

УМЕНЬШЕНИЕ НАКЛАДНЫХ РАСХОДОВ ДЛЯ СИСТЕМ ДЕКОДИРОВАНИЯ ЗВУКА НА БАЗЕ СНК

Пучков Г.А.

ООО «Юник Ай Сиз»
103498, Москва, Зеленоград, проезд № 4806, дом. 5, стр. 20
gregputch@hotmail.com

При построении Системы на Кристалле (СНК) для портативных устройств декодирования звука преимущество в выборе отдается уже готовым, отлаженным на моделях и проверенным в кремнии сложно-функциональным блокам (СФ-блоки, англ. IP–Intellectual Property block). В тоже время производительность системы не должна быть избыточной с целью экономии энергии батарей. При использовании процессора в подобной системе - наилучшим вариантом будет полное использование его производительности для максимальной загрузки системы.

В случае разработки системы декодирования аудио потока по стандарту (International Standard ISO/IEC 11172-3) [1] на основе IP-блока ядра процессора U32 (20MIPS, разработка компании «Юник Ай Сиз»), пиковой производительности ядра не хватает для достижения достаточной скорости обработки и воспроизведения аудио потока в реальном времени при исключительно-программной реализации задачи только для максимального режима (для частоты выдачи восстановленных звуковых отсчетов 48кГц). Расчетное превышение производительности 1,7% (0,34 MIPS).

При условии небольшого превышения расчетной производительности (единицы процентов) доступным решением для системы обработки потоковой информации, где все этапы обработки пакетов хорошо формализованы, является использование дополнительных аппаратных блоков реализующих частичную разгрузку процессорного ядра вычислителя. При этом основной выигрыш производительности системы достигается за счет значительного сокращения количества команд центрального процессора на пересылки данных и переключения контекста, сокращения количества переходов по прерыванию от блока вывода звуковых отсчетов.

Пример использования данной концепции продемонстрирован в реализации СНК-MP3-player для связки ЯДРО ЦП(Центрального Процессора)—Контроллер интерфейса I²S (разработка компании «Юник Ай Сиз») рисунок 1.

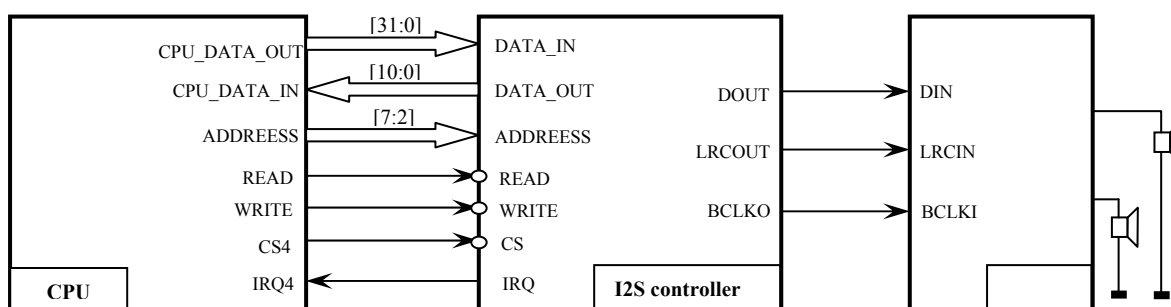


Рис. 1. Подсистема выдачи восстановленных звуковых отсчетов

В алгоритме декодирования ISO/IEC 11172-3 (MPEG-1 layer 3) [1] обработка массива данных заканчивается выдачей пакета из 1152 выходных отсчетов, после чего ЦП начинает расчет следующего блока данных на тактовой частоте работы процессора (160МГц). При отсутствии промежуточных переключений контекста работы основной программы для выдачи по прерыванию отдельных звуковых отсчетов можно получить ощутимый выигрыш во времени за счет сокращения команд пересылок.

Стандартная реализация процедуры выдачи звуковых отсчетов по последовательному интерфейсу I2S [2] это последовательный вывод сдвигаемых битов восстановленного звукового отсчета (слово левого канала затем слово правого канала) на определенной частоте. Тактовые частоты работы процессора и интерфейса выдачи не только имеют разные порядки, но также могут являться некратными 11,2896МГц (8,192МГц, 12,288МГц). Выдача восстановленного отсчета осуществляется по прерыванию. Для выдачи одного восстановленного слова требуется одно прерывание.

Для обеспечения непрерывности передачи данных, сокращения количества прерываний и, как следствие, переключений контекста, предлагается использовать в контроллере I2S-интерфейса буферное ОЗУ с минимальным объемом памяти, обеспечивающим хранение 1152 отсчетов одного обработанного пакета аудио данных плюс резерв данных на время обработки одного пакета с учетом выдачи данных на всех возможных скоростях. В результате минимальным практически удобно реализуемым является буфер объем 2 килобита.

Таблица 1 Итоговые формулы расчета общего времени выдачи звукового фрагмента длительностью 1 секунда

| I2S стандартная реализация | I2S реализация с буфером |
|----------------------------|--------------------------|
|----------------------------|--------------------------|

| | |
|--|--|
| $T_{cpu_all_packets_no_buff} = N_f * T_{cpu_packet_no_buff} = N_f * N_s * t_{no_buff}$ | $T_{cpu_all_packets_buff} = N_f * t_{all} = N_f * (N_s * T_{cpu_sample} + t_{with_buff})$ |
|--|--|

Таблица 2. Числовые значения сравниваемых параметров

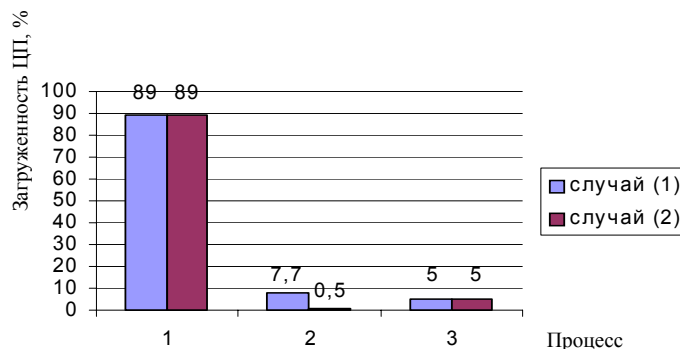
| Параметр | Значение для частот дискретизации | | |
|---|-----------------------------------|-----------------|---------------|
| | 32 кГц | 44.1 кГц | 48 кГц |
| $N_f(шт)$ | 55,5556 | 76,5625 | 83,3333 |
| $t_f, мс$ | 18,00 | 13,06 | 12,00 |
| Для стандартной реализации контроллера I2S | | | |
| $T_{cpu_packet_no_buff}, мс$ | 0,921 | 0,921 | 0,921 |
| $T_{cpu_all_packets_no_buff}, мс$ | 51,20 | 70,56 | 76,80 |
| $P_{CPU_no_buff} MIPS(%)$ | 1,024 (5,1%) | 1,41 (7,0%) | 1,53 (7,7%) |
| Для контроллера I2S с буфером ОЗУ 2 килослова | | | |
| $T_{cpu_packet_buff}, мс$ | 0,0576 | 0,0576 | 0,0576 |
| $t_{all}, мс$ | 0,0597 | 0,0597 | 0,0597 |
| $T_{cpu_all_packets_buff}, мс$ | 3,32 | 4,57 | 4,975 |
| $P_{CPU_with_buff} MIPS(%)$ | 0,0664 (0,332%) | 0,0914 (0,457%) | 0,0995 (0,5%) |

Оценочный расчет загруженности процессора для задачи декодирования и выдачи звукового потока по стандарту (International Standard ISO/IEC 11172-3) для предлагаемой СНК и двух вариантов реализации выдачи данных по стандарту I2S (стандартная выдача и выдача с буферизацией) приведен ниже. Исходные данные:

- $N_s=1152$ – количество выборок в одном пакете;
- $F_s=32$ кГц, 44.1 кГц, 48 кГц – частоты дискретизации;
- $T_{audio}=1с$ – длительность звукового фрагмента;
- t_{with_buff} – накладные расходы на обработку прерывания и переключения контекста (при использовании контроллера I2S с буфером) (32+10) команды * 50нС = 2,1 мкс
- T_{cpu_sample} = время выдачи одного звукового отсчета (1 команда=8 тактов=50нС)
- t_{no_buff} – накладные расходы на обработку прерывания без переключения контекста (при стандартной реализации контроллера I2S) (до 16 команд* 50нС=800нС)

Рассчитываемыми величинами являются:

- t_f – время воспроизведения одного пакета;
- N_f – количество пакетов в звуковом фрагменте длиной 1сек;
- $T_{cpu_packet_buff}$ – время, необходимое процессору для выдачи аудио данных одного звукового пакета (при использовании контроллера I2S с буфером);
- $t_{all} = T_{cpu_packet} + t_{with_buff}$ - общее время (с накладными расходами) центрального процессора для выдачи аудио данных одного звукового пакета;
- $T_{cpu_all_packets_buff}$ – время, необходимое процессору для выдачи аудио данных звучания 1сек (при использовании контроллера I2S с буфером);
- $T_{cpu_packet_no_buff} = N_s (T_{cpu_sample} + t_{no_buff})$ – время, необходимое процессору для выдачи аудио данных одного звукового пакета (при стандартной реализации контроллера I2S)
- $T_{cpu_all_packets_no_buff} = N_f * T_{cpu_packet_no_buff}$ время, необходимое процессору для выдачи аудио данных звучания 1сек (при стандартной реализации контроллера I2S)
- $P_{CPU_no_buff} (%)$ – значение загруженности ЦП при выдаче восстановленных аудио данных (при стандартной реализации контроллера I2S) (MIPS – миллион операций в секунду или % общей загрузки).
- $P_{CPU_with_buff} (%)$ – значение загруженности ЦП при выдаче восстановленных аудио данных (при использовании контроллера I2S с буфером).



1. Процесс декодирования
2. Процесс выдачи восстановленных аудио данных
3. Служебные процессы

Рис. 2 Гистограмма загруженности ЦП (%) по типам операций без использования буферного ОЗУ (случай 1) и с использованием буфера 2 килослова (случай 2)

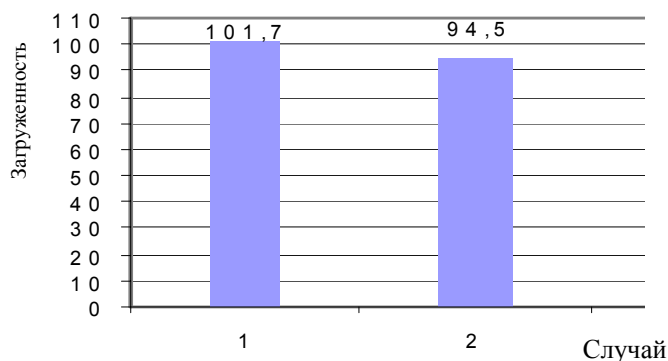


Рис. 3 Гистограмма полной загруженности ЦП (20MIPS) без использования буфера ОЗУ (случай 1) и с использованием буфера 2 килослова (случай 2)

Вывод: Использование буферного ОЗУ для промежуточного хранения отчетов одного пакета аудио данных и перенесение функции управления выдачей отчетов в контроллер модуля интерфейса I2S приводит к снижению полной вычислительной нагрузки на ЦП с 20,34 MIPS до 18,9MIPS (со 101,7% до 94.5%), что удовлетворяет условию устойчивой работы системы, и позволяет воспроизводить звук в системе декодирования с ограниченной производительностью в режиме реального времени.

Литература

1. Joint Technical Committee ISO/IEC JTC-1, "Information technology - coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1,5 Mbit/s (International Standard ISO/IEC 11172-3)", 1993.
2. Philips Semiconductors, "I2S bus specification", 1996
3. Grant Martin, Henry Chang, "Winning the SOC revolution, experiences in real design", Boston, Dordrecht, London, Kluwer academic publishers, 2003.
4. Staffan Gadd, Thomas Lenart, "A Hardware Accelerated MP3 Decoder with Bluetooth Streaming Capabilities", ARM Ltd, 2001.
5. Texas Instruments, "Stereo audio codec TLV320AIC23", Data manual, 2002.
6. Джон Уэйкерли, "Проектирование цифровых устройств том 1,2", М., Постмаркет, 2002.

