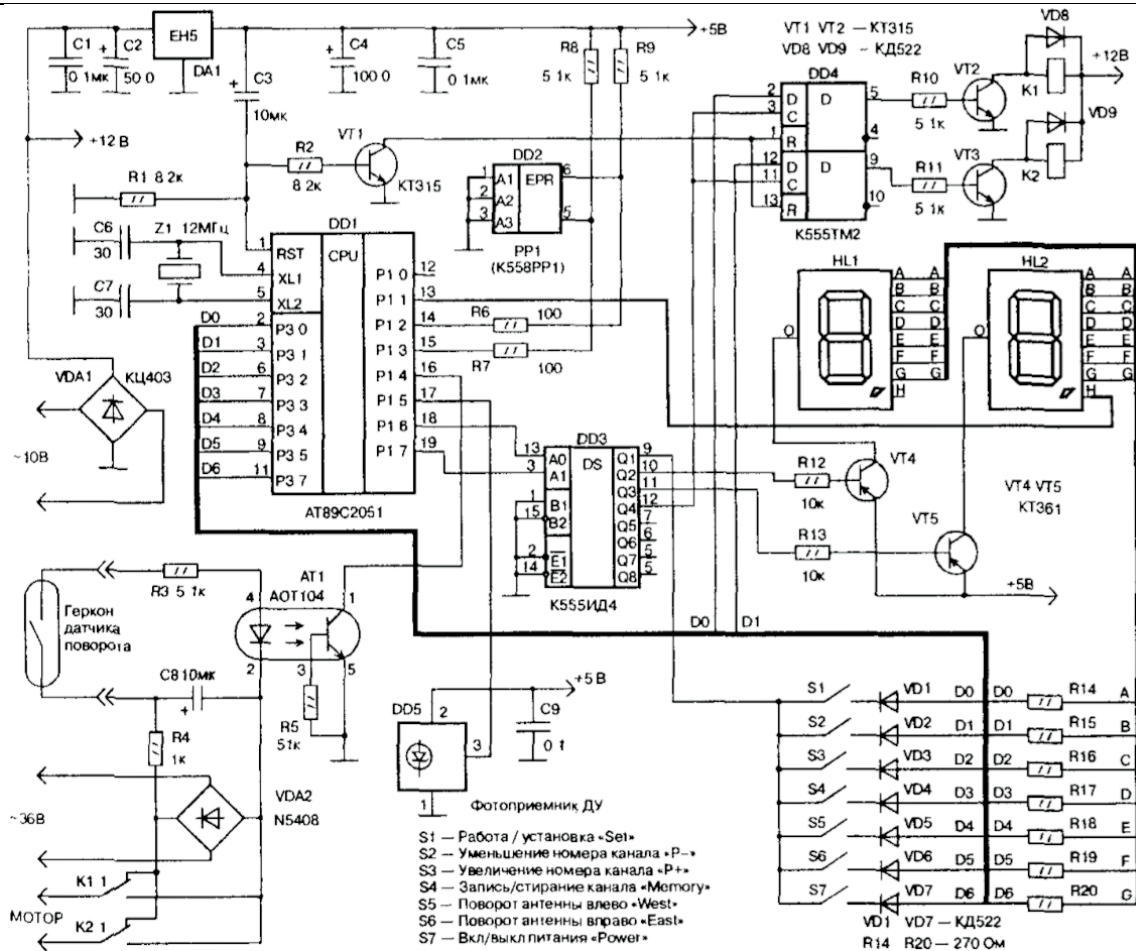


Рис. 4. Принципова схема управління супутниковою антеною.

Висновок. Для забезпечення надійного каналу мовлення і опираючись на проведені дослідження в області створення надійного інформаційного каналу передачі сигналу, були розроблені вимоги щодо розробки і практичної реалізації комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною А на базі цих основоположних моментів, були сформульовані основні положення по технічному оснащеності в подальшій розробці комп'ютерної підсистеми автоматичного управління супутниковою антеною.

Їх можна сформулювати наступним чином, враховуючи деякі припущення:

1. розташування супутників повинно бути на геостационарній орбіті;
2. положення супутників повинно бути стаціонарним і його координати повинні бути прив'язані до земних;
3. положення координат супутника в космічному просторі під час передачі інформаційного сигналу в момент трансляції має визначатися в градусному вимірі з прив'язкою до земних координат.
4. Проведено обґрунтування щодо вибору технічних засобів
5. Розроблена принципова схема комп'ютерної підсистеми управління супутниковою антеною

Список бібліографічного опису.

1. Методы измерения и новые технологии спутникового контроля. Отчет МСЭ –R SM.2424-0 (06/2018). Серия SM Управление использование спектра. ИТУ Международный союз электросвязи – 32 с.
2. Телеспутник // <https://telesputnik.ru/>
3. Электронный ресурс LyngSay // <https://www.lyngsat.com/>
4. Довідкові матеріали, <http://digitchip.by.ru> в розділі

5. Каганюк О.К. Формирование требований к созданию автоматизированной компьютерной подсистемы управления спутниковой антенной Комп'ютерно – інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» Луцьк, 2020. Випуск №43 с 23 – 297DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2021-43-04>
6. Каганюк О.К., Шипулін А.А., Луць М.С. Компьютерная підсистема управління спутниковой антенной Programmble logic integrated circuits and microprocessor technique in educationand manufacturing Abstracts of the International Scientific And Practice Workshop Of Young Scientists And Students 12-13. 05. 2020. p.
7. Самостоятельная подборка комплектующих // Спутниковое TV. Режим
8. Каганюк о.К. Парфенюк Б.О. Розробка лабораторного блока керування автономним інтерактивними об'єктами на базі мікроконтролера Міжнародна науково – практична конференція аспірантів і студентів «Інженерія програмного забезпечення 2014р.
9. Каганюк о.К. Парфенюк Б.О. Розробка компютерного маніпулятора з використанням емнісних сенсорів Міжнародна науково – практична конференція аспірантів і студентів «Інженерія програмного забезпечення 2014» 10 – 13 червня Київ. Національний авіаційний університет
10. Каганюк О.К. Парфенюк Б.О. Розробка компютерного маніпулятора з використанням емнісних сенсорів Студентський науковий вісник. – Луцьк: Видавництво ЛНТУ. – Вип. 15. – 2014. – С. 186–196
11. Каганюк О.К., Поліщук М.М., Сопіжук Р.В. Дослідження перетворювача з мікроконтролерним керуванням частоти інвертора. // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» (RINS, Copernicus). – Луцьк. – 2017, №26. – с. 213-219
12. Каганюк А. К, Мельник В. М, Математическая модель расчета параметров регулятора для подвижного объекта // Науковий журнал «Комп'ютерно – інтегровані технології: освіта, наука, виробництво» DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2020-39-04Луцьк, 2020. Випуск №39 с 22 – 29.
13. Електронний ресурс <http://ditchip.by.ru>
14. Електронний ресурс <http://www.atmel.com>

References.

1. Methods of measurement and new technologies of satellite control. ITU Report –R SM.2424-0 (06/2018). SM Series Spectrum management. ITU International Telecommunication Union - 32 p.
2. Telesputnik // <https://telesputnik.ru/>
3. Electronic resource LyngSay // <https://www.lyngsat.com/>
4. Dovidkovi materiali, <http://ditchip.by.ru> in the section
5. Kaganyuk O.K. Formation of requirements for the creation of an automated computer subsystem for satellite antenna control. - 2021-43-04
6. Kaganyuk O.K., Shipulin A.A., Luts M.S. Computer control system for satellite antenna Programmble logic integrated circuits and microprocessor technique in educationand manufacturing Abstracts of the International Scientific And Practice Workshop Of Young Scientists And Students 12-13. 05.2020.
7. Self-selection of components // Satellite TV. Mode
8. Kaganyuk O.K. Parfenyuk B.O. Development of the laboratory block of keruvannya by autonomous interactive objects on the basis of a microcontroller International Science - Practical conference of graduate students and students "Software Engineering 2014r.
9. Kaganyuk O.K. Parfenyuk B.O. Development of a computer manipulator with a set of small sensors International Science - Practical Conference of Postgraduates and Students "Software Engineering 2014" 10 - 13 worm Kiev. National Aviation University
10. Kaganyuk O.K. Parfenyuk B.O. Development of a computer manipulator with vicistories of emnisnyh sensors Student science visitor. - Lutsk: Vidavnytstvo LNTU. - Vip. 15. - 2014. - P. 186-196
11. Kaganyuk O.K., Polishchuk M.M., Sopizhuk R.V. Doslidzhennya re-transforming with microcontrolling keruvans of inverter frequency. // Science journal "Computer-integrated technologies: education, science, technology" (RINS, Copernicus). - Lutsk. - 2017, no. 26. - with. 213-219
12. Kaganyuk A. K, Melnik V. M, Mathematical model for calculating the parameters of a regulator for a moving object // Science journal "Computer - integrated technologies: education, science, technology" DOI: 10.36910 / 6775-2524-0560-2020- 39-04 Lutsk, 2020. Issue number 39 from 22 - 29.
13. Electronic resource <http://ditchip.by.ru>
14. Electronic resource <http://www.atmel.com>