

ВКЛАД УКРАИНЫ В РАЗВИТИЕ СИСТЕМНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ФОРМЫ ИНФОРМАЦИИ

Кондалев А.И., Романов В.А., Багацкий В.А., Клочан П.С.

Институт кибернетики им.В.М.Глушкова НАН Украины, г. Киев, Украина

Преобразователи формы информации (ПФИ) - обобщенное название аналогово-цифровых и цифроаналоговых преобразователей (АЦП и ЦАП), которые являются специализированными устройствами вычислительной техники. Отсюда следует, что история компьютерной техники в Украине была бы неполной, если бы в ней не были отражены исследования и разработки по преобразователям формы информации. Отрадно отметить, что начались эти исследования и разработки по инициативе и под руководством С.А.Лебедева в Киеве в период создания первой отечественной ЭВМ МЕСМ (1948-1951гг.). Великий ученый предвидел возможность использования цифровых ЭВМ для управления реальными объектами (например, самолетами) и поставил задачу разработать необходимые для этого преобразователи физических величин в цифровые коды и цифровых кодов в физические величины, т.е. преобразователи, которые теперь называются АЦП и ЦАП. Дальнейшее развитие всех поколений ПФИ в нашей стране и за рубежом происходило в полной зависимости от прогресса компьютерной техники, систем управления и электронных технологий. Современные ПФИ представляют собой обширную номенклатуру устройств, отличающихся, в зависимости от функционального назначения, алгоритмами функционирования, наборами выполняемых математических, логических и управляющих операций, видами и диапазоном преобразуемых и обрабатываемых сигналов, разрешающей способностью, точностью, быстродействием и технологией изготовления. Ниже речь пойдет о так называемых системных ПФИ (СПФИ), содержащих аналоговый и цифровой интерфейс, обеспечивающий в системе полную функциональную, информационно-программную, метрологическую, электромагнитную и конструктивную совместимость с источниками входных и приемниками выходных преобразуемых сигналов. В ряде случаев СПФИ включают вычислительные блоки, позволяющие программировать и выполнять первичную или локальную обработку данных.

Одному из соавторов данной статьи посчастливилось участвовать в разработке элементов и устройств ЭВМ МЭСМ и «Киев», поэтому есть повод в нескольких словах охарактеризовать значение этих машин для научно-технического прогресса, и ценность для истории науки и техники. Это были первые универсальные ЭВМ первого поколения, созданные в Украине. МЭСМ была также первой ЭВМ в континентальной Европе. Принципы ее построения оказались классическими и сохраняются в современных ЭВМ. Таким образом С.А.Лебедев независимо открыл и реализовал те же принципы, которые были предложены Д.фон Нейманом и засекречены в США. Уникальными для того времени были схемотехнические и конструктивные решения, а также способы

организации вычислительного процесса, обеспечившие быстрый ввод машины в эксплуатацию. Почти два года МЭСМ была единственной в СССР действующей ЭВМ. На ней удавалось решать важные народнохозяйственные, оборонные и научные задачи. В этом заключалась ее прямая польза. Она сыграла огромную стимулирующую роль для дальнейшего развития собственно компьютерной науки и техники и практически всех отраслей науки и производства. К сожалению малый объем памяти и низкое быстродействие машины не позволяли решать на ней многие задачи, поток которых быстро нарастал.

В лаборатории в период создания МЭСМ, велись исследования и разработки и других вычислительных устройств и приборов, включая АЦП и ЦАП. С притоком новых кадров, после ввода МЭСМ в эксплуатацию фронт исследовательских и проектных работ значительно расширился. Наиболее крупной разработкой была ЭВМ «Киев» (1955-1958), которая рассматривалась как базовая машина для будущего ВЦ АН УССР. Машина отличалась многими существенными особенностями от имевшихся тогда в мире ЭВМ и по основным характеристикам превосходила машины среднего класса. В ней был реализован асинхронный режим с длительностью такта, зависящей от времени выполнения операции, а также оригинальная импульсно-потенциальная элементная база, новый так называемый адресный язык программирования, сокращенное умножение и деление и другие новшества. Слова предоставлялись 41-разрядными двоичными кодами с фиксированной запятой. Работа с плавающей запятой осуществлялась программно. Арифметическое устройство параллельного типа. Время выполнения операции сложения 6,6 мкс. Среднее быстродействие машины 15000 оп/с. Оперативная память на ферритовых сердечниках, емкостью 1024 слова, с временем цикла 10 мкс. ПЗУ ферритовое, емкостью 512 слов, с временем обращения 7 мкс. В качестве внешних ЗУ использовались три МБ общей емкостью 9000 слов и временем выборки 120 мкс. Ввод данных с перфокарт, перфолент, с телеграфных линий связи, с АЦП и устройств считывания графиков. Вывод результатов на цифропечать и перфораторы. На машине решались математические и технические задачи в интересах научных и проектных организаций. Машина впервые в мире использовалась для управления технологическими процессами в качестве советчика мастера на расстоянии.

В 1960 г. сотрудниками ВЦ АН УССР (с 1962 г. Институт кибернетики) совместно с технологами Днепродзержинского металлургического завода был разработан алгоритм для определения времени повалки бессемеровского конвертора. Данные о ходе плавки от датчиков через АЦП (разработан в ВЦ) по телеграфной линии передавались с завода в ЭВМ «Киев». Машина на основе этих данных с учетом заданных требований к марке стали прогнозировала время, оставшееся до конца процесса. Результаты своих расчетов она передавала по той же линии на завод. Как выяснилось, машина выполняла эту задачу не хуже сталевара. Управление было экспериментальным и проводилось на расстоянии 470 км.

Вскоре был проведен второй опыт дистанционного управления процессом производства кальцинированной соды в одной из карбонизационных колонн на Славянском содовом заводе. Этот процесс в отличие от

бессемеровского является непрерывным и управление им сводится к расчетам и регулированию необходимых доз участвующих в химической реакции веществ, вычислению термохимических соотношений, заданию скорости движения отдельных компонентов и т.п. Машина производила необходимые расчеты и сообщала о своих решениях из Киева на завод в г. Славянск. В результате этого опыта было зафиксировано значительное повышение коэффициента утилизации исходных химических веществ, улучшение качества выходного продукта, уменьшение расхода тепла и электрической энергии. Инициатором и руководителем проведенных экспериментов был директор института В.М.Глушков. Успешное их завершение явилось надежной предпосылкой для развертывания работ по созданию управляющей машины широкого назначения под руководством Б.Н.Малиновского.

К этому времени в институте был накоплен определенный опыт в разработке преобразователей информации на ламповых элементах (Р.Я.Черняк, Е.С.Орешкин, А.Н.Никитин и др.). В 1959 г. приказом директора института была организована лаборатория преобразователей формы информации, преобразованная позже в отдел с тем же названием. С этого времени начались систематические исследования принципов построения и основ проектирования системных ПФИ на элементной базе второго и последующих поколений. Уделяется внимание научной классификации АЦП и ЦАП, анализу и синтезу структур, схемотехническому проектированию, изучению зависимости технических и метрологических характеристик от алгоритмов кодирования и декодирования и параметров элементной базы и т.д. Все чаще в научно-технической печати появляются публикации на эти темы. По результатам исследований, выполненным в Институте кибернетики издается монография А.И.Кондалева «Преобразователи формы информации» (К., «Наук.думка», 1965), которая была первой книгой в Украине по данной проблеме. В ряде академических и отраслевых НИИ и технических вузах Украины усиливается интерес к разработке цифровых измерительных приборов (ЦИП), АЦП и ЦАП. Среди первых ученых-специалистов в этой области следует назвать П.П.Орнатского, Б.И.Швецкого, А.П.Стахова и др. Началось тесное научное сотрудничество отдела с соответствующими кафедрами вузов, студенты регулярно проходят практику и выполняют дипломные проекты под руководством сотрудников отдела.

Последующие годы ознаменовались бурным развитием теории и техники ПФИ. Закладываются научные основы алгоритмического описания процессов кодирования в ПФИ, формального анализа характеристик и оптимального синтеза структур. Развиваются методы имитационного моделирования алгоритмов функционирования ПФИ, машинного анализа погрешностей и критериев оценки их системной эффективности. Решаются задачи автоматизации отдельных этапов проектирования ПФИ. Проводятся разработки функциональных узлов, изготавливаются действующие образцы системных ПФИ на элементной базе соответствующих поколений. Во всех изготавливаемых в ИК моделях ПФИ используются изобретения сотрудников отдела, подтвержденные авторскими свидетельствами. Большинство ПФИ предназначалось для исследовательских целей или автоматизации научных

экспериментов и сопрягались с универсальными ЭВМ. В соответствии с назначением и предъявляемыми требованиями к быстродействию, точности, разрешающей способности и другим характеристикам ПФИ, разрабатывались алгоритмы функционирования, выбиралась элементная база, проектировались функциональные узлы.

Особое значение придавалось реализации в ПФИ взаимоуправляющих функций между ПФИ, устройствами ЭВМ и источниками входной преобразуемой информации, в качестве которых как правило были сложные гидрографические, метеорологические, астрономические, медицинские и другие приборы.

О техническом уровне разработанных ПФИ свидетельствуют дипломы и медали всех достоинств ВДНХ СССР и СССР, об эффективности использования - экономический эффект, который в ряде случаев составлял десятки тысяч рублей на один образец.

Конструкторская документация разрабатывалась совместно с СКБ института и соответствовала требованиям серийных изделий. Выпускались ПФИ опытным заводом института малыми сериями по потребности. Назовем некоторые из них.

Комплексное цифровое регистрирующее устройство с магнитным измерительно-кодирующим преобразователем для кодирования, декодирования, долговременного хранения и обработки с помощью ЭВМ информации, поступающей от различных датчиков. Использовалось в медицинских НИИ Киева и Москвы для расшифровки электроэнцефалограмм.

Серия одно - и двухканальных АЦП следящего типа для кодирования сигналов с широким спектром частот выпускалась в трех модификациях : «Блок», «Блок-2» и «Блок-2М». Эксплуатировались в ряде организаций Киева, Днепропетровска, Москвы, Ленинграда, Горького, Тулы, Куйбышева и других городов для обработки главным образом электроакустической и ультразвуковой и аудиоинформации.

Серия комплексных поразряднокодирующих ПФИ для многоканальных систем сбора и обработки непрерывных сигналов, непосредственно поступающих с исследовательской аппаратуры, либо предварительно записанной на аналоговые носители, например, магнитные ленты. Использовались в Астрономических обсерваториях АН СССР (Голосеево) и АН СССР (Пулково) и др. организациях.

Агрегатированный комплекс преобразователей Института кибернетики, включающий быстродействующий АЦП следящего типа АЦП-11; малоканальные быстродействующие АЦП с параллельно-последовательным кодированием АЦП-21, АЦП-22; многоканальные высокоточные поразряднокодирующие АЦП с коррекцией погрешности АЦП-31, АЦП-32; многоканальный АЦП для сигналов низкого уровня АЦП-41; многоканальный ЦАП-51; устройство сжатия данных УСД-61; блок программного управления БПУ-71. Комплекс предназначался для создания на базе универсальных ЭВМ систем автоматического управления сложными экспериментами, для автоматизированных информационно-измерительных систем в различных областях науки и техники; для сопряжения машин непрерывного и дискретного

действия, для включения в АСУТП, где собственные ПФИ не обеспечивают необходимой точности и быстродействия преобразования данных.

В зависимости от характера решаемых задач ПФИ комплекса могут использоваться в полном и неполном составе, а также каждый самостоятельно. Все устройства выполнены на ИС.

В дальнейшем в ИК был разработан ряд моделей ПФИ широкого назначения ($n=10$ дв.р., $T_n=10$ мкс.), повышенной точности ($n=16$ дв.р., $T_n=20$ мкс.) и повышенного быстродействия ($n=5$ дв.р., $T_n=0,02$ мкс.). Не приводя характеристик отдельных моделей, укажем, что АЦП-33, АЦП-33М, АЦП-34, АЦП-35, АЦП-23, АЦП-43, ЦАП-53 выполнены в приборном исполнении; АЦП-241, АЦП-242, АЦП-243, АЦП-244, АЦП-25, АЦП-26, ЦАП-52, ЦАП-039, ЦАП-044, ЦАП-0451, ЦАП-0452, ЦАП-К - выполнены в модульном исполнении.

Последующий ряд ПФИ включал высокопроизводительные АЦП-36 и ПФИ-1; АЦП общего применения Ф5286; с повышенной помехозащищенностью АЦП-245; инкрементные АЦП-112 и АЦП-113 и др. Отдельные из перечисленных СПФИ серийно выпускались в составе ЭВМ для обработки данных на ПО им. С.П.Королева и в составе ИВК-6 и ИВК-20 на ПО «Точэлектроприбор».

Кроме названных ПФИ разрабатывались два особых класса преобразователей: ПФИ с обработкой данных и сверхскоростные ПФИ на арсениде галлия, которые требуют специального рассмотрения.

К концу 80-х годов были обобщены теоретические исследования в области надежности, помехоустойчивости, точности и производительности ПФИ. Сформулирована и решена проблема оценки качества преобразователей. Это позволило создать широкий спектр серийных ПФИ (в виде встраиваемых модулей) для отечественных персональных ЭВМ ЕС1840/41/42/45, которые выпускались в течение нескольких лет на заводе С.Орджоникидзе (г. Минск). Совместно с инженерным центром микроэлектроники при ИК НАН Украины и Киевским радиозаводом, осуществлен серийный выпуск высоконадежных ПФИ на базе технологии многокристальных модулей. Эти преобразователи предназначались для управления подвижными объектами, могли выдерживать большие климатические и механические нагрузки.

Отдел имел научные и производственные связи практически со всеми организациями в Украине, и многими в бывших республиках СССР, особенно Прибалтийских, где разрабатывались или производились ПФИ. Этому способствовал взаимный интерес к проводимым исследованиям, а зачастую и прямое сотрудничество на основе хозяйственных договоров.

Очевидно вклад Украины в развитие СПФИ не ограничивался разработками Института кибернетики, где они были впервые начаты и проводились с постоянным акцентом на системные особенности этих устройств. Несомненные успехи в развитии цифровых приборов, а также АЦП и ЦАП имелись в Киевском, Львовском, Одесском, Винницком политехнических институтах, Харьковском институте радиоэлектроники и других вузах Украины. На Киевском и Северодонецком заводах управляющих машин разрабатывались и серийно выпускались в комплекте с машинами нужные АЦП и ЦАП,

номенклатура которых постоянно расширялась, а характеристики совершенствовались.

Невозможно переоценить координирующую роль симпозиумов «Проблемы создания преобразователей формы информации» и республиканских конференций «Вопросы теории и проектирования преобразователей информации», которые проводились Институтом кибернетики согласно планам АН УССР и АН СССР, утвержденных СМ УССР. Эти форумы привлекали большое количество специалистов, среди которых много известных ученых: В.М.Глушков, Г.Е.Пухов, Б.Н.Малиновский, В.Б.Смолов, Э.И.Гитис, П.П.Орнатский, В.М.Шляндин, Б.И.Швецкий, М.П.Цапенко, А.Н.Касперович, А.В.Каляев, А.П.Стахов, И.Я.Билинский, Л.К.Самойлов, Е.А.Чернявский, Г.С.Паламарюк, Г.М.Петров, А.Г.Рыжевский, А.В.Алипов, А.Н.Филиппов, Т.Ф.Бекмуратов, А.К.Марцинкявичус, А.Ф.Сушко, М.В.Чхеидзе, В.Я.Загурский, Г.П.Шлыков, В.К.Шмидт, В.В.Островерхов, Ю.М.Туз, В.Т.Володарский, Э.К.Шахов, Н.В.Бессарабов и др. В отделе функционирует постоянно действующий семинар «Преобразователи формы информации» при Научном совете по проблеме «Кибернетика» НАНУ, на суд которого специалисты из разных регионов страны представляют научные доклады, в том числе по темам докторских и кандидатских диссертаций.

Нельзя не отметить значение монографий, которые издавались по результатам выполненных в отделе крупных научно-исследовательских тем и проектно-конструкторских разработок. Названия основных монографий, опубликованных в разные годы издательством «Наукова думка», дают представление о научной направленности работ отдела: «Системные преобразователи формы информации» (1974), «Вопросы проектирования преобразователей формы информации» (1977), «Преобразователи формы информации для малых ЭВМ» (1982), «Высокопроизводительные преобразователи формы информации» (1987), «Преобразователи формы информации с обработкой данных» (1992).

Сотрудниками и аспирантами отдела защищен ряд докторских и кандидатских диссертаций, явившихся существенным вкладом в теорию и практику СПФИ.

В соответствии с планами по научно-техническому сотрудничеству ИК НАНУ отдел оказывал помощь в подготовке докторов, кандидатов наук и инженерных кадров по профилю ПФИ для союзных республик Средней Азии, Закавказья и других регионов.

Интерес к нашим разработкам проявляли ученые ряда зарубежных фирм («Analogic», «Analog devices» и др.), с которыми отдел обменивался печатными работами. Наши доклады публиковались в трудах зарубежных конференций и симпозиумов. Об уровне наших разработок в области преобразовательной техники руководитель американской фирмы «Analogic» Б.М.Гордон во время командировки в наш институт отозвался так: «Вы делаете то же и примерно так же как и мы». В настоящее время преобразователи данных зарубежных фирм, заполнившие рынок Украины, подтверждают, что наша идея «системности» ПФИ, под знаком которой мы проводим разработки, не утратила актуальности и имеет перспективу дальнейшего развития.

В настоящее время развитие микроэлектроники в стране практически остановилось. Однако громадный творческий потенциал, наличие большого числа ученых и специалистов позволяет надеяться на преодоление кризисных явлений в области отечественной вычислительной техники. Украина - космическая держава, имеет развитую атомную энергетику. Эти отрасли требуют непрерывной модернизации средств управления, телекоммуникаций и т.п. На основе элементной базы лучших мировых производителей уже в ближайшее время возможно создавать конкурентноспособные изделия. В этой связи накопленный опыт, результаты теоретических исследований и практических экспериментов найдут, по нашему мнению, достаточное применение при производстве новых отечественных систем контроля, управления и автоматизации.

В кратком изложении невозможно было полнее отразить вклад Украины в развитие СПФИ, весомость которого бесспорна. Свою достойную лепту внес ИК НАНУ и такие замечательные специалисты, работавшие в разное время в отделе ПФИ, как доктора технических наук В.И.Зайцев, В.А.Литвинов, В.А.Фабричев, кандидаты технических наук С.Д.Хачатуров, П.М.Сиверский, А.Н.Никитин, В.П.Стокай, Ю.М.Грешищев, И.В.Самус, А.Ю.Вонятыцкий, Е.А.Семешко, В.И.Патерикин и др., инженеры Д.М.Калниболотский, А.И.Флеров, В.Е.Кравченко, М.Е.Овчарук, О.В.Марченко, Ю.Н.Рухлядев, Ю.С.Юдин, В.И.Заболотный и др. Плодотворно трудятся в отделе доктора технических наук В.А.Романов, В.А.Багацкий, А.И.Кондалев, кандидаты технических наук П.С.Клочан, А.О.Богущ, В.С.Каленчук, научные сотрудники Ю.А.Брайко, Л.В.Тесленко, Н.Н.Красноруцкая, Р.Г.Имамутдинова, Л.Л.Тышковская и др.

Высокий теоретический уровень, богатый практический опыт и сложившиеся научно-производственные связи с партнерскими организациями дают возможность коллективу отдела решать новые сложные фундаментальные и прикладные задачи и создавать в Украине СПФИ, отвечающие мировым стандартам.