

**Нижегородский научно-исследовательский радиофизический институт
Госкомитета Российской Федерации по высшему образованию**

Препринт N 381

**АППАРАТУРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МИЛЛИСЕКУНДНЫХ
ПУЛЬСАРОВ НА 610 МГц**

**Ю.И.Белов
Ю.П.Илясов
В.В.Орешко
А.А.Петровский
А.С.Серкин
А.С.Сязов**

Нижегород, 1994

Белов Ю.И., Ильясов Ю.П., Орешко В.В., Петровский А.А.,
Серкин А.С., Сизов А.С.

"Аппаратурный комплекс для миллисекундных пульсаров на 610 МГц."
Препринт N 381.- Нижний Новгород: НИРФИ; Пушкино, РАС ФИАН,
1994. - 13 с.

В рамках научно-технического проекта "Астрокомплекс" создается аппаратурный комплекс (АС-610/160) для наблюдения миллисекундных и двойных пульсаров в полосе частот 608-614 МГц.

Аппаратурный комплекс АС-610/160 предназначен для работы на радиотелескопе ОКБ МЭИ ТНА-1500 диаметром 64 м и состоит из выносного высокочастотного блока, многоканального приемника, программируемого синхронизатора, накопителя-регистратора, и ЭВМ для управления и первичной обработки.

Две группы каналов - по 80 каналов (ширина полосы канала-40 кГц) переключаются либо на регистрацию сигналов одной поляризации в удвоенной полосе приема - 6,4 МГц, либо на прием сигналов двух ортогональных поляризааций в одинарной полосе - 3,2 МГц.

Накопитель - регистратор синхронизируется стандартом частоты - времени с помощью управляемого от ЭВМ специального программируемого синхронизатора с погрешностью 100 нс. Период выборки аналоговых сигналов в узком канале селективных фильтров может изменяться от 10 мкс до 32,768 мс с коэффициентом, кратным 2. Количество выборок на период - до 256. Объем буферного ОЗУ накопителя - 120 кБ. Регистрирующая часть состоит из программируемого синхронизатора, накопителя, ЭВМ РС АТ-286/287 и крейта стандарта САМАС.

В настоящее время первая очередь приемной аппаратуры (40 каналов) с малошумящим усилителем $T_{ш} = 130$ К с апреля 1993 года используется в регулярных наблюдениях по хронометрированию миллисекундного пульсара 1937+21 на радиотелескопе ОКБ МЭИ ТНА-1500 в Мецвежских Озерах. Среднеквадратичное отклонение определения момента прихода импульса при накоплении за 30 мин составило 0,4 мкс. В полном объеме приемник должен эксплуатироваться в начале 1994 года.

В рамках научно-технического проекта "Астрокомплекс" создается аппаратный комплекс (АС-610/160) для наблюдения миллисекундных и двойных пульсаров в полосе частот 608-614 МГц, выделенной на вторичной основе "Регламентом связи" для радиоастрономических служб. Дециметровый диапазон волн является оптимальным для хронометрирования миллисекундных пульсаров на полноповоротных радиотелескопах. Как показывают расчеты, отношение сигнал/шум для большинства пульсаров максимально при их регистрации в диапазоне 500-1000 МГц, т. е. при росте яркостной температуры неба с длиной волны с показателем степени +2,5 и среднем спектральном индексе плотности потока радиоизлучения пульсаров порядка $-(2-2,5)$ на частотах ниже 450 МГц сигнал/шум уменьшается из-за роста шумов фона. На частотах выше 1000 МГц при практически постоянной шумовой температуре систем радиотелескопа сигнал/шум ухудшается из-за быстрого падения потока пульсара с увеличением частоты приема.

Аппаратный комплекс АС-610/160 предназначен для работы на радиотелескопе ОКБ МЭИ ТНА-1500 диаметром 64 м и состоит из выносного высокочастотного блока, многоканального приемника, программируемого синхронизатора, накопителя-регистратора, и ЭВМ для управления и первичной обработки.

Две группы каналов - по 80 каналов (ширина полосы канала-40 кГц) переключаются либо на регистрацию сигналов одной поляризации в удвоенной полосе приема - 6,4 МГц, либо на прием сигналов двух ортогональных поляризаций в одинарной полосе - 3,2 МГц, (см. Рис. 1).

Приемник имеет на входе импульсный шумовой генератор, который имитирует сигналы пульсара при калибровке и подключен через направленный ответвитель к транзисторному входному МПУ с $T_{ш} \sim 60$ К, $K_{ш} \sim 40$ дБ.

Управление, контроль и подача питающих напряжений импульсного шумового генератора осуществляется от удаленного (до 200 м) пульта.

Режимы работы шумового генератора:

- импульсный, с длительностью импульсов:
100 мкс, 1,0 мс, 10 мс, 100 мс;
- генерация непрерывного шумового сигнала;
- отключение источника шума.

Ослабление температуры шума осуществляется с дискретом 2 дБ от 0 до 300 К (измеренной по выходу направленного ответвителя). Синхронизация модулятора генератора шума осуществляется от внешнего

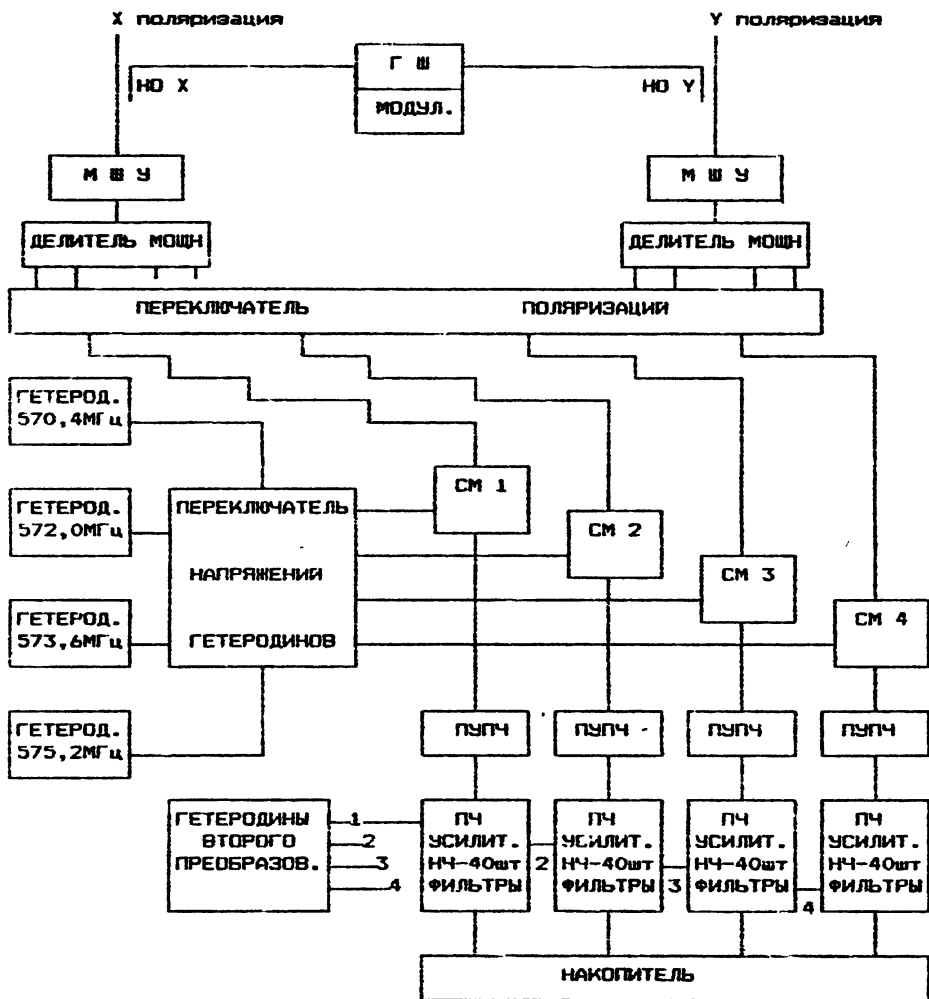


Рис.1 Схема коммутаций сигналов приемника

источника с периодом повторения от 1,5 мс до 5 с. Выбор режимов модуляции осуществляется с пульта управления сигналом в двоичном коде по 3-х разрядной шине данных.

В приемнике используется двойное преобразование частоты. Первое преобразование на промежуточную частоту (ПЧ) - 38 МГц - осуществляется с помощью отдельных гетеродинов на частоты 570,4; 572,0; 573,6; 575,2 МГц, построенных на принципах умножения высокостабильной опорной частоты 5 МГц квантового стандарта частоты службы времени и алгебраического сложения гармоник. Чистота спектра гетеродинов обеспечена избирательными селективными системами, в частности, полосковым гребенчатым фильтром на выходе. Уровень подавления гармоник ~ 60 дБ. Структурная схема одного из гетеродинов на частоту 573,6 МГц показана на Рис. 2.

Гетеродины второго преобразования (см. блок-схему Рис. 3) построены идентично, в виде двух блоков, которые переносят правую и левую участки полос шириной 0,8 МГц относительно первой промежуточной частоты 38 МГц на вторую промежуточную частоту 1,2 МГц. Частоты гетеродинов: 38,8 и 39,6 МГц. Гетеродины также синхронизованы опорной частотой 5 МГц квантового стандарта службы времени с использованием фазовой автоподстройки частоты. В приемнике при втором преобразовании частоты предусмотрен квадратурный выход для подключения в последующем аппаратуры для додетекторной компенсации дисперсии, а также для проведения поляризационных измерений. На схеме Рис. 3 обозначены: 1-блок генератора опорных частот; 2-блок вычитания частот входных напряжений; 3,4-блоки сложения частот входных напряжений; 5-блок формирования двух взаимно-ортогональных напряжений (на случай преобразования системы в систему когерентной компенсации дисперсии); 6,7- селективные усилители. Блок опорных частот формирует гармонические колебания трех частот для случая промежуточной частоты 38,0 МГц: 40,0; 2,0; 0,8 МГц, жестко привязанных к частоте 5 МГц стандарта частоты. Колебания с частотами 40,0 и 2,0 МГц, поступая на входы блока вычитания частот, формируют на его выходе напряжение с частотой 38,0 МГц. Частоты 38,0 МГц и 0,8 МГц образуют частоту 38,8 МГц на блоке сложения 3, а частота 38,8 МГц, в свою очередь, и частота 0,8 МГц образуют частоту 39,6 МГц на блоке сложения 4. В качестве усилителя промежуточной частоты в приемнике использованы три последовательно соединенных промышленных широкополосных усилителя типа М 42177-1, обеспечивающих усиление ~ 40 дБ.

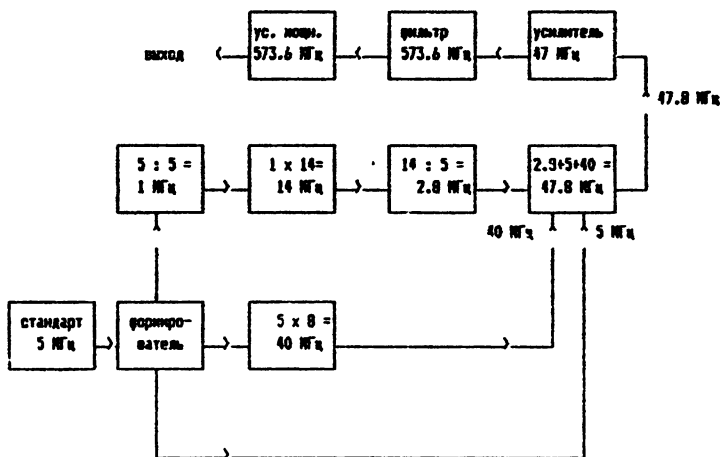


Рис.2. Блок-схема гетеродина 573.6 МГц.

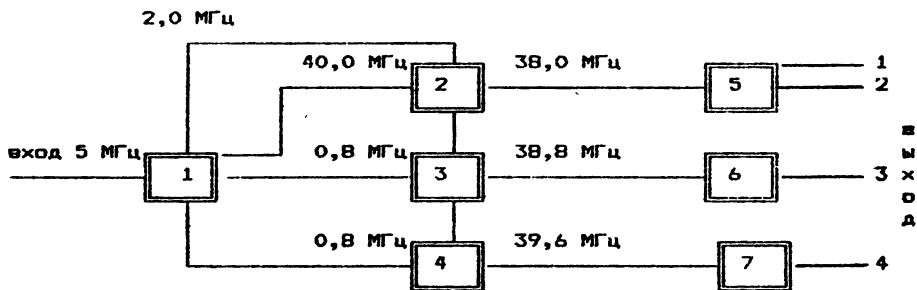


Рис.3. Блок-схема гетеродина 2-го преобразования.

Формирование полосы пропускания и затухания вне полосы осуществляется фильтрами Кауэра.

Регулировка усиления УПЧ - ступенчатая через 1 дБ от 0 до 40 дБ - вручную и по кодовым сигналам.

Фильтры низкой частоты (несущая от 0,8 до 1,6 МГц, полоса пропускания 40 кГц) конструктивно объединены в отдельные блоки по 40 каналов и представляют собой LC-фильтры - нагрузки транзисторных усилителей. Емкости LC-фильтров выбраны с малым температурным коэффициентом изменения их величины для увеличения временной стабильности суммарной частотной характеристики блока НЧ-фильтров.

Блок-схема первой очереди приемника на 40 каналов (1/4 часть описываемого в данном препринте), эксплуатируемого в настоящее время на радиотелескопе ТНА-1500 приведена на Рис. 4.

Накопитель-регистратор синхронизируется стандартом частоты-времени с помощью управляемого от ЭВМ специального программируемого хронометра с погрешностью 100 нс [1]. Период выборок аналоговых сигналов в узком канале селективных фильтров может изменяться от 10 мкс до 32,768 мс с коэффициентом, кратным 2. Количество выборок на период - до 256. Объем буферного ОЗУ накопителя - 120 кБ. Структурная схема регистрирующей части представлена на Рис. 5 и состоит из программируемого хронометра, накопителя, ЭВМ РС АТ-286/287 и крейта стандарта САМАС.

Программируемый хронометр, как устройство, предназначен для привязки многоканальной приемной аппаратуры синхронной регистрации сигналов пульсаров со шкалами времени по эталонным сигналам частоты и времени (ЭСЧВ) и выработки собственной шкалы, контролируемой программно от ЭВМ и, в общем случае, динамично изменяемой во времени, в течении длительного сеанса наблюдения пульсара для компенсации изменения его периода, вызываемого эффектом Доплера из-за движения наблюдателя относительно пульсара. Генерируемая хронометром собственная шкала формируется как последовательность заданных временных интервалов определенной длительности, отсчитанных от начального момента времени по опорной шкале, внешней для хронометра (местная шкала времени, синхронизованная со шкалой Гсэталона времени и частоты (ГЭВЧ)).

Программируемый хронометр, входя в состав аппаратуры приема и регистрации пульсаров, находится между датчиком кода времени и опорной частоты местной шкалы времени, в которой ведется управление на-

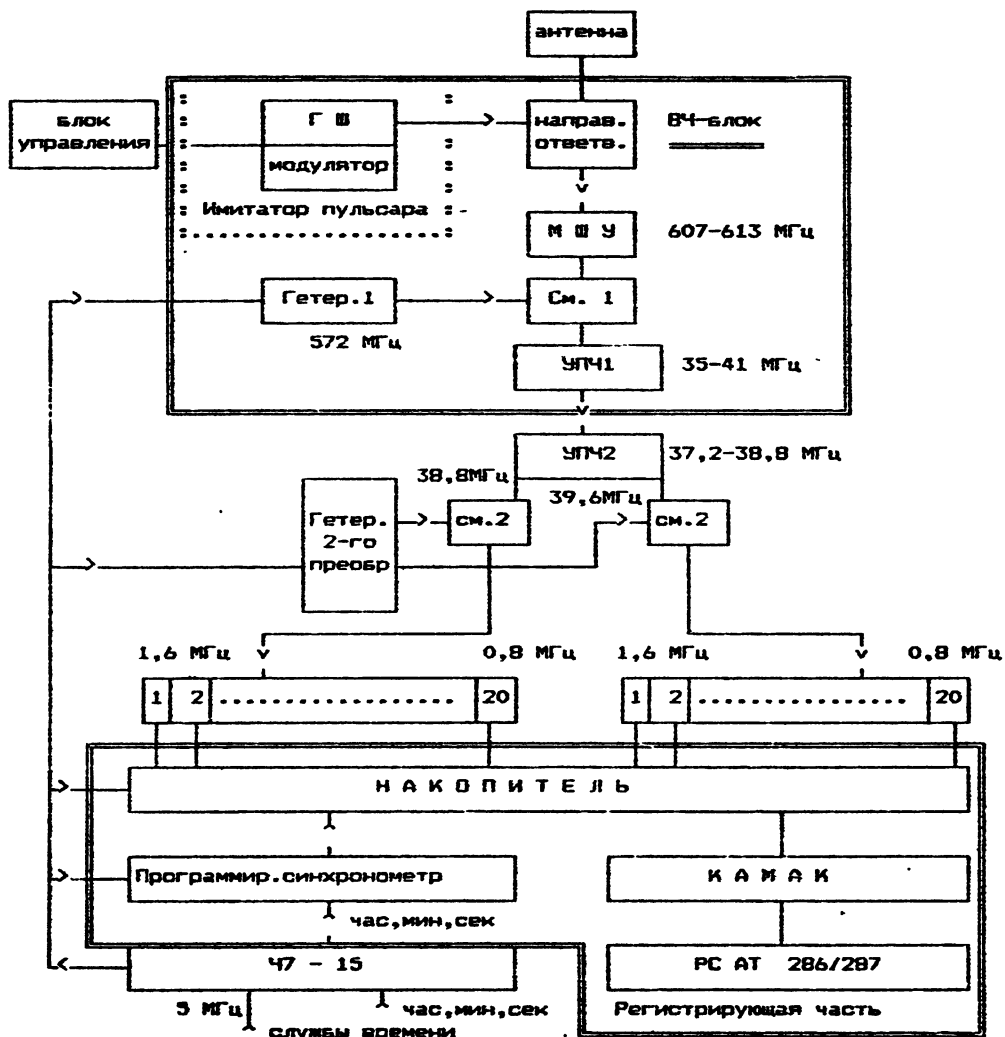


Рис 4. Блок - схема 40-канальной части пульсарного аппаратного комплекса (первая очередь).

блюдениями пульсара и блоком управления регистрирующей части приемной аппаратуры (коммутатор каналов, АЦП, запоминающее устройство), см. Рис. 5 и Рис. 6.

В состав программируемого синхронизатора входят следующие узлы и блоки :

- датчик текущего кода времени и ЭСЧВ ;
- синхронизатор начального момента;
- контрольно-индикаторный узел - измеритель интервалов времени от вводимого пускового момента до выходного сигнала "СТАРТ";
- интерфейс связи с блоком управления многоканальной аппаратурой.

Синхронизатор начального момента (модуль САМАС) предназначен для формирования запускающего импульса в заданный момент времени. Работа синхронизатора основана на сравнении текущего времени, для которого значения часов, минут и секунд поступают от службы времени в составе кода текущего времени, доли секунды с дискретностью 100 нс вырабатываются в синхронизаторе из частоты 5 МГц и 1 Гц, поступающих от стандарта частоты и времени (хранителя службы времени), либо задаваемого "вручную" с передней панели модуля.

На рис. 7 приведена блок-схема синхронизатора начального момента. Синхронизатор состоит из:

- регистра текущего времени;
- регистра времени запуска;
- схемы сравнения;
- удвоителя частоты;
- схемы компенсации сдвига фаз;
- схемы контроля интерфейсной части;
- схемы индикации;
- схемы ручной установки времени запуска.

Через интерфейс САМАС осуществляется "перекачка" информации в ЭВМ и управление накопителем. В накопителе (Рис. 6) 160 аналоговых сигналов поступают на двадцать 8-канальных коммутаторов каналов, переключаемых одновременно. Сигналы с выходов коммутаторов поступают на входы 20 АЦП. Выходы АЦП направляются на двадцать блоков сумматора-накопителя(СН). Таким образом реализован последовательно-параллельный опрос всех 160 каналов. Каждые 5 блоков СН объединяются в секции. Выход каждой секции соединен с соответствующим входным регистром САМАС. Передача информации из СН в

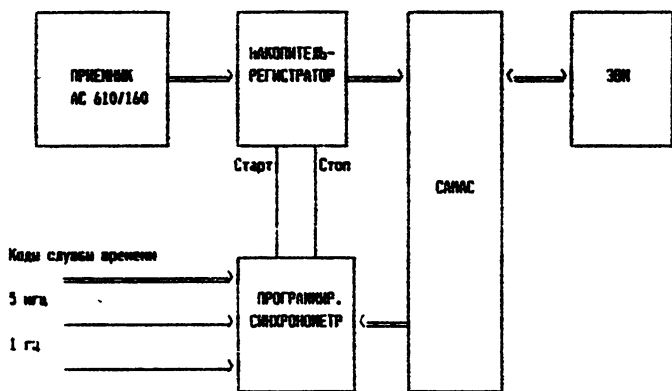


Рис. 5. Структурная схема регистрации.

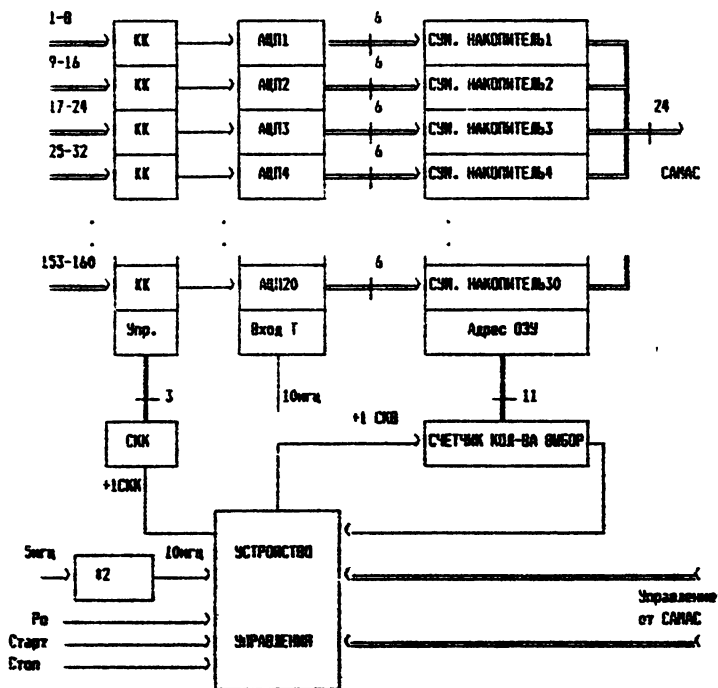


Рис. 6. Структурная схема накопителя.

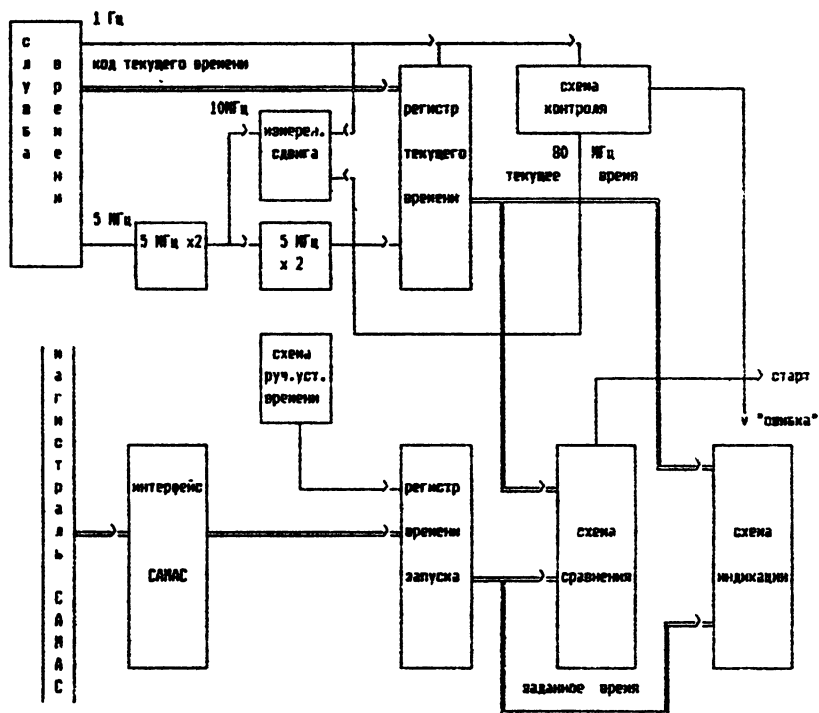


Рис. 7. Блок-схема ограничителя начального момента

ЭВМ происходит последовательным опросом каждой секции. Суммагоры-накопители состоят из ОЗУ емкостью 2К 24-х разрядных слов, 24-х разрядного регистра, фиксирующего слово, сосчитанное из ОЗУ, шинного формирователя, а точнее переключателя направления движения информации при записи и чтении из ОЗУ и формирователя, являющегося элементом интерфейса связи СН с регистром САМАС. Элементарный цикл накопления занимает 1,2 мкс. Суммирование в 8-ми каналах длится 9,6 мкс, т. е. к приходу следующего импульса выборки при максимальной частоте их следования (100 кГц) сумматор уже заканчивает все операции по накоплению в соответствующих 8-ми каналах. Буферное ОЗУ накопителя заполняется за время порядка 6 мин при оцифровывании сигналов пульсара PSR 1937+21. Элементная база: ОЗУ серии 537PY10 с циклом 0,35 мкс и организацией 2Кх8. Такая организация позволяет минимизировать количество микросхем ОЗУ. Коммутатор каналов - 590КН6, восьмиканальный, со временем переключения 100 нс; АЦП - 1107ПВ1, шестизрядный, с минимальным циклом преобразования 50 нс. Все остальные элементы ТТЛШ. Для коррекции распыливания импульсов из-за дисперсионного запаздывания сигналы, накопленные по каналам в соответствующем числе точек отсчета по периоду, суммируются поканально в процессе обработки, что дает возможность коррекции на вариации меры дисперсии в межзвездной среде.

При часовом накоплении сигнала комплекс позволит наблюдать в полосе 6,4 МГц на 64-метровом радиотелескопе около 200 пульсаров.

В настоящее время первая очередь приемной аппаратуры (40 каналов) с малошумящим усилителем $T_{ш} = 130$ К с апреля 1993 года используется в регулярных наблюдениях по хронометрированию миллисекундного пульсара 1937+21 на радиотелескопе ОКБ МЭИ ТНА-1500 в Медвежьих Озерах. Среднеквадратичное отклонение определения момента прихода импульса при накоплении за 30 мин составило 0,4 мкс [2]. В полном объеме приемник должен эксплуатироваться в начале 1994 года.

В заключение авторы выражают признательность сотрудникам НИРФИ и РАС ФИАН, принявшим творческое участие в создании первой очереди аппаратурного комплекса: В.В. Власову, Г.А. Дмитриеву, Д.А. Дмитренко, О.В. Дорошенко, Т.И. Коршуновой, К.А. Лапаеву, В.И. Саванову, Ю.В. Смирнову, И.Н. Сапоненко, В.А. Сырейчикову.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапаев К.А., Логвиненко С.В. "Программируемый синхронизатор для наблюдения пульсаров". Тезисы доклада. XXV радиоастрономическая конференция, с. 231, сентябрь 1993, Пушино.
2. Белов Ю.И., Илясов Ю.П., Попереченко Б.А., Орешко В.В., Дорошенко О. В. "Наблюдения миллисекундного пульсара 1937+21 на радиотелескопе ТНА -1500 ОКБ МЭИ", *ibid*, с. 113.

Подписано в печать 02.02.94 г. Формат 60 x 84/16.
Бумага писчая. Печать офсетная. Объем 0,78 усл.п.л.
Заказ 5373. Тираж 100.

Отпечатано на ротационте НИРФИ