Цифровые ИС для беспроводной телефонии

дальность действия, качество передачи, помехозащищенность

В числе последних новинок, появившихся на рынке средств беспроводной связи, — цифровые радиотелефонные системы с расширением спектра, работающие в ISM стандарте на частоте 900 МГц. Среди них, пожалуй, наиболее интересна беспроводная телефонная система ZPhone фирмы Zilog. ZPhone основана на разработанном фирмой комплекте схем, которые успешно решают многие проблемы, возникающие при проектировании таких систем, в частности снижения стоимости и повышения срока службы батарей. В статье анализируются особенности как самой системы, так и комплекта схем, на базе которых она создана.

Появившиеся в 80-е годы беспроводные ЧМ радиотелефоны, работающие в диапазоне частот 46 и 49 МГц по аналоговой технологии, получили широкое распространение благодаря низкой стоимости, большому числу выполняемых функций и высоким рабочим характеристикам. Тем не менее качество передачи этих устройств остается весьма чувствительным к фоновому шуму и другим помехам. Дальность их действия до сих пор невелика из-за затухания, обусловленного использованием ненаправленной антенны, и ослабления интенсивности сигнала находящимися на пути его распространения сооружениями.

Для снижения взаимных помех в аналоговых радиотелефонах последних поколений предусмотрена возможность работы на нескольких (до 10) каналах. Ряд моделей снабжен средствами автоматической перестройки частоты. В последних документах Федеральной комиссии связи (ФКС) США разрешен выпуск радиотелефонов, работающих в 25 перестраиваемых каналах. Однако эти меры лишь частично устраняют недостатки радиотелефонов.

В 1985 году ФКС США разрешила нелицензируемое пользование тремя частотными диапазонами промышленным (928 МГц), научным (2400—2483,5 МГц) и медицинским (5725—5850 МГц) организациям (ISM), а также увеличение мощности передаваемого сигнала до 1 Вт. Это позволило увеличить дальность действия и улучшить характеристики радиотелефонных систем. Большая ширина полосы на 900 МГц в сравнении с 46/49 МГц облегчила реализацию методов передачи и приема цифровых сигналов, а применение технологии передачи шумоподобных сигналов, предложенной в свое время для нужд военных, — повысить помехоустойчивость, обеспечить защищенность связи и улучшить качество передачи речевого сигнала.

По данным Ассоциации электронной промышленности США, с начала 90-х годов в стране ежегодно продается 18—20 млн. беспроводных телефонов, которыми пользуется почти 52% американских семей. Большая их часть — аналоговые, работающие на частоте 46/49 МГц. По мере совершенствования технологии и снижения розничных цен (до 200 долл. и менее) растет объем продаж устройств, работающих на частоте 900 МГц. К концу 1995 года их доля в общем объеме продаж беспроводных телефонов составляла 5—10%. На рынке предлагается все больше как аналоговых, так и цифровых устройств, работающих в ISM диапазоне на частоте 900 МГц. В числе последних новинок — цифровые радиотелефоны, работающие по технологии шумоподобных сигналов.

При проектировании таких радиотелефонов основные проблемы заключаются в том, чтобы обеспечить приемлемый в сравнении с 46/49МГц устройствами уровень цен и срок службы батарей. Определенных успехов в этом достигла фирма Zilog, выпустившая на рынок радиотелефонную систему ZPhone, работающую с шумоподобным сигналом. Она создана на базе разработанного фирмой комплекта схем, выполняющих все функции обработки сигнала. В комплект входят контроллер/трансивер шумоподобного сигнала типа Z87000 и речевой процессор, поддерживающий ADPCM алгоритм.

В ZPhone используется принцип скачкообразной перестройки частоты, повышающей помехоустойчивость, и FSK (частотной манипуляции) модуляции, обеспечивающей высокую мощность передаваемого сигнала и большую дальность передачи. Кодирование речи осуществляется по алгоритму ADPCM со скоростью 32 Кбит/с, благодаря чему достигается высокое качество передачи речевого сигнала. Адаптивное управление его мощностью увеличивает срок службы батарей.

Используемый метод расширения спектра заключается в скачкообразном переключении частоты. Передача данных осуществляется в дуплексном режиме с временным разделением каналов (TDD). Временной интервал, в течение которого частота не меняется, равный 4мс, определяет период единичного информационного пакета, который, в свою очередь, разделен на два временных интервала связи: для пересылки базовой станцией пакетов данных радиотелефонной трубке и обратно. Интервалы разделены двумя ограничительными временными интервалами (рис.1), назначение которых — обеспечить достаточное время для переключения аппаратных средств и достижения ими установившегося состояния. Синхронизацию пакетов радиотелефонной трубки и базовой станции обеспечивают счетчики пакетов трубки и станции. Базовая станция генерирует импульсы синхронизации всей системы. Разность значений, хранимых в счетчиках трубки и станции, отражает время задержки распространения сигнала между этими двумя пунктами.

Скорость пакетной передачи данных составляет 93 Кбит/с; ширина полосы на уровне 3 дБ для каждого перестраиваемого канала — 180 кГц. При ширине канала 182 кГц весь диапазон 902 и 928 МГц разделен на 142 канала, 64 из которых работают одновременно в любое время. Это связано с используемой в ZPhone технологией адаптивного исключения каналов с высоким уровнем помех, предусматривающей скачкообразную замену частоты сигнала с низким отношением сигнал/шум на другую из возможных. Последовательность переключения ка-

Рис.1. Структура информационного пакета

Рис.2. Режим работы базовой станции

налов задает генератор шумоподобного сигнала.

Данные группируются и передаются в течение каждого TDD пакета в формате уплотнения сигнала вызова (S-MUX) или переговоров (T-MUX). Длина пакетов, передаваемых станцией, равна 144 бит, трубкой —148 бит. Формат S-MUX используется для установления дуплексного канала между радиотелефонной трубкой и базовой станцией; T-MUX формат — при обмене речевыми сигналами. S-MUX формат содержит 64-разрядный заголовок, за которым следуют:

— уникальное слово, состоящее из 16-разрядной последовательности и используемое для синхронизации пакетов;

— восьмиразрядное поле, обновляемое в течение каждого пакета с целью указания состояния регистра генератора псевдошума, используемого для определения последовательности переключения каналов;

— 24-разрядное поле секретного идентификационного кода, предотвращающего несанкционированный доступ к системе. Начальный идентификационный код устанавливается по умолчанию при включении питания, но во время работы может принимать произвольные значения с тем, чтобы радиотелефонная трубка получала доступ только к назначенной ей базовой станции и наоборот;

— 16-разрядное поле управления, предназначенное для информации о готовности и установлении связи;

— 16-разрядное поле для сигнала вызова;

— 4-разрядное поле пакета, используемое для перекоммутации антенн базовой станции.

В конфигурации базовой станции могут быть предусмотрены порты с двумя антеннами. После приема базовая станция измеряет энергетическое состояние каждого антенного порта во время приема последних четырех разрядов пакета радиотелефонной трубки, значения которых известны. После этого система переключается с тем, чтобы опрашивался антенный порт с лучшими энергетическими характеристиками в течение приема текущего пакета по отношению к предыдущему.

Формат T-MUX содержит 128 бит речевых данных, что соответствует 32 полубайтам речевого сигнала. В этот формат входят также 16-разрядное управляющее слово (только для радиотелефонной трубки) и дополнительные четыре разряда фиксированной комбинации, используемые для перекоммутации антенны.

Радиотелефонная трубка может работать в четырех режимах: приема данных, готовности/ожидания, переговоров и защитном; базовая станция — в трех режимах: паузы, переговоров и защитном (рис. 2 и 3). Переход радиотелефонной трубки с одного режима на другой скоординирован с изменениями режима базовой станции и наоборот. Режим паузы базовой станции соответствует либо режиму приема данных, либо готовности/ожидания радиотелефонной трубки; режимы переговоров и защитный станции — тем же режимам трубки.

В режиме паузы базовая станция пересылает S-MUX пакеты, которые при необходимости принимаются трубкой. Последняя в режиме приема выполняет только функцию прослушивания, пытаясь принять и синхронизировать временные отсчеты своего пакета и поступивших S-MUX фреймов. После настройки на частоту базовой станции радиотелефонная трубка возвращается в режим готовности/ожидания, в течение которого питание с целью экономии энергии батареи периодически отключается-включается (для проверки сохранности настройки на частоту базовой станции). Если затребован дуплексный канал для передачи речевых сигналов, в радиотелефонной трубке и базовой станции включается режим переговоров. Защитный режим включается при установке радиотелефонной трубки в зарядное устройство базовой станции. При этом трубка и станция обмениваются информацией об идентификационном коде с целью ее согласования и проверяют соответствие таблиц перестраиваемых частот.

На рис. 4 приведены основные компоненты и связи системы ZPhone. Как в базовую станцию, так и в радиотелефонную трубку входят быстроперестраиваемые ВЧ блоки, контроллер/ трансивер шумоподобного сигнала типа Z87000, процессор ADPCM речевого сигнала типа Z87010 и ИКМ кодек. ИКМ кодек трубки сопряжен непосредственно с громкоговорителем/микрофоном, в базовой станции такой блок подключен к интерфейсу телефонной линии. Другие элементы (клавиатура, вызывное устройство, светоизлучающие диоды — СИД и т.п.) относятся к интерфейсу пользователя.

Обмен данными между ВЧ блоком и контроллером/трансивером осуществляется на промежуточной частоте 10,7 МГц. Следует отметить, что работа обеих схем комплекта не зависит от реальной рабочей частоты ВЧ блока. Поэтому при соответствующем выборе его конструкции и программных средств эти ИС могут быть использованы и в радиотелефонах ISM диапазона на 2,4 или 5,7 ГГц, а также на других перестраиваемых или постоянных частотах.

Функциональная блок-схема контроллера Z87000 приведена на рис. 5. В схему входит 1бит АЦП с избыточным квантованием, преобразующий и обрабатывающий принимаемый ПЧ сигнал. Схема FSK демодулятора выполняет функции преобразования сигнала с понижением частоты, детектирования сигнала ограничителя-дискриминатора, синхронизации по разрядам, синхронизации пакета и оценивания отношения сигнал/шум. Полученный поток последовательных данных группируется буфером приемника

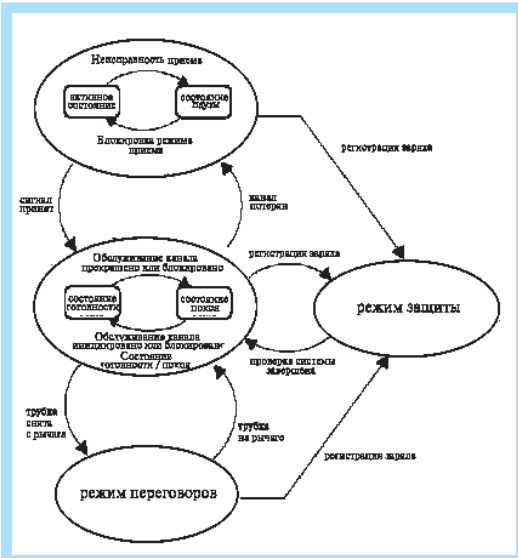

Рис.3. Режим работы радиотелефонной трубки

в полубайты, которые с помощью 8-разрядного двунаправленного интерфейса пересылаются речевому процессору.

При передаче буфер передатчика накапливает полубайты выборки, пересылаемые тем же двунаправленным интерфейсом. Затем они преобразуются в последовательный формат, обрабатываемый схемой FSK модуляции преобразования с повышением частоты до 10,7 МГц. Выборки преобразуются 4бит ЦАП в аналоговый сигнал, передаваемый ВЧ блоком. Кроме того, в схему Z87000 входит отдельный

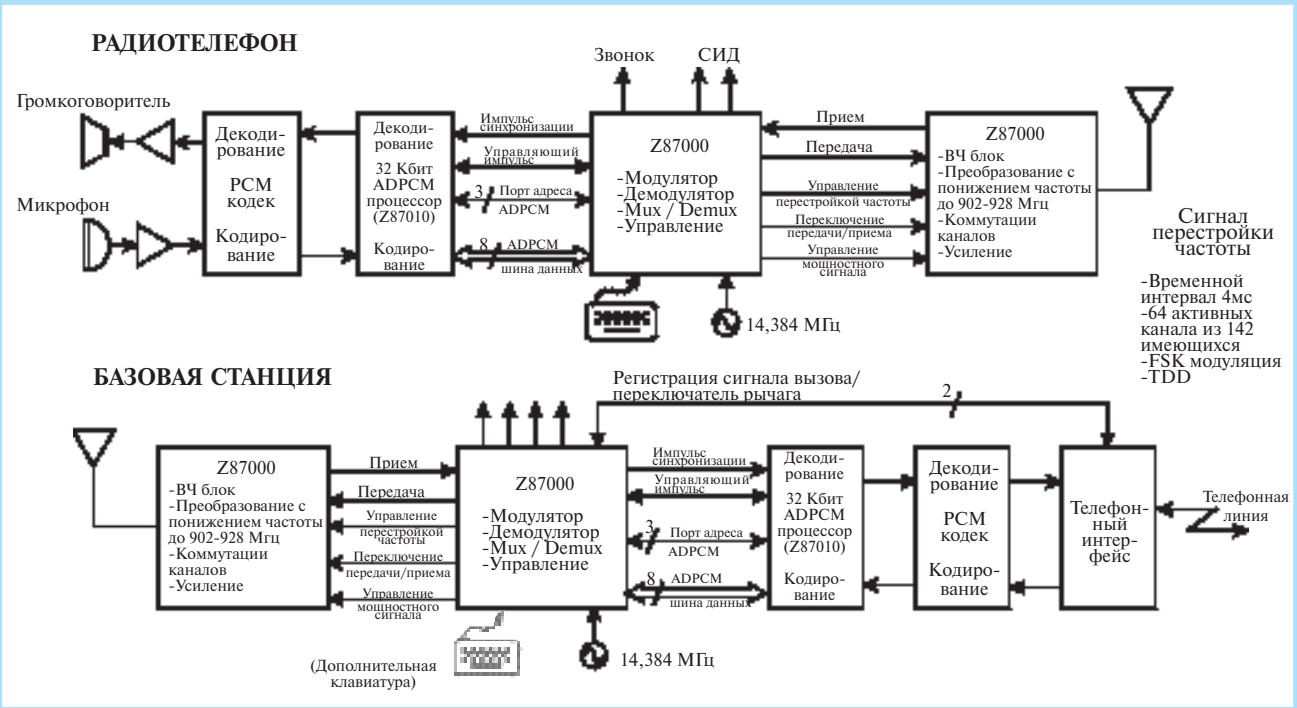

Рис. 4. Структура системы ZPhone

блок, содержащий счетчики пакетов, управляемую событиями триггерную схему, согласующую пакеты во времени и генерирующую внутренние и внешние тактовые сигналы, а также 8бит АЦП, преобразующий сигнал индикатора интенсивности принимаемого сигнала, и 4бит ЦАП, обеспечивающий 16-уровневое управление выходной мощностью передаваемого сигнала.

Схема Z87000 выполнена на базе ядра 16-разрядного сигнального процессора, содержащего 32-бит универсальные порты ввода/вывода, которые могут быть индивидуально запрограммированы на выполнение различных функций связи, в том числе функций ввода/вывода данных на пользовательский интерфейс. Схема Z87010, выполненная на базе того же ядра 16-разрядного сигнального процессора, реализует алгоритмы сжатия и декомпрессии речевого сигнала в соответствии с рекомендациями G.721 МККТТ.

Связь между радиотелефонной трубкой и базовой станцией определяется протоколом, состоящим из трех сетевых уровней (рис. 6). Каждый уровень обеспечивает непрерывную связь между трубкой и станцией. Сообщения на одном уровне станции и трубки пересылаются соответствующему уровню радиотелефона или базовой станции. Управление обменом сообщениями осуществляется в соответствии с правилами и процедурами протокола данного уровня передачи.

Протокол первого уровня управляет работой схем установления связи, включая дуплексную связь с временным уплотнением каналов, функции приема, перестройки частоты и циклов готовности/ожидания. Кроме того, он поддерживает функции мультиплексирования/демультиплексирования данных сигнала вызова, установления связи на основе идентификационного кода, формирования и управления дуплексным каналом, а также различные функции технического обслуживания канала, предусматривающие адаптивное распределение перестраиваемых частот, управление мощностью передаваемого сигнала и компенсацию частотной неопределенности.

Протокол второго уровня обеспечивает формирование управляющей команды с подтверждением и не подтверждением приема, обнаружение ошибок и их исправление при повторной пересылке. Функции второго уровня используются протоколами первого и третьего уровней. Обмен информацией между

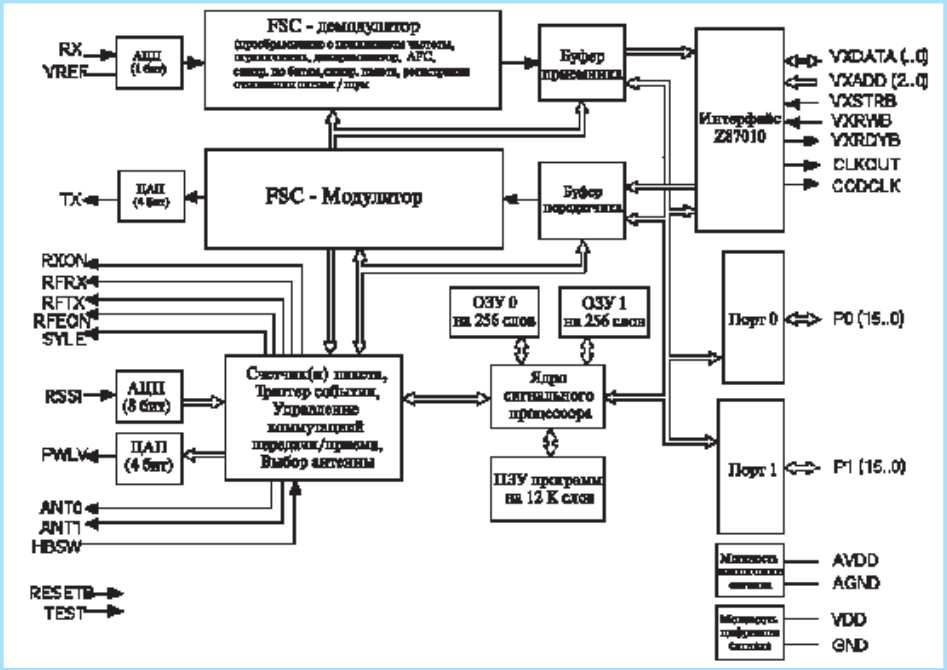

Рис.5. Функциональная блок-схема Z 87000

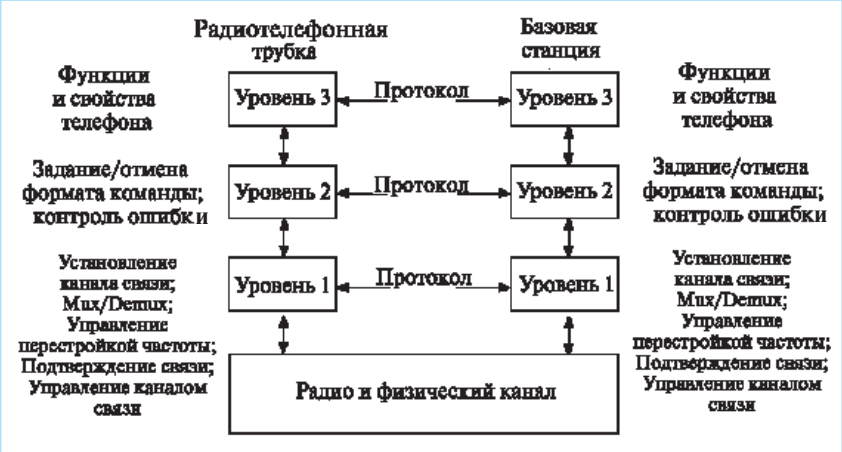

Рис.6. Информационная структура системы

радиотелефонной трубкой и базовой станцией осуществляется с помощью информационных элементов переменной длины, которые разбиваются на 64бит кодовые слова сообщения. Последние содержат байт, указывающий тип сообщения и номер последовательности, а также 2 байта циклического резервного кода для обнаружения ошибок.

Протокол третьего уровня использует средства, предоставляемые первым и вторым уровнями, для поддержки пользовательского интерфейса, интерфейса с телефонной сетью общего пользования, а также интерфейса схемы Z87000 и ИС процессора речевого сигнала Z87010. Сообщения третьего уровня составляются в терминах информационных элементов, передаваемых вторым уровнем к или от удаленного пункта. Этот "прикладной" уровень реализует специальные функции пользователя (набор номера, хранимого в памяти, поддержка СИД индикатора и т.п.). Программы третьего уровня для простоты обслуживания и модификации написаны на языке Си. Для усовершенствования телефонной системы на базе выпущенных Zilog новых схем фирма предлагает программные средства третьего уровня с исходным кодом, а также платформу разработки программно-аппаратных средств, позволяющих предоставлять дополнительные функции в соответствии с требованиями заказчиков.

Для облегчения проектирования системы ZPhone фирмой Zilog созданы средства проектирования, содержащие платформы радиотелефонной трубки/базовой станции, программные средства системы ZPhone, внутрисхемные эмуляторы Z87000, пакеты протоколов Z87000 и набор инструментальных средств разработки программных изделий для Z87000, включая Си компилятор и Ассемблер.

Платформа трубки/станции содержит печатную плату, контроллер/трансивер Z87000 с программными средствами поддержки телефонной связи, кодирующую/декодирующую схему Z87010, а также интерфейс телефонной линии, громкоговоритель, микрофон и сетевой источник питания. Подключив две такие платы к ВЧ модулям, можно получить полностью функционирующий радиотелефон. Подключение плат с помощью линии ПЧ к внутрисхемному эмулятору Z87000 позволяет разработать заказные прикладные программы.

В средства проектирования входят программные изделия системы ZPhone, записанные в ПЗУ емкостью 12 Кслов. Программные средства нижнего уровня, управляющие работой базового приемопередатчика, образованы 8 Кслова нижнего уровня, программные средства прикладного уровня, в том числе реализации специальных функций, — 4 Кслова следующего уровня. К реализуемым этими программными средствами функциям относятся: тональный/импульсный набор; хранение 20 телефонных номеров; повторный набор/пауза; передача коротких сообщений; удержание линии; автоматическое засекречивание переговоров; обеспечение поискового вызова/внутренней связи; управление громкостью трубки и звонка; индикация разговора, разрядки и зарядки батареи, засекреченности разговора.

Внутрисхемный эмулятор Z87000 дает возможность приводить прикладные программы в соответствие с требованиями заказчика. При работе с эмулятором Z87000 ICE BOX программные средства в процессе проектирования в реальном масштабе времени могут быть загружены из ПК и изъяты из буфера. Это средство позволяет также легко прослеживать ход исполнения программы. Пакет протоколов Z87000 представляет собой простой модуль эмуляции, обеспечивающий загрузку прикладных программ в электрически стираемые репрограммируемые ПЗУ с целью их проверки. Инструментальные средства разработки программных изделий Z87000 содержат пакеты ассемблера и компилятора для быстрой разработки кода приложений и отладки.

ANALOG DEVICES и ZILOG объединяют усилия в создании дешевого комплекта схем для радиотелефонии

Новости

17 февраля 1997 г. фирмы ANALOG DEVICES и ZILOG объявили о заключении стратегического союза с целью совместной разработки полного ("под ключ") комплекта схем для радиотелефонов в диапазоне 900 МГц, использующих технологию шумоподобных сигналов. Объединение опыта ANALOG DEVICES в области обработки радиочастотных сигналов с технологией цифровой обработки, используемой в системе ZPHONE фирмы ZILOG позволит создать один из самых дешевых комплектов современных высокопроизводительных схем.

Фирма ZILOG является зачинателем в области разработки, проектирования и изготовления специализированных схем на базе стандартных элементов (ASSP) для систем передачи данных, периферийных устройств и бытовых изделий. Компания использует методологию проектирования СБИС для объединения процессорных ядер и периферийных элементов, которые содержатся в обширной библиотеке базовых элементов (микроконтроллеров, схем памяти, логических устройств). Штаб-квартира ZILOG расположена в г.Кэмпбелл. шт. Калифорния. Доходы фирмы в 1996 году составили 298.4 млн. долл. Число занятых — 1575 человек. Фирма имеет 26 торговых представительств и более 120 дистрибьюторов по всему миру.

Фирма ANALOG DEVICES — ведущий изготовитель прецизионных высокопроизводительных ИС, используемых в аналоговых и цифровых системах обработки сигналов. Усилия отделения средств связи направлены на создание изделий для систем радиосвязи и широкополосных систем проводной связи. Штаб-квартира фирмы расположена в г. Норвуд, шт. Массачусетс. Объем продаж в 1996 фин. году составил 1.2 млрд. долл. Число занятых на предприятиях фирмы, в том числе зарубежных, — 6900 человек. Ее промышленные предприятия расположены в штатах Массачусетс, Калифорния, Северная Каролина, а также в Ирландии, на Филиппинах и Тайване.

Информация фирмы Zilog