

погрешность измерения времени полностью определяется частотой тактирования таймеров микроконтроллера.

Ключевой особенностью системы является зависимость эффективной базы измерения от угла влета частицы. С ростом угла наклона к нормали время пролета будет увеличиваться обратно пропорционально косинусу угла пролета. Так для системы опроса с тактовой частотой 100 МГц и ортогональном угле и скорости 5 км/с время пролета составит 4 мкс, а относительная погрешность за счет дискретизации не превысит 0.25%. Для скорости 10 км/с время пролета сокращается до 2 мкс, а погрешность возрастает до 0.50%.

Проведенная оценка точностных характеристик показала, что отказ от аналогового тракта считывания в пользу многоканальной дискретной архитектуры на базе компараторов является эффективным техническим решением для бесконтактных измерителей. Установлено, что точность определения пространственного вектора лимитируется шагом сетки и достигает максимума на предельных углах апертуры прибора. Погрешность измерения модуля скорости напрямую зависит от частоты таймеров, измерительной базы и угла влета частицы. Предложенная архитектура позволяет существенно упростить электронный блок прибора при сохранении высокой кинематической точности, что делает ее перспективной для применения в бортовой аппаратуре космических аппаратов.

Список использованных источников

1. Numerical simulation of the ion focusing process in a dust impact time of flight mass spectrometer / I. V. Piyakov, D. V. Rodin, M. A. Rodina, A. M. Telegin // CEUR Workshop Proceedings, Samara, 24–27 апреля 2018 года. Vol. 2212. – Samara: Без издательства, 2018. – P. 152-157. – DOI 10.18287/1613-0073-2018-2212-152-157.

2. Пияков И.В., Родин Д.В., Телегин А.М., Воронов К.Е., Родина М.А. Способ подключения усилителей к измерительным струнным электродам устройства для определения параметров движения высокоскоростных микрочастиц / Прикладная физика и математика, 2025, вып. 3, С. 24-32, doi: 10.25791/pfim.03.2025.1335

Родина Марина Александровна, асп. гр. А4_01.03.02, m.a.rodina@yandex.ru

УДК 621.376.4

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ СЛЕЖЕНИЯ С ФУНКЦИЕЙ ПРЯМОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАЗНОСТИ ФАЗ ДЛЯ НАВИГАЦИОННОГО ПРИЕМНИКА НА БАЗЕ SDR

С.В. Шафран

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: навигационный приемник, корреляционный канал, разность фаз, система-на-кристалле, синхронизация, петля обратной связи.

Современные тенденции развития микроэлектронной базы и распространение спутниковых навигационных технологий открывают перспективы для интеграции приемников ГНСС в контуры управления техническими объектами. Помимо определения координат, становится востребованным получение параметров ориентации, что требует соответствующей доработки архитектуры приемных устройств [1-3]. В данном исследовании предложена реализация программно-определяемого приемника на базе системы-на-кристалле, объединяющей ресурсы программируемой логики и процессорных вычислителей.

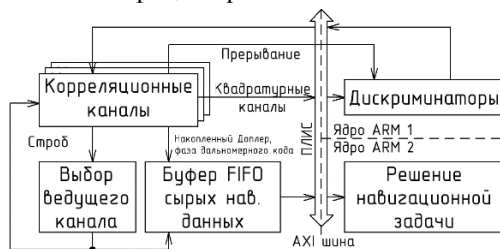


Рисунок 1 – Упрощенная структурная схема контура слежения

Вычислительная нагрузка разделяется между процессорами и программируемыми логическими вентилями системы-на-кристалле (рисунок 1). Операции, критичные к временным задержкам и требующие обработки потока отсчетов в реальном масштабе времени, такие как синтез дальномерного кода и несущей, корреляция и накопление сигнала, закреплены за аппаратными модулями ПЛИС (рисунок 2). Управление параметрами слежения вынесено на уровень программного обеспечения.

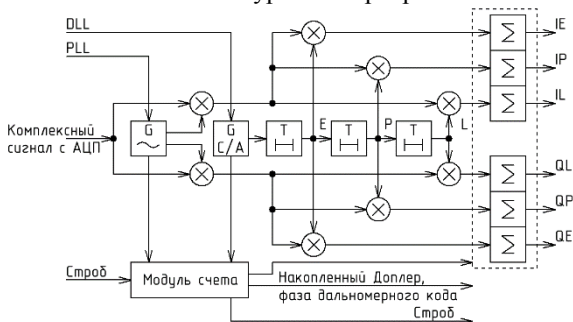


Рисунок 2 – Упрощенная структурная схема корреляционного канала

Синхронизация взаимодействия компонентов осуществляется аппаратным таймером: по завершении периода интегрирования формируется сигнал сохранения данных и запрос прерывания. Программный обработчик считывает накопленные значения через системный интерфейс, вычисляет ошибки с помощью дискриминатора и фильтра, после чего обновляет настройки локальных генераторов. Подобная организация позволяет задействовать вычисления с плавающей точкой только для менее частых операций, оптимизируя производительность процессора и экономия ресурсы ПЛИС.

Важной особенностью реализованных генераторов является поддержка мгновенной коррекции фазы, что ускоряет обработку ошибок слежения. При этом синхронизация шкал времени производится индивидуально для каждого канала относительно спутника, без жесткой привязки общего тактового генератора к системному времени навигации.

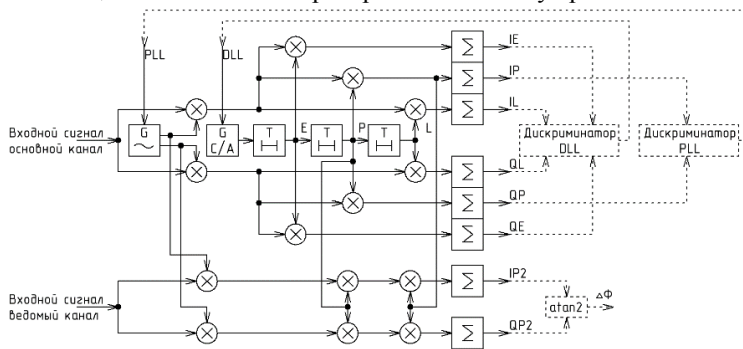


Рисунок 3 – Упрощенная структурная схема модуля слежения с прямым измерением разности фаз

Для задачи определения ориентации применена методика многоканального слежения с измерением разности фаз (рисунок 3). Конфигурация строится по принципу ведущего и ведомых контуров: опорный канал работает в замкнутом режиме, а его локальные сигналы транслируются на дополнительные каналы с разомкнутой обратной связью. В результате на выходе дискриминаторов ведомых контуров формируется непосредственное значение разности фаз между антеннами.

Данный подход исключает необходимость развертывания полных независимых каналов для каждой антенны, обеспечивая прямое получение навигационных параметров при сниженных вычислительных затратах.

Список использованных источников:

1. Albu-Rghaif A., Salman S. A., Alshamary H. A. J. Design an Adjustable Narrow Correlator to Track GPS Signals // Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science. 2019. Vol. 63, № 4. P. 312–319. DOI: 10.3311/PPee.13570

2. Borre K., Akos D. M., Bertelsen N., Rinder P., Jensen S. H. A Software-Defined GPS and Galileo Receiver: A Single-Frequency Approach. Boston: Birkhäuser, 2006.

3. Kaplan E. D., Hegarty C. J. (eds.) Under-standing GPS. 2nd ed. Boston: Artech House, 2006. DOI: S0147-9563(98)90087-5.

4. Tsui J. B.-Y. Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach. New York : John Wiley & Sons, Inc., 2000. DOI: 10.1002/0471712582

Шафран Степан Вячеславович, м.н.с., НЛ-98 (Научная лаборатория навигационных приемников СУ, shafran.sv@ssau.ru

УДК 621.389

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ НАВИГАЦИОННОГО СИГНАЛА

Д.О. Остапук

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова: навигационный приемник, ИМС, модуль слежения, AXI, OpenLane.

Зачастую приемники навигационного сигнала делают на базе ПЛИС для обеспечения параллельной обработки данных, но это накладывает дополнительные ограничения на быстродействие, потребляемую мощность и другие параметры устройства. Для эффективности и расширения диапазона потребительских качеств данных устройств реализация необходимого функционала в виде законченной микросхемы (ИМС) может обладать существенными преимуществами.

В состав типичного навигационного приемника входят антенна, аналоговая часть, отвечающая за обработку ВЧ сигналов, модуль поиска сигналов, модули слежения за спутниками, а также модуль вычисления навигационного решения. На рисунке 1 приведена структура такого навигационного приемника.

Как показано в [1], при проектировании специализированных микросхем вместо ПЛИС удастся повысить производительность, а также существенно уменьшить энергопотребление, что особенно важно при разработке устройств с автономным питанием.

В докладе рассматривается разработка цифровой ИМС, реализующей основной функционал приёмника, требующий обработки данных в режиме реального времени. При использовании этого решения весь приёмник может быть построен фактически на трёх ИМС: аналогового Front-End, цифровой ИМС, обрабатывающей его выходные сигналы, и процессора,