

JAK POWSTAWAŁA SERIA ODRA 1300

Adam Urbanek

Czasy i wydarzenia, które chciałbym opisać są już niezwykle odległe. Patrząc od strony wieloletniego konstruktora jednostek centralnych serii Odra 1300 różnych generacji tworzonych we Wrocławiu, problemy techniczne i produkcyjne, z jakimi borykali się wtedy logicy i konstruktorzy oraz programiści systemów komputerowych są obecnie trywialne. Teraz wywołują jedynie uśmiech politowania na twarzy, ale prawie pół wieku czasu, jaki był upłynął od tych wydarzeń ma swoją wymowę. O tym, jaki dystans dzieli tamtą epokę tworzenia pierwszych w Polsce maszyn cyfrowych od współczesnego pojmowania ich funkcji, dobrze odzwierciedla pytanie zadane niedawno na jakimś spotkaniu z młodymi adeptami teleinformatyki: „A jakie gry chodziły na tych komputrach?”. Oczywiście żadne, o ile użytkownik nie zrobił sobie tego sam.

Ponad 45 lat temu – bo była to przecież pierwsza połowa lat sześćdziesiątych – przed konstruktorami komputerów piętrzyły się zupełnie inne problemy do rozwiązywania. Także niezwykle skromna była wiedza i narzędzia wytwórcze oraz używane technologie produkcyjne. Siłą rzeczy, również powstające konstrukcje pierwszych maszyn liczących były prozaicznie proste. Zwłaszcza, że wszystko co było związane z maszynami cyfrowymi (pojęcia komputera, procesora, serwera czy klastra jeszcze nie znano) należało rozwiązywać we własnym zakresie, począwszy od niezawodnego zasilania, poprzez nowatorskie konstrukcje podstawowych funktołów logicznych (przełącznikowe, lampowe, tranzystorowe, a w końcu scalone), niestandardowe kanały współpracy z różnymi urządzeniami zewnętrznymi czy sposoby pamiętania przetwarzanej w komputerze informacji. Wielu materiałów nie można było kupić, ponieważ takowych elementów nie było w sprzedaży, a rynek materiałów teletechnicznych był mało urozmaicony. Pojęcie teleinformatyki w ogóle nie istniało.

Nawet w szkołach wyższych nie nauczano wtedy o komputerach, bo ich po prostu nie było. Ani o metodach programowania systemowego bądź o programach użytkowych – dzisiaj powszechnie nazwanych aplikacjami. Komputerowi entuzjaści tamtych lat byli ponadto pozbawieni możliwości konfrontowania swych projektowych pomysłów z już istniejącymi rozwiązaniami technicznymi na świecie, także bez możliwości skorzystania z doświadczeń innych – znajdujących się o kilka lat dalej w rozwoju technologicznym. Większość nowopowstających systemów cyfrowych w Polsce była więc swoistym arcydziełem konstruktorów, nie mającym swego pierwowzoru, a niekiedy nawet nie spełniających pokładanych w nich nadziei na rozwiązanie postawionych przed nimi zadań.

Młodszy dzisiaj adeptom sztuki komputerowej należy przypomnieć, że był to najbardziej dziki okres zimnej wojny między Wschodem i Zachodem, skutkujący brakiem jakiegokolwiek kontaktu z technologią pochodzącą z krajów rozwiniętych. Dostęp do zachodniej literatury technicznej po tej stronie muru dzielącego dwa systemy polityczne też był praktycznie niemożliwy. A wewnątrz systemu, w centralnie

planowanej gospodarce tamtych lat, oprócz podstawowych produktów powszechnego użytkowania, każdy kraj z demoludów produkował co innego – chociaż nie miało to żadnego uzasadnienia ekonomicznego. Polsce przypadła między innymi specjalizacja w produkcji maszyn cyfrowych, które powstawały jednocześnie w kilku krajowych ośrodkach naukowo-produkcyjnych. Jednym z takich wytypowanych przedsiębiorstw były wrocławskie zakłady ELWRO.

Co było przed serią Odra 1300?

Początki produkcji komputerów serii Odra sięgają początku lat 60., kiedy to w zakładzie produkcyjnym Wrocławskich Zakładów Elektronicznych ELWRO skonstruowano pierwsze modele „szeregowych” maszyn liczących: Odra 1001 (technika lampowa, 1960 r.) oraz Odra 1002 (lampowo-tranzystorowa, 1961 r.) przekazana potem do eksploatacji w Centrum Obliczeniowym PAN – obydwie o dynamicznym sposobie przetwarzania informacji. Mimo, iż wersje te z powodu małej niezawodności pozostały jedynie na etapie modelu i nie weszły do produkcji seryjnej, były one ważnym poligonem dla konstruktorów jak należy, bądź jak nie należy konstruować procesorów, a zwłaszcza, czego unikać w następnych projektach komputerowych.

Uzyskane na tych modelach doświadczenia sprawiły, że kolejna wersja maszyny cyfrowej **Odra 1003**, w której zastosowano technologiczne procesy starzenia podstawowych elementów tranzystorowych procesora oraz istotnie udoskonalono sposób współpracy z bębnową pamięcią magnetyczną o pojemności 8K (oś pionowa) – stał się pierwszym komputerowym produktem wrocławskiej konstrukcji wytwarzanym seryjnie (1962 r.). Komputer o szeregowym i dynamicznym przetwarzaniu informacji oraz wyposażony w podprogramy stałego i zmiennego przecinka, miał za urządzenia WE/WY jedynie dalekopis, czytnik i dziurkarkę taśmy papierowej oraz konwerter analogowo-cyfrowy (!). Odporność i wytrzymałość niektórych egzemplarzy podobno sprawdzano nawet w trudnych warunkach na poligonie artyleryjskim. Według dostępnych dzisiaj danych, w latach 1963-1965 zakład ELWRO opuściło łącznie 42 egzemplarze szeregowych maszyn typu Odra 1003.

Następcą tego rozwiązania została dwuadresowa maszyna **Odra 1013** wyposażona dodatkowo w niewielką pamięć ferrytową (256 słów maszynowych), dzięki której sprawność liczenia oraz zakres zastosowań istotnie wzrosły (do 2,8 tys. operacji na sekundę). Wszystkie te produkty cyfrowe jednak zasadniczo różniły się od dzisiejszych komputerów. Były to proste rozwiązania o szeregowym sposobie liczenia (sumatory jednobitowe), a każde z nich wymagało indywidualnego dostrajania się do aktualnej szybkości informacji spływającej z bębna magnetycznego, który stanowił serce systemu. Mimo to (a może właśnie dlatego) były one niezawodne w działaniu, chociaż ich niezwykle prosta architektura logiczna pozwalała przyłączyć jedynie najprostsze urządzenia WE/WY, obejmujące dalekopisy bądź elektryczne maszyny do pisania. Rozwiązanie miało jednakże tę zaletę, że mimo niewielkiej mocy obliczeniowej pozwalało na realizację prostych, ale żmudnych i czasochłonnych obliczeń algorytmicznych – co dobrze sprawdzało się podczas prac projektowych prowadzonych na wyższych uczelniach. Według danych z archiwum, z taśm montażowych ELWRO w ciągu dwóch kolejnych lat (1966-1967) spłynęły 84 seryjnie wytwarzane egzemplarze maszyn typu Odra 1013.

Ostatnim elwrowskim produktem o szeregowym sposobie działania, lecz z częściowo równoległym (dziesiętnym) przetwarzaniem informacji, było tranzystorowe rozwiązanie oznaczane jako komputer **Odra 1103**, powszechnie chociaż niesłusznie nazwane wtedy kalkulatorem dziesiętnym (do ok. 5 000 operacji arytmetycznych na sekundę). Produkt ten został fabrycznie zaopatrzony w rozszerzoną pamięć ferrytową o pojemności 1024 słów oraz systemową pamięć bębnową 32K słów 16-bitowych (dokładniej 32 768 wierszy). Podstawową funkcją użytkową tego procesora były obliczenia numeryczne i analityczne, pozwalające na dokonywanie rozbudowanych operacji księgowania kosztów, tworzenia i modyfikowania list płac oraz obrotu materiałowego bądź magazynowego. Do komputera można było podłączyć jedynie najprostsze asynchroniczne urządzenia zewnętrzne w postaci czytnika i perforatora pięciokanałowej taśmy papierowej, także dalekopisu, tabulatora kartowego i reproducera. Mimo raczej prostych funkcji obliczeniowych i stosunkowo dużego zapotrzebowania krajowego na takie „dziesiętne obrabianie danych cyfrowych”, zakład ELWRO dostarczył na rynek w latach 1967-1969 jedynie 64 egzemplarze maszyn Odra 1103.

Druga generacja

Zasadniczy postęp w rozwoju wrocławskich komputerów pojawił się dopiero podczas projektowania maszyny cyfrowej **Odra 1204**, w której po raz pierwszy w Polsce zastosowano unikatową jak na owe czasy (model w 1967 r.) mikroprogramowaną realizację rozkazów procesora centralnego. Skojarzona z tą nowinką techniczną druga generacja maszyn cyfrowych miała już „równoległą” strukturę logiczną z prawdziwego zdarzenia – czyli o jednoczesnym przetwarzaniu słów 24-bitowych (sumator równoległy) – sterowaną za pośrednictwem mikrooperacji znajdujących się w pamięci stałej (ROM) o pojemności 1K słów. Mikrooperacje te kierowały nie tylko przepływem informacji w jednostce arytmetycznej, ale także zarządzały kontaktami z pamięcią operacyjną bądź z urządzeniami zewnętrznymi.

Należy zdawać sobie sprawę, że w tamtych czasach praktycznie nie było uzgodnionych standardów komunikacji między urządzeniami, które obligatoryjnie należałoby zachowywać podczas kompleksowego projektowania systemu. Tak więc i samo konstruowanie tych interfejsów wydawało się prostsze, bo pod konkretne urządzenia zewnętrzne. Problem wzajemnej wymienności urządzeń zewnętrznych znajdował się bowiem dopiero na embrionalnym etapie i nie komplikował pracy projektantom. Natomiast możliwość zarządzania operacjami kanałowymi w czasie rzeczywistym, była niezwykle przydatna w sterowaniu procesami przemysłowymi – zwykle wymagającymi szybkiej reakcji na podstawie wielu zmiennych w czasie zdarzeń. I ten zakres zastosowań stanowił bodajże podstawowy kierunek wdrożeń i eksploatacji maszyny cyfrowej Odra 1204. Prostota elastycznego modyfikowania mikroprogramowanych algorytmów współpracy procesora z konkretnymi urządzeniami zewnętrznymi znajdującymi na obiekcie, pozwalała na łatwe i stosunkowo szybkie dopasowanie systemu do konkretnych potrzeb w sektorze automatyki bądź w sterowaniu procesami przemysłowymi w czasie rzeczywistym. Także do powszechnego stosowania procesora Odra 1204 do prac naukowo-badawczych oraz obliczeń numerycznych i algorytmicznych na uczelniach wyższych.

Za projekt i rozwiązanie techniczne na pierścieniach ferrytowych, unikatowej w tamtych czasach hybrydowej pamięci stałej (ROM) dla mikroprogramów i umieszczonych w niej parametrów, odpowiadał zaangażowany konstruktor Andrzej

Zasada. W swoim zespole technicznym nadzorował on również projektowanie tranzystorowych modułów przełączania sygnałów logicznych, zrealizowanych w technice statycznej (nie dynamicznej), a używanych wtedy do konstruowania wszelkich dwustanowych funkcyj logicznych procesora centralnego wedle algebry Boole'a. Te niewielkie moduły, wytwarzane jedynie w kilku wersjach produkcyjnych oraz instalowane w zestawie uniwersalnych pakietów logicznych (oprócz pakietów technicznych i specjalnych) były podstawą projektowania logiki procesora Odra 1204, a później również Odry 1304. Wielkoseryjne wytwarzanie zaledwie kilku funkcyj logicznych, lutowanych piętrowo na pakietach, wpływało zasadniczo na ciągłość i sprawność procesu produkcyjnego w fabryce macierzystej. Po wstępnym sprawdzeniu ich funkcjonowania, można je było montować nawet w końcowym etapie produkcji pakietów dwuwarstwowych – wchodzących potem do różnych konstrukcji komputerowych drugiej generacji (procesory, urządzenia zewnętrzne, testery, produkty specjalne czy jako modułowe elementy zapasowe dla serwisu).

Drugą niezwykłą cechą jednostki centralnej Odra 1204 wykonanej w technologii drugiej generacji (czyli na układach tranzystorowych) – jak się później okazało o istotnym znaczeniu dla kolejnych wersji procesorów – było zaprojektowanie i po raz pierwszy wdrożenie do seryjnej produkcji w ELWRO modułu wewnętrznej pamięci dynamicznej (dzisiaj zwanej RAM) na niewielkich rdzeniach ferrytowych. Pamięć modułowo rozbudowywanej blokami po 16K słów 24-bitowych wraz z 25-tym z bitem nieparzystości, wykorzystywanym w jednostkach centralnych do kontroli poprawności pamięci i współpracy między modułami. Pamięć ta była używana jako podstawowa pamięć operacyjna zarówno w procesorze Odra 1204 (pojemność 16K słów), jak i w kilku następnych jednostkach centralnych serii Odra 1300 również o równoległej strukturze przetwarzania, a po odpowiednich modyfikacjach także w przyszłych produktach komputerowych serii RIAD.

Właśnie ta konstrukcja pamięci operacyjnej o podstawowym cyklu powtarzania $6 \mu\text{s}$, systematycznie ulepszana z roku na rok (cykl pamięci, czas dostępu, technologia szycia, niezawodność), aż do osiągnięcia rewelacyjnego jak na one lata cyklu poniżej $1,2 \mu\text{s}$ w ostatnich produktach, była podstawą zarówno tego jak i przyszłych sukcesów fabryki w tej dziedzinie. Także pod kątem skracania czasu dostępu do informacji oraz uzyskania odpowiedniej niezawodności całego procesora – potwierdzanej w każdym egzemplarzu na testach produkcyjnych i w aplikacjach podczas ciągłej, 48- lub 96-godzinnej eksploatacji wstępnej w zakładzie macierzystym. Dzisiaj śmiało można powiedzieć, że stojąca na światowym poziomie konstrukcja bloku pamięci ferrytowej wrocławskich elektroników z pracowni projektowej pamięci operacyjnych pod kierownictwem Janusza Książka, stanowiła kamień węgielny, od którego nastąpiło przyspieszenie w konstruowaniu zaawansowanych systemów komputerowych w ELWRO.

Pierwszym z nich był procesor Odra 1204 wykonany w statycznej technice tranzystorowej drugiej generacji (modułowe funkcyj krzemowe dla bramek, przełącznic, przerzutników i rejestrów) o znacznej już mocy obliczeniowej, bo wynoszącej około 60 tys. operacji stałoprzecinkowych na sekundę. Był on dostarczany przez ELWRO w różnych konfiguracjach urządzeń zewnętrznych (konsola, CT, DT, DW), także z możliwością podłączenia jednostek pamięci taśmowej. Istotnie nowym urządzeniem była jednak zewnętrzna pamięć bębnowa do rejestracji danych, o całkowitej pojemności 32K słów, instalowana jednakże jedynie w

wymagających takiego rozszerzenia zestawach. Całością realizacji projektu Odra 1204 – zarówno od strony systemowej jak i logicznej – zajmował się matematyk Thanasis Kamburelis, natomiast za konkretne rozwiązanie konstrukcyjne samej jednostki centralnej odpowiadał młody zespół inżynierów wrocławskich pod kierunkiem Bronisława Piwowara.

Duże zapotrzebowanie na dobrze oceniane rynkowo pod względem mocy obliczeniowej zestawy Odra 1204 wraz z towarzyszącymi urządzeniami zewnętrznymi, stały się powodem kontynuowania produkcji seryjnej tego komputera przez kilka lat z rzędu (1968-1972). Produkcja ta zamknęła się łączną dostawą 170 kompletnych systemów komputerowych, instalowanych w różnych sektorach gospodarki zarówno w kraju jak i za granicą oraz była pierwszym tak dobrze rozpoznawanym produktem komputerowym zakładu ELWRO poza granicami kraju.

Pozytywne doświadczenia uzyskane podczas produkcji oraz eksploatacji systemu Odra 1204 stały się podstawą konsekwentnego wdrażania następnych wersji systemów komputerowych, projektowanych równocześnie w trzech odrębnych pracowniach logicznych Ośrodka Badawczo-Rozwojowego ELWRO (Odra, Riad, wyroby specjalne) co sprawiło, że kolejne generacje komputerów zaczęły pojawiać się w produkcji średnio mniej niż co półtora roku. Istotną wadą komputera Odra 1204 było jednak zbyt ubogie oprogramowanie systemowe, jak też nieliczne jeszcze programy użytkowe (w porównaniu z rozwiązaniami zachodnimi) – co potwierdziła Komisja Oceny Maszyn Matematycznych trakcie badań państwowych. To było zasadniczym powodem, że w fabryce zaczęto poważnie rozważać konstrukcję nowego systemu komputerowego, akceptującego jakieś użytkowo już sprawdzone oprogramowanie zachodniego koncernu komputerowego.

Skąd oprogramowanie?

Pod koniec lat 60., po negocjacjach na szczeblu rządowym w Putney Bridge (Londyn) gdzie mieścił się zarząd firmy ICT (*International Computers and Tabulators*) – wkrótce przemianowanej na koncern komputerowy ICL (*International Computers Limited*) – doszło do zawarcia porozumienia handlowego (lipiec, 1967 r.), na mocy którego w zamian za zakup przez Polskę kilku kompletnych systemów komputerowych, koncern ICL zobowiązał się przekazać nieodpłatnie zakładom ELWRO źródłowe oprogramowanie systemowe i użytkowe do zainstalowania go na bliżej nie sprecyzowanym komputerze krajowej produkcji. Oczywiście bez jakichkolwiek firmowych gwarancji koncernu na poprawne działanie takiego systemu oraz skojarzonych z nim aplikacji. Na tym poziomie porozumienia handlowego, nikt specjalnie nie wnikał jaki to będzie komputer i jaka technologia jego realizacji. Sprawa ta była więc całkowicie otwarta, chociaż według wielu, pozytywny wynik tej działalności mało prawdopodobny.

Trzeba uczciwie przyznać, że z przyjętych zobowiązań Anglicy wywiązywali się nadzwyczaj sumiennie, dostarczając do zakładu ELWRO – po zrealizowaniu w Polsce uzgodnionych wcześniej transakcji handlowych – oprócz szczegółowej listy i funkcji poszczególnych rozkazów (architektura procesora), także dokumentację logiczną jednostki centralnej (strukturę procesora) wskazanego przez polską stronę komputera, a dokładniej systemu ICL 1904. Dokumentacja konstrukcyjna i technologiczna komputera nie była przedmiotem umowy i nigdy nie została przekazana do ELWRO, jako strategiczna wartość intelektualna firmy ICL. W ten

sposób oficjalnie uzyskano jednak źródłowe oprogramowanie systemowe oraz liczne pakiety angielskich programów aplikacyjnych, zarejestrowanych na kilkudziesięciu krążkach wymiennych taśm magnetycznych. Nawet przez wiele lat po zrealizowaniu umowy, nadal dostarczali oni programowe aktualizacje, uzupełnienia i korekty kolejnych wersji jakie powstawały w ICL, które były związane z procesorem ICL 1904. Ponadto porozumienie przewidywało przeszkolenie pewnej grupy specjalistów z ELWRO wraz z możliwością udzielania konsultacji na poziomie logicznym dla konstruktorów, a systemowym dla programistów.

Na bazie tej wiedzy i faktów dokonanych (oprogramowanie źródłowe), w zakładzie ELWRO rozpoczęło się projektowanie od podstaw (połowa 1967 r.) własnego systemu komputerowego drugiej generacji oznaczonego jako **Odra 1304**, którego programowym wzorem był komputer ICL 1904. Projektowana w ELWRO logika i technologia wytwarzania nowego procesora miały wiele cech wspólnych ze znajdującym się już w seryjnej produkcji systemem Odra 1204. Zwłaszcza, że procesor ICL 1904 był raczej starszej daty i generacji, jako że produkowana już od kilku lat brytyjska maszyna była całkowicie układowa (czyli bez sterowania mikroprogramem). Wprawdzie koncern miał już w produkcji dwie bardziej rozbudowane i szybsze wersje procesorów układowych, a na deskach kreślarskich kolejną generację komputerową – to wdrażane w ELWRO technologie mikroprogramowanego sterowania były równie dobre, jeśli nie lepsze. Tak czy owak, dla polskich warunków produkcyjnych był to niezwykle skok w nowoczesność, gdyż oprogramowanie systemu rzeczywiście stało na bardzo wysokim poziomie. Według niektórych źródeł, było nawet lepsze niż to, którym wtedy dysponował światowy koncern IBM.

Z perspektywy czasu należy jednak sądzić, że kierownictwo ICL nigdy nie brało poważnie pod uwagę możliwości uzyskania pozytywnego efektu takiej operacji oraz prawdopodobnie nie wiedziało nawet o mikroprogramowanym procesorze Odra 1204 – już znajdującym się w produkcji seryjnej. Przeniesienie oprogramowania systemowego na inną maszynę cyfrową było bowiem nienotowaną w ówczesnym świecie komputerowym operacją adaptacyjną. Stosowana w tamtych latach na Zachodzie procedura przeniesienia produkcji komputera do innego zakładu wytwórczego wymagała – poza kompletnymi uzgodnieniami technologicznymi – całego arsenału oprzyrządowania poszczególnych procesów produkcyjnych, a także wiedzy obwarowanej szczegółowymi wymaganiami technicznymi na podzespoły wchodzące w skład systemu. A na takie rozwiązania z pewnością nie zgodziłaby się wszechwładna w tamtym czasie międzynarodowa organizacja kontrolna COCOM (*Coordinating Committee for Multilateral Export Controls*), skutecznie blokująca przepływ z Zachodu na Wschód ważnych technologii, strategicznych informacji oraz wiedzy i zaawansowanych produktów (komputery, precyzyjne obrabiarki, broń). Można więc sądzić, że kierownictwo firmy ICL niczego nie ryzykowało, decydując się na taką operację handlową.

W tej sytuacji, drażliwy i prawdopodobnie w ogóle „nie do przeskoczenia” temat samej technologii produkcji nowego procesora, z założenia nie był ani przedmiotem umowy na wysokim szczeblu, ani poruszany w dyskusjach panelowych wśród specjalistów związanych z architekturą systemu, ani podczas jakichkolwiek konsultacji wzajemnych na poziomie specjalistów w trakcie bieżących prac konstrukcyjnych. Chodziło przecież wyłącznie o oprogramowanie. Można było nawet

odnieść wrażenie, że obie układające się strony, życząc sobie wzajemnych sukcesów, unikały jakichkolwiek rozważań technologicznych jak ognia, przy czym każda z nich – nic nie mówiąc – wiedziała swoje: „My wam tego z założenia nie damy, a my z kolei wcale tego nie potrzebujemy – bo mamy swoje rozwiązania techniczne”. Strategicznie rzecz biorąc, absolutnie nie należało korygować tych poglądów i nikt tego nie czynił, chociaż w miarę upływu czasu nad nowym projektem procesora w ELWRO, napięcie wśród konstruktorów jedynie rosło. Czy to naprawdę może się tak udać, aby obcy system operacyjny wraz z aplikacjami „zaskoczył” na całkowicie innym procesorze? Przecież dotąd nikt i nigdzie praktycznie tego nie sprawdził na świecie.

Niewątpliwie całe przedsięwzięcie było dosyć ryzykowne, chociaż mikroprogramowane sterowanie procesora dawało stosunkowo dużą elastyczność oraz możliwość korekty w sytuacjach niejednoznacznych bądź błędnie zinterpretowanych w trakcie konstrukcji. Zaangażowanym orędownikiem takiego sposobu realizacji był pochodzący z Tracji (północna Grecja) Thanasis Kamburelis, od kilku lat już zatrudniony w ELWRO przy projektowaniu wcześniejszych systemów komputerowych serii Odra. Matematyk z wykształcenia, a logik z zamiłowania, był optymistą jeśli chodzi o uzyskanie oczekiwanego efektu tej operacji, czym skutecznie zaraził najbliższe mu otoczenie młodych projektantów – mimo istniejących prognoz wróżących niepowodzenie. Dla wszystkich było jednak oczywiste, że żadnymi siłami w Polsce nie da się w przyzwoitym czasie opracować, przetestować i wdrożyć do produkcji seryjnej oprogramowania systemowego o wysokim poziomie integracji, ani wielu języków i kompilatorów dla rozmaitych potrzeb użytkowych. A takie produkty miał właśnie koncern ICL i trzeba było koniecznie wykorzystać tę szansę.

System komputerowy Odra 1304

Koncepcja instalacji systemowego oprogramowania ICL 1904 na nieistniejącym jeszcze procesorze Odra 1304 już sama w sobie była niezwykła. Nie zabrakło więc i sceptyków, ani w zakładzie macierzystym, ani wśród konkurencyjnych w stosunku do ELWRO instytucjach komputerowych w Polsce. Na szczęście, szefem i koordynatorem procesu logicznej adaptacji funkcji procesora ICL 1904 wkładanego w strukturę nowej jednostki centralnej Odra 1304 był cieszący się powszechnym autorytetem Thanasis Kamburelis. To on opracował robocze założenia projektowe dla niewielkiej grupy młodych entuzjastów logicznych zatrudnionych w biurze konstrukcyjnym Ośrodka Badawczo-Rozwojowego ELWRO i on nadzorował przebieg prac inżynierskich – mimo swego matematycznego wykształcenia na Uniwersytecie Wrocławskim. Także przez niego były rozstrzygane wątpliwości, a jeśli to było niemożliwe, starał się je wyjaśniać w trakcie zespołowych konsultacji w Manchester (*hardware*) bądź w Stevenage (*software*). Jego znajomość wszystkich dotychczasowych projektów komputerowych w ELWRO oraz światowych trendów w tej dziedzinie niezwykle była pomocna, ale jednocześnie powodowała pielgrzymki różnej maści patentów, którzy chcieli mieć pogląd, rozszerzyć swą wiedzę czy zlecić mu opracowanie na jakiś komputerowy temat.

Szeroka wiedza logiczna oraz skuteczność w rozwiązywaniu problemów, poza popularnością, ściągała na głowę przyszłemu profesorowi Uniwersytetu Kreteńskiego setki spraw do rozpatrzenia – generowanych zarówno przez zespoły projektowe (a było ich kilka dla różnych procesorów), jak też przekazywanych nie tylko od kierownictwa zakładu. Często niestety spraw błahych, do których wcale nie był on

potrzebny. Będąc w tamtym czasie konstruktorem prowadzącym produkt, a jednocześnie szefem zespołu logików, który projektował i wdrażał do produkcji procesor Odra 1304 (także następny Odra 1305), miałem okazję wielokrotnie widzieć jak to się odbywało w praktyce i jak niewiele czasu z tego powodu pozostawało mu na zajmowanie się właściwym projektowaniem. Po pewnym czasie obmyślił on jednak usprawnienie w załatwianiu tych spraw, a przy jego stanowisku pracy pojawiły się na ścianie trzy ostro zakończone gwoździe, z przyszpilonymi kartkami papieru. Wszelkie pojawiające się nowe problemy Thanasis zapisywał na kartce i nadziewał na pierwszym gwoździu, bez nadawania dalszego biegu sprawie. Po powtórnej interwencji petenta przekładał zapisany problem na gwoździe drugi – również bez rozpatrywania zagadnienia, jednakże na tym gwoździu karteczek było już wielokrotnie mniej. Dopiero trzecie ponaglenie oznaczało, że odpowiedź jest rzeczywiście potrzebna – więc po przeniesieniu problemu na gwoździe trzeci – zajmował się sprawą wedle kolejności przypiętych tam zgłoszeń. Chociaż od tego algorytmu istniały wyjątki, na ostatnim gwoździu bardzo rzadko była kolejka nanizanych kartek do załatwienia, więc podstawowe projektowanie mogło posuwać się naprzód.

A było co wyjaśniać w szczegółach zarówno wśród własnych konstruktorów procesora, jak też z ich angielskimi odpowiednikami podczas wielokrotnych konsultacji technicznych w centrum projektowym West Gordon w Manchesterze. Nieprzypadkowo ten punkt o konsultacjach znajdował się w porozumieniu handlowym między zainteresowanymi stronami, z którego wrocławscy konstruktorzy i programiści często korzystali w miarę pojawiających się potrzeb. Być może menadżerowie ICL nigdy nie sądzili, iż do takiego etapu współpracy kiedykolwiek dojdzie i jakieś konsultacje będą w ogóle potrzebne. Przyznać jednak należy, że w granicach zawartej umowy, koncern realizował zapisane zobowiązania bardzo sumiennie, a nawet przysyłał do współpracy z ELWRO swoich specjalistów komputerowych. Dodatkowym atrybutem przy okazji tych zagranicznych wojaży był fakt, że konstruktorzy mogli rzucić okiem na wiele potokowych procesów wytwórczych, stosowanych w ICL podczas produkcji zaawansowanych systemów komputerowych.

Niekiedy były to wręcz humorystyczne konsultacje, kiedy to na postawiony przez Kamburelisa problem starało się bezskutecznie odpowiedzieć kilku po kolei wzywanych specjalistów z West Gordon (Manchester), gdzie produkowane były komputery serii ICL1900. W końcu przychodził wreszcie ten jeden jedyny oczekiwany facet z pierwszego garnituru projektantów, który rzeczywiście to konstruował i od razu wiedział o co chodzi. Przekazana oficjalnie przez ICL do ELWRO dokumentacja logiczna procesora ICL1904 niestety na wiele pytań nie dawała jednoznacznej odpowiedzi i w praktyce niewiele przydała się w konstruowaniu szczegółów. Oczywiście poza sytuacjami, kiedy przykładowo trzeba było dokładnie odwzorować elektroniczne układy interfejsowe (standard SI 1900, standard SI 1300, kilka rodzajów współpracy), bądź specjalistycznych interfejsów i funkcji dla mechanizmów pamięci dyskowych i taśmowych. Winny one oczywiście funkcjonować absolutnie identycznie jak w pierwowzorze (ICL 1904).

Szczęśliwym trafem – a być może wcale nie przypadkowo – zarówno format prezentacji stałoprzecinkowych liczb dwójkowych pierwowzoru (krótkie słowo 24-bitowe bądź długie 48-bitowe), jak i dwójkowa arytmetyka uzupełnieniowa procesora

z uzupełnieniem do dwójki dla liczb ujemnych czyli w zakresie liczbowym od -1 do +1 (dokładniej od -1 do $+1-1/2^{23}$) były rzeczywiście podobne, jak w znajdującym się już w produkcji procesorze Odra 1204. Taka zbieżność powodowała, że spora część problemów z zakresu algorytmów algebry liczb dwójkowych została wcześniej dobrze rozpoznana podczas projektowania jednostki centralnej Odra 1204. Sytuację dodatkowo wspomagał fakt, że wszystkie operacje na długich liczbach zmiennoprzecinkowych (48 bitów) były w procesorze Odra 1304 realizowane podprogramami (czyli ekstrakodowo) – nie stwarzając projektantom większych problemów konstrukcyjnych. Istotnym wyróżnikiem w stosunku do pierwowzoru było jednak mikroprogramowe sterowanie całego procesora, a więc arytmometru, współpracy z pamięcią operacyjną oraz kanałów komunikowania się z urządzeniami zewnętrznymi, do realizacji których przekazana przez koncern układowa dokumentacja logiczna procesora ICL 1904 była nieprzydatna.

Zgodnie z pierwowzorem, procesor Odra 1304 został zaopatrzony w jednoadresowy tryb komunikowania się z pamięcią operacyjną (adres 12- lub 15-bitowy, który pozwalał na bezpośrednie identyfikowanie każdej z 32K komórek pamięci operacyjnej (32 768 słów 24-bitowych plus jeden bit nieparzystości) – zrealizowanych za pomocą dwóch bloków wewnętrznej pamięci ferrytowej po 16K słów. Drugi komplet programowanych rejestrów procesora (tzw. akumulatory) ogólnego przeznaczenia stanowiło osiem najniżej położonych komórek pamięciowych (A0-A7), zawsze przyporządkowanych do bieżąco wykonywanego programu użytkowego. Trzy z nich (A1, A2 i A3) – również bezpośrednio adresowane z kodu rozkazowego – mogły zawierać „argumenty” lub modyfikatory adresowe, dzięki czemu możliwe było tworzenie różnorodnych i wielokrotnych pętli programowych w aplikacjach programów użytkowych. Wszystkie te funkcje, modyfikacje adresowe i podstawienia argumentów były sterowane za pomocą mikrorozkazów pamięci stałej procesora.

Nowatorska jak na owe czasy technika sterowania pracą komputera za pomocą pamięci stałej ROM (technika hybrydowo-tranzystorowa, pojemność 2K, długość 44 bity, czas repetycji 2 μ s, czas dostępu poniżej mikrosekundy) nie była dotąd stosowana w żadnym znanym systemie komputerowym produkowanym w krajach RWPG poza wcześniejszym wrocławskim procesorem Odra 1204. Było to osiągnięcie techniczne uzyskane w zespole inżynierskim nieżyjącego już Andrzeja Zasady, który był niezwykle zaangażowany w konstrukcję nowego procesora Odra 1304. Nawet Anglicy nie mieli mikroprogramowego sterowania w swej rodzinie maszyn serii 1900, zaś sama koncepcja takiego rozwiązania znana była jedynie z przecieków w literaturze. Trzeba w tym miejscu wyraźnie podkreślić, że brytyjski koncern ICL słynął z niezwykle zaawansowanych rozwiązań programowych (system operacyjny GEORGE3 nie miał konkurencyjnego rozwiązania na świecie), ale odnośnie technologii wytwarzania samych procesorów wcale nie był on światowym liderem. Można ogólnie skonstatować, że pod tym względem i w tym momencie czasu wcale nie byliśmy od nich gorsi.

Bardzo dokładną zgodność z wszelkimi szczegółami – bez jakichkolwiek odstępstw technicznych – należało jednakże zapewnić procedurze obsługi wielopoziomowych przerwań oraz znakowej transmisji asynchronicznej (znak zawierał 6 bitów), a także chwilowym wstrzymaniom pracy procesora na czas kontaktu kanałów z pamięcią operacyjną. Podobną zgodność należało zapewnić synchronicznej współpracy z szybkimi pamięciami zewnętrznymi poprzez zainstalowane w jednostce centralnej

kanały buforowane (4 kanały). Jedynie takie podejście gwarantowało uzyskanie dwustronnej wymiany urządzeń zewnętrznych na ogólnej zasadzie, iż każdy moduł zewnętrzny ICL 1900 winien współdziałać z procesorem Odra 1304 oraz dowolne nowe urządzenie peryferyjne krajowej produkcji winno funkcjonować z oryginałem ICL 1904. Mimo wielu logicznie podobnych z nazwy podzespołów komputerowych, nowy procesor Odra 1304 od strony technicznej diametralnie różnił się całym swym wyposażeniem wewnętrznym i zewnętrznym od pierwowzoru ICL 1904. Zwłaszcza, że zastosowanie mikroprogramowego sterowania pomniejszyło łączną kubaturę jednostki centralnej do 40% oryginału, a wdrożenie modułowej pamięci ferrytowej 32K (cykl 6 mikrosekund) było wtedy osiągnięciem na światową skalę i zasadniczo wpływało na szybkość i efektywność całego systemu przetwarzania danych.

Unikatową cechą procesora Odra 1304 była jego wieloprogramowość (do 4 programów pod systemem E6BM), zarządzana z poziomu jądra operacyjnego systemu, z silnym wsparciem przez rozwiązania techniczne zaimplementowane w procesorze. Ta nie stosowana wtedy w innych komputerach funkcja (zgodna z ogólną filozofią wszystkich procesorów ICL), niezwykle skutecznie chroniła oprogramowanie systemowe przed jego uszkodzeniem ze strony niepoprawnie wykonanych programów użytkowych, a zwłaszcza przed złośliwym atakowaniem systemu z poziomu użytkownika. Każdy uruchamiany program otrzymywał bowiem ściśle zdefiniowany obszar pamięci operacyjnej dla swych potrzeb – systemowo definiowany przez dwa fizyczne mu przyporządkowane rejestry adresowe (dolny Datum i górny Limit). Jakakolwiek próba kontaktu programu użytkowego poza wyznaczony mu obszar była wychwytywana układowo i otrzymywała atrybut nielegalności, a rezultacie powodowała jego zawieszenie z odesłaniem do programowej korekty. Takie nowatorskie rozwiązanie zapewniało niezwykłą dyspozycyjność i odporność wieloprogramowego systemu operacyjnego na wszelkie nierozważne zachowania użytkowników. W całej historii eksploatacji systemu Odra 1304 zdarzył się bodajże tylko jeden specyficzny przypadek niesprawności z tego tytułu. Jego przyczyną był błąd w projekcie procesora – usunięty po zlokalizowaniu problemu.

Zaledwie po rocznym konstruowaniu (projekt, dokumentacja, konstrukcja, montaż, uruchomienie, testy zgodności) powstał w połowie 1968 r. sprawdzony na testach model procesora (odbiór przez komisję państwową), a po dwu latach od zawarcia umowy z ICL z taśmy montażowej w ELWRO spłynęło (początek 1969 r.) pierwszych 8 prototypowych jednostek centralnych Odra 1304 – również dokładnie sprawdzanych na zgodność z funkcjami komputera ICL 1904. Szybkiemu powstaniu projektu oraz sprawnemu uruchomieniu procesora Odra 1304 sprzyjał fakt, że w konstrukcji zastosowano wiele wcześniej sprawdzonych rozwiązań, już znajdujących się w seryjnej produkcji procesora Odra 1204. Należały do nich przede wszystkim: zmodyfikowana pamięć mikroprogramów (ferrytowa ROM, pojemność 2K, długość słowa 44 bity, cykl 2 μ s), zmodernizowane bloki pamięci operacyjnej RAM (moduły pamięci ferrytowej 16K lub 32K), identyczna technika funkcyjnych logicznych na krzemie jak w Odra 1204 (druga generacja), ten sam sposób wytwarzania i testowania pakietów dwuwarstwowych, podobna automatyka i konstrukcja modułowych zasilaczy napięć stałych rozlokowanych w każdej ramie procesora oraz zastosowanie identycznych jak w Odra 1204 złącz pakietowych tylnej kasety jednostki centralnej. Zasadnicze zmiany dotyczyły głównie struktury logicznej, która musiała być inna i całkowicie zgodna z architekturą ICL 1904.

Biorąc to wszystko pod uwagę, niewielki zespół projektantów struktury logicznej procesora Odra 1304 kierowany przez Bronisława Piwowara, a po jego odejściu na wyższe stanowisko przez Adama Urbanka, miał ułatwione zadanie i rzeczywiście mógł skupić się na rozwiązaniach szczególnych – normalizujących konstrukcję procesora pod kątem potokowego wytwarzania poszczególnych podzespołów w produkcji seryjnej. Wbrew pozorom, jest to niezwykle ważny etap projektowania i dokumentowania wyrobu dla produkcji seryjnej, gdyż rzutuje nie tylko ciągłość procesów wytwórczych w przedsiębiorstwie, ale istotnie pomniejsza pracochłonność (czyli koszt!) każdego nowego produktu komputerowego. Ten etap wymagał dobrej znajomości wszelkich procesów obróbczych i technologicznych, stosowanych w bieżącej produkcji zakładu wytwórczego i rzutował na niezawodność całego przedsięwzięcia. Nie należy też zapominać, że w tamtych czasach prawie wszystkie projekty pakietów wykonywano ręcznie – bez jakiegokolwiek wsparcia komputerowego. Konstruktor sam ustalał rozmieszczenie poszczególnych elementów hybrydowo-tranzystorowych na pakiecie oraz ręcznie wyklejał połączenia logiczne i ścieżki zasilające na „astralonie” z zachowaniem odpowiednich wymagań produkcyjnych, a po wykonaniu klisz pakietów dwuwarstwowych w innych działach przedsiębiorstwa osobiście sprawdzał i odpowiadał za ich poprawność oraz ich zgodność z funkcją wynikającą z projektu. Zmora pierwszych pakietów dwuwarstwowych drugiej generacji były niesprawne połączenia na pakietach, które powstawały w wyniku stosowania piętrowego montażu specyficznych funkatorów logicznych lutowanych w automacie z falą bieżącą.

Nowe urządzenia SI 1300

Istotnym wkładem w tworzenie systemu Odra 1304 do przetwarzania danych było opracowanie kilku nowych urządzeń zewnętrznych, zaopatrzonych w standardowy interfejs SI 1300 do ich łączenia z komputerami tej serii – i będący pełnym odpowiednikiem brytyjskiego standardu komputerowego SI 1900. Początkowo urządzenia wejścia-wyjścia bazowały wyłącznie na nośnikach papierowych, takich jak dziurkowana taśma papierowa (5-cio, 7-mio oraz 8-mio kanałowa), a przede wszystkim na 80-cio kolumnowych kartach perforowanych – z danymi tworzonymi w *offline* w miejscu ich powstawania na mechanicznych reproducerach kartowych. Dla tych papierowych mediów, w pracowni kierowanej przez Heliodora Stanka powstały potrzebne teraz nowe urządzenia zewnętrzne serii Odra 1300, które wykonane w technologii drugiej generacji obejmowały: czytnik taśmy papierowej CT 304 (CT), dziurkarkę taśmy papierowej DT 304 (DT) oraz czytnik kart perforowanych CK 304 (CK). Najważniejszym urządzeniem do wyprowadzania informacji przetwarzanej w tym systemie komputerowym była jednak drukarka wierszowa DW 304 (DW), kompletowana w ELWRO przy współpracy z zakładem mechaniki produkcyjnej ZMP w Błoniu niedaleko Warszawy. Z upływem czasu, wszystkie te produkty informatyczne ulegały modernizacji, polegającej na zastosowaniu układów scalonych oraz integrowaniu niektórych funkcji użytkowych. W docelowej postaci były to urządzenia końcowe oznaczane jako: CDT 325 (czytnik-dziurkarka taśmy papierowej), MPX 325 (multiplexer do 21 kanałów liniowych) oraz szybka drukarka wierszowa DW 325 (600 linii/min) – stanowiąca urządzenie wyjściowe każdego systemu komputerowego serii Odra 1300.

Odrębne zespoły projektowe zajmowały się (Antoni Kosikowski, Witold Podgórski) pamięciami zewnętrznymi systemu w pracowni konstrukcyjnej nieżyjącego już

Andrzeja Mrocza. Jednym z pierwszych takich produktów był adapter taśmowy MTS 304 (MT) drugiej generacji, pełniący funkcję sterownika dla maksymalnie 6-ciu jednostek magnetycznych pamięci taśmowych PT-2 (MERAMAT). Dla procesora Odra 1304 był to zasadniczy element pamięci zewnętrznej, pozwalający nie tylko na pierwotną instalację i organizację całego systemu (*bootstrap*), ale również na pracę wsadową bądź zbieranie danych – które to usługi stanowiły istotę przetwarzania (translacja, sortowanie, tworzenie banku danych) systemu komputerowego. Drugim typem pamięci zewnętrznych były pamięci dyskowe na nośnikach magnetycznych z wymiennymi zespołami talerzy o dużej średnicy (ok. 50 cm). W zależności od typu konkretnego nośnika magnetycznego dysku (wielu dostawców, takich jak: ICL, CDC, BASF, bułgarskie EC) były to różne wersje jednostek sterujących, docelowo oznaczane jako sterowniki PDS 325 (PD, trzecia generacja).

Koordinowaniem prac oraz współpracą poszczególnych pracowni projektowych, stanowiących liczne – lecz tematycznie odrębne – zespoły konstrukcyjne (wzornictwo, mechanika, zasilanie, technika podstawowa, technologia pakietów, jednostka centralna, pamięci wewnętrzne, standardy transmisji, pamięci taśmowe, pamięci dyskowe oraz szereg nowych zewnętrznych urządzeń komputerowych) zajmował się z zaangażowaniem Jan Markowski, konstruktor wcześniejszych maszyn szeregowych w ELWRO, a przez lata zastępca szefa biura rozwojowego Ośrodka Badawczo Rozwojowego. O tym, jakie to miało znaczenie dla ciągłości wytwarzania i optymalizacji procesu produkcyjnego w zakładzie wytwórczym, można się było przekonać podczas nieskutecznego przejścia do produkcji przez ELWRO warszawskiego systemu komputerowego ZAM-21 wg projektu IMM. Nie dość, że nie był on projektowany pod kątem modułowej produkcji seryjnej – co wymagało wysokich nakładów modernizacyjnych – to nie spełniał on również postawionych mu wymagań niezawodnościowych (tzw. wiązka centralna), niezwykle istotnych w procesie seryjnego wytwarzania produktu o tak skomplikowanej strukturze. A o złożoności procesu produkcyjnego świadczy chociażby fakt, że średniej wielkości komputer zawierał wtedy około 35 tys. detali wykonywanych w przedsiębiorstwie, ponad 100 części i podzespołów uzyskiwanych w kooperacji zewnętrznej oraz nie mniej niż 600 typów elektrycznych i elektronicznych pozycji materiałowych o różnej ilości sztuk (np. średnio 5,3 mln rdzeni ferrytowych RT4 na jedną maszynę cyfrową).

Usprawnienia produkcyjne

W produkcji Odra 1304 zastosowano taką samą jak w poprzednich komputerach Odra 1204, wielokrotnie już sprawdzoną niezawodnościowo technologię łączenia sygnałów na platerze kasety (początkowo poprzez lutowanie, potem jako połączenia owijane) oraz zaprojektowano testery sprawdzające w 100% wszelkie połączenia kasetowe. Odrębnym zagadnieniem było opracowanie adapterów, sprawdzających poprawność działania funkcyj i funkcji logicznych dla wszystkich pakietów uniwersalnych i specjalistycznych, nie mówiąc o technologicznym starzeniu przed montażem wszelkich wrażliwych na temperaturę elementów i podzespołów. Kontakt z pamięcią operacyjną oraz poprawną adresację poszczególnych komórek pamięciowych zapewniały najprostsze mikroprogramowane testy uruchomieniowe z „trudnymi szablonami danych” – zaimplementowane bezpośrednio w pamięci stałej każdego procesora centralnego.

O sprawnym uruchamianiu całego systemu, oprócz potrzebnej wiedzy pracownika uruchamiającego, zawsze decydowało właściwe oprogramowanie testowe. Zgodnie z

własną filozofią wytwarzania i programowania komputerów, koncern ICL położył niezwykle duży nacisk na autonomiczne i skuteczne w użytkowaniu oprogramowanie testowe – przeznaczone zarówno do uruchamiania, jak i kontroli sprawności procesorów ICL 1904. Dostarczane w ramach umowy programy testowe miały awansujący charakter, co w praktyce oznaczało, że każdy kolejny etap testowy sprawdzający logikę procesora powiększał się tylko o jeden rozkaz. W przypadku błędu test zatrzymywał się i wskazywał konkretną przyczynę, natomiast dla wyników zgodnych przechodził automatycznie do testowania następnej instrukcji z listy. I tak, aż do samego końca listy rozkazowej.

Kontrola stanu procesora zwykle obejmowała dwa etapy testowe. Dla surowej maszyny były to testy uruchomieniowe NCR, działające na najniższym poziomie, z możliwością ich logowania z dowolnie wybranego urządzenia lub kanału znakowego (sprawnego!). Na wyższym poziomie testowym funkcję tę pełnił niezwykle rozbudowany program FLIT z wszelkimi możliwymi modyfikacjami adresowymi, stosowany w dwóch wersjach jako: FLIT zwykły (bootstrapowy) dla surowej maszyny, bądź FLIT systemowy logowany jako jeden z programów użytkowych pod kontrolą systemu operacyjnego i również wprowadzany z dowolnie wskazanego urządzenia WE/WY (czytnik taśmy papierowej, stacje pamięci taśmowej lub dyskowej). Ta niezwykle bogata oferta testowa pozwalała z jednej strony na bieżącą kontrolę stanu całego procesora w trakcie normalnej pracy systemu, a także podczas pracy dowolnie wybranego programu użytkowego (maszyna była wieloprogramowa), bądź na jego uruchamianie na produkcji z równoczesnym lokalizowaniem elementów niesprawnych.

Wskutek istotnych różnic w strukturze logicznej pierwowzoru i rzeczywistego procesora Odra 1304, oryginalne testy sprawdzające poprawność poszczególnych instrukcji z listy rozkazów były przydatne jedynie częściowo. Po żmudnej adaptacji do istotnie zmienionych warunków technicznych – ale z zachowaniem przyjętej przez ICL filozofii testowania – stały się one niezwykle przydatnym narzędziem kontrolnym zarówno dla potrzeb produkcyjnych jak i serwisu. Modyfikację testów, z uwzględnieniem zmienionych realiów struktury logicznej nowego procesora wykonał zespół programistów pod kierunkiem Edwarda Szajera. Dzięki ich zaangażowaniu w sprawę, produkcja otrzymała precyzyjne i sprawne jak na owe czasy narzędzie, które użytkowane we właściwy sposób pozwalało na szybką i prawie automatyczną diagnozę oraz identyfikację przyczyn niesprawności każdego komputera schodzącego z taśmy montażowej.

Strategiczne kłopoty

Uruchomienie systemu wraz z poprawnie działającymi aplikacjami, a także pozytywny wynik państwowego odbioru tej maszyny (1969 r.), było niezwykle ważnym osiągnięciem konstrukcyjnym i programowym – niemającym podobnego naśladownictwa ani wcześniej ani nigdy potem. Podjęto się bowiem budowy komputera „pod” istniejące już oprogramowanie, a próba ta powiodła się. Procesory serii Odra 1300 z oprogramowaniem systemowym okazały się tak dobre, że wywołały nieprzychylnie reakcje nawet sąsiada ze Wschodu. Moskwa długo i ostro naciskała, aby przerwać produkcję Odry, bijącej na głowę radzieckie systemy komputerowe serii RIAD. Po pewnym czasie okazało się jednakże, nie tylko im nie spodobało się, że Odra były tak sprawne.

W celu nadania większego rozgłosu, w 1969 r., na okoliczność pierwszego komercyjnego wdrożenia do eksploatacji kompletnego systemu Odra 1304 z wieloma urządzeniami towarzyszącymi, a przeznaczonego do przetwarzania danych we wrocławskim ZETO, zaproszono przedstawiciela ICL. Uroczystość oraz funkcjonowanie systemu przebiegały sprawnie, a w jej trakcie brytyjski gość wyjął z kieszeni kilka kart perforowanych i wprowadził je do czytnika kart. Odra trochę pomruczała i za chwilę „wypluła” wyniki na konsolę systemową. Anglik obejrzał wydruki z konsoli maszyny i pokiwał głową. Chociaż sprawą tą się więcej nie zajmował, oderwał przy okazji z konsoli interesujący go fragment i zabrał ze sobą. Okazało się, że były to wyniki testów szybkościowych funkcjonowania komputera – zresztą bardzo dobre.

Ten mało znaczący incydent był jednak brzemienny w skutkach. W miesiąc później okazało się, że jedyna firma zachodnia wytwarzająca specjalne kable interfejsowe do maszyn ICL 1900, a więc także do naszej Odry 1304, zawiadomiła dział handlowy ELWRO, że z powodów technicznych zaprzestaje ich produkcji, a więc i dostaw. Problem natychmiast stał się niezwykle poważny, gdyż bez specjalistycznych kabli nie można było oczywiście podłączyć do maszyny cyfrowej żadnych urządzeń zewnętrznych. A na produkcji stało 8 kolejnych procesorów z prototypowej serii, których w ogóle nie można było sprzedać bez zewnętrznych urządzeń towarzyszących. Trzeba więc było natychmiast uruchomić produkcję podobnych kabli w Polsce, ale żaden zakład teletechniczny nie chciał się podjąć takowej produkcji, gdyż specyficzne i wyśrubowane parametry techniczne kabla były raczej zniechęcające.

W tamtych odległych czasach nikt w kraju nie zajmował się produkcją wielożyłowych komputerowych kabli skrętkowych (34 skrętki ze ściśle określonym skokiem, średnicą przewodów i otuliną izolacyjną) łącznie z izolowanym ekranem. Te wymagania techniczne przekraczały możliwości polskiego przemysłu telekomunikacyjnego, gdyż do ich realizacji potrzebne były specjalistyczne zwojnice kablów. Dopiero po kilku interwencjach, w które osobiście zaangażował się ówczesny dyrektor techniczny ELWRO Eugeniusz Bilski, udało się – po około miesiącu bezczynności – uzyskać z zakładu wytwórczego kabli przemysłowych w Bydgoszczy bodajże 100 m prototypowego, lecz bezcennego dla ELWRO kabla o zbliżonych parametrach i produkcja mogła znowu ruszyć. Na szczęście podobnych problemów z równie unikatowymi zachodnimi złączami interfejsowymi (75 styków) nie było, gdyż przypadkowo były one zakupione w nadmiarze i leżały sobie spokojnie w magazynie zakładowym. Kiedy w końcu okazało się, że produkcja Odry 1304 wcale nie staje, owa zachodnia firma dostarczająca kable interfejsowe szybko wznowiła produkcję – po „technologicznej przerwie w dostawach”. I było po strategicznym kłopotcie.

Oprogramowanie systemów

Dzięki umowie zawartej z ICL, wszystkie produkty komputerowe serii Odra 1300 były dobrze oprogramowane systemowo, narzędziowo i użytkowo. Podstawowym językiem assemblerowego programowania dla tych maszyn (seria ICL 1900, seria Odra 1300) był PLAN (*Programming LAnguage Nineteen-hungred*), który został uzupełniony o komercyjnie zorientowany język COBOL, natomiast dla obliczeń naukowo-technicznych były to pełne wersje języka ALGOL oraz FORTRAN wraz z ich kompilatorami i translatorami. Już od pierwszego komputera, ELWRO dostarczało bibliotekę składającą się z kilkuset programów wspomagających i użytkowych

(częściowo odpłatnie), zapewniających skuteczne wykorzystanie zainstalowanego parku urządzeń peryferyjnych. Znaczna ich część musiała oczywiście przejść odpowiednią procedurę adaptacyjną (bez istotnych zmian funkcji) do polskich warunków aplikacyjnych.

Standardowym systemem operacyjnym dla maszyn Odra 1304 (ICL 1904) był program zarządzający Executive E6BM (*Batch processing Mode*), projektowany przede wszystkim do sprawnej obsługi pracy wsadowej. System ten zwykle rezydował na taśmach magnetycznych – stąd też jego popularne oznaczenie Egzekutor taśmowy – ale mógł on również obsługiwać jednostki zewnętrznych pamięci dyskowych oraz proste systemy teleprzetwarzania operujące z oddalonymi użytkownikami poprzez jednostkę multiplekserową typu MPX. Miał on wbudowaną cechę wieloprogramowania (*multiprogramming*) – pozwalającego na sterowanie pracą do 4 całkowicie niezależnych programów jednocześnie. Fakt ten był powszechnie wykorzystywany do prowadzenia obliczeń naukowo-technicznych, działających w tle podstawowej pracy wsadowej systemu w przedsiębiorstwie.

Podczas gdy w rozszerzonych wersjach pierwowzorów pochodzenia ICL pojawiły się modyfikacje, świadczące między innymi o układowej realizacji rozkazów zmiennoprzecinkowych na słowach o podwójnej precyzji (czyli 48-bitowych) istotnie podnoszących szybkość obliczeń, podobnie rozszerzoną strukturę techniczną zaimplementowano za pomocą własnych algorytmów mikroprogramowych dopiero w następnym modelu tej serii – oznaczanym jako Odra 1305. Dla tego z kolei komputera sercem systemu był system operacyjny E6RM (*Real time Mode*), z reguły rezydujący na jednostkach dyskowych (jako Egzekutor dyskowy) i ukierunkowany na sterowanie procesami przebiegającymi w czasie rzeczywistym – niezależnie od jego podstawowej pracy wsadowej do przetwarzania. W mniejszych konfiguracjach sprzętowych Odra 1305, nadal mógł być jednak instalowany dotychczas eksploatowany i prostszy w zarządzaniu system operacyjny E6BM, a sam wybór oprogramowania systemowego dla konkretnej wersji leżał w gestii użytkownika. Do produkowanych i dostarczanych przez ELWRO na rynek nieco mniejszych komputerów Odra 1325 (również trzecia generacja), przewidziane były dwie wersje systemów operacyjnych: wersja standardowa EX2M dla typowych konfiguracji z przetwarzaniem danych łącznie z dyskami oraz zmodyfikowana wersja systemu EX2P – przewidziana przede wszystkim do komputerowego sterowania procesami w czasie rzeczywistym, a także w aplikacjach specjalnych.

Następcą cztero-programowych systemów operacyjnych Executive (Egzekutor) – instalowanych od pierwszych maszyn Odra 1304 – był wielozadaniowy i wielodostępny system GEORGE3 oznaczany jako EWG3, ale operujący wyłącznie na rozbudowanych wersjach komputerów Odra 1305 trzeciej generacji. Był on stosowany w jedynie w niektórych zestawach Odra 1305, gdyż swe zalety mógł wykazywać dopiero z odpowiednio dużą pojemnością pamięci operacyjnej (minimum 64K, wskazane 128K lub więcej) i licznymi urządzeniami zewnętrznymi. System operacyjny GEORGE3 przyjmował, planował, uruchamiał i wykonywał zadania stosownie do podawanych mu zleceń w tzw. języku opisu zadań – wydawanych bądź bezpośrednio z konsoli operatorskiej, bądź zapisanych w pliku makrodefinicji – stanowiących odpowiednik dzisiejszego skryptu. Z licznej rodziny oryginalnych wersji systemów GEORGE, rozwijanych równolegle przez ICL jako GEORGE1, GEORGE2, GEORGE3 (był także GEORGE4 lecz nie był on przedmiotem umowy), do polskich

warunków został przystosowany jedynie GEORGE3 (EWG3), który stanowił niezwykłą i chyba największą zaletę systemu komputerowego Odra 1305 o różnym stopniu konfiguracji urządzeń towarzyszących. Wersja EWG3 współdziałała zarówno z pamięciami na taśmach magnetycznych, jak też z zewnętrznymi pamięciami dyskowymi o pojemności jednostkowej 8MB, 30MB lub 60MB (megabajtów) oraz z systemami teleprzetwarzania. Na tamte czasy były to duże i raczej rzadko spotykane zbiornice danych na dyskach, pozwalające ponadto na relokację zbiorów także za pośrednictwem wymiennych zespołów talerzy magnetycznych.

Pierwsze aplikacje

Instalowane w kraju zestawy komputerowe Odra 1304 stanowiły pierwszy etap tworzenia krajowych systemów przetwarzania danych w ośrodkach obliczeniowych ZETO bądź przykładowych, a także były wdrażane w wielu sektorach gospodarczych takich jak: wydobywczym, energetycznym, kolejowym oraz w instytucjach bankowych i statystycznych. W owych latach po prostu nie było innego systemu do przetwarzania o podobnej mocy obliczeniowej (około 50 tys. operacji stałoprzecinkowych na sekundę, słowo 24-bitowe) o stosunkowo liczny parku urządzeń zewnętrznych (CT, DT, CK, DW, MPX) oraz jednostek pamięci taśmowych MT wytwarzanych w zakładach urządzeń informatyki MERAMAT w Warszawie. Jednym z ważniejszych takich produktów była kompletowana w ELWRO (na licencji ICL dla Zakładów Mechaniki Precyzyjnej w Błoniu) szybka drukarka wierszowa DW 304, stanowiąca w tamtych czasach podstawę różnorodnych rozliczeń papierowych w systemach komputerowych z przetwarzaniem danych czy dostarczane później monitory ekranowe ME 7910 produkowane przez zakłady ELZAB w Zabrze. Ta różnorodność sprzętowa dawała podstawę do kompletowania w ELWRO systemów rzeczywiście nowoczesnych i wyjątkowo dobrze oprogramowanych użytkowo oraz produkowanych seryjnie i kompletowanych w urządzenia peryferyjne wedle nadchodzących zamówień.

Zapotrzebowanie na takie systemy przetwarzania danych było jednak tak duże, że zakład ELWRO w latach 1970-1973 podjął się wyprodukować 90 kompletnych zestawów Odra 1304, wszystkie bez naruszania jakichkolwiek restrykcji nakładanych i egzekwowanych przez międzynarodową organizację kontrolną COCOM. Wielkość serii produkcyjnej – na nie w pełni wykorzystanej taśmie montażowej procesorów – limitowali niestety dostawcy urządzeń zewnętrznych, bez których to produktów Odra 1304 nie nadawała się do przetwarzania danych. Pierwszy taki kompletny zestaw komputerowy do przetwarzania został po sąsiedzku zainstalowany i uruchomiony we wrocławskim ZETO, gdzie na uroczystość oficjalnego udostępnienia systemu do pierwszego komercyjnego użytkowania (1969 r.) oraz przedstawienia jego walorów systemowych i użytkowych zaproszono przedstawicieli z ICL (patrz „Strategiczne kłopoty”).

Drugim kierunkiem zastosowań były systemy abonenckie, w pierwszym etapie traktowane jako rozwiązania konwersacyjne za pośrednictwem terminali drukarkowych DZM/KSRE z klawiaturą (Błonie), a później z monitorami ekranowymi (ELZAB). Do pracy z oddalonymi urządzeniami i terminalami serii Odra 1300 – na zlecenie Zakładu Informatyki Politechniki Wrocławskiej – opracowano w ELWRO (Kasierski, Urbanek, 1970 r.) według własnego pomysłu model multipleksera MPX 304 z ośmioma podkanałami liniowymi, którego kompleksowym uruchomieniem na testach oraz wdrożeniem i eksploatacją w sieci uczelni wrocławskich zajęła się strona

zamawiająca. Multiplexer MPX 304 (ICL 7007 MPX) ostatecznie nie wszedł do produkcji seryjnej w ELWRO, jednakże model ten stał się bazą eksploatacyjną pierwszego w kraju, niezwykle sprawnego i wielodostępnego systemu zdalnego z oprogramowaniem MINIMOP (*Mini Multiple Online Programming*). Stanowił również podstawowy element do pracy konwersacyjnej (język JEAN) w międzyuczelnianym systemie WASC wg projektu CYFRONET– eksploatowanym w środowisku akademickim nie tylko we Wrocławiu. Wszystko to za pośrednictwem zdalnych terminali dostępowych, dołączanych do multiplexera poprzez dzierżawione linie telefoniczne. Zdobyte na uczelni doświadczenia zaowocowały między innymi późniejszym opracowaniem w ELWRO wielokanałowego multiplexera MPX 325 (do 21 podkanałów współpracy), już wykonanego na układach scalonych, a więc w technologii trzeciej generacji komputerowej. Stał się on bazą wdrażania pierwszych systemów teleprzetwarzania dla maszyn serii Odra 1300 (banki, kolejnictwo, przemysł odlewniczy i hutniczy).

Trzecia generacja

Wdrożenie do seryjnej produkcji systemu z procesorem drugiej generacji Odra 1304, praktycznie potwierdziło niesprawdzoną do tej pory koncepcję posadowienia oprogramowania systemowego i użytkowego na obcym komputerze klasy *mainframe*. Ponieważ zarówno sprzęt, jak i wszystkie składniki oprogramowania funkcjonowały poprawnie, można było wreszcie przystąpić do długo oczekiwanej modernizacji zarówno technologicznej jak i programowej procesora centralnego. Należy podkreślić, że sam moment podjęcia się modernizacji technologicznych był niezwykle odpowiedni, gdyż na świecie zaczęły pojawiać się (1969 r., Texas Instrumens) pierwsze produkty bipolarnej techniki cyfrowej TTL przeznaczone dla komputerów trzeciej generacji w postaci układów scalonych. Najpierw były to układy małego stopnia scalenia SSI (*Small Scale Integration*) z podstawowej grupy funklorów logicznych, a następnie średniej skali integracji MSI (*Medium Scale Integration*) oraz coraz wyższych – w miarę upływu czasu. Mimo, że układy te wcale nie były jeszcze produkowane w kraju (CEMI), to wiadomo było powszechnie, że ich pojawienie się jest jedynie kwestią czasu. I tak rzeczywiście stało się, chociaż prototypy nowej jednostki centralnej musiały być jeszcze wykonane z materiałów importowanych (Texas).

W krajach RWPG jako pierwsze pojawiły się układy SSI z zakładów Tesla Pardubice (Czechosłowacja), a niedługo potem były dostępne ich bardzo bliskie odpowiedniki produkcji radzieckiej. Jedynie bardzo bliskie, ponieważ bywało, że niektóre z nich o większej integracji nie zostały dostatecznie dokładnie skopiowane z oryginałów zachodnich (licencji na ich wytwarzanie w ZSRR nie było), a więc nie nadawały się jako bezpośrednie zamienniki – bez ewentualnych przeróbek logicznych. Niestety również układy scalone firmy Tesla musiały być szybko i całkowicie wycofane z montażu i eksploatacji (z niektórych maszyn wręcz je wymontowywano), z powodu zbyt dużej awaryjności układów wejściowych nawet w prostych bramkach logicznych. Były one niezwykle wrażliwe na przepięcia statyczne, pojawiające się bądź w trakcie montażu bądź uruchomienia podzespołów – i to niezależnie od rygorystycznych wymagań stosowanych podczas manualnych operacji z takimi elementami. Szybkie podjęcie przez fabrykę CEMI seryjnej produkcji licencjonowanych układów z podstawowej grupy TTL/SSI, ale o odpowiednich parametrach do instalacji w komputerach – zlikwidowało całkowicie ten okresowo występujący problem produkcyjny.

Mimo tych trudności, zalety układów scalonych TTL były nie do przecenienia w projektowaniu wszelkich urządzeń komputerowych, a różnorodność funkcyjnych logicznych rosła każdego miesiąca. Stały się one natychmiast (od 1969 r.) podstawą projektowania wszelkich podzespołów komputerowych oraz innych jednostek centralnych, powstających teraz jednocześnie w trzech pracowniach logicznych Ośrodka Badawczo-Rozwojowego ELWRO jako: 1) - pracowni systemu do przetwarzania danych Odra 1305; 2) – pracowni mniejszego procesora Odra 1325 ukierunkowanego na aplikacje operujące w czasie rzeczywistym i do zadań specjalnych; 3) – pracowni projektowej rodziny komputerów serii JS EMC (Riad). Bardziej radykalne zmiany w technologii wytwarzania komputerów nie były wtedy możliwe, gdyż wcale nie znano jeszcze ani układów pamięciowych klasy ROM (PROM, EPROM i EEPROM), ani półprzewodnikowych bloków pamięciowych ze statycznymi układami SRAM bądź dynamicznymi DRAM, ani scalaków o wyższym stopniu integracji klasy LSI czy VLSI (*Very Large SI*).

System Odra 1305

Zasadnicze cele oraz szczegółowe funkcje kolejnej jednostki centralnej Odra 1305 jak zwykle wyznaczał oraz w szczegółach ustalał szef, wybitny specjalista komputerowy i organizator całego przedsięwzięcia matematyk Thanasis Kamburelis. Konstrukcją oraz konkretnymi rozwiązaniami logicznymi nowego procesora zajmował się młody wtedy zespół inżynierów logików drugiej pracowni procesorowej prowadzonej przez Adama Urbanka (m. in. Juliusz Sokołowski, Bogdan Kasierski, Maria Horwat, Leon Adamów, Władysław Bogdan, Roman Jakóbiec, Andrzej Lepszonek). Od strony programowej tworzenie systemu wspomagali pracownicy zespołu mikroprogramowania (funkcje rozkazowe procesora oraz testy) pod kierunkiem Edmunda Szajera, a także programiści z pracowni systemów operacyjnych nadzorowanej przez Piotra Kremienowskiego.

Do charakterystycznych rozszerzeń funkcjonalnych procesora Odra 1305 należały: możliwość adresowania pamięci operacyjnej do maksymalnej pojemności 256K (262 144 słów 24-bitowych) instalowanej blokami po 32K lub 64K, jednoczesna praca maksymalnie 16-tu programów użytkowych pod kontrolą systemu operacyjnego E6RM, instalacja programowanego zegara do rozliczania działania programów użytkowych, instalacja licznika czasu rzeczywistego niezbędnego w sterowaniu obiektywnym, mikroprogramowana implementacja wszystkich rozkazów ekstrakodowych, a przede wszystkim posadowienie w rozbudowanych wersjach niezwykle wydajnego systemu zarządzającego całą infrastrukturą systemu – w postaci programu sterującego GEORGE2 (taśmowy) lub GEORGE3 (dyskowy). Jak się później okazało, system GEORGE3 (EWG3) cieszył się niezwykle dużym zainteresowaniem dużych przedsiębiorstw, zwłaszcza w sytuacjach, kiedy oprócz prac wsadowych trzeba było jednocześnie zarządzać na bieżąco (*online*) procesem produkcyjnym w wieloprogramowym trybie pracy. W wielozadaniowym systemie EWG3 liczba jednocześnie uruchamianych programów użytkowych nie miała żadnych ograniczeń ilościowych, a efektywna praca programów użytkowych była limitowana jedynie dostępem do wolnych zasobów pamięci operacyjnej. Im pamięć operacyjna była większa, tym szybciej przebiegały procesy przetwarzania – bez zbędnego oczekiwania w kolejce na udostępnienie zasobów dla danych.

Nadrzędną sprawą nowego procesora Odra 1305 było uzyskanie procesora o istotnie większej mocy obliczeniowej, która pozwalałaby na bardziej ekonomiczne wykorzystanie przyłączonego do niej licznego już parku krajowych urządzeń zewnętrznych. Okazało się, że koszt zewnętrznych urządzeń towarzyszących rozbudowanemu systemowi do przetwarzania danych jest większy od kosztu samej jednostki centralnej zarządzającej takim zestawem. Ponadto nadszedł w końcu czas, aby unowocześnić i zoptymalizować konstrukcję wielu podzespołów komputerowych, na które to prace nie było czasu w trakcie szybkiego projektowania systemu Odra 1304. Istotne zwiększenie mocy jednostki centralnej Odra 1305 stało się więc zasadniczym celem i ten efekt uzyskano dzięki jednoczesnemu działaniu w kilku kierunkach: logicznym, konstrukcyjnym oraz technologicznym. Prace nad nową konstrukcją systemu Odra 1305 obejmowały:

- usprawnienie mikroprogramowanego sterowania jednostką centralną;
- zastosowanie w logice procesora układów scalonych serii TTL/SSI (trzecia generacja);
- modernizację bloku mikroprogramów (cykl 300 ns, pojemność 2K, słowo sterujące 48 bitów);
- instalację pamięci ferrytowej 64K (cykl 1,2/1,8 μ s), rozszerzaną modułami po 32K do 256K słów);
- mikroprogramowaną realizację ekstrakodów z podstawowej listy rozkazów procesora;
- implementację szybkiej linii przeniesień sumatora na układach serii TTLS (Schottky);
- układową realizację 8 rejestrów programowych (po 24 bity), stanowiących pełny odpowiednik komórek pamięci operacyjnej o najniższych adresach;
- rozszerzenie trybu adresowego do 18 bitów czyli do 256K słów (zamiast 15-tu bitów jak w Odrze 1304);
- zastosowanie układów TTL/MSI w miarę ich dostępności na rynku;
- wdrożenie zewnętrznej pamięci dyskowej dla danych z wymiennymi talerzami (8 MB, 30 MB lub 60 MB);
- konstrukcję nowych urządzeń zewnętrznych z zastosowaniem układów scalonych TTL;
- zaprojektowanie multipleksera MPX 325, pozwalającego na pracę z wieloma (do 21 szt.) oddalonymi urządzeniami poprzez linie telefoniczne;
- istotną modernizację automatyki i systemu zasilania pod kątem jego efektywności przetwarzania;
- zapewnienie odpowiedniej niezawodności kompletnego systemu komputerowego.

Spełnienie tych postulatów oraz udane wdrożenie ich do produkcji seryjnej pozwoliło osiągnąć rzadko spotykaną w tamtych czasach szybkość operacji arytmetycznych procesora, sięgającą 370 tys. działań stałoprzecinkowych na sekundę (słowo 24 bitowe). Według kontrolnej mieszanki testowej Gibsson Test (wiele różnych typów rozkazów w uzgodnionych i stałych proporcjach) odpowiadało to mocy obliczeniowej około 270 tys. operacji na sekundę. W tamtych czasach była to rzeczywiście duża szybkość przetwarzania, niemająca swej konkurencji między Łabą a Kamczatką. Istotnym utrudnieniem dla projektantów systemu było jednak wyposażenie tak szybkiego komputera w odpowiednie urządzenia zewnętrzne, zarówno w te modernizowane, jak i stosowane po raz pierwszy: czytnik kart, nowa drukarka wierszowa, multipleksery i terminale zdalne oraz różnorodne pamięci dyskowe o

wymiennych nośnikach danych. Trudności z uruchomieniem ich produkcji w kraju były porównywalne z samym projektem i produkcją procesora.

Projekt procesora i systemu Odra 1305, jego konstrukcja, uruchomienie i produkcja powstały całkowicie siłami wrocławskich pracowników ELWRO (liczne pracownie OBR, Zakład Doświadczalny, Produkcja, Serwis). Tajemniczym i mało znanym epizodem – a jak później okazało się wielokrotnie interpretowanym fałszywie – były spotkania z konstruktorami warszawskiego Instytutu Maszyn Matematycznych. Prawdopodobnie ich celem było zaimplementowanie w naszym procesorze kanału (bądź kanałów) do obsługi modułów jednolitego systemu (EC) – w celu wykorzystania powstającego już w krajach RWPG parku urządzeń zewnętrznych serii Riad. Na etapie projektowym procesora Odra 1305 – pod nadzorem i z uczestnictwem Thanasisa Kamburelisa – odbyły się więc dwa (bodajże w 1969 r.) seminaria wyjazdowe (Krynica, Białobrzegi), na których jako projektanci logiki procesora przedstawialiśmy specjalistom z IMM organizację systemu ICL 1900 (Odra 1304/1305) oraz własną wersję rozwiązania logiki nowego procesora, z wszelkimi znanymi nam wtedy szczegółami. Moim zdaniem był to karkołomny i nierealny pomysł, a przynajmniej praca naukowa na dobrych kilka lat – jeśli nie więcej – zwłaszcza w delikatnej materii modyfikowania jądra oprogramowania systemowego. Być może jednak, wtedy chodziło jedynie o rozpoznanie koncepcji i stanu zaawansowania prac prowadzonych w ELWRO nad nowym procesorem. Tak czy inaczej, pomimo tych starań z połączenia przez IMM dwóch całkowicie niekompatybilnych systemów komputerowych (IBM oraz ICL) nic nie wyszło oprócz powtarzanych do dzisiaj informacji, że w projektowaniu procesora Odra 1305 udział brał Instytut Maszyn Matematycznych. Jako konstruktor prowadzący od początku do końca cały projekt systemu Odra 1305 stwierdzam, że jest to całkowita nieprawda.

Prowadzone przez półtora roku (od połowy 1969 r.) prace zespołu logicznego, a przebiegające równolegle z dokonaniem w pozostałych pracowniach projektowo-konstrukcyjnych Ośrodka Badawczo Rozwojowego (techniki podstawowej, pamięci operacyjnych, pamięci zewnętrznych, urządzeń zewnętrznych, systemów zasilania, oprogramowania, konstrukcji mechanicznej oraz kilku innych), doprowadziły do wytworzenia w Zakładzie Doświadczalnym ELWRO i uruchomienia w 1971 r. dwóch prototypowych egzemplarzy systemu Odra 1305 (modelu w ogóle nie wykonywano). Jeden z nich został przedstawiony do odbioru końcowego i przeszedł w pozytywnym wyniku wszelkie badania kompleksowe (zgodność funkcjonalna z pierwowzorem, stan oprogramowania, niezawodność, serwisowalność, odporność i wytrzymałość) – nadzorowane przez zewnętrzną i wieloosobową Komisję Państwową. Po uzyskaniu certyfikatu zgodności, kompletna dokumentacja procesora została ostatecznie zaakceptowana i przekazana do działu technologicznego przedsiębiorstwa komputerowego ELWRO w celu przygotowania produkcji seryjnej.

Wdrożenie do produkcji seryjnej procesora Odra 1305 formalnie kończyło etap prac konstrukcyjnych, poza naturalnym sprawowaniem nadzoru projektowego nad całością systemu. Był on niezbędny, gdyż w trakcie bieżącej produkcji i eksploatacji u klienta wielokrotnie zgłaszano istotne usprawnienia (Adam Kawałek, Kazimierz Mazurkiewicz), pozwalające nie tylko na szybszą pracę ale i likwidację błędów w dokumentacji bądź konstrukcji tych maszyn. W pracowni logicznej procesorów nadal powstawały jeszcze koncepcje systemów dwumaszynowych (Odra 1305/2) i dwuprocessorowych pod wstępnym kryptonimem Odra 1307 (ICL 1907E) – na

mającej wkrótce pojawić się na rynku czwartej generacji komputerowej. Niesprzyjająca atmosfera odnośnie dalszej produkcji w ELWRO komputerów rodziny Odra położyła kres tym pomysłom i zespół projektowy procesorów wraz z całą pracownią logiczną rozwiązano.

Partia próbna tych systemów zamknęła się w 8-miu kompletnych zestawach komercyjnych, a ich seryjna produkcja ruszyła pełną parą dwa lata później (1973 r.). Przez następnych 11 lat produkcji liczba dostarczonych przez ELWRO systemów Odra 1305 do przetwarzania sięgnęła (według dzisiaj dostępnych danych) 362 zestawy komputerowe, z których około połowę wyeksportowano do krajów ościennych (RWPG). Na tamte czasy był to system o dużej mocy obliczeniowej, porównywalnej jedynie z niektórymi produktami praktycznie niedostępnej wtedy serii 370 (model 145, 155) koncernu IBM. Instalowane w kraju zestawy Odra 1305 stanowiły trzon przetwarzania danych w ośrodkach obliczeniowych ZETO i przykładowych ETO, w urzędach statystycznych GUS i wojewódzkich WUS, a także w sektorze wydobywczym, energetycznym, kolejowym oraz w instytucjach bankowych. W owych latach po prostu nie było w kraju, ani u sąsiadów, lepszego systemu do przetwarzania o podobnej mocy obliczeniowej, systemu dobrze oprogramowanego użytkowo i produkowanego w sposób ciągły w dużych seriach, a przede wszystkim dostępnego w kraju bez naruszania restrykcji narzucanych przez organizację COCOM.

Tajemniczy GEORGE

Niepodważalną zaletą systemów Odra 1300 było ich niezwykle skuteczne oprogramowanie systemowe. Dla komputerów Odra 1305 były to oryginalne wersje oprogramowania sterującego Executive (E6BM, E6RM) przeznaczone dla mniej obciążonych eksploatacyjnie zestawów i stosowane w systemach przetwarzania jedynie ze stosunkowo niewielkimi konfiguracjami urządzeń zewnętrznych. Rozbudowane konfiguracje sprzętowe oraz efektywne wykorzystanie urządzeń podczas wieloprogramowej pracy komputera wymagały zainstalowania bardziej skutecznego systemu zarządzającego, jakim był GEORGE (EWG3), w owym czasie rekomendowany jako najbardziej sprawny na świecie system do sterowania, rozdziału i rozliczania zadań realizowanych wspólnie przez wielu użytkowników.

O ile z instalacją oryginalnych wersji oprogramowania Executive w zasadzie nie było kłopotów technicznych – gdyż po ich uruchomieniu zachowywały się one bez zarzutu – sprawdzenie poprawności działania skomplikowanego oprogramowania zarządzającego GEORGE3 wcale nie było proste. Poprawność i skuteczność takiej pracy systemowej można było sprawdzić jedynie pod pewnymi warunkami eksploatacyjno-użytkowymi, które wymagały przede wszystkim wielu urządzeń zewnętrznych oraz pamięci operacyjnej o pojemności nie mniejszej niż 128K słów. Istotnym elementem sprawdzenia systemu GEORGE3 było jednakże działanie w wieloprogramowym trybie pracy (od kilku do kilkunastu niezależnych programów jednocześnie), z równoczesnym wykorzystaniem wielu urządzeń zewnętrznych przez różne aplikacje. Problem w tym, że niestety takich warunków zakład wstępnej eksploatacji (kierowany przez Wojciecha Lipko) nie miał, a żaden z dużych odbiorców krajowych nie zamówił podobnej instalacji z systemem EWG3 – za którą to usługę ELWRO pobierało wcale niemałą opłatę dodatkową.

Pierwsza próba instalacji systemu GEORGE3 wydarzyła się więc poza granicami kraju w Pradze czeskiej, w dużym ośrodku obliczeniowym kolejnictwa CKD. Była to korzystna sytuacja, gdyż na miejscu już znajdował się działający GEORGE3 na oryginalnym komputerze ICL, zatem dokładnie było wiadomo jak obsługiwać nowy system, czego się po nim można spodziewać, a nawet porównać działanie obydwu rozwiązań. Zgodnie z prawem Murphiego, zarówno pierwsza jak i kolejne próby instalacyjne nie udawały się i trzeba było wezwać specjalistyczną pomoc z ELWRO. Badania przybyłych specjalistów z serwisu, programistów systemowych i konstruktorów zakończyły się jednak niepowodzeniem – pomimo wymiany jednego nie w pełni sprawnego bloku pamięci operacyjnej w górnych, a do tej pory nieużywanych adresach procesora. Potrzebna była jeszcze jakaś poprawka logiczna w samym procesorze, którą to zdefiniowano w kraju po miesiącu wytężonej pracy i współdziałania serwisu z programistami systemowymi. Po raz pierwszy tę drobną korektę logiczną wprowadzono dopiero w systemie zainstalowanym we wrocławskim ZETO i to w tym właśnie ośrodku nastąpiło naprawdę pierwsze i skuteczne uruchomienie oprogramowania GEORGE3 (żyją jeszcze świadkowie tego „wielkiego dnia”). Od tego momentu z taśmy produkcyjnej ELWRO zaczęły spływać procesory całkowicie przystosowane do systemu GEORGE3.

Po upływie jakiegoś czasu okazało się jednak, że kolejni posiadacze nowych maszyn Odra 1305 również korzystają w swoich zestawach z systemu GEORGE3, które jednak były nielegalnymi kopiami – oczywiście bez odpowiedniej wpłaty do kasy przedsiębiorstwa. Aby zapobiec na przyszłość takiemu procederowi, wysoko ceniony serwisowy specjalista Kazimierz Mazurkiewicz zaproponował kolejną modyfikację logiczną procesora (jedno sekretne połączenie), które praktycznie uniemożliwiało instalację systemu GEORGE3 na „zwykłych procesorach” Odra 1305. Nieujęta w dokumentacji logicznej, ale fizycznie realizowana na produkcji poprawka stanowiła jedną z większych tajemnic wytwarzania systemu komputerowego, którą znało bodajże jedynie 3 osoby w całym kilkutyśńczym ELWRO – po jednej z serwisu, produkcji i konstrukcji. Podczas legalnej instalacji systemu u klienta, zaufany pracownik serwisu dyskretnie likwidował połączenie i GEORGE3 znów zaczął sprzedawać się z zyskiem.

Instalacje pierwsze i ostatnie

Jeden z pierwszych systemów Odra 1305 został po sąsiedzku zainstalowany blisko producenta w ośrodku obliczeniowym zakładu przetwórczego metali nieżelaznych Hutmen (1974 r.) o ciągłym procesie produkcyjnym i z tego tytułu można sądzić, że był specjalnie traktowany jako królik doświadczalny producenta. Prowadzone etapami uzupełnianie infrastruktury systemu o kolejne rozszerzenia systemowe (GEORGE3), także o nowatorskie zestawy pamięciowe i moduły teleprzetwarzania zakończyło się dopiero w lipcu 1975 r. Od tego momentu system komputerowy pracował w Hutmenie na trzy zmiany do czerwca 2003 r., wykonując programy aplikacyjne napisane przez zakładowy zespół projektantów i programistów. Dzięki zainstalowaniu zdalnego wielodostępu na monitorach ekranowych ME 7910, a potem z terminalami PC, kierownictwo i dysponenci mogli na bieżąco kontrolować istotne obszary działalności firmy, począwszy od finansów i gospodarki materiałowej, poprzez sprzedaż, całą technologię i proces wytwórczy, po emisję tzw. kart przewodnich, towarzyszących wyrobom w drodze do klienta. Była to wzorcowa instalacja, często przedstawiana kolejnym potencjalnym klientom nowego systemu komputerowego Odra 1305.

W trakcie bieżącej eksploatacji systemu komputerowego Odra 1305 w Hutmenie ulegał on wielokrotnie modernizacji technicznej, dokonywanej przez licznych wtedy specjalistów komputerowych – w miarę postępu w technologiach informatycznych. Najpierw mikroprogramowaną pamięć sterującą na rdzeniach ferrytowych zastąpił blok wypalanych układów scalonych PROM, potem podstawową pamięć ferrytową systemu (96K słów 24-bitowych) wymieniono na półprzewodnikowe elementy pamięci dynamicznej DRAM (128K słów), a w końcu zrezygnowano z wszelkich mechano-elektrycznych czytników taśm i kart papierowych, które zastąpiono emulatorami na komputerach klasy PC z nośnikami danych na dyskietkach. Podstawowe zestawy pamięci dyskowych i taśmowych zostały zastąpione rozbudowanymi i zmodyfikowanymi komputerami klasy PC, które emulowały wysłużone urządzenia znakowe, taśmowe i dyskowe – bez jakichkolwiek zmian w oprogramowaniu systemowym Odry 1305. Wprowadzone modernizacje nie tylko podniosły o kilkanaście procent moc obliczeniową procesora i usprawniły kompleksową eksploatację, ale również stabilizowały niezawodność całego systemu komputerowego.

Podobnie jak w innych ośrodkach obliczeniowych tamtego czasu, po kilkunastu latach w Hutmenie znikły zdalne terminale ekranowe, które zastąpiły PC-ty, a dane były archiwizowane na bardziej nowoczesnych i powszechnie stosowanych nośnikach FDD (*Floppy Disc Drive*). Większość zbędnych taśm magnetycznych i wydruków z drukarek przemielono jako nieużyteczne, a pojedyncze egzemplarze urządzeń zewnętrznych systemu zostały przekazane do muzeum kolejnictwa. Aplikacje oraz całe oprogramowanie systemowe działające pod systemem GEORGE3 przetrwało jednak prawie do samego końca praktycznie bez zmian. Aż do wyłączenia systemu komputerowego z użytkowania i przejścia przedsiębiorstwa na przetwarzanie w serwerowym środowisku pracy, w którym funkcję zarządzania usługami *online* z przetwarzaniem danych przejął szybszy i bardziej operatywny serwer IBM RS 6000 pod systemem operacyjnym Unix. Jeden z najdłużej eksploatowanych systemów Odra 1305 został oficjalnie wyłączony z sieci 18 lipca 2003 r., a więc po 28 latach ciągłego użytkowania – po czym szybko został on przekazany do Muzeum Kolejnictwa w Jaworzynie Śląskiej. Tam w otoczeniu dziewiętnastowiecznych parowozów entuzjaści komputerowi starają się przywrócić go do drugiego żywota, a przynajmniej do funkcjonowania z najprostszymi urządzeniami zewnętrznymi. W zamierzeniach kierownictwa Muzeum ma on stanowić ożywiony materiał poglądowy, mówiący o historii polskiej informatyki rodem z Wrocławia.

Był to jeden z ostatnich, ale jak się niedawno okazało wcale nie ostatni użytkowany system komputerowy z serii Odra 1300. Mimo wielokrotnie podawanej w mediach informacji o zakończeniu funkcjonowania przez ostatni na świecie komputer Odra 1305 prawda jest inna. Niewiarygodnie brzmiąca informacja o dalszych losach systemów Odra 1305 pojawiła się przy okazji 50. rocznicy powołania ministerialnym dekretem wrocławskiego zakładu ELWRO (06.02.1959 r.) czyli od podjęcia decyzji o utworzeniu fabryki produkującej komponenty elektroniczne do telewizorów analogowych, przełączniki telewizyjne i komputery typu *mainframe*. Okazało się, że do dzisiaj (styczeń, 2010 r.) w polskim kolejnictwie nadal funkcjonują co najmniej dwa zestawy komputerowe Odra 1305, za pomocą których dokonuje się zdalnej inwentaryzacji oraz tworzenia dokumentów do automatycznego zestawiania

pociągów towarowych na stacjach rozrządowych we Wrocławiu (Brochów) i w Lublinie (Tatary). Być może podobne zestawy sterujące działają jeszcze w innych regionalnych Ośrodkach Informatyki PKP, o których brak informacji. Niewątpliwie taki ponad 35-cio letni okres istnienia i funkcjonowania systemów Odra 1305 jest ewenementem w skali światowej – niemający żadnego odpowiednika w dotychczasowej historii komputerów i nadający się do odnotowania w księdze rekordów Guinnessa.

Emulowanie Odry

Definitywne zaprzestanie produkcji procesorów Odra 1305 przez ELWRO (ostatnie zestawy produkcyjne pojawiły się w 1983 r.) postawiło przedsiębiorstwa użytkujące te systemy w trudnej sytuacji eksploatacyjnej, gdyż brak dostaw nowych systemów tej serii generował jednocześnie dwa wzajemnie sprzeczne problemy. Pierwszym z nich był fakt niezwykle silnego powiązania i funkcjonowania przedsiębiorstw z aplikacjami dla tej serii – jako że długotrwałe użytkowanie serii Odra 1300 skutkowało wytworzeniem olbrzymich ilości danych, zbiorów, programów, procesów i specyficznych aplikacji firmowych, które nie mogły być wykorzystane w jakikolwiek sposób na innych komputerach. A bez systemu komputerowego przedsiębiorstwa te już nie mogły dalej normalnie funkcjonować. Drugim problemem było techniczne starzenie się kilkunastoletnich już zestawów, a więc w miarę upływu czasu narastała potrzeba całkowitej wymiany zestawu bądź ich fragmentów (modułów pamięciowych, urządzeń zewnętrznych, procesorów) na nowe, a takich po prostu nie było. Zaradni użytkownicy gromadzili zatem na zapas różne elementy i podzespoły, bądź kompletowali wycofywane z użytkowania systemy, które to operacje skutecznie przedłużały agonię systemu komputerowego, ale wcale nie załatwiały sprawy.

Doceniane przez użytkowników własności eksploatacyjne Odry 1305 stały się powodem, że po zakończeniu ich produkcji w ELWRO, w kilku miejscach kraju podjęto próbę emulacji (zanurzenia) niedostępnego produkcyjnie systemu Odra 1305 na technologicznie bardziej nowoczesnych i nadal wytwarzanych w przedsiębiorstwie krajowych procesorach serii Riad (R-32, R-34). Pozytywny efekt takiej działalności uzyskano w latach 1984-1987 we wrocławskim Instytucie Komputerowych Systemów Automatyki i Pomiarów, gdzie w pracowni Lesława Sieniawskiego i pod jego kierunkiem kilku pracowników (łącznie około 9 osób) opracowało Emulator Odry 1305 na procesorze R-34. Istotny wkład twórczy w emulację systemu miał Radomir Perdek, a ich współpraca z pracownikami wrocławskiej Akademii Ekonomicznej pozwoliła dodatkowo rozszerzyć funkcje emulatora o moduł teleprzetwarzania do obsługi monitorów lokalnych i zdalnych. Cały system Odra 1305 został szczegółowo odwzorowany, łącznie z obsługą symulowanych czytników taśmy papierowej (CT), czytnika kart (CK) i drukarki wierszowej (DW), a także pamięci dyskowych (30MB) i modułów jednostek taśmowej (PT3) oraz specjalistycznej konsoli systemowej DZM180 (później symulowanej na monitorze ekranowym).

Emulowana konsola operatorska pozwalała nawet na odwzorowanie pulpitu technicznego procesora 1305, łącznie z jego operacjami pulpitowymi (słynna bootstrapowa mikroinstrukcja instalacyjno-uruchomieniowa o adresie początkowym *004) wraz ze specjalnymi komendami technicznymi (np. zapis bezpośrednio do pamięci procesora). Emulator operował w mikroprogramie procesora R-34 pod nieużywanym kodem E9, przy czym zarówno Emulator i Symulator pracowały w systemie OS 5.01 VS1, jak i w środowisku VM. Wersje Emulatora i Symulatora

oferowane przez BGD (Biuro Generalnych Dostaw) zainstalowano w kilku ośrodkach komputerowych, m. inn. w Gedeon-Richter w Budapeszcie oraz centrum obliczeniowym Most w ówczesnej CSRS, a także w instytucjach krajowych: ZETO Łódź i ZETO Lublin, zaś testowy egzemplarz został przekazany na Politechnikę Wrocławską. Dokładna liczba zainstalowanych i wykorzystywanych emulatorów nie jest jednak znana do dzisiaj. Należy podkreślić, że tak skomplikowany system został wykonany niewielkimi siłami i skutecznie przeszedł wszelkie testy techniczne, zarówno bootstrapowe jak i systemowe (E6RM oraz GEORGE3), a w ich uruchomieniu wielką przysługę oddał serwisowy specjalista od oprogramowania systemowego Mieczysław Rajchman. Ciekawostką projektową pozostaje fakt, że jeden z projektantów (Radek Perdek) w 1988 r. uruchomił także całkowicie już programowy Symulator Odra 1305, a po rozwiązaniu pracowni zdał egzamin na Akademię Medyczną i jest teraz lekarzem (!).

Dzięki realizacji tego przedsięwzięcia emulacyjnego, dotychczasowi użytkownicy systemu Odra 1305 z dużymi zbiorami archiwalnymi i korzystający z wysłużonego ponad miarę zestawu komputerowego, mogli zakupić sobie procesor R-34 i przenieść całe swe oprogramowanie wraz z aplikacjami, a więc dalej korzystać ze zgromadzonych u siebie ogromnych archiwów taśmowych emulowanej maszyny Odra 1305. Zwłaszcza, że Emulator funkcjonował jako zadanie systemu OS 5.01 VS1, a także pod VM i przetwarzał wszystko bez ingerencji w kody programów Odry, a więc operacja emulacji polegała jedynie na zwykłym załadowaniu do maszyny R-34 systemu sterującego E6RM bądź wyższego EWG3. Uruchomienie i działanie emulatora sprawdzono w prototypie procesora R-34 z zapisywalną pamięcią EPROM, a po jej definitywnym zakończeniu, zainstalowano na stałe w wypalanej pamięci PROM mikroprogramów krajowego procesora serii Riad. Można więc powiedzieć, że Odra 1305 uzyskała w ten sposób drugie życie po swej śmierci produkcyjnej.

Epilog

Pod koniec lat 70. wrocławskie komputery Odra musiały całkowicie ustąpić miejsca narzuconym przez RWPG konstrukcjom serii Riad. To jeszcze nie oznaczało upadku zakładu komputerowego, lecz stopniowe wyciszenie produkcji zestawów serii Odra 1300, z których ostatnie egzemplarze produkcyjne (8 sztuk) procesorów Odra1305 pojawiły się w 1983 r. Koniec informatycznej epoki zakładu ELWRO nastąpił dopiero 10 lat później (1993 r) w trakcie transformacji ustrojowej, kiedy to ówczesnemu kierownictwu zabrakło własnego pomysłu na przyszłość zakładu ELWRO. A czas był rzeczywiście niezwykle i wymagał wtedy podjęcia drastycznych decyzji nie tylko ekonomicznych. W nowych warunkach gospodarczych moloch komputerowy był rzeczywiście za duży i praktycznie niesterowalny w krótkim okresie czasu, więc wymagał całkowitej restrukturyzacji.

Dzisiaj to już wiadomo, że wtedy był konieczny podział przedsiębiorstwa na całkowicie niezależne i samowystarczalne struktury – łącznie z likwidacją mało zyskownych wydziałów wytwórczych oraz istotne zmniejszenie liczby pracowników (zwolnienia grupowe). Wydaje się, że podstawą dalszej egzystencji zakładu mogło być jedynie pozyskanie bogatych sponsorów zagranicznych i podjęcie się zbliżonych tematów – wymagających specjalistycznego oprogramowania dla aplikacji potrzebnych nie tylko w kraju. Na świecie zaczęły się bowiem pojawiać wielkoczipowe mikroprocesory o dużej mocy przetwarzania, które minimalizowały

komputerowe konstrukcje do rozmiarów niewiele większych od zwykłego PC-ta. Ponadto w sytuacji powszechnego i łatwego dostępu do używanego sprzętu zachodniego, wytwarzanie olbrzymich procesorów w tradycyjnych technologiach przestało być rentowne. Szansą mogło być jeszcze specjalistyczne oprogramowanie.

Brak takiego perspektywicznego myślenia nowego kierownictwa, stał się powodem zbliżającej się klęski. Zamiast szukać niszy wytwórczej w radykalnie zmienionych warunkach, przyjęło ono ofertę niemieckiego Siemens, podpisując w ten sposób zagładę swojego zakładu. Zgodnie ze swą strategią, Siemens potraktował ELWRO jako „dziecko niechciane” i nie mieszczące się w wizerunku firmy, a przede wszystkim zaprzestał wszelkiej produkcji komputerowej i zwolnił za bardzo wysokimi odprawami 95% załogi. Przy okazji wyburzył prawie wszystkie niepotrzebne mu parterowe i piętrowe budynki oraz jeden z dwóch wielokondygnacyjnych gmachów produkcyjnych – łącznie z kilkoma wiekowymi halami fabrycznymi. W strategicznych inwestycjach Siemens nie zamierzał bowiem uczestniczyć i nie przejawiał planów rozwoju ELWRO. Kilkutysięczna i doświadczona załoga poszła w rozsypkę, a wysokiej klasy specjaliści rozproszyli się po kraju. Po wielkim przedsięwzięciu komputerowym został jedynie szyld i kilkudziesięciu pracowników ze wspomnieniami o historii tych maszyn.

Pozostałe po wyburzeniu przez Siemens resztki odkupiła 1 marca 2000 r. amerykańska firma telekomunikacyjna Telect, zamierzająca wdrażać w Polsce światłowodowe technologie teleinformatyczne. W ciągu ośmiu lat utrzymywania przez nią na terenie ELWRO niewielkiej produkcji optycznej, polskie kierownictwo amerykańskiego Telectu dokończyło wyburzenia niepotrzebnych firmie obiektów, a na końcu podjęło decyzję o całkowitym wygaszeniu produkcji we Wrocławiu i wycofaniu się z polskiego rynku. Ostateczny akt likwidacji zakładu dokonał się w listopadzie 2008 r., mimo braku przesłanek wskazujących na ekonomiczną upadłość firmy. W ciągu trzech miesięcy firma Telect zlikwidowała wszystkie stanowiska produkcyjne (ostatnie do końca lutego 2009 r.), a więc dokładnie w pięćdziesiątą rocznicę (6 lutego 1959 r.) powołania do życia zakładu ELWRO. Nielicznym już pracownikom znowu zaproponowano bardzo wysokie odprawy i bramy otaczające były przedsiębiorstwo komputerowe zostały zamknięte. Fabryczny teren został wyrównany i uporządkowany, a na wolnych kwartałach posadzono trawę. Tym razem po wielozakładowym przedsiębiorstwie komputerowym z pięćdziesięcioletnią tradycją nie został nawet szyld, a nazwa ELWRO znikła z planów miasta Wrocław.

Reaktywacja po latach

Niezależnie od kondycji ekonomicznej producenta, kilkaset dostarczonych na polski rynek informatyczny systemów komputerowych serii Odra 1300 funkcjonowało nadal, mimo kilkunastu bądź kilkudziesięciu lat ich użytkowania. Walory programowe i eksploatacyjne nie pozwalały bowiem klientom wyrzucić tych maszyn na śmietnik historii i zastąpić je nowszymi technologicznie rozwiązaniami z Zachodu. Zwłaszcza, że organizacja COCOM nadal skutecznie pilnowała do 1990 r., aby nowe technologie obejmujące eksport komputerów o dużej mocy, nie wpadły w niepowołane ręce. Brak nowych komputerów do przetwarzania stawał się coraz bardziej dokuczliwy, a produkowana w ELWRO rodzina maszyn Riad nie była tak dobrze oprogramowana, aby je zastąpić. Starzejący się sprzęt komputerowy serii Odra 1300 był więc eksploatowany do granic swych możliwości technicznych, aż w końcu umierał śmiercią techniczną. Czas na kolejną modernizację technologiczną VLSI systemu

serii Odra 1305 minął bez echa, a jego następcy w zakładzie produkcyjnym nie było i nic nie wskazywało, że kiedykolwiek będzie.

Następca pojawił się jednak, ale dopiero pod koniec lat osiemdziesiątych, a więc po prawie 6 latach od zakończenie produkcji i wcale nie w macierzystym zakładzie ELWRO. Atrybutem systemów serii Odra 1300 była wtedy ich powszechność, a wiedza użytkowników i popularność stosowanych za ich pośrednictwem aplikacji nie wymagała już kolejnych szkoleń klientów. Wystarczyło jedynie zmienić technologię wytwarzania na bardziej nowoczesną (VLSI), zwielokrotnić moc obliczeniową procesora oraz podnieść niezawodność działania całego zestawu tak, aby eksploatacja systemu nie wymagała już żadnego serwisu. O rynek zbytu nie było się co martwić. W tej sytuacji najpierw Przedsiębiorstwo Zagraniczne Computex, a później Zakład Elektroniki Użytkowej GM Compex we Wrocławiu podjęły w 1988 r. inicjatywę, której celem była technologiczna modernizacja istniejących rozwiązań komputerowych i wyprodukowanie od podstaw rodziny produktów nowego systemu komputerowego serii EMCX 1300 – w pełni akceptującego oprogramowanie procesorów serii ODRA 1300. Inicjatorem i entuzjastą takiego projektu był dyrektor i właściciel firmy GM Compex Janisław Muszyński, wcześniej szef wrocławskiego ośrodka ZETO, w którym kilkanaście lat wcześniej zainstalowano pierwszy zestaw Odra 1305 z systemem GEORGE3.

SKOK na czwartą generację

Nowy system komputerowy EMCX 1300 firmy GM Compex, zgodny programowo z pierwowzorem procesora Odra 1305 i określany popularnie jako **procesor SKOK** (Szybki Kompatybilny Odra Komputer), został zaprojektowany „od zera” oraz wykonany i uruchomiony w ciągu 18 miesięcy przez grupę kilku konstruktorów z zastosowaniem technologii czwartej generacji. Pierwszy egzemplarz procesora EMCX 1305 po testach i badaniach był gotowy do sprzedaży w połowie 1989 r. Takie skrócenie pełnego cyklu powstawania prototypowego egzemplarza procesora i całego systemu przetwarzania SKOK w prawie garażowych warunkach, było możliwe dzięki zaangażowaniu w projekt doświadczonych inżynierów wielu specjalności komputerowych, którzy znaczną część swego życia już spędzili na podobnym projektowaniu i uruchamianiu podobnych urządzeń w ELWRO. Ich wiedza i doświadczenie w projektowaniu oraz znajomość najnowszych technologii były gwarantem realizacji tego dzieła do końca, dla których niestety nie było miejsca w macierzystym zakładzie ELWRO.

Grupę realizatorów systemu komputerowego SKOK, na której spoczywało wykonanie całego zadania od projektu do zainstalowania i serwisu produktu u użytkownika, stanowili elwrowscy specjaliści w dziedzinie projektowania maszyn cyfrowych. Zaprawieni przez lata w pokonywaniu wszelkich przeszkód związanych z nieprzewidywalną techniką komputerową, stanowili wtedy samodzielny zespół roboczy w składzie: Grzegorz Idzikowski (logika procesora, konsola), Krzysztof Czapliński (mikroprogramy, emulacja, konsola), Ryszard Bylicki (procesor, algorytmy), Barbara Wiśniowska (procesor, pamięć, serwis), Tadeusz Karal (dyski), Zbigniew Orkus (taśmy), Józef Lis (kanały, emulatory urządzeń WE/WY), Bogusław Madej (DRAM), Piotr Chelstowski (mechanika), Adam Urbanek (konstrukcja, technologia, badania, szef zespołu). Grupa ta podjęła wyzwanie projektowo-produkcyjne, które w normalnych warunkach realizuje co najmniej kilkadziesiąt osób. I to zadanie udało się zrealizować!

Podstawowym celem systemu komputerowego SKOK było utrzymanie zgodności programowej z procesorem Odra 1305 wraz z zachowaniem fizycznej konstrukcji kanałów interfejsowych, łączących procesor z urządzeniami zewnętrznymi. Takie rozwiązanie pozwalało w dowolnym momencie, w ciągu kilku godzin usunąć wysłużoną jednostkę centralną Odra 1305 i zastąpić ją silniejszą wersją procesora, bez jakiegokolwiek zmiany istniejącego oprogramowania użytkowego. Identyczność funkcji procesora miała zapewnić przenoszenie oprogramowania użytkowego bez modyfikacji na poziomie kodów, nośników, zbiorów czy baz danych. Szybka procedura wymiany komputera *mainframe* umożliwiała więc prawie natychmiastową kontynuację przetwarzania w trybie wsadowym lub *online*, z wykorzystaniem całego istniejącego parku urządzeń zewnętrznych, których koszt wielokrotnie przekraczał cenę samego procesora.

Drugim istotnym założeniem projektowym było zwielokrotnienie mocy obliczeniowej procesora (EMCX 1305) oraz podwyższenie efektywności przetwarzania tam gdzie to było możliwe – jako że nie są to równoważne parametry określające wydajność systemu komputerowego do przetwarzania. Moc obliczeniowa procesora, uzyskana przez wdrożenie nowych technologii oraz zainstalowanie układów dużej skali integracji, takich jak: DRAM, LSI, VLSI oraz układów plasterkowych firmy AMD (*bit slices*), pozwoliła standardowo uzyskiwać na teście Gibbsona (*Gibbison Test*) szybkość 1 miliona operacji na sekundę (czyli około 2,2 MIPS według bajtowej struktury maszyn IBM). Była to prawie czterokrotnie większa moc obliczeniowa, niż dostępna za pomocą najszybszych procesorów Odra 1305. Maszyn o takiej wydajności w ogóle nie wytwarzano w krajach RWPG.

Trzecią charakterystyczną cechą systemu był wzrost niezawodności, a zwłaszcza dostępności (gotowości do pracy) całego systemu komputerowego, uzyskanego głównie przez wyeliminowanie wszelkich ruchomych części mechanicznych używanych dotąd w urządzeniach zewnętrznych. Dotychczas stosowane w procesorach Odra 1305 mechaniczne konsole operatorskie (Teletype, Facit, DZM) zastąpiono systemowym terminalem ekranowym klasy IBM PC (XT lub AT), a w miejsce urządzeń zewnętrznych z nośnikami papierowymi (CT, DT, CK, DZM) wprowadzono zmodyfikowany terminal PC wyposażony w program emulujący wszystkie te urządzenia znakowe (jako 4 kanały interfejsowe SI 1300). Dwa takie zintegrowane terminale pozwalały na instalację wszystkich potrzebnych użytkownikowi urządzeń zewnętrznych, i to w dowolnej konfiguracji znakowych modułów wejścia-wyjścia. W ekonomicznie oszczędnej wersji procesora EMCX 1305 wszystkie emulatory zewnętrznych urządzeń papierowych (a także drukarek znakowych wedle potrzeb użytkownika) znajdowały się na tej samej konsoli systemowej. Nośnikami danych bajtowych były wyłącznie dyskietki magnetyczne FDD (5,25" lub 3,5") w standardzie PC, a dostęp operatora do poszczególnych urządzeń realizowano przez uaktywnienie odpowiednich okien użytkowych na konsoli systemowej (podobnie jak teraz w Windows). Dane można więc było przygotowywać *offline* na dyskietkach poza ośrodkiem przetwarzania, korzystając z licznych komputerów PC, i wprowadzać je do systemu przez konsolę.

Nowatorskie cechy

Nowy procesor miał kilka nowatorskich rozwiązań, które nie były jeszcze w tamtych czasach powszechnie stosowane. Jedną z nich była całkowicie otwarta architektura

mikroprogramowania, dzięki której można było dowolnie zmieniać zawartość bloku mikroprogramów procesora, a tym samym rozszerzać funkcje podstawowej listy rozkazów komputera – uzyskując za każdym razem inny typ systemu komputerowego. Standardowa zawartość mikrorozkazów EMCX 1305 (lub jej kolejne zmodyfikowane wersje) znajdowały się na dysku twardym konsoli systemowej, i stamtąd były one ładowane do szybkiej pamięci statycznej SRAM (112 bitów, cykl 35 ns), spełniającej funkcję bloku pamięci stałej mikroprogramów. Ta czynność dokonywała się automatycznie, za każdym razem podczas porannego włączenia i restartu systemu.

Całkowitą nowością procesora była dogodna dla operatora komunikacja z systemem, którą zapewniała ekranowa konsola IBM PC, z emulowanym w niej fragmentem programu monitor systemu operacyjnego. Konsola ta ponadto spełniała funkcje inżynierskiego pulpitu (procesor nie miał żadnego pulpitu technicznego), łącznie z prowadzeniem logu z możliwością pracy krokowej i sekwencyjnej oraz obserwacją na bieżąco interesujących fragmentów bądź rejestrów technicznych procesora w trakcie pracy. Kilka trybów pracy konsoli wybieranych za pomocą menu i okien umożliwiała emulację funkcji niektórych urządzeń zewnętrznych. Istotne zwiększenie efektywności przetwarzania danych uzyskano przez sprzętową realizację niektórych funkcji systemu operacyjnego oraz integrację z procesorem szybkich kanałów autonomicznych – przeznaczonych do współpracy z zewnętrznymi pamięciami dyskowymi i taśmowymi.

Integralnym wyposażeniem systemu komputerowego SKOK do przetwarzania danych były standardowe moduły konstrukcyjne (19", o wysokości 6U/3U/1U) do tworzenia zewnętrznych pamięci dyskowych (CD) i taśmowych (MT), realizowane w nowej technologii dużej skali integracji LSI (*Large Scale*) i VLSI (*Very Large Scale*). W produkcji seryjnej znalazły się dwie wersje urządzeń dyskowych jako: pamięć CXPD 1300/8M z czterema wymiennymi nośnikami informacji na dyskach twardych typu Winchester 20 MB (programowo maksymalnie do 64 MB) oraz pamięć CXPD 1300/60M z dwoma lub sześcioma wymiennymi dyskami typu Winchester 80 MB (zalecana pojemność zestawu dyskowego 480 MB). Na one czasy były to duże pojemności pamięci dyskowych.

Niezwykle popularnym elementem systemu SKOK był moduł sterownika CXMT 1300 (19", 1U) na układach scalonych, przeznaczony do współpracy z taśmami magnetycznymi (PT2, PT3) – używanymi do tej pory zarówno przez klientów dotychczasowych systemów ODRA, jak też jako pamięć taśmowa nowego rozwiązania. Sterownik taśmowy CXMT był powszechnie zamawiany (kilkadziesiąt egzemplarzy) przez zakładowe ośrodki przetwarzania oraz instalowany u nich w jeszcze działających systemach serii Odra 1300 – w miejsce mocno wysłużonych (germanowych) adapterów MTS-304. Wszystkie nowe moduły znakowe wejścia-wyjścia systemu EMCX 1300 (CT, DT, CK, DK, DW) wykorzystywały technikę programowego i technicznego emulowania funkcji zewnętrznych urządzeń komputerowych rodziny ODRA 1300 za pomocą profesjonalnych komputerów klasy PC – co rzeczywiście było unikatowym rozwiązaniem w tamtych czasach. Z kolei pełna ich zgodność interfejsowa ze standardem SI 1300 pozwalała włączać je do dowolnego procesora tej serii maszyn cyfrowych (Odra 1304, Odra 1325, Odra 1305, EMCX 1305). Miniaturyzacja jakiej poddano poszczególne podzespoły systemu, pozwoliła na ukrycie całego procesora w odpowiednio wymodelowanej nodze

stanowiska operatorskiego, na którym znajdowała się jedynie zintegrowana konsola systemowa PC. Reinstalacja procesora EMCX 1300 u klienta nieodmiennie powodowała więc konsternację etatowych pracowników korzystających do tej pory z systemu komputerowego i przyzwyczajonych do widoku kilku szaf procesora Odra 1305 z mrugającym pulpitem. Po wymianie wysłużonej jednostki centralnej Odra 1305 na procesor SKOK – co trwało 24 lub 48 godzin – nieodmiennie padało sformułowanie w rodzaju: „Wygląda, że to wszystko działa, a procesor zabrali”.

Z wyposażenia urządzeń zewnętrznych systemu EMCX 1305 znikły więc całkowicie tradycyjne moduły czytnika i dziurkarki taśmy perforowanej, moduły czytnika i dziurkarki kart perforowanych oraz drukarki znakowej DZM, których funkcje przejęły emulowane na PC-tach urządzenia wejścia-wyjścia. Jedynym wymiennym i przenośnym medium transportowym do gromadzenia i edycji danych w środowisku zewnętrznym pozostały powszechnie już wtedy stosowane dyskietki magnetyczne FDD (*Floppy Disc Drive*) o pojemności 800 kB lub 1,44 MB. Można je było edytować wedle potrzeb w terenie, na wolno-stojących (*offline*) komputerach osobistych klasy PC. Ta koncepcja zbierania i przygotowywania danych WE/WY pozwoliła wyeliminować większość ruchomych części mechanicznych zestawu komputerowego, co w zasadniczy sposób przyczyniło się do wzrostu niezawodności kompletnego systemu komputerowego SKOK. Kompletny zestaw systemu SKOK wraz z procesorem EMCX 1305 bądź licznie wtedy poszukiwane przez użytkowników poszczególne jego produkty towarzyszące (stacje dyskowe, sterowniki taśmowe oraz emulatory urządzeń zewnętrznych na PC – do uzupełniania procesora Odra 1305), były wytwarzane wyłącznie na zamówienie. A klientów raczej nie brakowało. W ciągu dwóch lat seryjnej produkcji (okres 1989-1991) zainstalowano w Polsce co najmniej 6 kompletnych systemów EMCX 1300 oraz kilkadziesiąt stacji dyskowych i emulatorów urządzeń zewnętrznych na stacjach PC.

Wdrożenie do produkcji procesora SKOK (następca Odra 1305) miało tę pozytywną stronę, że przez kilka lat pozwalał on na bardziej efektywne wykorzystanie istniejącej infrastruktury Odra 1300 w otoczeniu jednostki centralnej. Dzisiaj można jedynie żałować, że projekt i jego realizację podjęto o kilka lat za późno, co nie pozwoliło znacząco wydłużyć serii produkcyjnej, a tym samym zwiększyć efektywność infrastruktury ośrodków obliczeniowych w kraju. Po dwóch latach instalacji procesora SKOK (1989-1991), końcowy termin zaprzestania produkcji tego systemu i tak wyznaczyła organizacja COCOM, poprzez likwidację barier importowych (1990 r.). Odtąd nieskrępowany dostęp do nowinek komputerowych napływających w niekontrolowany sposób z Zachodu, a także innych wysłużonych urządzeń komputerowych stał się faktem. Zgodnie z już obowiązującymi w Polsce ekonomicznymi prawami wolnego rynku, wytwarzanie procesora SKOK po 1991 r. stało się nieopłacalne i w ten sposób historia wrocławskich komputerów serii Odra 1300 zakończyła się nieodwołalnie po 22 latach (1969-1991) ich produkcji.

Zwłaszcza, że dominująca wtedy koncepcja przetwarzania komputerowego oraz teleprzetwarzania za pośrednictwem wyniesionych multiplekserów, skanerów czy zdalnych procesorów komunikacyjnych również nie wytrzymała próby czasu. Procesory typu *mainframe* z gwiazdowym rozproszaniem interfejsów równoległych do poszczególnych urządzeń zostały definitywnie wyparte przez serwery i superserwery z ultra-szybkimi portami szeregowymi LAN w strukturach pierścieniowych, początkowo o przepływności 10 Mb/s, a wkrótce potem

gigabitowych (obecnie 10-40 Gb/s, a niekiedy nawet 100 Gb/s). Przyspieszenie w miedzianych i światłowodowych technologiach transmisji sygnałów na odległość, istotnie przyczyniło się do wyeliminowania takich systemów komputerowych z produkcji, a to było właśnie podstawą komunikacji cyfrowej w tamtych czasach nie tylko w Polsce (ICL, IBM, ODRA, SKOK, RIAD).