РАЗРАБОТКА ВСТРАИВАЕМЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ

ЗЕЛЬКО ЛОНКАРИК (ZELJKO LONCARIC)
ВОЛЬФГАНГ КРИСТЛ (WOLFGANG CHRISTL)
ПЕРЕВОД: ВЛАДИМИР РЕНТЮК

Каков наиболее эффективный способ проектирования встраиваемой электроники для лабораторного устройства? Сегодня в таких проектах все чаще используются компьютеры-на-модулях, в основе которых лежит архитектура ARM. Так, для повышения эффективности конечного продукта и ускорения разработки HEITEC (в конструкции спектрофотометрического анализатора для компании IMPLEN) применила уже полностью готовый модуль стандарта Qseven (разработанный и поставляемый компанией congatec), который выполнен на основе процессора i.MX6 архитектуры ARM от компании NXP.

РИС. 1. ▲ Семейство NanoPhotometer от компании IMPLEN отличается универсальностью и может использоваться в биологических, химических, медицинских и фармацевтических лабораториях

Спектрофотометрические приборы предназначены для работы с небольшими образцами тканей и органических препаратов. Они используются в молекулярно-биологических, биохимических и биомедицинских лабораториях для широкого спектра применений. Одной из областей их использования является спектрофотометрия, т. е. проведение таких видов анализа, которые основаны на определении степени поглощения и пропускания электромагнитного излучения биологическими материалами (как, например, измерение концентрации белка и нуклеиновой кислоты — определение концентрации ДНК и РНК в смеси или чистом препарате). Компания IMPLEN специализируется на таких анализаторах — в виде нанофотометров, которые предназначены в первую очередь для использования в научно-исследовательских лабораториях, но могут применяться и для производственных нужд. Их особенностью является возможность измерения концентрации и контроля качества нуклеиновых кислот и белков на микроскопических образцах сверхмалых объемов (от 0,3 мкл), скорости роста бактерий и кинетики реакции. Также такие приборы необходимы при подготовке образцов для микрочиповых систем и NGS-секвенаторов.

ОСОБЕННОСТИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НАНОФОТОМЕТРОВ IMPLEN

Нанофотометр IMPLEN NanoPhotometer (рис. 1) позволяет пользователям, в зависимости от цели исследования, работать с образцами разных размеров, в том числе и микроскопическими. Образец можно поместить с помощью пипетки непосредственно на подставку с предметным стеклом или проанализировать в кювете малого объема с регулируемой и контролируемой температурой. Анализ раствора, благодаря изменяемой длине оптического пути, выполняется с широким диапазоном концентраций (от 2 нг/мкл до 18 750 нг/мкл для двухцепочечной ДНК). Интегрированный в нанофотометр вихревой смеситель (вортекс) используется для эффективного смешивания материала образцов, что необходимо для получения точных измерений. Результаты соответствующей спектрофотометрической процедуры автоматически анализируются и графически отображаются на сенсорном экране. Также к устройству можно подключить планшетный персональный компьютер (ПК) или смартфон. Для ПК с операционной системой Windows подключение выполняется через точку доступа Wi-Fi, порты USB, WLAN или Ethernet. Кроме того, через порт HDMI можно подключить большой внешний экран. Предусмотрена и возможность обмениваться данными через обычный флэш-накопитель USB. Система построена на базе операционной системы Linux, а для ускорения процесса измерения образца, более быстрой обработки данных и вывода информации, а также для широкой и качественной визуализации она оснащена процессором i.MX6 от компании NXP с тактовой частотой 1 ГГц, выполненным по архитектуре ARM.

ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛИ: КОМПЬЮТЕРЫ-НА-МОДУЛЯХ

Чтобы максимально реализовать возможности нанофотометра IMPLEN, разработчики из компании HEITEC внедрили в него соответствующую поставленным задачам встраиваемую электронику. Для этой цели они использовали в качестве встроенного ядра данного прибора уже готовый компьютерный модуль стан-

дарта Qseven[1] компании congatec. В дополнение к нему они создали несущую плату с функциональностью, необходимой именно для спектроскопического анализатора. Такая комбинация позволила разработчикам не только получить полную свободу действий — благодаря специально разработанному решению, но и воспользоваться уже полностью готовой, проверенной и сертифицированной компьютерной платой, что довольно удобно. Кроме того, применение в составе общего решения готового компьютера-на-модуле предоставляет широкие возможности экосистемы форм-фактора Qseven как готового и настраиваемого под требования пользователя модуля стандарта SGET (англ. Standardization Group for Embedded Technologies — Группа по стандартизации встраиваемых технологий).

Выбранные модули и их экосистема предлагают разработчикам значительно более высокую «готовность приложений», чем любая стандартная платформа в виде оценочной платы для конструкций на основе архитектуры ARM. У вторых вся поддержка часто ограничивается тем, что позволяет разработчикам копировать уже существующие схемы, а все остальное они должны проектировать самостоятельно.

С другой стороны, собственная разработанная несущая плата дает необходимую гибкость, поскольку дизайн конечного изделия получается менее сложный, чем в случае использования полностью созданных пользователем платы с процессором и всей его периферии. По сути, разработчику конечного решения при применении в своей разработке уже полностью готового компьютерного модуля остается только решить вопросы организации системных межсоединений и дополнить систему необходимыми контроллерами. Более того, используя один раз разработанную конструкцию несущей печатной платы, они могут создавать масштабируемые системы, которые легко обновляются — модули можно заменить с применением новых процессоров. И все это достигается благодаря стандартизации в рамках форм-фактора Qseven, без обращения к многочисленным поставщикам и тесной взаимосвязи с ними, читай — зависимости от них.

НАСТРОЙКА ПОД ТРЕБОВАНИЯ ЗАКАЗЧИКА

Компактность, экономичность и энергоэффективность также сыграли немалую роль при выборе как непосредственно самой встраиваемой электроники в виде компьютерного модуля, так и дополнительных компонентов, установленных на несущей плате. Особенно важно было учесть эти факторы при решении вопроса эффективного управления питанием от аккумуляторных батарей и проблемы отвода тепла. В дополнение ко всем стандартным функциям, таким как интерфейс контроллера сенсорного дисплея, LVDS-интерфейс для TFT-панели дисплея, USB-концентратор и интеграция внешнего аудиокодека для обеспечения функционирования аудиоинтерфейса, были реализованы следующие специальные:

- Контроль заряда аккумуляторной батареи для предоставления возможности мобильного использования прибора без его подключения к питающей сети напряжения переменного тока. С этой целью в нанофотометре был установлен мощный аккумулятор типа 4S3P, который позволяет применять устройство без подключения к сети питания в течение всего рабочего дня и обеспечивать максимальное, пиковое потребление энергии при «вытягивании» измерений.
- Переход в дежурный режим и мягкое включение/выключение были реализованы с использованием маломощной ПЛИС (FPGA), поскольку, в отличие от процессоров архитектуры x86, ARM-процессор i.MX6 не имеет функции глубокого сна (гибернации). FPGA реплицирует усовершенствованный интерфейс управления конфигурацией и питанием ACPI (англ. Advanced Configuration and Power Interface), который является стандартным для процессоров архитектуры x86, и полностью отключает питание процессора, понижая потребление. Тем самым увеличивается доступность введенной в состояние гибернации системы с нескольких дней до нескольких недель. При этом благодаря быстрой загрузке процессор может перейти в режим штатного функционирования с полной готовностью оборудования к работе буквально в считанные миллисекунды.
- Встроенное в систему управление двигателем для вихревого смесителя (вортекса) включает схему демпфирования, что позволяет избежать нежелательных колебаний системы. Это ключевой фактор при исследовании образца на степень поглощения и пропускания электромагнитного излучения.
- Регулируемый нагрев пленки, а также специальный измерительный мост к порту кюветы обеспечивают высокоточное поддержание температуры при измерении образцов, что является важным условием для выполнения точного анализа.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОГРАНИЧЕННОГО СВОБОДНОГО ПРОСТРАНСТВА

Поскольку в системе с ее габаритами 200×200×120 мм было не так много свободного объема для размещения всей необходимой электроники, при поиске оптимальных конструктивных решений разработчики от HEITEC напрямую сотрудничали с командой IMPLEN. Кроме того, для решения вопроса оптимизации охлаждения было использовано тепловое моделирование. В итоге несущая плата была выполнена в L-образной форме, а модуль Qseven установлен сверху. Оптимальное решение по отводу тепла заключается в том, что система отвода, которая соответствует данному типу модуля, соприкасается с металлической пластиной, расположенной в нижней части корпуса, через дополнительный переходной элемент, а оставшиеся элементы корпуса выполнены по большей части из пластика. Что касается зарядного устройства, то эффективный отвод тепла от системы в режиме заряда аккумуляторной батареи был реализован с помощью дополнительного радиатора.

1 Qseven, или Q7 — стандарт форм-фактора процессорных модулей, включающих все основные компоненты обычного компьютера и предназначенных для установки в платы устройств прикладного назначения. — Прим. пер.

Разработчики от компании HEITEC также обеспечили полное управление всей цепочкой поставок, причем не только для работы непосредственно над самим проектом, но и для выпуска всей продукции. Таким образом, заказчик получил от одного поставщика компактные, не требующие обслуживания электронные сборки в виде уже полностью оснащенных рабочих плат с комплексной функциональностью. Также компания HEITEC учла требования стандартов по разработке и производству устройств медицинского направления. Для IMPLEN было гарантировано, что если возникнет необходимость использования этого медицинского оборудования в рамках технологии «Интернета вещей», то разработчики от HEITEC смогут реализовать для данной системы интерфейс Ethernet в соответствии с требованиями стандарта DIN EN 60601-1.

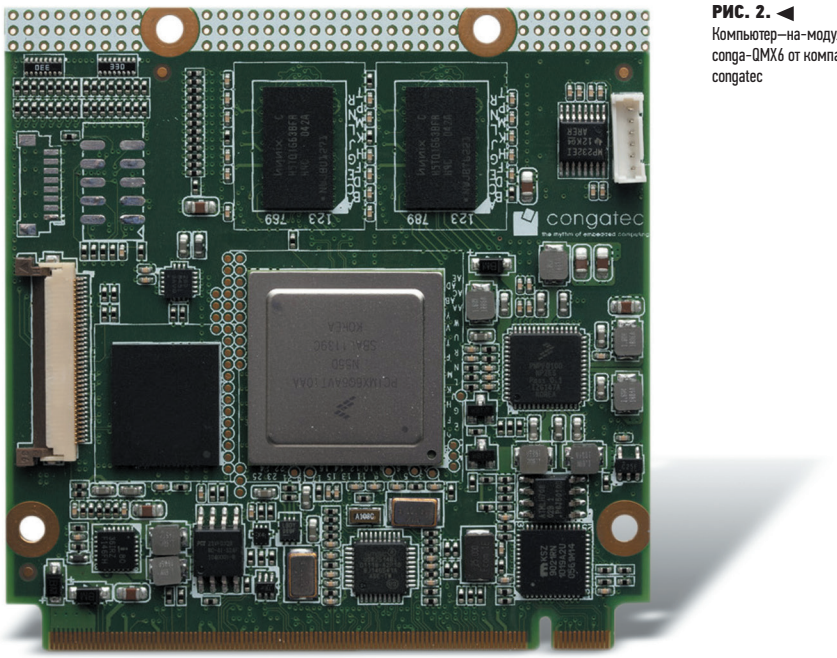

РИС. 2. ◄ Компьютер-на-модуле conga-QMX6 от компании congatec

ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С КОНЕЧНЫМ ПРОДУКТОМ

Необходимая настройка встроенной операционной системы Linux для рассматриваемого нанофотометра была реализована IMPLEN самостоятельно. Тем не менее группа от компании HEITEC, которая разрабатывала конкретную логику интерфейса и связанных компонентов системы, и инженеры IMPLEN, отвечавшие за взаимодействие между приложением, встраиваемой электроникой и оборудованием, воспользовались персонализированной поддержкой интеграции компьютерного модуля, предоставляемой компанией congatec как поставщиком модулей Qseven.

ОСОБЕННОСТИ МОДУЛЕЙ QSEVEN НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРЫ ARM

Полностью готовые к применению компьютерные модули conga-QMX6 Qseven от компании congatec (рис. 2) оснащены процессором компании NXP (бывший Freescale) семейства i.MX6 ARM Cortex A9, который можно масштабировать от 1 до 4 ядер ARM, и обеспечивают 3D-совместимый графический HD-интерфейс. Модуль Qseven доступен в четырех вариантах используемых процессоров: от Freescale i.MX6 Solo ARM Cortex A9 с тактовой частотой 1 ГГц и кэшем 512 кбайт до Quad ARM Cortex A9 с тактовой частотой 1,2 ГГц и кэшем 1 Мбайт. Масштабируемость и долговременная доступность (по крайней мере, на протяжении 10 лет) делают процессоры семейства i.MX6 подходящим выбором для проектирования систем на базе архитектуры ARM. В будущем семейство модулей дополнится преемником процессора i.MX6, поэтому разработчики смогут использовать еще более широкий диапазон в части производительности и продлить долгосрочную доступность, необходимую для продолжения выпуска конечного продукта. Модули имеют комплексную поддержку благодаря наличию инструментальных средств разработки встроенного программного обеспечения и персонализированную помощь в интеграции.

Несмотря на низкую собственную потребляемую мощность, интегрированное графическое ядро i.MX6 очень мощное и разработано для мультимедийных приложений с модулем видеопроцессора (VPU), включает 2D- и 3D-графики (GPU2D/3D), четыре программы построения теней (шейдерами) со скоростью обработки 200 MT/c (миллион треугольников/секунда) и поддерживает двойной поток 1080p/720p. Доступен двухканальный графический интерфейс HDMI v1.4 со вторым портом HDMI, разделяемым с LVDS. LVDS также поддерживает 18/24-разрядный двойной канал с разрешением до 1920×1200 пикселей (WUXGA).

Имеющийся сокет MicroSD можно использовать для недорогих и широко распространенных устройств хранения информации, предусмотрена также возможность добавления памяти до 16 Гбайт в виде подпаиваемого твердотельного накопителя (eMMC), который особенно полезен для устройств, эксплуатирующихся в жестких условиях окружающей среды. Доступны следующие интерфейсы: 1× PCI Express 2.0, 2 × SATA 2.0, 6 × USB 2.0, Gigabit Ethernet, 1 × SDIO, CAN Bus, LPC и звук I^2S.

Модуль conga-QMX6 оборудован универсальным загрузчиком (uBoot). Кроме того, реализованы такие функции, как Multi Watchdog Timer, CAN и шина I^2C, что обеспечивает более быструю и надежную работу приложений, даже если сама система находится в режиме ожидания. ⬢