

УДК 621.396.621

DOI: 10.22184/NanoRus.2019.12.89.29.31

ВСТРАИВАЕМЫЙ МОДУЛЬ ВЫСОКОТОЧНОГО СПУТНИКОВОГО ТРЕХЧАСТОТНОГО НАВИГАЦИОННОГО ПРИЕМНИКА MC149.01 TRIPLE-BAND HIGH-PRECISION GNSS RECEIVER MC149.01

КЛИМЕНКО МИХАИЛ ЮРЬЕВИЧ

Ведущий инженер-программист

ЗАО НТЦ «Модуль»

125190, Россия, г. Москва, 4-я ул. 8 марта, 3

m.klimenko@module.ru

KLIMENKO MICHAEL YU.

Lead software engineer

RC Module JSC

3 Eight March 4th St., Moscow, 125190, Russia

m.klimenko@module.ru

В статье рассматривается отечественный навигационный процессор K1888BC018, модуль трехчастотного приемника ГНСС MC149.01, построенный на этом процессоре, а также приведены описание и результаты сравнительных экспериментальных исследований, проведенных с приемниками Swift Navigation Piksi Multi и Javad Lexon LGGD.

Ключевые слова: ГЛОНАСС; ГНСС; СБИС K1888BC018; GPS; NeuroMatrix; RTK.

This article describes the BBP2 GNSS ASIC, the triple-band high-precision GNSS receiver MC149.01 built upon it, as well as the independent experiments conducted with the Swift Navigation Piksi Multi and Javad Lexon LGGD GNSS receivers.

Keywords: GLONASS; GNSS; GPS; NeuroMatrix; RTK; SoC BBP2.

ВВЕДЕНИЕ

Аппаратура потребителей глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) предназначена для решения задач координатного и временного обеспечения. На рынке представлен широкий ассортимент приемников, обеспечивающих позиционирование от недорогой аппаратуры широкого потребления, работающей в режиме абсолютной навигации с допустимыми ошибками порядка единиц и десятков метров, до прецизионных приемников, функционирующих в дифференциально-фазовом режиме (*real-time kinematic*, RTK) для обеспечения местоопределения с сантиметровой и даже миллиметровой точностью.

ЗАО НТЦ «Модуль» завершил разработку встраиваемого модуля высокоточного спутникового трехчастотного навигационного приемника MC149.01, предназначенного для построения навигационной аппаратуры потребителей геодезического уровня. Модуль построен на базе отечественной СБИС K1888BC018 собственной разработки. В статье дан краткий обзор СБИС, проанализированы принципы построения модуля MC149.01, а также приведены результаты независимых экспериментальных исследований приемника относительно прецизионного оборудования других фирм.

СБИС K1888BC018

Рассматриваемая СБИС представляет собой цифровой программируемый приемник класса «система на кристалле» и обеспечивает прием аналоговых сигналов и программно-аппаратную цифровую обработку [1]. СБИС содержит три основных вычислителя: два ядра NMC3 и ядро общего назначения ARM1176JZF-S. Для решения задач обработки сигналов также были применены четыре внутренних 10-разрядных АЦП, специализированный блок предварительной обработки DDC, а также аппаратный блок корреляторов. Общая структурная схема приведена на рис. 1.

Особенностью микросхемы является функционирование аппаратного блока корреляторов в качестве сопроцессора на тактовой частоте процессорных ядер NMC3. Это означает, что в течение одной эпохи имеется возможность множество раз настраивать каналы корреляции, тем самым увеличивая итоговое количество обрабатываемых сигналов КА.

МОДУЛЬ MC149.01

На этапе системного проектирования модуля были предприняты меры по облегчению дальнейшей модернизации приемника. Это стало возможным благодаря применению аппаратуры с широкими возможностями по программированию как в цифровой части приемника (СБИС K1888BC018), так и в аналоговой (NTLab NT1065 Nomada). Общая структурная схема модуля приведена на рис. 2.

В соответствии со структурной схемой в модуле применено два радиоприемных устройства (РПУ) NT1065 для работы во всех трех существующих частотных диапазонах ГНСС. Частотный план приемника приведен на рис. 3. На данный момент поддерживаются сигналы GPS L1/L2/L5 и ГЛОНАСС

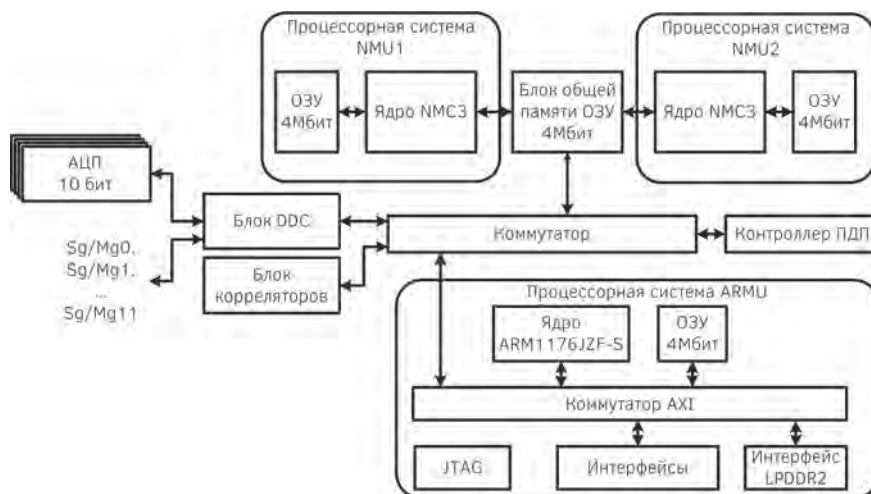


Рис. 1. Общая структурная схема СБИС K1888BC018



Питание модуля:
3.7 — 8.5 В

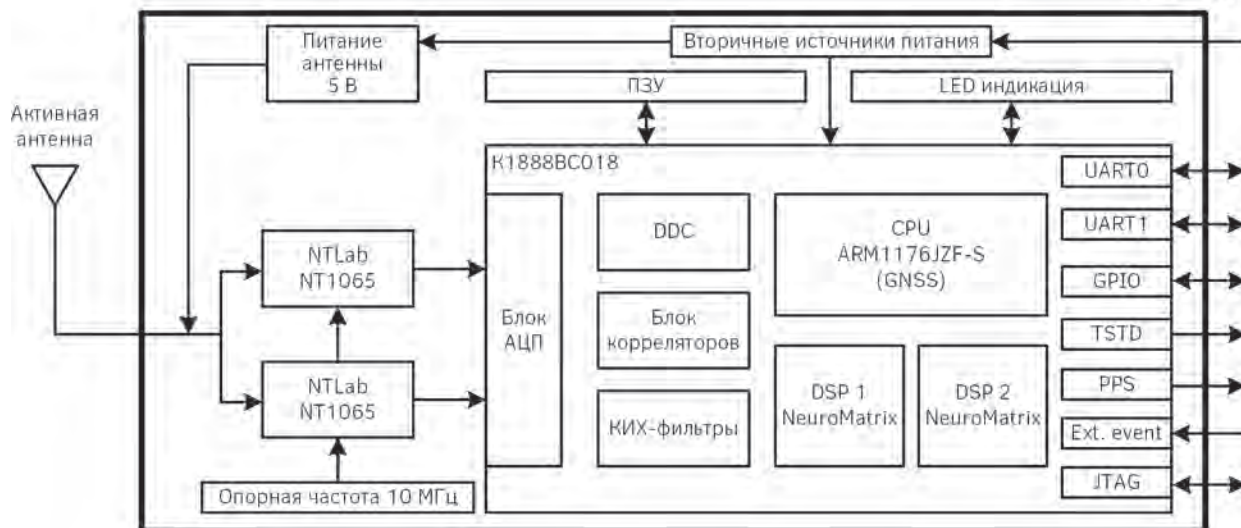


Рис. 2. Общая структурная схема модуля MC149.01

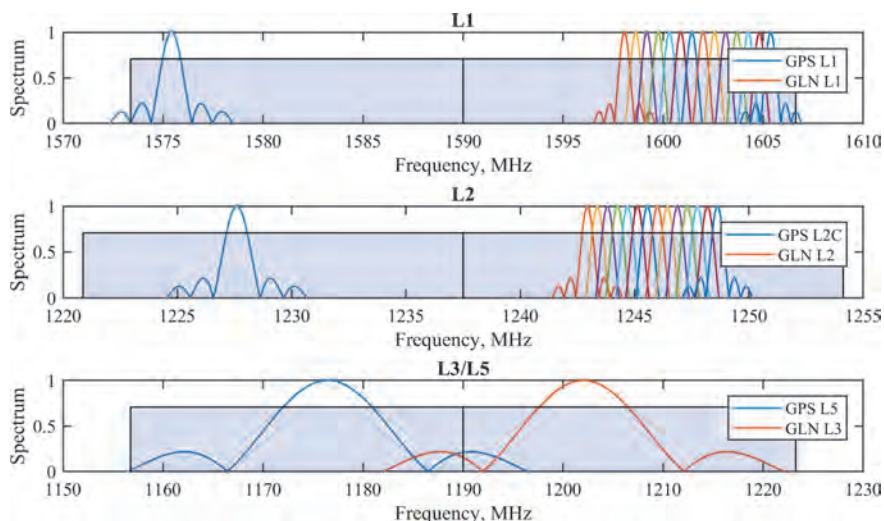


Рис. 3. Частотный план модуля MC149.01

L1/L2/L3. В частотный план также заложена возможность поддержки Galileo E1/E5 и BeiDou B1/B2.

Полностью программируемая архитектура приемника позволяет без замены аппаратуры обновлять ПО не только в плане исправления обнаруженных ошибок или незначительных улучшений, но и также в целях глобального обновления приемника в виде добавления нового функционала и обработки сигналов новых навигационных систем.

Модуль навигационного приемника MC149.01 содержит 80 независимых спутниковых каналов слежения, в каждом из которых содержится пятиотводный комплексный коррелятор. Применение этой техники позволяет значительно уменьшить кодовую ошибку многолучевого распространения сигнала. Модуль обеспечивает решение навигационной задачи с темпом до 20 Гц.

Отличительной особенностью модуля являются поддержка и слежение за сигналами навигационных космических аппаратов в поддиапазоне L3/L5. Благодаря более широкой полосе эти сигналы гораздо меньше подвержены ошибкам, связанным с многолучевым распространением сигнала. Помимо этого, к преимуществам работы с сигналами поддиапазона L3/L5 стоит

отнести дополнительный набор независимых измерений, которые значительно улучшают позиционирование в дифференциально-фазовом режиме.

При разработке схемотехники модуля была реализована конструктивная совместимость с вычислительными модулями формата PC/104. Предполагается использовать модуль в геодезических приборах следующим образом: модуль MC149.01 осуществляет прием, обработку сигналов ГНСС, а также передачу «сырых» данных (псевдодалностей, псевдофаз и т.д.). Вычислительный модуль (т.н. процессор приложений) предназначен для приема и/или передачи поправок, общения с внешними устройствами, а также решения задачи высокоточного позиционирования в реальном масштабе времени

(RTK). Внешний вид модуля MC149.01 приведен на рис. 4.

Для удобства конечных потребителей была произведена интеграция бинарного протокола модуля MC149.01 в комплект прикладных навигационных программ RTKLib, который является де-факто стандартом высокоточной навигации [2]. Использование программ RTKLib позволяет пользователю получать высокоточное решение с сантиметровой точностью при совмещении модуля MC149.01 с любым приемником геодезического уровня других производителей.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для получения сравнительных характеристик приемника были проведены экспериментальные исследования на базе учебно-исследовательского центра «Лаборатория навигационных систем» (УИЦ ЛНС). Эксперимент заключался в накоплении «сырых» данных приемников при подключении к общей антенне (на «нулевой базе») с последующей постобработкой и оценкой статистических характеристик позиционирования и измерений. Для сравнения были взяты два приемника: Swift Navigation Piksi Multi и Javad Lexon LGGD. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 5.

Таблица 1

	MC149.01	Piksi Multi (Swift)	Lexon LGGD (Javad)
СКО по долготе (мм)	4,2	4,1	4,6
СКО по широте (мм)	7,8	8,7	9,6
СКО по высоте (мм)	10,5	11,7	10,6

Таблица 2

	MC149.01 — Pixki	MC149.01 — Javad	Piksi — Javad
GPS L1, СКО (циклы)	0,0047	0,01	0,008
GLN L1, СКО (циклы)	0,0103	0,0115	0,0107
GPS L2, СКО (циклы)	0,0093	0,013	0,013
GLN L2, СКО (циклы)	0,0106	0,0112	0,0110



Рис. 4. Внешний вид модуля MC149.01

«Сырые» данные приемников собирались в течение двух часов, после чего были конвертированы в файлы формата RINEX 3. После этого были запрошены данные базовой станции для оценки точности позиционирования в дифференциально-фазовом режиме. Решение RTK-задачи было проведено утилитой *rnx2rtkp.exe* из комплекта прикладных программ RTKLib. Результирующие точности приведены в табл. 1, визуализация RTK-решения представлена на рис. 6.

Точность «сырых» измерений приемников определяется по оценке вторых разностей псевдофазовых измерений [3]. Расчет был осуществлен для трех возможных комбинаций приемников. Результаты приведены в табл. 2. В связи с тем что в приемниках Swift и Javad отсутствуют измерения в третьем частотном диапазоне, исследования производились в режиме GPS/ГЛОНАСС L1+L2.

Проведенные эксперименты показывают высокое качество формирования «сырых» псевдофазовых измерений приемника MC149.01. Качество «сырых» измерений и точность решения RTK-задачи показывают результаты, сравнимые и превосходящие современные аналоги.

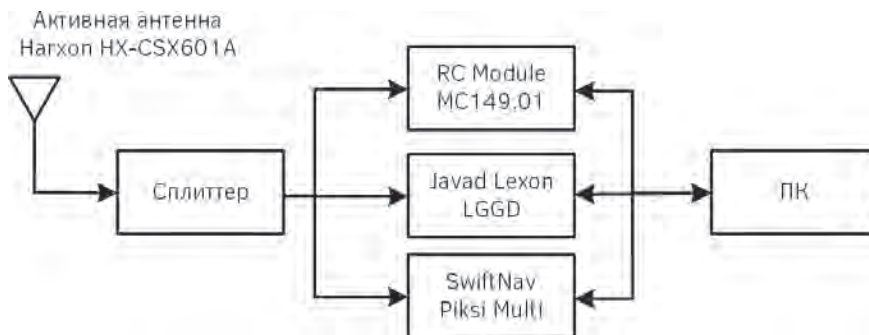


Рис. 5. Схема экспериментальной установки

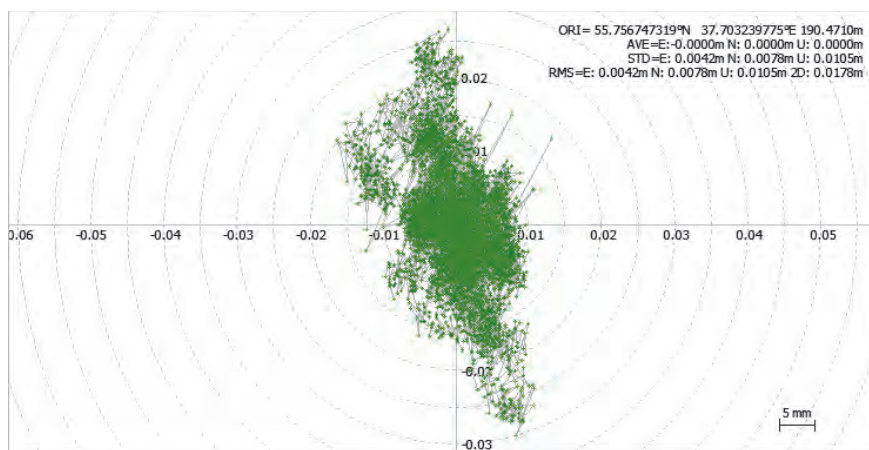


Рис. 6. RTK-решение модуля MC149.01 в рамках экспериментальных исследований

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ЗАО НТЦ «Модуль» разработан первый отечественный трехчастотный приемник ГНСС, который по точности позиционирования и качеству «сырых» измерений сравним с зарубежными аналогами. Благодаря широким возможностям по программированию устройства пользователи могут рассчитывать на постоянное улучшение качества приемника и добавление обработки новых сигналов без необходимости покупки новой аппаратно-программной платформы.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЗАО НТЦ «Модуль». Микросхема интегральная K1888BC018. Руководство по эксплуатации.
2. Tomoji Takasu, Akio Yasuda. *Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program package RTKLIB.*
3. Pratap Misra, Per Enge. *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance.*