

ТЕХНОИНФОРМ
12 4 6 8 10 12 14
000000000000000000
111111111111111111
222222222222222222
333333333333333333
444444444444444444
555555555555555555
666666666666666666
777777777777777777
888888888888888888
999999999999999999

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

КОСМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1982

В работе не освещаются вопросы конструктивного исполнения интерфейса, вида связи, а также большой ряд вопросов, связанных с разработкой контроллера, его функциональной и принципиальной схем. Делается лишь первый шаг на пути к разработке стандарта на интерфейс КНА — определяется структура шин и линий. Авторы считают, что предлагаемая структура бортового интерфейса может быть положена в основу нового стандарта, если она будет скорректирована с учетом всех конструктивных предложений разработчиков КНА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хазанов Б. И. Интерфейсы измерительных систем. М.: Энергия, 1979, с. 75—85.
2. Форс. Стандартная микропроцессорная шина, упрощающая задачи разработчиков микрокомпьютеров. — Электроника, 1978, № 15, с. 33—41.

УДК 621.398.629.78

ПЕРЕДАЧА ЦИФРОВОГО СИГНАЛА ПО АНАЛОГОВОМУ КАНАЛУ ЕТМС-А И ОДНОВРЕМЕННАЯ ПЕРЕДАЧА ТРЕХ ПАРАМЕТРОВ ПО ОДНОМУ КАНАЛУ ЕТМС-А

К. Кубат, Я. Шмилауэр, В. В. Афонин

Целью статьи является описание необычного использования аналоговых каналов системы ЕТМС-А для повышения точности передачи результатов измерений и скорости передачи информации.

Для оперативной передачи данных со спутников серии «Интеркосмос» * используется Единая телеметрическая система (ЕТМС) в двух вариантах — цифровом ЕТМС-Ц (ИК-15, -18) и аналоговом ЕТМС-А (ИК-19). При помощи ЕТМС-Ц обеспечивается передача 64 каналов цифровым способом, а ЕТМС-А передает информацию в виде одного широкополосного канала 20 Гц — 60 кГц. Для передачи параметров научных приборов в этом случае используется система поднесущих частот с ЧМ (частотной модуляцией).

На спутнике ИК-19 для передачи 9 параметров использовалась ЕТМС-А с блоком поднесущих частот (БПЧ) по норме ИРИГ с частотной модуляцией в пределах $\pm 7,5\%$, что соответствовало величине напряжений от 0 до +6 В. Прибору КМ-3 для измерения электронной температуры, потенциала корпуса и распределения электронов по скоростям было выделено два канала (ИРИГ № 10, 11) со средними частотами 5,4 и 7,35 кГц. На выходе прибора КМ-3 получают три аналоговых и один цифровой параметр, которые необходимо передавать по двум каналам, ука-

* Спутники серии «Интеркосмос» маркируются ИК.

вопросы конструктивного исполнения
уже большой ряд вопросов, связанных
его функциональной и принципиаль-
ный шаг на пути к разработке стан-
определяется структура шин и линий.
аемая структура бортового интерфей-
нову нового стандарта, если она будет
еж конструктивных предложений раз-

измерительных систем. М.: Энергия, 1979,

дессорная шина, упрощающая задачи раз-
в. — Электроника, 1978, № 15, с. 33—41.

УДК 621.398.629.78

ЛА ЕТМС-А А ТРЕХ ПАРАМЕТРОВ

НИИ

ние необычного использования ана-
ЕТМС-А для повышения точности пере-
скорости передачи информации.

данных со спутников серии «Интер-
 telemетрическая система (ЕТМС)
и ЕТМС-Ц (ИК-15, -18) и аналоговом
и ЕТМС-Ц обеспечивается передача
и, а ЕТМС-А передает информацию
го канала 20 Гц — 60 кГц. Для пе-
риборов в этом случае используется
ЧМ (частотной модуляцией).

передачи 9 параметров использована
несущих частот (БПЧ) по норме
в пределах $\pm 7,5\%$, что соответст-
от 0 до +6 В. Прибору КМ-3 для
ратуры, потенциала корпуса и рас-
ростям было выделено два канала
частотами 5,4 и 7,35 кГц. На выхо-
три аналоговых и один цифровой
передавать по двум каналам, ука-
маркируются ИК.

занным выше. Было решено передавать 3 аналоговых параметра по каналу 10, а цифровой — по каналу 11.

Передача трех параметров по одному каналу. В ходе разработки были проанализированы два варианта передачи трех параметров по каналу 10:

а) временное разделение — поочередная коммутация и передача аналоговых параметров,

б) использование вспомогательных поднесущих с ЧМ для каждого параметра.

Достоинство первого способа — простота, а недостаток — передача трех параметров не в непрерывном виде, а в «разорванном», в виде отдельных опросов. При потере синхронизации, например при появлении кратковременных помех, информация теряется. Кроме того, при больших различиях в уровне отдельных параметров применяемая в наземной аппаратуре схема демодуляции с использованием фазово-амплитудного преобразователя (ФАП) может выйти из синхронизации [1].

При использовании второго способа — при отдельных вспомогательных поднесущих — все три параметра получаются одновременно и в непрерывном виде; при этом частоты изменяются плавно и в суммарном сигнале отсутствуют большие скачки частоты. При использовании этого способа несколько усложняется бортовая и наземная аппаратура вследствие необходимости применения трех модуляторов и трех демодуляторов.

При первом способе каждый параметр опрашивается около 4 раз в секунду (по каналу с $f_0 = 5,4$ кГц с девиацией частоты $\pm 7,5\%$); при втором — каждый из трех параметров передается в непрерывном виде, но максимальные частоты их изменений не превышают 2,5 Гц для вспомогательной поднесущей 37 Гц и 4,0 Гц для 60 Гц.

При изготовлении аппаратуры КМ-3 для спутника ИК-19 был использован второй способ. Блок-схема бортовой части показана на рис. 1. Преобразователь U/f реализован на управляемом мультивибраторе, составленном из двух ждущих мультивибраторов типа ММ74С221N [2]. В связи с тем что реализация такой схемы для частот в десятки герц затруднена, она была настроена на частоту $16f$ с последующим делением частоты на выходе на 16. Поскольку выходной сигнал этой схемы имеет форму меандра, после нее для получения синусоидального сигнала включен активный фильтр низких частот (ФНЧ). Сигналы с выходов трех таких схем суммируются и нормируются в диапазоне 0—6 В (входной диапазон блока БПЧ ЕТМС-А). Принципиальная схема для одного параметра показана на рис. 2.

Передача цифрового сигнала при помощи ЕТМС-А. Было рассмотрено также два варианта:

а) параллельный цифровой код преобразуется в аналоговый при помощи цифроаналогового преобразователя (ЦАП) и непосредственно поступает в БПЧ системы ЕТМС-А;

б) параллельный цифровой код преобразуется в последова-

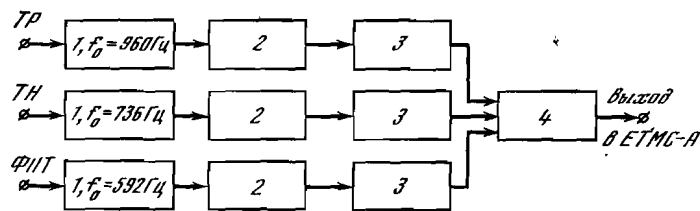


Рис. 1. Блок-схема бортовой части системы со вспомогательными поднесущими частотами

1 — преобразователь, 2 — делитель (1 : 16), 3 — НЧ фильтр, 4 — сумматор

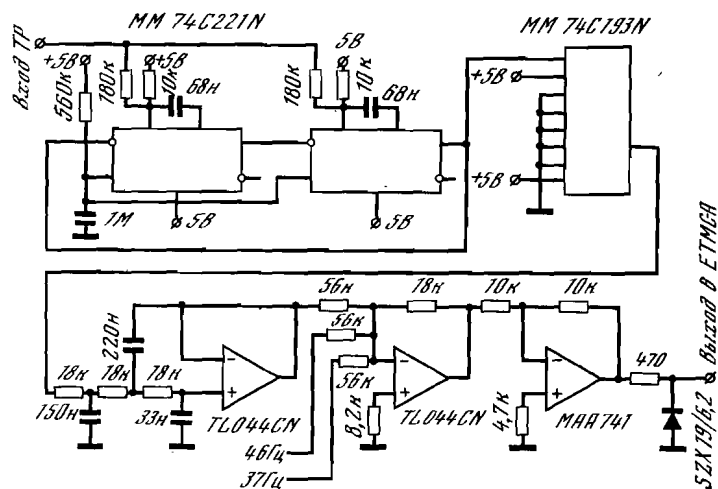


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема U/I преобразователя для одного параметра

тельный, к нему добавляется бит четности, и эта информация поступает в БПЧ, в результате чего на выходе БПЧ вырабатывается частотно-манипулированный сигнал (FSK).

С точки зрения реализации оба способа достаточно просты. В первом случае в бортовой аппаратуре требуется только один входной регистр и ЦАП. Наземная демодуляция осуществляется обычным способом по нормам ИРИГ. Недостатком первого способа является низкая пропускная способность (для канала 11 с $f_0 = 7,35$ кГц частота опросов не превышает ≈ 15 точек/с). Кроме того, этому способу присущи все недостатки, указанные для временного разделения. Точность передачи выходного сигнала научного прибора в этом случае составляет 2—5% в зависимости от параметров наземного демодулятора.

Во втором способе в бортовой аппаратуре используется БИС типа UART — универсальный асинхронный приемник-передатчик (1M6402 фирмы «Интерсил», США [3]) и несколько обычных радиоэлементов. Из схемы UART используется только передающая

часть, ко-
ный, гене
UART но

частотной
В при-
передачи
(битовый)
1 — старт
скорости
чем при
передачи
ция ошиб-
информац
суммой в

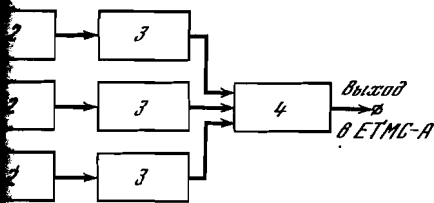
Назем-
стандарт
вспомогат
тором FSK
на широк
елл» (СШ.
вания в
магнитоф-
последую

Аналог
поднесущ-
виде на с
формации
в реально
отбора на
обработки

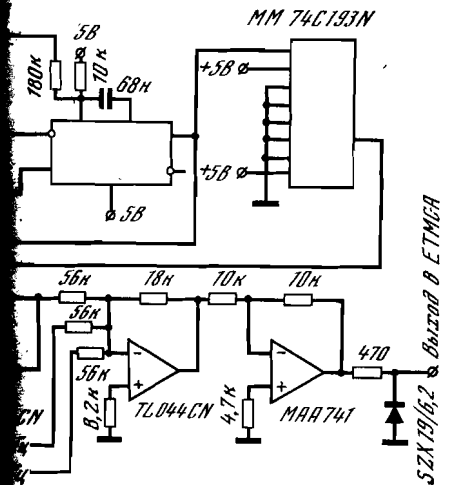
В нач-
станции
серт [4] ф
цифровой
бе времен
печатающ
туры пок

Опыт
[5] с при-
выше ре-
водились
первые 1
описанны
ма эффек
ствует о

Перед-
залась бо
шимся на
стема ТС-



части системы со вспомогательными поднесу-
щими (1 : 16), 3 — НЧ фильтр, 4 — сумматор



Электрическая схема U/I преобразователя для

ся бит четности, и эта информация посту-
чего на выходе БПЧ вырабатывается
ый сигнал (FSK).
вадии оба способа достаточно просты.
ой аппаратуре требуется только один
Наземная демодуляция осуществляется
ам ИРИГ. Недостатком первого способа
ная способность (для канала 11 с $f_0 =$
ов не превышает ≈ 15 точек/с). Кроме
и все недостатки, указанные для вре-
сть передачи выходного сигнала научно-
оставляет 2—5% в зависимости от па-
лятора.
ортовой аппаратуре используется БИС
ый асинхронный приемник-передатчик
США [3] и несколько обычных радио-
РТ используется только передающая

часть, которая преобразует параллельный код в последователь-
ный, генерирует бит четности и старт-, стоп-биты. Выход схемы
UART нормируется на амплитуду 1,0 и 5,0 В, что соответствует
частотной модуляции $\pm 5\%$.

В приборе КМ-3 использован второй способ передачи. Скорость
передачи информации составляет 446 бит/с. Тактовый генератор
(битовый) стабилизирован кварцем. Каждое слово состоит из 10 бит:
1 — старт, 7 — информация, 1 — четность и 1 — стоп. Поэтому
скорость передачи равна 44,6 слов/с, что примерно в 3 раза больше,
чем при использовании первого способа. Кроме того, точность
передачи сигнала составляет $\approx 1\%$ (7 бит) и имеется идентифика-
ция ошибок передачи при помощи бита четности. В приборе КМ-3
информация передается блоками по ~ 900 слов с контрольной
суммой в конце блока.

Наземная аппаратура. На наземной телеметрической станции
стандартная аппаратура ЕТМС-А дополнена демодуляторами
вспомогательных поднесущих на 37,0; 46,0 и 60,0 Гц и демодуля-
тором FSK для канала 7,35 кГц. Суммарный сигнал записывается
на широкополосный аналоговый магнитофон фирмы «Белл Хау-
елл» (США), а цифровой канал после демодуляции и преобразо-
вания в параллельный код (байты) записывается на цифровой
магнитофон «Хьюлетт-Паккард» (США) в формате, удобном для
последующей обработки на ЭВМ.

Аналоговые параметры, передаваемые через вспомогательные
поднесущие, после демодуляции записываются в графическом
виде на самописце и используются в основном для экспресс-ин-
формации, для визуального контроля качества информации
в реальном масштабе времени (во время приема), а также для
отбора наиболее интересных участков для дальнейшей детальной
обработки.

В начальный период работы спутника ИК-19 на наземной
станции ЕТМС использовался также микропроцессор типа Inter-
серт [4] фирмы «Интерсил» (США), при помощи которого часть
цифровой информации (каждый третий блок) в реальном масш-
табе времени печаталась в табличной форме на аналоговом цифро-
печатающем устройстве (АЦПУ). Блок-схема наземной аппара-
туры показана на рис. 3.

Опыт работы со спутником ИК-19. Спутник ИК-19 «Ионозонд»
[5] с прибором КМ-3, в котором были использованы описанные
выше решения, был запущен 29.2.1979 г. Сеансы ЕТМС-А про-
водились регулярно 2—4 раза в день. На основе полученных за
первые 10 месяцев работы результатов можно утверждать, что
описанные выше способы передачи информации являются весьма
эффективными, а качество получаемой информации соответ-
ствует ожидаемому.

Передача трех параметров по одному аналоговому каналу ока-
залась более эффективной и надежной по сравнению с применяв-
шимся на спутнике ИК-14 способом временного разделения (си-
стема ТС-1, прибор КМ-4). Передача информации является поме-

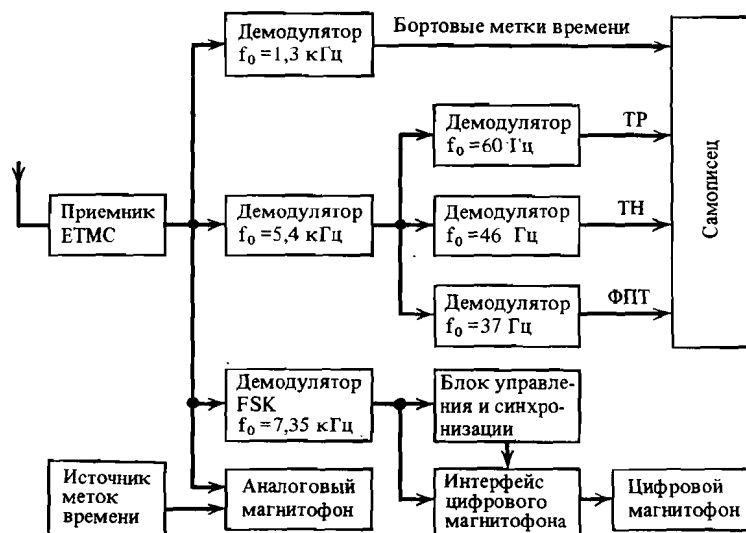


Рис. 3. Блок-схема наземной аппаратуры

хоустойчивой, а качество трех принимаемых параметров такое же, как и при передаче одного параметра (с естественным ограничением на максимальную частоту изменения параметра).

Передача цифровой информации последовательным кодом с манипуляцией FSK по аналоговому каналу ЕТМС-А также оказалась более эффективной, чем применение ЦАП, так как скорость передачи и точность измерений в этом случае в несколько раз выше. Кроме того, в этом случае ее помехозащищенность значительно выше из-за использования признака четности и контрольных сумм блоков. Дальнейшая обработка измерений в этом случае также облегчена, так как информация сразу записывается на магнитную ленту ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mils T. B. Application notes 46 — The phase locked loop IC as a communication system building block. Santa Clara: Nat. Semiconduct. Corp., 1971.
2. CMOS integrated circuits. Santa Clara: Nat. Semiconduct. Corp., 1975.
3. CMOS/LSI Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) IM 6402/6403. Cupertino: Intersil, 1976.
4. Intercept Jr. IM6100 microprocessor tutorial systems. Cupertino: Intersil, 1977.
5. Кубат К., Клас Я., Шмиллауэр Я., Афонин В. В. Прибор КМ-3 для измерения электронной температуры и распределения скоростей тепловых электронов. — В кн.: Аппаратура для исследования внешней ионосферы. М.: ИЗМИРАН, 1980. 120 с.

ЭЛЕКТРОН
С ЗОНДОВЬ
(классифика
Ю. Д. Крисс.

Приборы с
ми частиц
ных косми
широко ис
планетной
Эффективн
существова
ства элект
эта сторон
няется ряд
ческих исс
ответственно
зондовые
и математи
(исследуем
том влияни
освещены
тронной а
ботки инф
временным
дельные п
для обосн
необходим
ристикях

К наст
струирован
нием. Кач
товой обр
тельно по
объем инф
создана ве
функциона
объективн
ства косми
путем бол
емой апп
можно дос
ных блок
мационно
Эти и
этапе зна
действию,