

Подключение Blackfin к TFT-дисплею

Иосиф Каршенбойм, iosif.karshenboim@eltech.spb.ru

ВВЕДЕНИЕ

То, что микроконтроллеры дешевеют, но при этом становятся все более и более мощными, вроде бы уже знают все. Процесс этот идет непрерывно. Жаль, что в суете это не замечается. И только когда начинается новый проект, появляются обычные высказывания: “Что мы там ставили в прошлом проекте пару лет назад?” Правда, бывает, что есть и такие, как говорится “отдельновзятые”, кто говорит: “Взять бы нам производительность процессора побольше, не помешает!” Потом идет “утрясение” проекта у заказчика.

Обычно в этом месте и выясняется, что требуется обеспечить решение задач, для которых вычислительной мощности, имевшейся в старом проекте, катастрофически не хватает. Но, благодаря тому, что идет непрерывный рост производительности процессоров, как уже было сказано, переход на новые уровни вычислительной мощности протекает безболезненно. Под словами “микроконтроллер” и “проект” автор понимает применение микроконтроллеров для промышленных приборов контроля и автоматики. Поскольку для бытовой техники, где число производимых изделий начинается от тысяч и десятков тысяч, данная статья совершенно не актуальна, ибо там дешевле сделать заказную микросхему, в которой сразу можно учесть все требования по конкретному проекту.

Итак, изделие работает лучше. Считает быстрее, разговаривает четче. Вот теперь вопрос: “А как мы это видим?” Да, да, именно видим. На заре “микропроцессорной эры” мы видели пяток – десяток моргающих светодиодов. Потом – знакоместа на АОН’ах. Это казалось верхом цивилизации. Потом, постепенно, светодиодные знакоместа плавно заменились на ЖКИ: однострочные, двустрочные, графические.

Дальше – провал. Маленькие и слабые 8-ми разрядные микроконтроллеры не способны работать с TFT-дисплеями, а их старшие братья, 16- и 32-разрядные микроконтроллеры, хоть и способны воспроизводить графическую информацию в требуемом объеме, но для подключения к дисплею в большинстве случаев требуют дополнительное оборудование. Причем стоимость добавленного оборудования зачастую превышает стоимость самого микроконтроллера. Правда, в последнее время уже появились микроконтроллеры со встроенным видеоконтроллером для TFT-дисплея, но что делать, если пользователю необходима еще и обработка видеоданных? Где же выход? И какое решение выбрать?

В данной статье сделана попытка описать одно из решений, способных заполнить эту нишу.

РАНЬШЕ ГОВОРИЛИ: «НА ВКУС И ЦВЕТ...», ИЛИ СКОЛЬКО ЭТО БУДЕТ В ПИКСЕЛЯХ...

Количество битов, передаваемых в дисплей

При производстве ЖКИ, выполненных по технологии Активной матрицы, используют производственный процесс подобный тому, что применяют при производстве ИС. И, поскольку эти процессы достаточно хорошо освоены, то, модулируя уровень напряжения, приложенный к пикселу, можно получить 256 градаций серого, что соответствует 8 разрядной шине, необходимой для передачи в TFT-дисплей кода, соответствующего нужной градации.

Для того, чтобы воспроизвести цветное изображение, каждый пиксел, расположенный на экране, фактически имеет три субпиксела: красный, зеленый, и синий (R-G-B). Например, для дисплея с 320×240 пикселями на экране фактически имеют место 960×240 субпикселей, составляя R, G, и B компоненты. Каждый субпиксел имеет 8-ми разрядную шину градаций серого, таким образом, формируя основу цветного ЖКИ с градациями цвета в 24 бита. Соответственно, для дисплея “ 320×240 ” всего необходимо $320 \times 240 \times 3 \times 8$ бит памяти для формирования цветного изображения.

Биты данных и шины данных

Казалось бы, проще простого, “прицепил” шину данных от видеоконтроллера к дисплею, и готово. Но здесь есть одна небольшая тонкость, чтобы еще раз внимательно рассмотреть и выбрать стандарт шины RGB – данных для передачи информации в дисплей.

Есть три самых общих конфигурации шины данных стандарта RGB – те, которые используют 8 битов на каждый канал для RGB (8-8-8 формат), 6 битов на каждый канал (6-6-6 формат), или 5 битов на каждый канал для R и B, и 6 битов для G (5-6-5 формат).

Формат данных 8-8-8 RGB обеспечивают самую большую цветовую гамму. Шина данных в 24 бита – дает больше чем 16 миллионов оттенков цвета. Этот формат имеет точность воспроизведения цвета, необходимый для быстродействующих телевизоров с ЖКИ.

Формат данных 6-6-6 RGB популярен в портативной электронике. Разрешение в 18 бит обеспечивает более чем 262 000 оттенков цвета. Однако, шина данных с 18 разрядами (6+6+6) не соответствует общепринятым шинам данных, применяемым у 16-ти разрядных процессоров. Поэтому в большинстве случаев в промышленности применяют популярный компромисс, который состоит в том, что можно использовать 5 бит для цвета R и B, и 6 бит для цвета G (5+6+5 = 16) так, чтобы соответствовать 16-разрядной шине данных. Здесь необходимо пояснить, что ЖКИ дисплеи требуют динамической регенерации изображения. Функция регенерации изображения производится либо самим микроконтроллером, либо специализированным аппаратным узлом. Для хранения информации об изображении на экране, используется область памяти, называемая “память изображения” или “видеопамять”. Эта область памяти может быть расположена в основном мас-

сиве памяти данных микроконтроллера, а может представлять собой отдельный массив. Существенным является то, как видеопамять проецируется на поле памяти микроконтроллера. Наиболее простым способом “сопряжения” этих полей памяти является выравнивание разрядности шины данных поля видеопамати по разрядной сетке шины данных микроконтроллера. Это упрощает и ускоряет процесс формирования изображения. Вот именно поэтому для дисплеев с небольшими экранами, и применяется формат шины 5+6+5.

Этот сценарий работает хорошо, потому что, из всех трех цветов, зеленый – визуально наиболее важный цвет. Линии младших разрядов у шины данных красного и синего цветов привязаны к их соответствующим старшим разрядам. Это гарантирует полный динамический диапазон для каждого цветового канала (от полной насыщенности одним или всеми цветами и до общего черного).

Тактовые частоты и синхронизация

Период синхрочастоты для выдачи на дисплей одного пиксела, то есть частота пиксельной синхронизации, определяется в зависимости от разрешения и интервала регенерации. Например, в режиме VGA (640 × 480 активных пикселей) с 60 Гц регенерации изображения, требуется синхрочастота – 25 МГц, тогда как для QVGA (320 × 240 активных пикселей) могла бы использоваться частота в 5 МГц.

Линии строчной синхронизации (HSYNC) управляют временем, в течение которого каждая линия в изображении будет видна на ЖКИ. То же и с линиями кадровой синхронизации (VSYNC) – они управляют временем, в течение которого видеокادر данных будет виден на ЖКИ. Эти сигналы позволяют правильно сформировать изображение на дисплее. Полярность импульсов HSYNC и VSYNC и их продолжительность изменяются в зависимости от типа дисплея.

Так кто же будет передавать эти данные в дисплей?

Видеоконтроллер должен непрерывно передавать информацию в дисплей. И он должен брать информацию из видеопамати на довольно большой скорости. Таким образом, для малогабаритных устройств необходимо иметь узел доступа к памяти и контроллер, формирующий временную диаграмму. Есть несколько микроконтроллеров, которые имеют “на борту” узел видеоконтроллера. Основное назначение таких контроллеров – бытовые видеопроеигрыватели. Поэтому их производительность оптимизирована именно на воспроизведении видео.

А что будет наиболее эффективным решением для применения в том случае, когда надо провести сложную математическую обработку данных или обработать потоковое видео?

Это ADSP-BF561 Blackfin. Процессор представляет собой двухядерную структуру с общим полем памяти для обмена данными между двумя процессорами и с общей периферией. Оба процессорные ядра выполнены как DSP-процессоры, работающие на тактовой частоте до 600 МГц, и поэтому весь кристалл имеет высочайшую в своем классе производительность. На рис. 1 показаны графики производительности различных процессоров в сравнении с процессором Blackfin BF533. Как видно из этих графиков процессор Blackfin BF533 имеет в несколько раз большую производительность, чем старший представитель семейства ARM’ов – ARM10. Процессор Blackfin BF533 – это базовый одноядерный кристалл. По сравнению с ним процессор Blackfin BF561 имеет два ядра и, соответственно, может показывать удвоенную производительность. Кроме того, благодаря режиму изменения тактовой частоты, процессоры Blackfin могут значительно снижать потребляемую мощность в паузах между обработкой данных. В таблице 1 приведены наиболее важные характеристики процессоров семейства Blackfin.

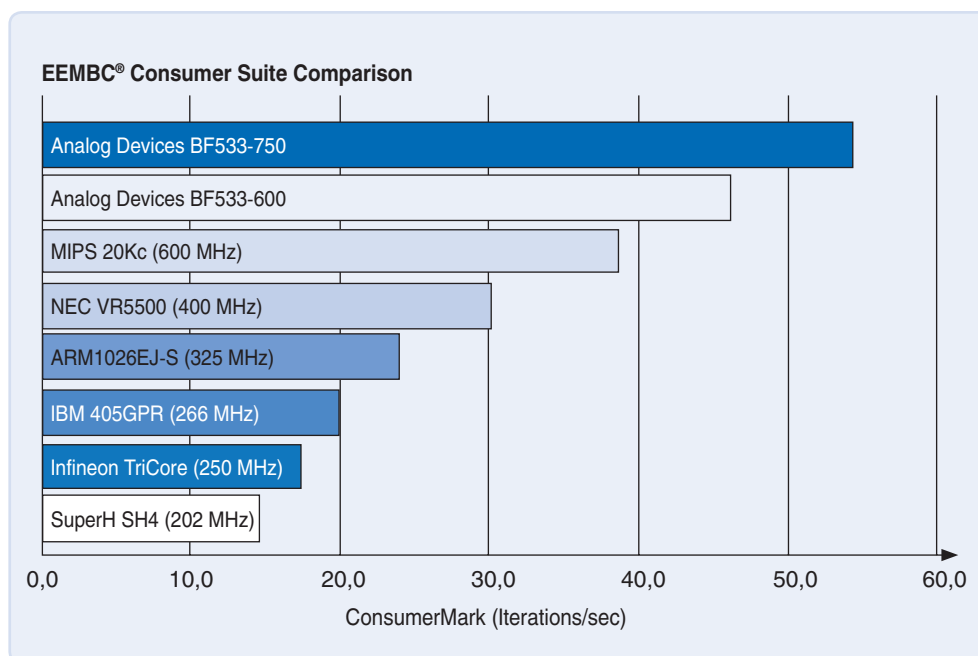


Рис. 1. Графики производительности различных процессоров в сравнении с процессором Blackfin BF533

Таблица 1		Процессоры семейства Blackfin				
Наименование	Тактовая частота, МГц	Производительность, ММАС	Внутрикристальное ОЗУ, килобайт	Периферия	Уп.ядра/периф, В	Корпус
ADSP-BF561S (2 ядра)	600	2400	328	2 PPI*, UART, SPI, 2 SPORT, 12 таймеров	0,8...1,2/2,5...3,3	mBGA256, PBGA297
ADSP-BF537S	600	1200	132	10/100 Ethernet, CAN 2.0, PPI, 2 UART, SPI, 2 SPORT, TWI*, 8 таймеров	0,8...1,2/2,5...3,3	mBGA182, mBGA208
ADSP-BF536S	400	800	100	10/100 Ethernet, CAN 2.0, PPI, 2 UART, SPI, 2 SPORT, TWI, 8 таймеров	0,8...1,2/2,5...3,3	mBGA182, mBGA208
ADSP-BF534S	500	1000	132	CAN 2.0, PPI, 2 UART, SPI, 2 SPORT, TWI, 8 таймеров	0,8...1,2/2,5...3,3	mBGA182, mBGA208
ADSP-BF533S	600	1200	148	PPI, UART, SPI, 2 SPORT, 3 таймера	0,8...1,2/2,5...3,3	mBGA160, PBGA169
ADSP-BF532S	400	800	84	PPI, UART, SPI, 2 SPORT, 3 таймера	0,8...1,2/2,5...3,3	LQFP176, mBGA160, PBGA169
ADSP-BF531S	400	800	52	PPI, UART, SPI, 2 SPORT, 3 таймера	0,8...1,2/2,5...3,3	LQFP176, mBGA160, PBGA169
ADSP-BF535S	350	700	308	PCI 2.2, USB 1.1, 2 UART, 2 SPI, 2 SPORT, 4 таймера	1...1,6/3,3	PBGA260

Примечания: * – PPI (Parallel Peripheral Interface) – параллельный периферийный интерфейс,
 ** – TWI – 2-проводный последовательный интерфейс, совместим с I2C,
 ADSP-BF534, -BF536, -BF537 совместимы по выводам,
 ADSP-BF533, -BF532, -BF531 совместимы по выводам.

Кроме того, что процессор имеет высокую производительность, он имеет ещё и развитую быстродействующую периферию. В частности два параллельных периферийных интерфейса (PPI, Parallel Peripheral Interface). PPI – многофункциональный параллельный интерфейс – это полудуплексный двунаправленный порт, поддерживающий передачу данных разрядностью до 16 бит. Он имеет выделенный вывод тактовой синхронизации, три мультиплексируемых вывода кадровой синхронизации и четыре выделенных вывода данных. В качестве дополнительных выводов данных может использоваться до 12 выводов PF. Параллельный периферийный интерфейс включает в себя и вход для приема внешней синхрочастоты, см. табл. 2.

Таблица 2		Выводы PPI
Название сигнала	Функция	Направление
PPI0 – 15	Данные	Двунаправленный
PPI_FS3	Кадровая синхронизация 3/поле	Двунаправленный
PPI_FS2	Кадровая синхронизация 2/VSYNC	Двунаправленный
PPI_FS1	Кадровая синхронизация 1/HSYNC	Двунаправленный
PPI_CLK	Сигнал тактовой синхронизации с частотой до SCLK/2	Входной

Поэтому PPI, а следовательно, и процессор ADSP-BF561 может непосредственно подключаться ко многим модулям TFT-дисплеев. PPI может также декодировать данные по ITU-R BT.656.

Поскольку в ADSP-BF561 много таймеров общего назначения, имеющих режим работы – модуляция ширины импульса (PWM), то он может быть сконфигурирован таким образом, чтобы обеспечить надлежащие временные диаграммы, необходимые для работы ЖКИ модуля. Следовательно, дополнительный генератор синхросигналов становится не нужен.

На рис. 2 показана блок-схема подключения процессора Blackfin к модулю TFT-дисплея. Сигналы синхронизации HSYNC и VSYNC с выходов PWM процессора ADSP-BF561 поступают на TFT-дисплей. Это позволяет производить программную регулировку полярности импульса, ширины импульса, и периода импульсов в соответствии со спецификой конкретного TFT-дисплея.

В инструкции по применению EE-256 производится детальное описание системы с процессором ADSP-BF561, установленном в стартовом наборе ADSP-BF561 EZ-KIT Lite. Приводится описание подключения процессора Blackfin к модулю TFT-дисплея и прилагаются необходимые программы, см. Л[1–7].

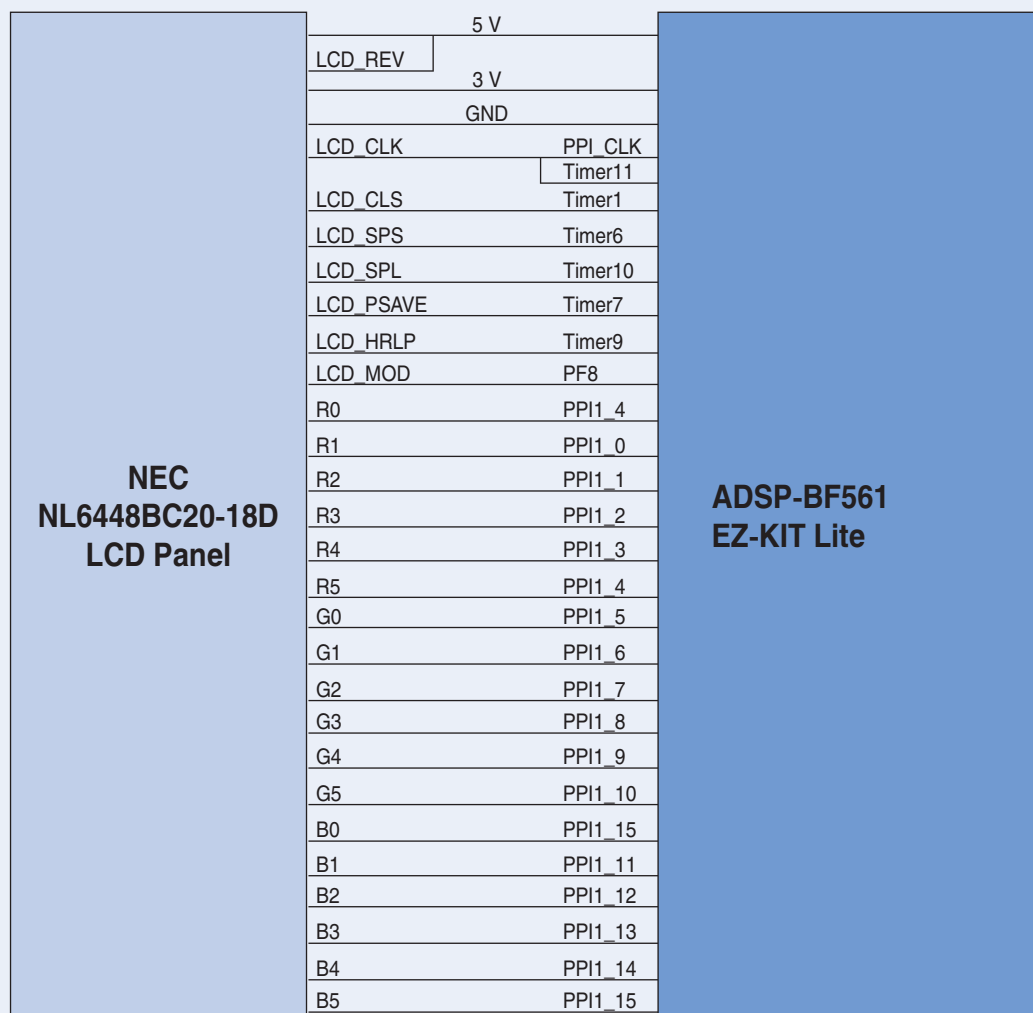


Рис. 2. Схема подключения TFT-ЖКИ дисплея к ADSP-BF561

Благодаря значительной вычислительной мощности, процессор ADSP-BF561 может служить основой для построения малогабаритного вычислительного узла с современными мультимедийными возможностями.

Промышленный дисплей, Что это такое?

Здесь очень коротко перечислим те пункты, по которым промышленный дисплей отличается от дисплея бытового.

Первое, что нужно отметить – это основные требования, предъявляемые к дисплею. К группе основных требований относятся размеры дисплея, его разрешающая способность, угол обзора, интерфейс. Для мобильных устройств – это еще и потребляемая мощность, и температура, при которой дисплей можно хранить, и та, при которой дисплей может работать.

Что касается дисплеев, применяемых в промышленности, то при прочих равных параметрах с дисплеями, применяемыми для бытовых задач, “промышленным” дисплеям приходится работать в гораздо более тяжелых режимах эксплуатации, например в непрерывном режиме эксплуатации, а также и в “цеховых” условиях, на транспорте. Особенно тяжелые условия работы “выпадают на долю” дисплеев, работающих в “полевых” условиях.

Поэтому фирмы производители стремятся сделать свою продукцию устойчивой ко всем этим неблагоприятным воздействиям. Поскольку невозможно описать все многообразие фирм изготовителей, то поэтому просто остановимся на описании продукции фирмы, специализирующейся на изготовлении лучших в отрасли дисплеев для промышленных применений.

Фирма NEC производит широкий ряд дисплеев, ориентированных на применение в различных отраслях. Основной упор при этом сделан на дисплеи для промышленных применений. На рис. 3 представлено развитие модельного ряда дисплеев фирмы NEC.



Преимущества дисплеев фирмы NEC – это широкий угол обзора, высокая контрастность, яркое изображение даже в прямом солнечном свете (новые модели – NL8060BC31-32 и NL3224BC35-22), устойчивость к вибрации. Для устройств, работающих в полевых условиях и на транспорте, производятся дисплеи, работающие при температуре –30°С. У дисплея NL10276BC16-01 – самый маленький размер пикселей, а, следовательно, более четкое изображение. Для медицинских приборов выпускаются черно-белые дисплеи с высокой разрешающей способностью.

Фирма непрерывно производит разработку и выпуск новых моделей, и принимает множество мер, направленных на улучшение своей продукции, см. Л [8, 9]. При этом выпуск новых моделей не сосредоточен в каком-то одном сегменте рынка. Новые модели появляются в разных сегментах, что свидетельствует о динамичном росте бизнеса.

Выводы

Современный прибор сочетает в себе большую вычислительную мощность и широкие мультимедийные возможности. Применение речевых и видео-технологий повышает потребительские возможности прибора. Это достигается тем, что цены на комплектующие падают, а возможности, предоставляемые современными комплектующими, растут. Таким образом, переносной или встраиваемый прибор с TFT-дисплеем, используемый в промышленности или на транспорте уже стал сегодняшней реальностью.

Литература

1. www.analog.com/processors/processors/blackfin/
2. www.analog.com/en/epProd/0%2C2CCADSP-BF561%2C00.html
3. www.analog.com/UploadedFiles/Associated_Docs/84676332PPI_TL.pdf
4. www.analog.com/en/epHSProd/0%2C2542%2CBF561%2CDHARDWARE%2C00.html
5. www.analog.com/UploadedFiles/Application_Notes/4450739634970271712286EE256v01.pdf
6. www.analog.com/en/epHSProd/0%2C2542%2CBF561%2CDHARDWARE%2C00.html
7. www.analog.com/processors/processors/blackfin/technicalLibrary/index.html
8. www.ee.nec.de/products/display/market/index.html
9. www.nec-lcd.com