

# Historia komputerów serii ODRA 1300

## Wspomnienia konstruktora maszyn cyfrowych

Adam Urbanek

*Wydarzenia, które chciałbym wspomnieć 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.*

Ponad 50 lat temu – bo była to 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, serwera, klastra czy chmury jeszcze nie znano) należało rozwiązywać we własnym zakresie, począwszy od niezawodnego zasilania, poprzez nowatorskie konstrukcje podstawowych funkcyj 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 w sklepie, ponieważ takowych elementów nie było w sprzedaży, a rynek materiałów teletechnicznych był mało urozmaicony.

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.

Młodszym 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 wytypowanych przedsiębiorstw były wrocławskie zakłady ELWRO (wcześniej T-21).

### **Co było przed serią Odra 1300?**

Opracowanie pierwszych komputerów serii Odra sięgają początku lat 60., kiedy to w zakładzie produkcyjnym Wrocławskich Zakładów Elektronicznych ELWRO zaprojektowano i uruchomiono pierwsze modele „szeregowych” maszyn liczących. Pierwszym z nich była **Odra 1001** (lampowa, 1960 r.), a drugim **Odra 1002** (lampowo-tranzystorowa, 1961 r.), przekazana do eksploatacji w Centrum Obliczeniowym PAN - obydwie o dynamicznym sposobie przetwarzania informacji. Chociaż z powodu małej niezawodności pozostały one jedynie na etapie modelu i nie weszły do produkcji seryjnej, były one poligonem doświadczalnym dla konstruktorów jak nie należy konstruować procesorów, a zwłaszcza czego unikać w następnych projektach komputerowych.

Uzyskane doświadczenia sprawiły, że kolejna wersja maszyny cyfrowej **Odra 1003**, w której zastosowano wstępne procesy starzenia komponentów tranzystorowych 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 programy stałego i zmiennego przecinka, miał urządzenia WE/WY w postaci dalekopisu, czytnika i dziurkarki taśmy papierowej oraz konwerter analogowo-cyfrowy. Wytrzymałość niektórych egzemplarzy sprawdzano 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 zakres zastosowań, a także szybkość liczenia wzrosła 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 wpływającej 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 tą zaletę, że mimo niewielkiej mocy obliczeniowej pozwalało na realizację prostych lecz 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 produktem o szeregowym sposobie działania lecz z częściowo równoległą (dziesiątą) obróbką danych było całkowicie tranzystorowe rozwiązanie **Odra 1103**, wtedy powszechnie nazywane kalkulatorem dziesiątnym (około 5 tys. operacji arytmetycznych na sekundę). Produkt ten został zaopatrzony w rozszerzoną pamięć ferrytową o pojemności 1024 słów oraz systemową pamięć bębnową 32K słów 16-bitowych. Podstawową funkcją użytkową 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 danych w postaci czytnika i perforatora taśmy papierowej, także dalekopisu, tabulatora kartowego i reproducera. Mimo raczej prostych funkcji obliczeniowych i stosunkowo dużego zapotrzebowania krajowego na taką „dziesiątą obróbkę danych”, zakład ELWRO dostarczył na rynek w latach 1967-1969 jedynie 64 egzemplarze maszyn Odra 1103.

### **Druka generacja komputerowa**

Istotny postęp w rozwoju wrocławskich komputerów pojawił się dopiero podczas projektowania całkowicie tranzystorowej 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 hybrydowym bloku pamięci stałej (ROM) o pojemności 1K słów sterujących. Mikrooperacje te kierowały nie tylko przepływem informacji w jednostce arytmetycznej, ale także zarządzały kontaktami z pamięcią operacyjną bądź z urządzeniami zewnętrznymi. Łatwość modyfikowania mikroprogramowanych algorytmów współpracy procesora z urządzeniami zewnętrznymi znajdującymi na obiekcie, pozwalała na szybkie dopasowanie systemu do konkretnych potrzeb w sektorze automatyki bądź w sterowaniu procesami przemysłowymi w czasie rzeczywistym. Także do powszechnego stosowania systemu w pracach naukowo-badawczych oraz do obliczeń numerycznych i algorytmicznych.

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 podstawowy kierunek wdrożeń i eksploatacji maszyny cyfrowej Odra 1204.

Drugą niezwykle cechą jednostki centralnej Odra 1204 wykonanej w nowej technologii drugiej generacji – jak się później okazało o istotnym znaczeniu dla kolejnych procesorów – było wdrożenie do seryjnej produkcji w ELWRO modułu wewnętrznej pamięci procesora (dzisiaj zwanej RAM) na niewielkich rdzeniach ferrytowych. Pamięci modułowo rozbudowywanej blokami po 16K słów 24-bitowych wraz z 25-tym z bitem nieparzystości, wykorzystywanym w procesorach do kontroli poprawności pamięci i współpracy między modułami. Pamięć ta była używana jako podstawowa pamięć operacyjna zarówno w systemie Odra 1204 (pojemność 16K słów), jak i w kilku następnych jednostkach centralnych serii Odra 1300 również o równoległej strukturze przetwarzania (do 256 K), a także po modyfikacjach w przyszłych produktach komputerowych serii RIAD.

Właśnie ta konstrukcja pamięci operacyjnej o podstawowym cyklu 6 mikrosekund, 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  $\mu$ s w ostatnich produktach, była podstawą przyszłych sukcesów fabryki. Także pod kątem skracania czasu dostępu do informacji oraz uzyskania odpowiedniej niezawodności całego procesora – potwierdzonej 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 tworzeniu zaawansowanych systemów komputerowych w ELWRO.

Pierwszym z nich był procesor Odra 1204 wykonany w statycznej technice tranzystorowej drugiej generacji (modułowe funktry 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 operatora, 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 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 wrocławskich inżynierów logików 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 179 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.

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 co półtora roku. 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. Było to zasadniczym powodem, że w fabryce zaczęto rozważać konstrukcję kolejnego systemu, 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 polskiej produkcji. Oczywiście bez udzielenia przez koncern gwarancji firmowych 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.

Trzeba uczciwie przyznać, że z tych zobowiązań Anglicy wywiązywali się nadzwyczaj sumiennie, dostarczając do zakładu ELWRO – po zrealizowaniu 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 była przekazana do ELWRO. 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 usprawnienia kolejnych wersji jakie powstawały w ICL, które były związane z systemem 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 (koniec 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 – 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 bowiem – 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 tamtych 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.

Drażliwy i prawdopodobnie „nie do przeskokowania” temat 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 zarazili 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**

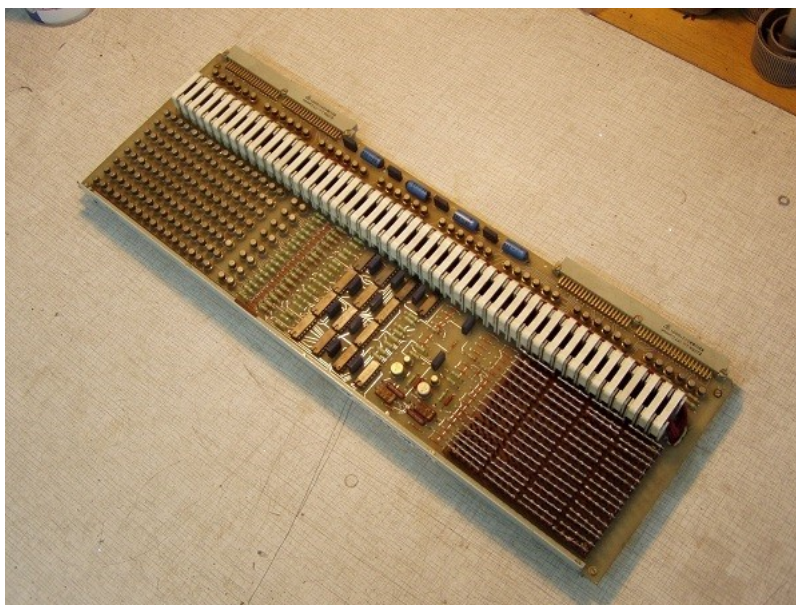
Koncepcja instalacji systemowego oprogramowania ICL 1904 na nieistniejącym jeszcze procesorze Odra 1304 już sama w sobie była niezwykła. Nie zabrakło więc i sceptyków, ani w zakładzie macierzystym, ani wśród konkurencyjnych w stosunku do ELWRO instytucjach komputerowych w Polsce. Na szczęście, szefem i koordynatorem procesu logicznej adaptacji funkcji procesora ICL 1904 wkladanego w strukturę nowej jednostki centralnej Odra 1304 był nadal cieszący się powszechnym autorytetem Thanasis Kamburelis. To on opracował robocze założenia projektowe dla niewielkiej grupy młodych entuzjastów 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. Jednocześnie powodowała pielgrzymki różnej maści patentów, którzy chcieli mieć pogląd, rozszerzyć swą wiedzę czy zlecić opracowanie na jakiś komputerowy temat.

Szeroka wiedza oraz skuteczność w rozwiązywaniu problemów ścigała 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 od kierownictwa. Często niestety spraw błahych, do których wcale nie był on potrzebny. W tamtym czasie byłem konstruktorem prowadzącym produkt, a jednocześnie szefem zespołu logików, który projektował i wdrażał do produkcji system Odra 1304 (także następny Odra 1305). Miałem więc okazję widzieć jak to się odbywało w praktyce i jak niewiele czasu z tego powodu pozostawało mu na zajmowanie się właściwym projektowaniem. Po pewnym czasie Thanasis obmyślił 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 patentu 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 bez pytania 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 zarówno format prezentacji stałoprzecinkowych liczb dwójkowych pierwowzoru (krótkie słowo 24-bitowe bądź długie 48-bitowe), jak i uzupełnieniowa arytmetyka binarna procesora z uzupełnieniem do dwóch były rzeczywiście podobne, jak w znajdującym się już w produkcji komputerze Odra 1204. Taka zbieżność powodowała, że spora część problemów z zakresu algorytmów algebry liczb dwójkowych została wcześniej dobrze rozpoznana podczas projektowania systemu 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 samego procesora, a także arytmometru oraz kanałów współpracy z pamięcią operacyjną. Do ich realizacji przekazana przez koncern układowa dokumentacja logiczna procesora ICL 1904 była zupełnie nieprzydatna.



*Fragment pamięci mikroprogramów procesora ODRA 1305 (jedna czwarta całości ROM)*

Procesor Odra 1304 posiadał 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. Nowatorska jak na owe czasy technika sterowania pracą komputera za pomocą pamięci stałej ROM (technika hybrydowo-tranzystorowa DTL, pojemność 512 słów sterujących o długości 44 bity, czas repetycji 2  $\mu$ s, czas dostępu poniżej mikrosekundy) nie była dotąd stosowana w żadnym znanym systemie komputerowym produkowanym w krajach RWPG poza wrocławskim procesorem Odra 1204. Było to niezwykle osiągnięcie techniczne uzyskane w zespole inżynierskim Andrzeja Zasady, który był niezwykle zaangażowany w konstrukcję nowego procesora. Nawet Anglicy nie mieli mikroprogramowego sterowania w swej rodzinie maszyn serii 1900, zaś koncepcja takiego rozwiązania znana była jedynie z przecieków w literaturze amerykańskiej (IBM). Trzeba w tym miejscu wyraźnie podkreślić, że brytyjski koncern ICL służył z niezwykle zaawansowanych rozwiązań programowych, jako że system operacyjny GEORGE3 nie miał konkurencyjnego rozwiązania na świecie, ale w technologii wytwarzania procesorów firma ta wcale nie była światowym liderem. Można ogólnie skonstatować, że pod tym względem i w tym momencie czasu wcale nie byliśmy od nich gorsi.

Pełną zgodność z wszelkimi szczegółami bez jakichkolwiek odstępstw należało zapewnić procedurze obsługi wielopoziomowych przerw oraz znakowej transmisji asynchronicznej (znak zawierał 6 bitów), a także

wstrzymaniu 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 polskiej 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 wyglądem 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 systemu przetwarzania danych.

Unikatową cechą systemu Odra 1304 była jego wieloprogramowość (do 4 programów), zarządzana z poziomu jądra operacyjnego z silnym wsparciem przez układy techniczne zaimplementowane w procesorze. Ta nie stosowana wtedy w innych komputerach funkcja (zgodna z ogólną filozofią rozwiązań 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 niezwykle dyspozycyjność i odporność wieloprogramowego systemu operacyjnego na wszelkie nierozważne zachowania użytkowników.

Po półtorarocznym konstruowaniu (projekt, dokumentacja, konstrukcja, montaż, uruchomienie, testy zgodności) powstał przebadany model procesora (odbior przez komisję państwową w 1969 r.), a po dwu latach od zawarcia umowy z ICL z taśmy montażowej w ELWRO spłynęło (początek 1970 r.) pierwszych 8 prototypowych jednostek centralnych Odra 1304 – również sprawdzanych na zgodność z oryginałem ICL 1904. Szybkiemu powstaniu projektu oraz sprawnemu uruchomieniu procesora Odra1304 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 (hybrydowa ROM o pojemności 512 wierszy), bloki ferrytowej pamięci operacyjnej RAM zawierające moduły konstrukcyjne 16K lub 32K, identyczna technika dwupoziomowych funkcyjnych DTL (*Diode Transistor Logic*) na krzemie jak w procesorze Odra 1204 drugiej generacji, W projekcie ustalono ten sam sposób wytwarzania i testowania pakietów dwuwarstwowych, podobną konstrukcję i automatykę modułowych zasilaczy napięć stałych rozlokowanych w każdej ramie procesora oraz identyczne jak w Odra 1204 84-stykowe złącza pakietowe tylnej kasety. Zasadnicze zmiany dotyczyły głównie struktury logicznej, która musiała być inna i całkowicie zgodna z architekturą ICL 1904.

Niewielki zespół projektantów struktury logicznej procesora Odra 1304 kierowany początkowo przez Bronisława Piwowara, a po jego odejściu przez Adama Urbanka, miał więc ułatwione zadanie i rzeczywiście mógł skupić się na rozwiązaniach szczególnych, normalizujących konstrukcję procesora pod kątem potokowego wytwarzania w produkcji seryjnej. Wbrew pozorom, jest to bardzo ważny etap projektowania i dokumentowania wyrobu, gdyż rzutuje nie tylko ciągłość procesów wytwórczych w przedsiębiorstwie, ale istotnie pomniejsza pracochłonność (czyli koszt!) każdego nowego produktu. Ten etap pracy konstrukcyjnej wymagał dobrej znajomości wszelkich procesów obróbczych i technologicznych stosowanych w bieżącej produkcji zakładu i rzutował na niezawodność całego przedsięwzięcia. Należy podkreślić, że w tamtych czasach wszystkie projekty pakietów wykonywano ręcznie, bez jakiegokolwiek wsparcia komputerowego. Konstruktor sam projektował rozmieszczenie poszczególnych modułów DTL na pakiecie oraz ręcznie wyklejał połączenia logiczne i ścieżki zasilające na specjalnym „astralonie” – z zachowaniem odpowiednich wymagań produkcyjnych. 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 funkcyjnych logicznych.

### **Nowe urządzenia standardu SI 1300**

Istotnym wkładem w tworzenie systemu Odra 1304 było opracowanie kilku nowych urządzeń zewnętrznych, zaopatrzonych w standardowy interfejs SI 1300 do ich łączenia z komputerami tej serii, będący pełnym odpowiednikiem brytyjskiego standardu SI 1900. Początkowo urządzenia te 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 reproducerach kartowych. Dla tych papierowych mediów, w pracowni kierowanej przez Heliodora Stanka powstały nowe urządzenia zewnętrzne serii Odra 1300, które wykonane w krzemowej technologii drugiej generacji obejmowały: czytnik taśmy papierowej CT 304 (CT), dziurkarkę taśmy papierowej DT 304 (DT) oraz czytnik kart perforowanych CK 304 (CK). Podstawowym urządzeniem do wyprowadzania informacji przetwarzanej w tym systemie komputerowym była jednak drukarka wierszowa DW 304 (DW), kompletowana w ELWRO (B. Jurajda, K. Konopacki) przy współpracy z zakładem mechaniki produkcyjnej w Błoniu. Z upływem czasu, wszystkie te produkty informatyczne ulegały modernizacji, polegającej na zastosowaniu układów

scalonych oraz integrowaniu niektórych funkcji użytkowych. W postaci docelowej 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 podstawowe urządzenie wyjściowe każdego systemu komputerowego serii Odra 1300.

Odrębne zespoły projektowe zajmowały się pamięciami zewnętrznymi systemu w pracowniach zakładu konstrukcyjnego Janusza Książka (A. Mroczek, W. Podgórski). Jednym z pierwszych takich produktów był adapter taśmowy MTS 304 (MT, druga generacja), spełniający funkcję sterownika dla maksymalnie 6-ciu jednostek magnetycznych pamięci taśmowych PT-2 lub PT-3 z Meramatu. Dla procesora Odra 1304 był to zasadniczy element pamięci zewnętrznej, pozwalający nie tylko na pierwotną instalację i organizację całego systemu (*bootstrape*), ale również na pracę wsadową oraz zbieranie danych, które to usługi stanowiły istotę przetwarzania (translacja, sortowanie) 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 (wielu dostawców) były to różne wersje jednostek sterujących, docelowo oznaczane jako PDS 325 (PD, trzecia generacja).

Koordinacją prac oraz współpracą poszczególnych pracowni projektowych, stanowiących liczne i 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 Jan Markowski – wieloletni konstruktor wcześniejszych maszyn szeregowych w ELWRO, a przez lata zastępca szefa biura rozwojowego Ośrodka Badawczo Rozwojowego. O tym, jakie to miało znaczenie dla ciągłości 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 wymagałoby wysokich nakładów modernizacyjnych – to nie spełniał on również postawionych mu wymagań niezawodnościowych, niezwykle istotnych w procesie 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 i 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 funktorów i funkcji logicznych dla wszystkich pakietów, nie mówiąc o technologicznym starzeniu przed montażem wszelkich wrażliwych na temperaturę elementów i podzespołów. Kontakt z pamięcią operacyjną oraz poprawną pracę bloków pamięciowych zapewniały najprostsze mikroprogramowane testy uruchomieniowe z „trudnymi szablonami danych” – implementowane bezpośrednio w pamięci ROM każdego procesora.

O sprawnym uruchamianiu systemu komputerowego, oprócz potrzebnej wiedzy pracownika uruchamiającego, zawsze decydowało odpowiednie oprogramowanie testowe. Zgodnie z własną filozofią wytwarzania 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 rozkazów.

Kontrola stanu procesora obejmowała dwa etapy testowe. Dla surowej maszyny były to „bootstrapowe” testy uruchomieniowe NCR, działające na najniższym poziomie, z możliwością ich logowania z dowolnie wybranego urządzenia poprzez sprawny kanał znakowy. 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 systemowy #FLIT logowany jako jeden z programów użytkowych pod kontrolą systemu operacyjnego, również logowany 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 serwisowych. 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.

### **Strategiczne kłopoty**

Uruchomienie systemu wraz z poprawnie działającymi aplikacjami, a także pozytywny wynik państwowego odbioru tej maszyny (1969 r.), było niezwykle 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 była tak sprawna.

W celu nadania większego rozgłosu, w 1969 r., na okoliczność pierwszego komercyjnego wdrożenia do eksploatacji systemu Odra 1304 z wieloma urządzeniami towarzyszącymi, a przeznaczonego do przetwarzania danych we wrocławskim ZETO, zaproszono przedstawiciela ICL. Uroczystość i 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 wypuła 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. Niestety żaden krajowy zakład teletechniczny nie chciał się podjąć takowej produkcji, gdyż specyficzne parametry techniczne kabla były zbyt wygórowane.

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) łącznie z izolującym ekranem. Te wymagania techniczne przekraczały możliwości polskiego przemysłu telekomunikacyjnego, gdyż do ich realizacji potrzebne były specjalistyczne zwojnice kablowe. Dopiero po kilku interwencjach „podobno na najwyższych szczeblach państwowych” udało się po miesiącu bezczynności uzyskać z Bydgoszczy bodajże 100 m prototypowego, lecz bezcennego dla zakładu 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 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, 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 użytkowników (częściowo odpłatnie), zapewniających skuteczne wykorzystanie zainstalowanego parku peryferyjnego. 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 sprawnego obsługi pracy wsadowej. System ten zwykle rezydował na taśmach magnetycznych – stąd też jego popularne oznaczenie Egzekutor taśmowy – ale mógł on również obsługiwać pliki danych lokowane na zewnętrznych pamięciach dyskowych oraz proste systemy teleprzetwarzania operujące z oddalonymi użytkownikami poprzez jednostkę multiplekserową typu MPX. System miał cechę wieloprogramowania (*multiprogramming*) – pozwalającego na sterowanie pracą do 4 niezależnych programów jednocześnie. Fakt ten był powszechnie wykorzystywany do prowadzenia obliczeń naukowo-technicznych, działających w tle podstawowej pracy wsadowej w przedsiębiorstwach.

Podczas gdy w rozszerzonych wersjach pierwowzorów ICL pojawiły się modyfikacje, świadczące o układowej realizacji rozkazów zmiennoprzecinkowych na słowach o podwójnej precyzji (48-bitowych), podobnie rozszerzoną strukturę techniczną zaimplementowano w ELWRO za pomocą własnych algorytmów mikroprogramowych dopiero w następnym modelu tej serii – oznaczanym jako Odra 1305. Dla tego komputera sercem systemu był



system operacyjny E6RM (*Real time Mode*) rezydujący na jednostkach dyskowych (jako Egzekutor dyskowy) i ukierunkowany na sterowanie procesami przebiegającymi w czasie rzeczywistym – niezależnie od jego podstawowej pracy wsadowej. W mniejszych konfiguracjach sprzętowych Odra 1305, nadal mógł być jednak instalowany dotychczas eksploatowany i prostszy w zarządzaniu system operacyjny E6BM. Do produkowanych i dostarczanych przez ELWRO na rynek najmniejszych 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 oznaczony jako EWG3 (do 16 programów użytkowych), 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, a wskazane 128K) 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 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 8M, 30M lub 60M (megabajtów) oraz systemami teleprzetwarzania. Na tamte czasy były to duże i raczej rzadko spotykane zbiornice danych na dyskach, pozwalające na relokację zbiorów także za pośrednictwem wymiennych 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 licznym parku urządzeń zewnętrznych (CT, DT, CK, DW) oraz jednostek pamięci taśmowych MT z zakładów 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 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 danych został po sąsiedzku zainstalowany i uruchomiony we wrocławskim ZETO, gdzie na uroczystość oficjalnego udostępnienia systemu do pierwszego komercyjnego użytkownika (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. Multipleksers 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 multipleksera poprzez dzierżawione linie telefoniczne i urządzenia liniowe klasy UPD. Zdobyte na uczelni doświadczenia zaowocowały między innymi późniejszym opracowaniem w ELWRO wielokanałowego multipleksera 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 (uczelnie, banki, kolejnictwo, przemysł odlewniczy i hutniczy).

### **Trzecia generacja na układach scalonych**

Wdrożenie do seryjnej produkcji systemu z procesorem drugiej generacji Odra 1304, praktycznie potwierdziło niesprawdzoną nigdzie 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 funkcyjnych 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 TTL/SSI z zakładów Tesla Pardubice (wtedy jeszcze 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 początkowych trudności, zalety układów scalonych TTL były nie do przecenienia w projektowaniu urządzeń komputerowych, a różnorodność funkcyjnych logicznych rosła każdego miesiąca. Stały się one natychmiast (od 1969 r.) podstawą projektowania wszelkich podzespołów komputerowych oraz samych jednostek centralnych, powstających teraz jednocześnie w trzech pracowniach logicznych Ośrodka Badawczo-Rozwojowego jako: 1) – pracowni logicznej 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 do projektowania rodziny komputerów serii JS EMC (Riad). Bardziej radykalne zmiany w technologii wytwarzania komputerów nie były wtedy możliwe, gdyż wcale nie znano jeszcze ani układów scalonych 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. Bogdan Kasierski, Maria Horwat, Leon Adamów, Juliusz Sokołowski, Władysław Bogdan, Roman Jakóbiec, Andrzej Lepzonek). 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, instalacja programowanego zegara do rozliczania działania programów użytkowych, instalacja licznika czasu rzeczywistego niezbędnego w sterowaniu obiektowym, 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 (EWG3 dyskowy). Jak się później okazało, nakładka systemu EWG3 cieszyła 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 wielodostępnym systemie EWG3 liczba jednocześnie uruchamianych programów użytkowych nie miała żadnych ograniczeń ilościowych, a efektywna praca programów 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 1K, słowo sterujące długości 48 bitów);
- instalację pamięci ferrytowej 64K (cykl 1,2/1,8  $\mu$ s), rozszerzoną 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 multiplexera 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 międzynarodowej mieszanki testowej Gibson 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, multiplexery i terminale zdalne oraz różnorodne pamięci dyskowe o wymiennych nośnikach danych. Trudności z uruchomieniem ich produkcji w kraju były porównywalne z samym projektem 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 dwa 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 odbyły się więc dwa (w latach 1969/1970) służbowo nakazane nam odgórnie seminaria wyjazdowe (Krynica, Białobrzegi), na których jako projektanci logiki procesora przedstawialiśmy specjalistom z IMM organizację systemu ICL 1900 (Odra 1305) oraz propozycje rozwiązań logiki nowego procesora w wszelkimi znanymi nam wtedy szczegółami. Moim zdaniem był to karkołomny i nie do zrealizowania 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 procesora i systemu Odra 1305 stwierdzam, że jest to nieprawda.

Po 50. latach z pomocą Muzeum Historii Komputerów i Informatyki w Katowicach poznaliśmy więcej szczegółów odnośnie prac prowadzonych wtedy w IMM, a zleconych przez Zjednoczenie MERA – odnośnie hybrydowego modelu procesora R30/Odra1304A. Opis tych działań znajduje się w na naszej witrynie [www.elwrowcy.pl](http://www.elwrowcy.pl) w zakładce Forum dyskusyjne, chociaż los tego „modelowego” urządzenia komputerowego do dziś pozostaje nieznaną. To wtedy w Ośrodku Badawczo Rozwojowym ELWRO dyrektor Andrzej Zasada podjął niezwykle ryzykowną decyzję, aby w ogóle zrezygnować z modelu procesora Odra 1305 i własnymi siłami projektowymi (bez IMM) wykonać od razu serię prototypową. Było to możliwe, gdyż elwrowscy konstruktorzy już perfekcyjnie znali różnice między obydwojoma procesorami (Odra 1304 i Odra 1305), przekazując je wcześniej pracownikom IMM na spotkaniach. Życie pokazało, że była to bardzo owocna w skutkach decyzja wrocławskiego środowiska.

Prowadzone od połowy 1969 r. prace zespołu logicznego przebiegały 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 one do wytworzenia w Zakładzie Doświadczalnym i uruchomienia w 1971 r. dwóch prototypowych egzemplarzy systemu Odra 1305 (modelu w ogóle nie wykonywano).



*Wyłączenie ostatniego w Polsce dwumaszynowego zestawu Odra 1305 nastąpiło 30.04.2010 o godzinie 22.00. na stanowisku sterowni PKP Lublin Tatary - po 34. latach trzymianowej pracy ciągłej.*

Jeden z nich został przedstawiony do odbioru państwowego 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 potwierdzeniu certyfikatu zgodności, kompletna dokumentacja procesora została ostatecznie zaakceptowana i przekazana do działu technologicznego przedsiębiorstwa komputerowego ELWRO w celu przygotowania produkcji seryjnej.

Seria próbna tych systemów zamknęła się w 8 kompletnych zestawach komercyjnych, a ich seryjna produkcja ruszyła pełną parą dwa lata później (1973 r.). Przez następnych 14 lat produkcji liczba dostarczonych przez ELWRO systemów Odra 1305 do przetwarzania sięgnęła (według dzisiaj dostępnych danych) 432 zestawy komputerowe, z których prawie setkę produktów 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. Zestawy Odra 1305 instalowane w kraju stanowiły trzon przetwarzania danych w ośrodkach obliczeniowych ZETO/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 innego 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 międzynarodową organizację kontrolną 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 system do sterowania, rozdziału i rozliczania zadań realizowanych współbieżnie 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 takich warunków eksploatacyjnych zakład produkcyjny niestety 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 instalacja systemu GEORGE3 wydarzyła się więc poza granicami kraju w Pradze czeskiej, w 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. Żmudne badania przybyłych specjalistów z serwisu, programistów systemowych i konstruktorów zakończyły się jednak sukcesem – ale dopiero po drobnej poprawce w logice procesora, której autorem był Kazimierz Mazurkiewicz i jego ludzie z serwisu przedsiębiorstwa. Od tego momentu z taśmy produkcyjnej zaczęły spływać procesory z założenia 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 uniemożliwiałoby 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 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 w lipcu 1975 r. Od tego momentu system komputerowy pracował 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, poczynszy od finansów i gospodarki materiałowej, poprzez sprzedaż, całą technologię i proces wytwórczy, po emisję tzw. kart przewodnich, towarzyszących wyrobom w drodze do klienta.

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 komputerami 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 systemu, ale również ustabilizowały niezawodność całego systemu komputerowego.

Po kilkunastu latach w Hutmenie znikły wszystkie zdalne terminale ekranowe, które zastąpiły PC-ty, a dane były archiwizowane na 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 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 później okazało wcale nie ostatni użytkowany system komputerowy z serii Odra 1300. Mimo wielokrotnie podawanej w mediach informacji o zakończeniu działalności 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 pół wieku od podjęcia decyzji o utworzeniu fabryki produkującej komponenty elektroniczne do telewizorów analogowych, przełączniki telewizyjne i komputery klasy *mainframe*. Okazało się, że jeszcze pod koniec 2009 r. w polskim kolejnictwie funkcjonowały najmniej dwa dwumaszynowe zestawy

komputerowe Odra 1305, za pomocą których zdalnie inwentaryzowano oraz automatycznie sterowano zestawianiem pociągów towarowych na stacjach rozrządowych we Wrocławiu (Brochów) i w Lublinie (Tatary). Być może podobne zestawy z „gorącą rezerwą” działały jeszcze w innych regionalnych Ośrodkach Informatyki PKP, o których niestety brak informacji. Niewątpliwie taki ponad 35-cio letni okres funkcjonowania systemów Odra 1305 jest ewenementem w skali światowej – niemający żadnego odpowiednika w dotychczasowej eksploatacji komputerów. Wyłączenie ostatniej w Polsce Odry 1305 nastąpiło 1.05.2010 r. na stacji PKP Lublin-Tatary.

### **Likwidacja zakładu ELWRO**

Pod koniec lat 70. wrocławskie komputery Odra musiały ustąpić miejsca narzuconym przez RWPG konstrukcjom serii Riad. To jeszcze nie oznaczało upadku zakładu komputerowego, lecz stopniowe wygaszanie produkcji zestawów serii Odra 1300, z których ostatnie egzemplarze (8 sztuk) procesorów Odra1305 pojawiły się w 1986 r. Koniec informatycznej epoki zakładu ELWRO nastąpił prawie 10 lat później w czasie transformacji ustrojowej (1993 r), kiedy to w firmie zabrakło awangardowego pomysłu na przyszłość wielozakładowego przedsiębiorstwa. Mimo poszukiwań własnej szansy produkcyjnej w radykalnie zmienionych warunkach, w firmie przyjęto propozycję przejęcia całej wrocławskiej infrastruktury przez koncern Siemens, który wtedy został wyłoniony w przetargu jako jeden z trzech licencjonowanych dostawców (Alcatel, Lucent, Siemens) elektronicznych central telekomunikacyjnych w Polsce (Ericsson dołączył później). Zgodnie z własną strategią Siemens potraktował ELWRO jako „dziecko niechciane” (przejęcie było warunkiem uzyskania licencji), nie mieszczącym się w wizerunku firmy. Tak więc wkrótce zaprzestano wszelkiej produkcji komputerowej i zwolniono za wysokimi odprawami 95% załogi. Przy okazji zlikwidowano niepotrzebne mu obiekty oraz jeden z dwóch wielokondygnacyjnych gmachów produkcyjnych – łącznie z niektórymi wiekowymi halami fabrycznymi. W strategicznych inwestycjach Siemens nie zamierzał uczestniczyć i nie przejmował planów rozwoju ELWRO. Kilkutysięczna i doświadczona załoga poszła w rozsypkę, a wysokiej klasy specjaliści rozproszyli się po kraju. Po wielkim przedsiębiorstwie komputerowym został jedynie sztyd i kilkudziesięciu pracowników ze wspomnieniami o romantycznych początkach.

Część terenowej infrastruktury fabrycznej Siemens sprzedał firmie Wabco o międzynarodowym zasięgu dostaw, która w nowych halach rozwinęła produkcję pneumatyki układów hamulcowych dla pojazdów ciężarowych oraz wyposażenie elektryczne i elektroniczne dla tych produktów. W szczytowym okresie Wabco zatrudniała około 1800 pracowników, a więc niewiele mniej niż w dawnym zakładzie macierzystym ELWRO. Pozostałe po wyburzeniu przez Siemens resztki infrastruktury odkupiła (1 marca 2000 r.) amerykańska firma telekomunikacyjna Telect, zamierzająca wdrażać w Polsce światłowodowe technologie teleinformatyczne. W ciągu ośmiu lat utrzymywania na terenie ELWRO niewielkiej produkcji optycznej, polskie kierownictwo amerykańskiego Telectu postanowiło usunąć niepotrzebne obiekty, 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 roku, mimo braku przesłanek wskazujących na ekonomiczną upadłość. W ciągu kolejnych trzech miesięcy firma Telect zlikwidowała wszelkie stanowiska produkcyjne (ostatnie do końca lutego 2009 r.), a nielicznym już pracownikom znowu zaproponowała wysokie odprawy i bramy otaczające były przedsiębiorstwo komputerowe Wrocławia zostały zamknięte. Teren fabryczny został uporządkowany, a na wolnych kwartałach posadzono trawę. Tym razem po wielozakładowym przedsiębiorstwie komputerowym z pięćdziesięcioletnią tradycją nie został nawet sztyd, a nazwa ELWRO znikła z planów miasta Wrocław.

Adam Urbanek  
Wrocław, kwiecień 2019 r.

-----  
**Adam Urbanek przez ponad 30 lat pracował w działach konstrukcyjnych i rozwojowych WZE ELWRO oraz IKSAiP, gdzie projektował struktury logiczne maszyn cyfrowych oraz zajmował się konstrukcją jednostek centralnych maszyn cyfrowych drugiej i trzeciej generacji serii ODRA 1300 (ODRA 1304 – krzem, ODRA 1305 – układy scalone). Będąc konstruktorem prowadzącym procesory i systemy tej serii, odpowiadał za ich zgodność funkcjonalną z pierwowzorami oraz nadzorował badania i wdrażanie systemów serii Odra 1300 do produkcji seryjnej w ELWRO. Wspólnie z B. Kasierskim opracował dla Politechniki Wrocławskiej użyteczny model multipleksera MPX-304 (hardware) przeznaczony do wieloprogramowej pracy zdalnej oraz do teleprzetwarzania w wielodostępny systemie uczelnianym WASC. W IKSAiP (Instytut Komputerowych Systemów Automatyki i Pomiarów) jako specjalista d/s systemów komputerowych, projektował rozwiązania zdalnego dostępu do komputerów serii ODRA 1300 w kolejnictwie.**