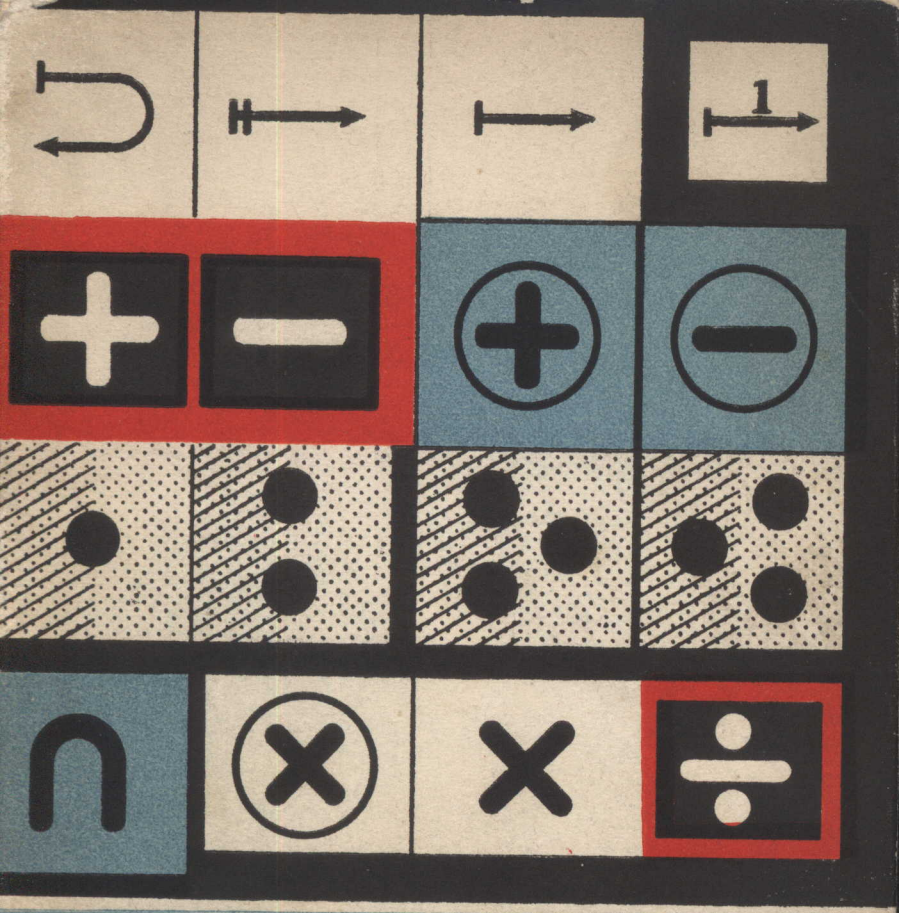


A. B. Empacher

MASZYNY LICZĄ SAME?

ATOMIUM

KONSTRUKCJE POLSKIE

Kiedy jeszcze pracowałem w Zakładzie Aparatów Matematycznych i wszyscy narzekali, że termin ukończenia budowanej tam elektronowej maszyny automatycznie liczącej stale ulega przesunięciu, jeden z moich przyjaciół, mgr A. Mazurkiewicz, pokazał mi gazetę, w której reporter biadolił, iż Państwowa Fabryka Liczydeł (bodajże w Mszanie Dolnej) nie może wykonać planu miesięcznego z powodu zbyt wielkiej ilości braków. Krążki nie chciały przesuwać się po drutach, kooperant bowiem dostarczał drut nierównomiernie ocynkowany.

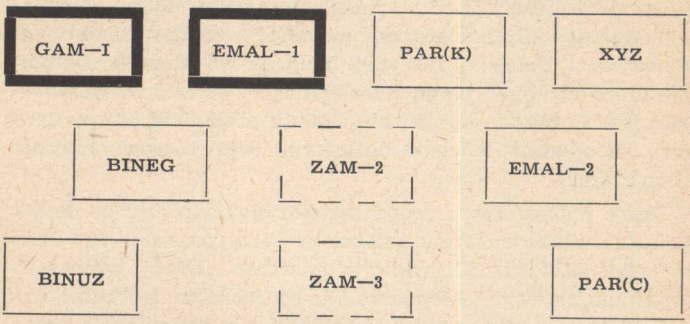
Skoro jednak nasza prasa szeroko się rozpisuje na temat polskich elektronówek, należałoby przypuszczać, że Państwowa Fabryka Liczydeł w Mszanie Dolnej zwycięsko wybrnęła ze swych kłopotów. No bo jakże to: posiadać nawet kilka „mózgów elektronowych", a nie umieć sobie poradzić z głupimi liczydłami?

Jeżeliby zapytać któregoś z konstruktorów maszyn liczących »ile Pan zna polskich „mózgów elektronowych"?« — najprawdopodobniej odparłby, iż a n i j e d n e g o. Nie ma w tym naprawdę nic dziwnego. Dla naukowców są to jedynie nowoczesne maszyny matematyczne, programowane urządzenia cyfrowe, automatycznie liczące. Naukowcy na ogół nie lubią reklamy. Używanie sensacyjnych terminów pozostawiają dziennikarzom i fantastonautom kosmicznym, ogranicza-

jąc się do terminów spokojnych, nie zawierających zbyt wielkich ładunków emocjonalnych. Sensacja bywa często niezdrowa. Później laicy upatrują w byle automacie od razu urządzenie „myślące“....

Nieco historii

Na początku roku 1959 posiadaliśmy właściwie tylko jedną maszynę cyfrową: słynny XYZ. Jednakże dalsze konstrukcje były w opracowaniu, tak że w styczniu 1961 r. będziemy mieli cztery działające maszyny elektronowe oraz dwie przekaźnikowe (elektromagnetyczne). Oto wizytówki naszych cyfrówek:



Wizytówki zaznaczone liniami przerywanymi odnoszą się do maszyn jeszcze nie zbudowanych, których dokumentacja techniczna jest już jednak właściwie całkowicie opracowana. Zabłąkały się też i dwa „nekrologi“ — wspomnienie po dwu maszynach eksperymentalnych, dziś nie istniejących.

Historia polskich maszyn cyfrowych datuje się dopiero od lat powojennych, dokładniej: od końca 1948 roku. Uprzednio, od czasów Sterna — jeżeli nie liczyć produkcji liczydeł — właściwie nikt się nimi nie zajmował, triumfy zaś święcili

wyłącznie konstruktorzy zagraniczni. „Mózgi ze stali“ — jak dawniej nazywano arytmometry mechaniczne — były u naszych uczonych w pogardzie. Pozostawało to w pewnym związku z ówczesnym stanem matematyki praktycznej, która w przeciwieństwie do matematyki teoretycznej do niedawna jeszcze leżała u nas przysłowiowym odłogiem.

Przełomem w rozwoju polskiej matematyki było utworzenie w 1948 r. Państwowego Instytutu Matematycznego — w skrócie P. I. M. (obecna nazwa: Instytut Matematyczny Polskiej Akademii Nauk). Powołanie do życia tej samodzielnej placówki naukowo-badawczej miało na celu zorganizowanie, na niespotykaną dotychczas w naszym kraju skalę, zespołowej i indywidualnej pracy co wybitniejszych matematyków. W warunkach swobodnego rozwoju, praktycznie nieskrępowani większymi przeszkodami natury materialnej — z którymi dawniej zwykle borykali się początkujący, a nawet i starsi naukowcy — matematycy ci mogli się bez reszty poświęcić swym zamiłowaniom, z pożytkiem dla ogółu. I to zarówno w zakresie matematyki „czystej“, jak i „stosowanej“, osiągając zresztą szereg cennych rezultatów, publikowanych w licznych periodykach naukowych.

Dyrektor Instytutu, światowej sławy matematyk, prof. dr Kazimierz Kuratowski, choć sam gustował jedynie w co bardziej abstrakcyjnych działach matematyki — jak topologia czy też teoria mnogości — doceniał jednak w zupełności przyszłą rolę nowoczesnych maszyn matematycznych, o których wieści zaczęły w tym czasie przychodzić zza Oceanu. I w P. I. M.-ie znalazło się miejsce także i na badania w dziedzinie aparatów matematycznych, którymi początkowo kierował dr H. Greniewski.

Niełatwe zadanie czekało jednak trzech młodych inżynierów, przedstawionych profesorowi Kuratowskiemu jako przyszłych pracowników Grupy Aparatów Matematycznych (G. A. M.). Maszyny elektronowe dopiero co powstały, szereg publikacji było jednak absolutnie niedostępnych, albowiem

Amerykanie zaliczali te maszyny do „środków strategicznych" i większość dokumentacji stanowiła tajemnicę wojskową. Z tej też racji nie można nawet było myśleć o kupnie maszyny elektronowej za granicą i trzeba było zaczynać pracę praktycznie od niczego, dosłownie w oparciu o kilka popularnych (!) książek, opisujących ENIAKa oraz MARKi i BELLe.

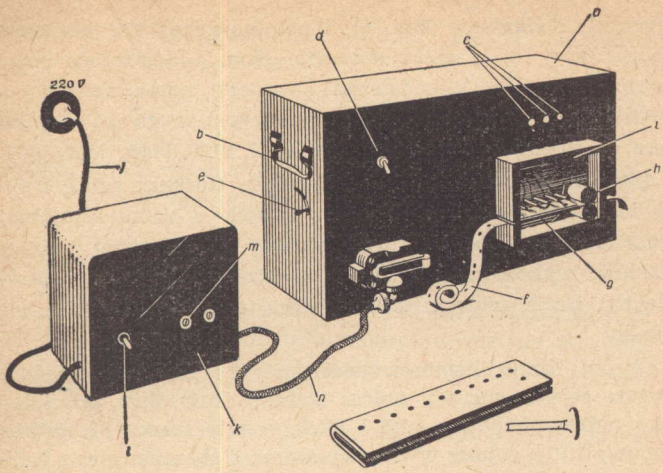
Z tej też racji początkowo w G. A. M. można było prowadzić jedynie działalność seminaryjną, a dopiero po kilkunastu miesiącach przystąpiono do badań laboratoryjnych. Niejako ubocznym rezultatem tych badań było zbudowanie modelu elektromagnetycznej maszyny cyfrowej.

Dwa plus dwa jest zero

Gdzieś pod koniec 1950 r. okazało się, że do dyspozycji G. A. M. pozostało około pięciu tysięcy złotych, z którymi dosłownie nie było wiadomo, co zrobić. Rada w radę, postanowiono za tę kwotę zbudować miniaturową maszynę do celów pokazowych. Tydzień czasu trwało opracowywanie planów, drugi tydzień zajął montaż — wreszcie maszyna GAM-I — jak ją nazwano — była gotowa. Była to historycznie pierwsza w naszym kraju maszyna o konstrukcji niemechanicznej.

Co prawda, nazwa „maszyna" brzmi tu zbyt dumnie, właściwiej byłoby użyć terminu „maszynka", GAM-I bowiem była bardzo mała. Posiadała znikomą wartość praktyczną i w ogóle nigdy nie była użyta do celów obliczeniowych. Posiadała za to wielką wartość dydaktyczną, będąc uproszczonym modelem wielkich maszyn przekaźnikowych i jednocząc w sobie walory schematu i filmu zwolnionego — jak ją trafnie określił dr Greniewski, dziękując inż. Pawlakowi za jej zbudowanie.

GAM-I pracowała bardzo wolno, mniej więcej z szybkością jednej operacji na sekundę — było to jednak zaledwie kilka razy wolniej od maszyny MARK-I. Podobnie jak i ta maszyna, GAM-I była sterowana zewnętrznie, przy pomocy



Miniaturowa maszyna cyfrowa GAM-I. Objaśnienia oznaczeń: widok z przodu: *a* — obudowa, *b* — uchwyt do noszenia, *c* — żaróweczki wyjściowe, *d* — przełącznik do włączania i wyłączania silniczka, *e* — regulator szybkości, *f* — taśma dziurkowana z zaszyfrowanymi rozkazami, *g* — prowadnica taśmy, *h* — wałki ciągnące taśmę, *i* — szczotki czytające, *j* — doprowadzenie prądu z sieci oświetleniowej, *k* — układ zasilający wytwarzający odpowiednie napięcia dla maszyny, *l* — wyłącznik prądu, *m* — bezpieczniki, *n* — przewody doprowadzające. Wewnątrz obudowy znajduje się silniczek elektryczny, który napędza wałki *h*; poza tym znajduje się tam 65 przekaźników i plątanina drutów. Obok maszyny leży szablon do dziurkowania taśmy

rozkazów zapisanych na papierowej taśmie. Pracowała jednak w układzie dwójkowym, i to na bardzo krótkich liczbach, bo zaledwie dwucyfrowych. Znała więc tylko cztery liczby: 00, 01, 10 oraz 11 (czytaj: zero-zero, itd.), których dziesiątkowymi odpowiednikami są : 0, 1, 2 oraz 3.

GAM-I była więc istotnie maszyną miniaturową. „Dorosła“ automatycznie sterowana maszyna cyfrowa w rodzaju MARK-I wykonuje kilkanaście albo nawet kilkadziesiąt różnych operacji. GAM-I mogła wykonywać tylko cztery różne

operacje: dodawanie (kod 00), dopełnianie (kod 01), porównywanie (kod 10) i selekcjonowanie (kod 11). „Dorosłe“ maszyny posiadają kilkadziesiąt komórek pamięciowych — GAM-I miał ich tylko osiem, poadresowanych kolejno od zera do siedmiu: 0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111.

GAM-I była maszyną dwuadresową. Rozkazy zapisywano na taśmie papierowej w postaci dziurek, z braku specjalnej dziurkarki wycinanych przy pomocy prymitywnej ręcznej sztancy, wykonanej z grubego gwoździa i kawałka starej blachy. Brak dziurki oznaczał zero, dziurka oznaczała jedynkę.

Oprócz ośmiu komórek pamięciowych GAM-I posiadała jeszcze rejestr operacji (adres kodowy 1011), dwa akumulatory (adresy kodowe: 1000 i 1001), rejestr selekcyjny (adres kodowy 1010), rejestr wynikowy (adres 1110) oraz rejestr wejściowy (adres kodowy 1111) i wyjściowy (adres kodowy 1100). Rejestrem wyjściowym były dwie lampki; lampka zgaszona oznaczała zero, zapalona oznaczała jedynkę.

Zamiast opisywać wewnętrzną budowę GAM-I, która jednak jest dosyć skomplikowana, bardziej celowym będzie chyba pokazanie przykładowego programu dodania do siebie dwu liczb. Niechaj tymi liczbami będą dwójki; zobaczymy, czy istotnie dwa a dwa jest cztery? Okazuje się, że cztery, ale... rozkazy. Natomiast maszyna pokaże wynik zero. Tak! Dwa plus dwa jest zero! Dla nas 2 + 2 jest 4, ale GAM-I liczy tylko na dwu bitach, zaś do zapisania liczby 4 w układzie dwójkowym potrzeba już trzech bitów: 100; początkowa jedynka ulegnie więc „obcięciu“ i w maszynie pozostanie zero. A oto rzeczony program:

Rozkaz 1: W akumulatorze pierwszym umieść odczytaną z taśmy liczbę dwa:

1111	1000	10

Rozkaz 2: W akumulatorze drugim umieść odczytaną z taśmy liczbę dwa:

1111	1001	10

Rozkaz 3: Do rejestru operacji prześlij odczytany z taśmy kod operacji dodawania:

1111	1011	00

(Z chwilą przesłania do rejestru 1011 liczby 00, zawartości obu akumulatorów zostaną do siebie dodane, a wynik będzie przesłany do rejestru 1110).

Rozkaz 4: Zawartość rejestru wynikowego prześlij do rejestru wyjściowego:

1110	1100	—

Ojej! To dla głupiego dodawania trzeba aż tyle zachodu? Niestety, tak. Dopiero maszyny trójadresowe załatwiają dodawanie dwu liczb jednym rozkazem. Do odejmowania mamy już program liczący sześć rozkazów.

Dla maszyny GAM-I można także ułożyć program dzielenia, choć — trzeba przyznać — wygląda on nieco humorystycznie. Wyobraźmy sobie, że dzielimy przez dwa. Wówczas okaże się, że: $3 : 2 = 1$ oraz $1 : 2 = 0$; nie zdziwi to tych, którzy pamiętają, że GAM-I zna jedynie liczby całkowite 0, 1, 2 i 3. Maszyna nasza nie ma jednak specjalnego rozkazu dzielenia, musimy zatem do tego celu ułożyć specjalny program. Skorzystamy w nim z operacji porównywania. Ilekroć kod operacji porównywania (10) zostanie przesłany do rejestru operacji (1011), tylekroć ulega porównaniu zawartość obu akumulatorów. Jeżeli w pierwszym akumulatorze (1000) mamy większą liczbę niż w drugim (1001), wówczas zostaje

automatycznie umieszczona jedynka w rejestrze selekcyjnym (1010); jeżeli nie — zostanie umieszczone zero. Innymi słowy, maszyna odpowiada na pytanie: „czy prawdą jest, że zawartość akumulatora pierwszego jest większa od zawartości akumulatora drugiego?". Odpowiedzią „tak" jest 1, odpowiedzią „nie" jest zero — przesłane do rejestru selekcyjnego (1010).

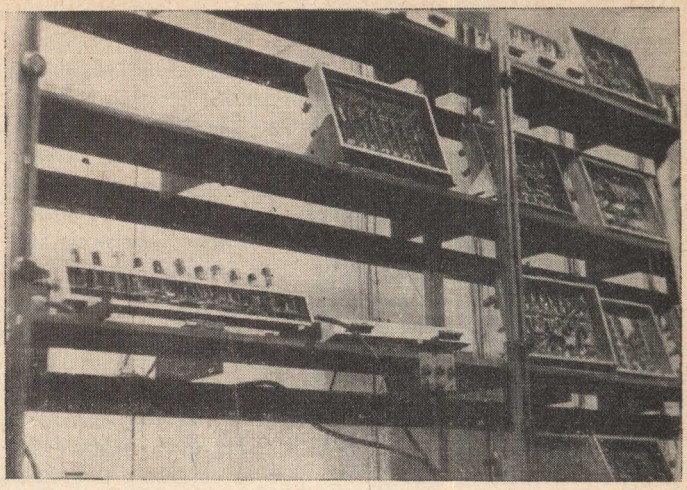
Pamięć maszyny GAM-I, podobnie jak i pozostałe organy, jest zbudowana z przekaźników. Przekaźniki te można wprowadzać w określony stan albo przy pomocy programu, albo też przez proste naciśnięcie palcem. Informacje do maszyny możemy zatem wprowadzać nie tylko z taśmy, ale i bezpośrednio, unikając kłopotliwego dziurkowania, podobnie jak to się dzieje w „dorosłych" maszynach. Możemy zatem z naszej maszyny zrobić bardzo łatwo aparat do dodawania. Co więcej, nie tylko liczb dwubitowych, ale także i czterobitowych, a nawet i dłuższych. Liczby te są wówczas niejako pokrajane na kawałki. Stosując odpowiednie sztuczki z porównywaniem i selekcjonowaniem można ułożyć program na dodawanie tych liczb. Poszczególne dwubitowe kawałki wyniku będą kolejno wyświetlane w rejestrze wyjściowym. Taśmę z wydziurkowanym programem można skleić w kółko, dzięki czemu uzyskujemy możność jego wielokrotnego wykonywania. Brak nam miejsca, niestety, na dokładniejsze omówienie takiego programu.

Maszyny GAM-I można nie tylko używać do celów arytmetycznych, ale także grać na niej w gry kombinatoryczne, np. w zapałki czy też w nieco uproszczoną szubienicę. Dokładniej, można było, albowiem obecnie ta maszyna już nie istnieje. Została ona rozebrana na części w roku 1955 przez doc. Romualda Marczyńskiego, który po dr Greniewskim objął kierownictwo G. A. M.

Maszyna GAM-I była jedynie automatycznie sterowana, ale nie automatycznie licząca, nie mogła bowiem sama zmieniać swych rozkazów. Odpowiadało to zresztą rzeczywistości, bowiem pierwsze wielkie maszyny przekaźnikowe, MARKi oraz BELLe, także były jedynie automatycznie sterowane z taśm perforowanych. Co więcej, nawet ENIAC był początkowo planowany jako maszyna automatycznie sterowana.

Zbudowanie GAM-I zakończyło okres prac wstępnych, polegający na „wgryzieniu się" w problematykę maszyn cyfrowych i maszyn działających na zasadzie analogii. Następnym etapem miała być budowa dużej maszyny cyfrowej. Jednocześnie też przystąpiono do budowy pierwszych maszyn analogowych. G. A. M. liczyła w tym czasie już kilkunastu pracowników, można więc ją było podzielić na dwie pracownie: Cyfrową i Analogową. Projektowaniem i budową maszyn analogowych zajęli się inż. L. Łukaszewicz i inż. K. Bochenek. Dziś docent Bochenek jest cenionym specjalistą-elektronikiem i m. in. wykładowcą na Wojskowej Akademii Technicznej. Zaś dr L. Łukaszewicz jest dziś bardziej znany jako konstruktor pierwszej polskiej elektronowej maszyny cyfrowej XYZ niż jako konstruktor pierwszego polskiego analizatora równań różniczkowych, słynnego ARR, za który nawet dostał w r. 1954 Nagrodę Państwową.

Kierownikiem Pracowni Cyfrowej został wspomniany już inż. Marczyński, który po krótkim zastanowieniu zdecydował budować maszynę elektronową. Jeżeli już coś budować, to niech to będzie maszyna nowoczesna — technikę przekaźnikową uważa się raczej za przestarzałą, pomimo jej w dalszym ciągu wielkiego znaczenia. Tak narodził się projekt Elektronowej Maszyny Automatycznie Liczącej, w skrócie EMAL. Dla odróżnienia od innej maszyny tegoż konstruktora, maszynę tę będziemy nazywać EMAL-1.



Jedyne, co pozostało z maszyny EMAL-1 — pamiątkowe zdjęcie

EMAL-1 był wzorowany głównie na angielskim EDSAKu, jeżeli chodzi o ogólną zasadę organizacji maszyny. Natomiast sama jej konstrukcja była dziełem oryginalnie polskim. Praca była tym trudniejsza, że trzeba było zaczynać wszystko od podstaw, nie mieliśmy bowiem wówczas wcale specjalistów w dziedzinie maszyn cyfrowych.

W maszynie EMAL-1, podobnie jak w EDSAKu, miała być zainstalowana pamięć opóźnieniowa, rtęciowa, wykorzystująca zjawisko rozchodzenia się drgań naddźwiękowych w ośrodku rtęciowym.

EMAL-1 miał posiadać 32 rury rtęciowe, każda długości około metra. Jedna taka rura służyła do zapamiętywania 16 słów, łączna zatem pojemność pamięci wewnętrznej maszyny miała wynosić 32×16, czyli 512 słów. Przewidywano, że po zbudowaniu i uruchomieniu maszyny doda się do niej

dużą pamięć zewnętrzną, na taśmie magnetofonowej. W porównaniu do maszyn zagranicznych EMAL-1 byłby więc maszyną średniej wielkości, podobnie jak i EDSAC-1.

Jeżeli chodzi o stronę matematyczną, to EMAL-1 miał być nawet nieco doskonalszy od angielskiego pierwowzoru, miał bowiem posiadać i operację dzielenia. Aby wykonać dzielenie na maszynie EDSAC-1, trzeba było się uciekać do pomocy specjalnego podprogramu. Wszystkich rozkazów miało być 22, w tym kilka rodzajów dodawania, odejmowania, mnożenia i dzielenia. Przewidziane były też i specjalne operacje logiczne i warunkowe, ułatwiające pracę matematyków nad programami.

Maszyna miała wykonywać przeciętnie od 1400 do 2000 dodawań na sekundę, tyleż odejmowań. Mnożyć miała już znacznie wolniej, od 350 do 450 na sekundę, dzieleń zaś miała wykonywać do 230 na sekundę. Działania te mogły być wykonywane na liczbach 39-bitowych — co odpowiada około 12-cyfrowym liczbom dziesiętnym.

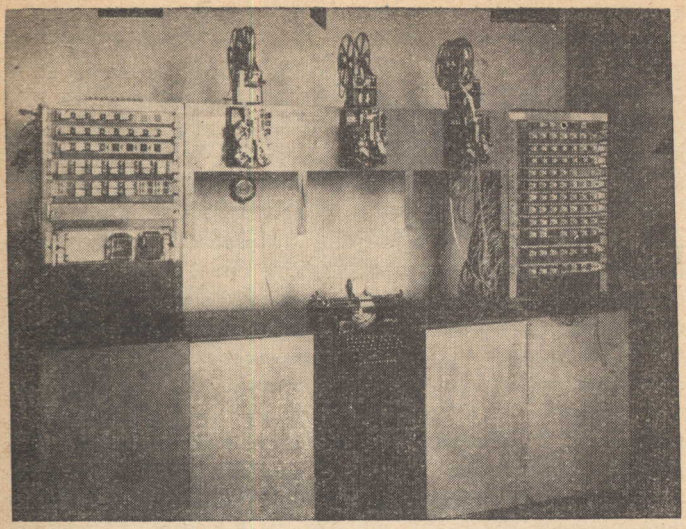
Jako urządzenia wejściowo-wyjściowe przewidziano telekomunikacyjny zestaw dalekopisowy, odpowiednio przystosowany. Umożliwiałby on wprowadzanie i wyprowadzanie wyników z szybkością nieco mniejszą od jednej liczby na sekundę.

Jak więc widać, maszyna EMAL-1 miałaby wiele zalet, największą jednak jej zaletą byłoby to, gdyby kiedykolwiek w ogóle ruszyła. Fakt ten niestety jednak nie nastąpił. Nie tylko Stern może uchodzić za polskiego Babbage'a, także konstruktor EMAL-1, doc. Marczyński, zarazem ówczesny kierownik G. A. M., przemianowanego w grudniu 1953 r. na Z. A. M. — Zakład Aparatów Matematycznych. Błędy organizacyjne Z. A. M. oraz trudności techniczne sprawiły, że budowę mocno już zaawansowanej maszyny zarzucono, zaś nowym kierownikiem Z. A. M. został doc. dr L. Łukaszewicz. Ostatecznie EMAL-1 przestał istnieć (jeżeli kiedykolwiek można było mówić o jego istnieniu) z początkiem 1957 r.

Pierwszą ukończoną w naszym kraju maszyną automatyczną, jeżeli nie liczyć przeznaczonej do celów pokazowych miniaturowej GAM-I, był Programowany Automat Rachunków (Krakowianowych) — w skrócie PAR(K). Nie była to co prawda maszyna automatycznie licząca, lecz tylko automatycznie sterowana. Maszynę tego typu można jednak z powodzeniem stosować do wielu problemów obliczeniowych, sprowadzających się do rozwiązywania układów równań liniowych. Jedną z metod rozwiązywania takich układów jest wynaleziona przez słynnego polskiego astronoma i matematyka, prof. T. Banachiewicza, metoda krakowianów (profesor Banachiewicz bardzo lubił Kraków — stąd nazwa). Metoda krakowianów zrobiła swego czasu zawrotną karierę, pozwalając kilkakrotnie skrócić czas obliczeń w porównaniu do metod dawniej używanych, upraszczała bowiem schematy formularzy obliczeniowych.

Jeżeli chodzi o maszyny automatycznie liczące, to dla nich zawiłość wykonywanych operacji matematycznych nie czyni większej przeszkody. Jedynym kryterium opłacalności stosowania danej metody matematycznej jest czas, jaki maszyna zużyje na rozwiązanie danego problemu matematycznego tą metodą. Dla maszyn automatycznie liczących większość zalet metody krakowianowej staje się nieistotna — długość programów pozostaje w przybliżeniu ta sama.

Natomiast w zastosowaniu do maszyn automatycznie sterowanych korzyści „krakowianowe" mogą być nawet dosyć znaczne. Odpowiednie programy nie wymagają bowiem skomplikowanych operacji logicznych, jak to ma miejsce w przypadku innych metod. Przyszłość maszyn automatycznie sterowanych stoi jednak pod znakiem zapytania, przy seryjnej bowiem produkcji maszyny automatycznie liczące



Przekaźnikowy automat do rachunków krakowianowych PAR(K). Po środku znajduje się maszyna fakturująca, po bokach stojaki zawierające urządzenie sterujące. U góry widać trzy charakterystyczne czytniki taśmy dziurkowanej połączone z reperforatorami

są niewiele droższe, a za to można przy ich pomocy rozwiązywać znacznie szerszy zakres zagadnień.

Maszyna PAR(K) została zbudowana niejako metodą gospodarczą. Podstawowym jej elementem jest maszyna fakturująca RHEINMETALL, która może dodawać, odejmować i mnożyć; ponadto maszyna fakturująca może drukować wyniki, jest bowiem sprzężona z maszyną do pisania. Maszyna fakturująca posiada kilka liczników; można ich użyć jako rejestrów pamięciowych. Tak więc za jednym zamachem załatwiono sprawę arytmometru, wyjścia i pamięci wewnętrznej.

Maszynę fakturującą sprowadzono z zagranicy i wkrótce

przystąpiono do prac badawczych, pod kierunkiem mgra G. Kudelskiego. Wkrótce jego pomysłem zainteresowali się geodeci z Politechniki Warszawskiej, zniecierpliwieni stale odraczanym terminem ukończenia EMAL-1. Dzięki ich poparciu finansowemu projekt mgra Kudelskiego został zrealizowany gdzieś w połowie 1955 r. Potem jeszcze przez rok trwało uruchamianie maszyny.

Do maszyny fakturującej należało dobudować organ automatycznie sterujący oraz wejście. Na gruncie polskim był to pomysł całkowicie oryginalny. Ogólnie rzecz biorąc, jednakże nie był nowością, podobne maszyny robili swego czasu Amerykanie, a także i Niemcy — nieszczęściem (a może szczęściem) ich model w stadium bliskim ukończenia został zniszczony podczas bombardowania Darmstadtu w r. 1943. Obecnie takich maszyn już się nie buduje z uwagi na powolność ich pracy. W ówczesnych warunkach polskich za budową PAR(K) przemawiało jednak wiele racji. Nawet najgorszy automat, ale działający, jest przecież stokroć lepszy od najdoskonalszego automatu, ale nie działającego! A maszyna PAR(K) znowu tak bardzo złą wcale nie była.

Rolę urządzenia wejściowego w maszynie PAR(K) pełnią trzy czytniki dalekopisowe, każdy do czytania oddzielnej taśmy dziurkowanej. Mówiąc obrazowo, pierwsza z tych taśm służy do dostarczania maszynie danych początkowych, druga służy do zapisywania i późniejszego odczytywania wyników pośrednich, wreszcie trzecia służy do zapisywania i późniejszego odczytywania wyników końcowych.

W odróżnieniu od miniaturowej maszyny GAM-I, maszyna PAR(K) nie jest sterowana z taśmy, ale z wymiennej tablicy połączeń. Na tablicy połączeń ustawia się program do rozwiązania danego zagadnienia. Dla maszyny PAR(K) opracowano kilka takich programów, służących do rozmaitych celów. Jeden z nich np. sprowadza układ równań liniowych do postaci symetrycznej, drugi — sprowadza układ syme-

tryczny do postaci trójkątnej, trzeci zaś z układu trójkątnego otrzymuje rozwiązania. Co to są układy symetryczne i trójkątne? Zaraz wyjaśnimy.

Maszyna PAR(K) służy, ogólnie rzecz biorąc, do rozwiązywania układów n równań liniowych z n niewiadomymi, gdzie liczba całkowita n może być rzędu 10, a nawet i więcej. Dla uproszczenia ograniczmy się do układów 4 równań z 4 niewiadomymi. Różnicę pomiędzy układem symetrycznym a niesymetrycznym najłatwiej będzie zrozumieć przyglądając się uważnie dwu poniższym przykładom:

a) układ symetryczny:

$$\begin{cases} 15x_1 + 7x_2 - 9x_3 - 3x_4 = 107 \\ 7x_1 - 19x_2 + 3x_3 + 2x_4 = -3 \\ -9x_1 + 3x_2 - 4x_3 + 6x_4 = 57 \\ -3x_1 + 2x_2 + 6x_3 + 8x_4 = 10 \end{cases}$$

b) układ niesymetryczny:

$$\begin{cases} 15x_1 + 7x_2 - 9x_3 - 3x_4 = 107 \\ \mathbf{143}x_1 - 19x_2 + 3x_3 + 2x_4 = -3 \\ -\mathbf{71}x_1 + \mathbf{92}x_2 - 4x_3 + 6x_4 = 57 \\ -\mathbf{2}x_1 + \mathbf{16}x_2 + \mathbf{3}x_3 + 8x_4 = 10 \end{cases}$$

Układ (b) jest niesymetryczny, za to znaki są w nim rozmieszczone w sposób symetryczny. Układ (a) jest symetryczny: współczynniki po lewej stronie pierwszego równania są takie same jak współczynniki przy x_1 w każdym z równań, itd. Jeżeli wszystkie współczynniki zaznaczone tłustym drukiem są równe zeru, wówczas mamy

c) układ trójkątny:

$$\begin{cases} 15x_1 + 7x_2 - 9x_3 - 3x_4 = 107 \\ -19x_2 + 3x_3 + 2x_4 = -3 \\ -4x_3 + 6x_4 = 57 \\ 8x_4 = 10 \end{cases}$$

Każdy przyzna, że rozwiązać układ (c) jest już bardzo łatwo. Z ostatniego równania znajdujemy, że $x_4 = 1{,}25$, tę wartość wstawiamy do równania przedostatniego, po czym wyznaczamy wartość x_3, itd. Natomiast rozwiązywanie układów pełnych jest już bardziej kłopotliwe. Opłaca się więc najpierw sprowadzić dany układ do postaci trójkątnej, a dopiero później go rozwiązywać.

Metoda krakowianów ma to do siebie, że pozwala dosyć łatwo przekształcić układ dany do postaci trójkątnej, jeżeli tylko ten układ jest symetryczny. Natomiast takie przekształcanie układu niesymetrycznego natrafiłoby na pewne trudności. Warto więc najpierw układ niesymetryczny sprowadzić do postaci symetrycznej, ten zaś, przy pomocy innego programu, sprowadzić do postaci trójkątnej.

Oczywiście przy takim postępowaniu otrzymujemy za każdym razem na ogół inne współczynniki przy niewiadomych i inne wyrazy wolne; w podanych przykładach część liczb pozostawiono taką samą, celem zwiększenia przejrzystości. Trzy podane układy nie mają jednak już nic więcej wspólnego. Bardziej wytrwały Czytelnik może się o tym przekonać, próbując je rozwiązać.

Takie układy, jak powyższe, maszyna PAR(K) rozwiązuje w kilka minut. Rozwiązywanie większych układów może już trwać nawet kilka godzin.

Pod koniec 1957 r. maszyna PAR(K) została przewieziona z Warszawy do Krakowa, gdzie do dzisiejszego dnia znajduje się na terenie Akademii Górniczo-Hutniczej.

XYZ

Jesienią 1958 roku prasa codzienna i periodyczna, film, radio oraz telewizja doniosły o zbudowaniu w Zakładzie Aparatów Matematycznych P. A. N. pierwszej elektronowej maszyny automatycznie liczącej, nazwanej dziwnym nieco skrótem: XYZ. Nie należy bynajmniej stąd wnioskować, że

maszyna ta liczy „aż w trzech wymiarach", jak przypuścił pewien reporter. Od początku 1959 r. maszyna ta znajduje się w próbnej eksploatacji, wykonując szereg rachunków dla potrzeb nauki i przemysłu.

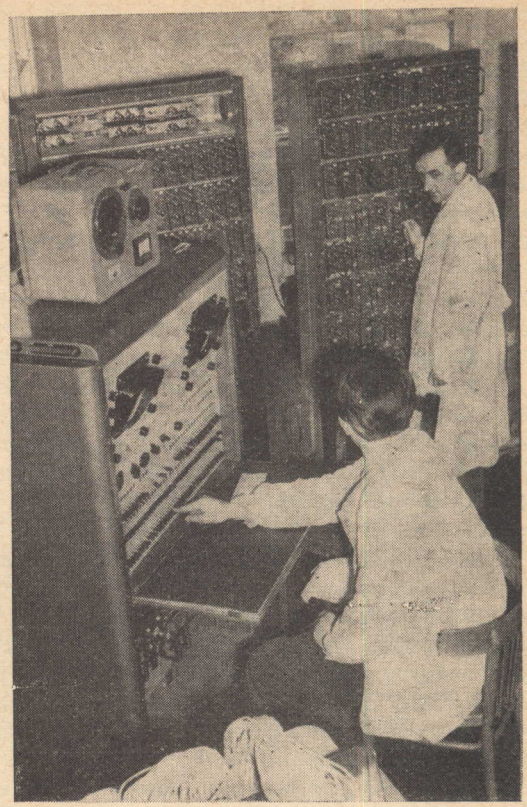
Konstruktorem maszyny jest zespół inżynierów i techników, pracujący pod kierunkiem doc. dra Leona Łukaszewicza, który też był autorem głównej koncepcji maszyny.

O ile maszyna EMAL-1 miała być wzorowana na angielskim EDSAKu, o tyle maszyna XYZ — nazywana też czasem ZAM-1 — jest wzorowana na amerykańskiej maszynie IBM-701. Kod rozkazowy XYZ jest zbliżony do kodu rozkazowego IBM-701, produkowanej seryjnie od roku 1953 do 1957. Nie jest jednak maszyną równoległą jak IBM-701, lecz tylko szeregową, z uwagi na pewne trudności techniczne i wyższy koszt maszyny równoległej. Natomiast konstrukcja poszczególnych podzespołów maszyny XYZ jest częściowo wzorowana na elementach maszyny radzieckiej M-20, które udostępniono nam do wglądu.

I znowu popadamy w pewną nieścisłość. Cóż to bowiem znaczy termin „wzorowana"? Na pozór można by przypuszczać, że polscy inżynierowie, nie mogąc nic innego wymyślić, po prostu skopiowali konstrukcje zagraniczne. Tak jednak nie jest. Wzorowanie owo polegało jedynie na koncepcji organizacyjnej maszyny, doborze odpowiednich operacji i sposobie przedstawiania liczb. Wszelkie natomiast szczegóły techniczne należało opracować samemu. I Anglicy, i Amerykanie umieją strzec swych tajemnic.

Pomimo więc tego „wzorowania" maszynę XYZ możemy uważać za konstrukcję oryginalnie polską, podobnie jak i konstrukcję oryginalnie polską miał posiadać „świętej pamięci" EMAL-1.

Jeżeli chodzi o EMAL-1, to pomimo zarzucenia jego budowy pięcioletni wysiłek techników polskich nie poszedł na marne, pozwolił bowiem im zdobyć rzecz najważniejszą: doświadczenie, które nabywa się tylko poprzez praktykę

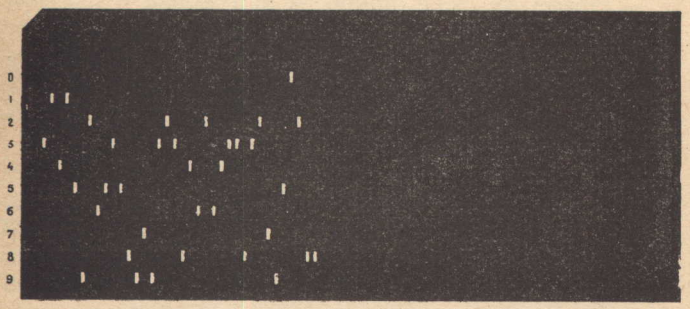


Pierwsza polska maszyna elektronowa XYZ. Widoczne na zdjęciu stojaki zawierają urządzenie liczące i sterujące. Z lewej strony, prawie niewidoczny, znajduje się tzw. reproducer firmy BULL, użyty jako wejście i wyjście. Z prawej strony, niewidoczna na zdjęciu, znajduje się szafa z rurami rtęciowymi. Na lewo od stojaków widać pulpit operacyjny

i którego nie można się nauczyć na żadnej politechnice. Gdziekolwiek w Polsce zajmują się maszynami matematycznymi — wszędzie znajdą się dziś dawni pracownicy Z. A. M. z okresu budowy EMALa.

Nie poszedł też na marne dorobek materialny; niepotrzebne elementy rozebrano na części, zaś samo urządzenie pamięciowe EMAL-1 wykorzystano po przeróbce prawie że w całości, jedynie trzeba było dać nowe „opierzenie" elektronowe w związku z nowymi warunkami pracy. W EMAL-1 liczby były 39-bitowe, w XYZ zaś 36-bitowe, co odpowiada mniej więcej 11-cyfrowym liczbom dziesiętnym. Nie będziemy więc opisywać pamięci XYZ, jako analogicznej z już omówioną pamięcią EMAL-1. Natomiast kod rozkazowy, jak też i realizacja praktyczna są już zupełnie inne.

XYZ potrafi dodać w ciągu jednej sekundy od 650 do 4500 liczb, przeciętnie około 1000. Z taką samą też szybkością odejmuje. Mnoży zaś z szybkością od 250 do 500 liczb na sekundę,



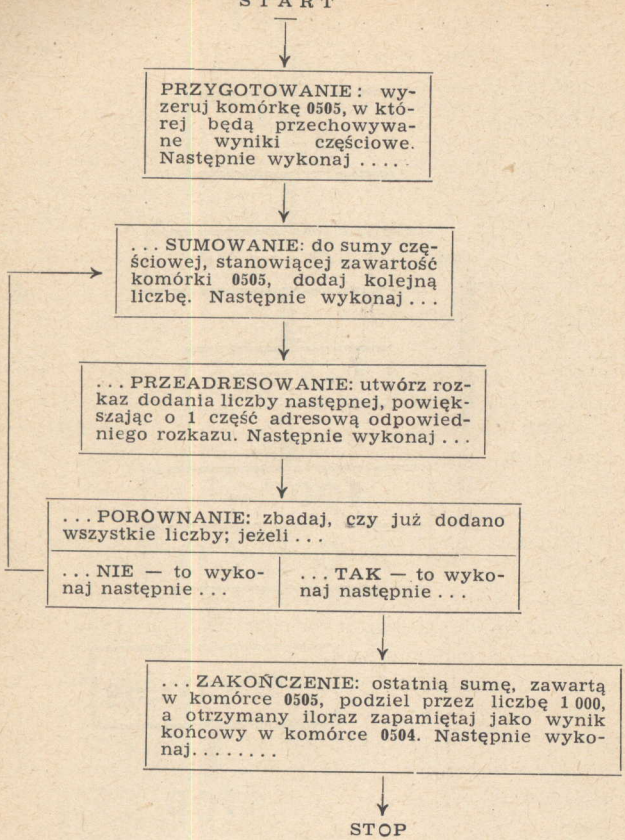
Karta dziurkowana, podobna do kart używanych w statystyce, pełni rolę formularza obliczeniowego dla XYZ. Przedstawiony model zawiera wydziurkowaną liczbę. Jak widać, wydziurkowano tylko pierwsze 36 cyfr — jest to dla XYZ maksymalna ilość znaków, jakie mogą być odczytane. Niewykorzystaną część karty używa się do ewentualnego opisu słownego

przeciętnie 350. Tyle samo też trwa dzielenie — w projekcie EMAL-1 dzielenie trwało dwa razy dłużej niż mnożenie.

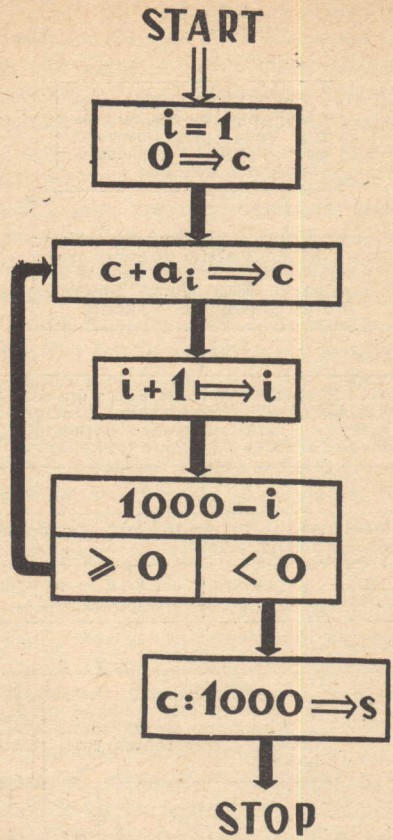
Jak już powiedzieliśmy, długość słowa w maszynie XYZ wynosi 36 bitów. Takie słowo nazywamy długim. Oprócz tego można się posługiwać słowami krótkimi, mającymi po 18 bitów. Słowo długie może być tylko liczbą, słowo krótkie zaś może być bądź to liczbą, bądź też rozkazem.

Maszyna XYZ jest jedynie modelem laboratoryjnym. Z produkcją maszyn liczących jest tak samo jak z produkcją samochodów. Najpierw opracowuje się makietę mającą zorientować wszystkich, jak będzie wyglądać projektowane urządzenie. Makietą maszyny XYZ była maszyna ABC, opracowana ok. 1956 r. i istniejąca tylko na papierze. Następnie przychodzi kolej na model laboratoryjny, który się eksploatuje, a uzyskane doświadczenia wykorzystuje przy budowie przedprototypu modelu seryjnego. Potem przychodzi kolej na prototyp, no i wreszcie można przystąpić do produkcji seryjnej. Taki XYZ przypomina więc pod pewnym względem pierwszy model SYRENKI o ręcznie klepanej karoserii — czasem się psuje, można na nim jednak wykonywać obliczenia.

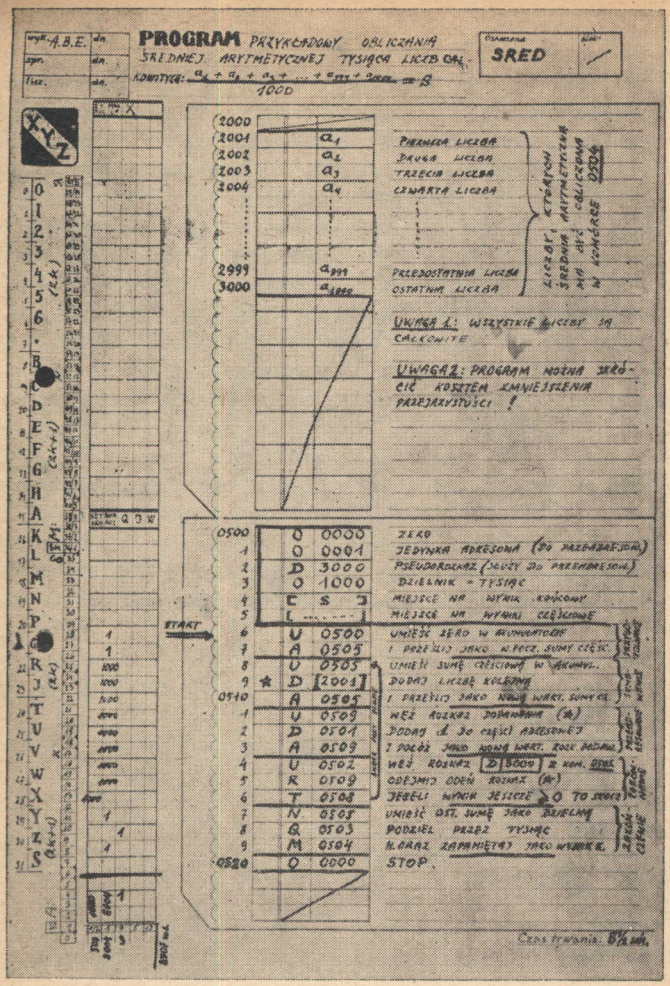
Psucie się maszyn elektronowych — to osobne zagadnienie. Okazuje się, że każda maszyna musi się psuć. Tak, psuć regularnie co pewien czas. I nic tu nie pomogą nawet najdoskonalsi konstruktorzy, jeżeli tylko maszyna została zrealizowana w technice lampowej. Z lampami elektronowymi jest podobnie jak z żarówkami — po pewnym czasie, mówiąc językiem potocznym, ulegają przepaleniu. Słynny ENIAC miał 18 800 lamp elektronowych; jeżeli założyć, że każda z tych lamp traci swą zdolność emisyjną w czasie od 0 do 5 lat — to praktycznie oznacza to, że po upływie 5 lat wszystkie 18 800 lamp trzeba będzie wymienić na nowe. Nietrudno sprawdzić, że przeciętnie wypadnie 10 zepsutych lamp na dzień. A więc średnio 10 razy dziennie trzeba będzie ENIAKa reperować.



Matematyk, zanim przystąpi do pisania programu, najpierw układa schemat blokowy postępowania. Tak wygląda schemat blokowy dodawania tysiąca liczb i obliczenia ich średniej arytmetycznej. Oczywiście numeracja komórek pamięci jest dowolna. Podany schemat jest jednak zbyt szczegółowy, jak dla matematyka



Matematycy używają bardziej syntetycznego języka. Oto przykład języka schematów blokowych w notacji używanej przez autora. Wyrażenie a + s ⇒ s należy czytać jako: „a plus s podstaw na s". Tenże sam znak podstawiania opatrzony pionową kreską na początku oznacza dokonywanie operacji na częściach adresowych rozkazów



Formularz z wypisaną kompletną listą rozkazów rzeczonego programu, nadającą się do wykonania na XYZ. Tak wygląda ostateczny rezultat pracy matematyka, który korzysta w swych obliczeniach z pomocy maszyn automatycznych

XYZ ma na szczęście zaledwie kilkaset lamp, ale i tak można oczekiwać, że będzie się psuł raz na trzy dni.

To były uszkodzenia trwałe. Mogą jeszcze być uszkodzenia chwilowe. Ni stąd, ni zowąd dowolna lampa może w ułamku sekundy źle zadziałać; jeżeli pech chce, że akurat w tym momencie ta lampa była wykorzystywana — w procesie liczenia otrzymamy błąd. Jedyne, co pozostaje, aby się uchronić przed błędami przypadkowymi, to każde obliczenie przeprowadzać dwa razy i porównywać wyniki.

W następnych maszynach cyfrowych, których budowę planuje Z. A. M., ilość lamp w porównaniu do XYZ ulegnie znacznemu zmniejszeniu, za to szerokie zastosowanie znajdą ferryty i półprzewodniki. Maszyny te początkowo miały się nazywać XYZ-2 oraz XYZ-3, ostatecznie ustalono dla nich bardziej „wymawialne" nazwy: ZAM-2 oraz ZAM-3. Prawdopodobnie więc XYZ będziemy z czasem nazywać ZAM-1.

Zakład Aparatów Matematycznych buduje także szereg innych urządzeń cyfrowych o przeznaczeniu specjalnym — XYZ jest maszyną uniwersalną — brak nam jednak miejsca, aby o nich coś napisać.

Nie wszystkie problemy opłaca się rozwiązywać na maszynie elektronowej. Bardziej proste opłaca się rozwiązywać na arytmometrach — oczywiście elektrycznych. Niektóre problemiki opłaca się jednak rozwiązywać na liczydłach, np. gdy chcemy liczyć w układzie ósemkowym. Wówczas na każdym drucie nanizanych jest nie dziesięć kółek, lecz osiem. Oprócz kilku arytmometrów elektrycznych Z. A. M. posiada jedno takie liczydło. Ktoś złośliwy napisał na nim dużymi literami: XYZ-0...

Minus dwa

Druga z kolei uruchomiona w naszym kraju maszyna cyfrowa — zbudowana w Zakładzie Konstrukcji Telekomunikacyjnych i Radiofonicznych Politechniki Warszawskiej,

pod kierunkiem mgra inż. A. Łazarkiewicza według koncepcji dra Z. Pawlaka, opracowanej jeszcze w r. 1956 w Instytucie Matematycznym PAN — nie posiada na razie nazwy. Choć nieproszeni, wystąpimy jednak w roli ojca chrzestnego i będziemy ją nazywać BINEG. Dlatego „BIN", że pracuje w układzie dwójkowym; dlatego „NEG", że ten układ jest specjalnego rodzaju, tzw. negacyjny. Cóż to takiego jest ten układ binarno-negacyjny, czyli minus-dwójkowy?

W układzie dziesiątkowym przedstawiamy liczby jako sumy odpowiednich potęg dziesięciu. Np.:

$$1467 = 1 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0$$

W układzie dwójkowym przedstawiamy liczby jako sumy odpowiednich potęg dwu, np.:

$$10011010001 = 1 \cdot 2^{10} + 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^0$$

W układzie minus-dwójkowym liczby przedstawiamy nie jako sumy odpowiednich potęg 2, ale -2. Wartości cyfrowe tych potęg pozostają takie same jak dla plus-dwójki, jedynie nieparzyste potęgi są ujemne. Zamiast więc ciągu:

$$1, 2, 4, 8, 16, 32 \ldots$$

mamy nieco zmieniony ciąg

$$1, -2, 4, -8, 16, -32 \ldots .$$

Metoda ta umożliwia nam przedstawianie w układzie dwójkowym także liczb ujemnych, przy czym odpowiednio ułożony kod zewnętrzny pozwala matematykowi zapomnieć, iż jego maszyna liczy w układzie minus-dwójkowym. Wszystkie skomplikowane przeliczenia (i szereg innych) załatwi za niego odpowiednio „mądry" program wprowadzający (o ile go się przedtem ułoży).

W układzie plus-dwójkowym liczby ujemne możemy przedstawić na dwa możliwe sposoby. W sposobie pierwszym osobno podajemy znak liczby (zero = plus, jedynka = minus), osobno zaś jej wartość bezwzględną, czyli moduł. W sposobie drugim, czyli dopełnieniowym, postępujemy inaczej. Znak

A oto zdjęcie maszyny BINEG, pierwszej na świecie maszyny binarno-negacyjnej

kodujemy tak samo jak poprzednio, samą zaś liczbę zapisujemy tak jak kologarytm.

Oba systemy mają swoje wady, ale i mają swoje zalety. W sposobie bezpośrednim bardzo prosto wypada mnożenie, natomiast przed dodaniem dwu liczb trzeba wpierw porównać ich znaki i zobaczyć, która z nich jest większa co do bezwzględnej wartości. Przepis dodawania liczb względnych bowiem orzeka: „aby dodać do siebie dwie liczby o równych znakach, dodajemy do siebie ich bezwzględne wartości i opatrujemy sumę wspólnym znakiem, aby zaś dodać do siebie dwie liczby względne o różnych znakach, należy od liczby o większej wartości bezwzględnej odjąć liczbę o mniejszej wartości bezwzględnej i opatrzyć różnicę znakiem liczby większej". Zaraz się przypomina szkoła....

Natomiast w systemie dopełnieniowym przy dodawaniu nie trzeba wcale porównywać znaków. Proszę sobie przypomnieć, że odejmowanie logarytmów zastępujemy dodawaniem kologarytmów. Natomiast są kłopoty z mnożeniem, w tym bowiem systemie, aby pomnożyć liczby ujemne, trzeba je wpierw zamienić na dodatnie.

Do niedawna zdawało się, że *tertium non datur*. To trzecie wyjście jednak się znalazło, pozwalając uniknąć zarówno porównywania przy dodawaniu, jak i przy mnożeniu. Tym trzecim wyjściem jest właśnie układ minus-dwójkowy, który w Polsce został odkryty przez Z. Pawlaka, zanim jeszcze zdobył on tytuł inżyniera.

Układ minus-dwójkowy nadaje się głównie do maszyn specjalnych, gdyż w maszynach uniwersalnych nieco komplikowałby pracę matematykom. Rzecz ciekawa, że Amerykanie i Anglicy odkryli niezależnie układ minus-dwójkowy niemal w tym samym czasie co Polacy, jak o tym świadczą daty odpowiednich publikacji naukowych.

Inną jeszcze osobliwością maszyny BINEG jest specyficzna struktura kodu rozkazowego, mianowicie tzw. mikroopera-

cyjna. Zasadę tej struktury najlepiej chyba będzie wyjaśnić na przykładzie; niechaj np.:

10000000 oznacza wyzerowanie akumulatora,

01000000 oznacza dodawanie do akumulatora,

wówczas:

11000000 oznacza dodawanie do wyzerowanego akumulatora.

Innymi słowy, każdy bit kodu rozkazowego wywołuje efekt niezależnie od pozostałych, każdy bit określa jakąś mikrooperację, otwarcie drogi przesyłania słów z jednej części maszyny do ściśle określonej innej. Mając około 20 mikrooperacji, jak w maszynie BINEG, przez odpowiednie ich kombinowanie ze sobą otrzymuje się imponującą ilość tysięcy możliwych rodzajów rozkazów. Oczywiście nie wszystkie z nich są sensowne, np. byłoby bezsensowne żądanie jednoczesnego przesunięcia zawartości akumulatora o jedno miejsce w prawo i o jedno miejsce w lewo, czy też dodanie do akumulatora jakiejś liczby i następne jego wyzerowanie.

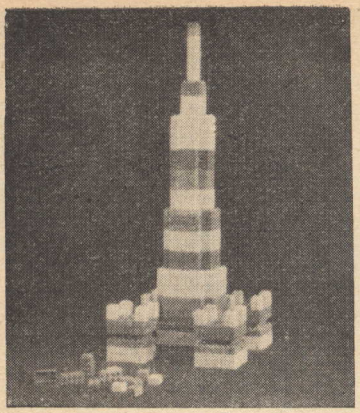
Maszyna BINEG jest maszyną typowo eksperymentalną. Dla uproszczenia konstrukcji zrezygnowano w niej z mikrooperacji dzielenia, które się wykonuje przy pomocy odpowiedniego programu. W porównaniu z XYZ maszyna ta jest dużo mniejsza, wszystkie jej podzespoły mieszczą się na dwu stojakach. Zawiera też mniej lamp o około $1/3$. Oszacowaliśmy, że XYZ będzie się psuć co 3 dni, zatem BINEG będzie się psuć co 4 i pół dnia.

Hocki — klocki

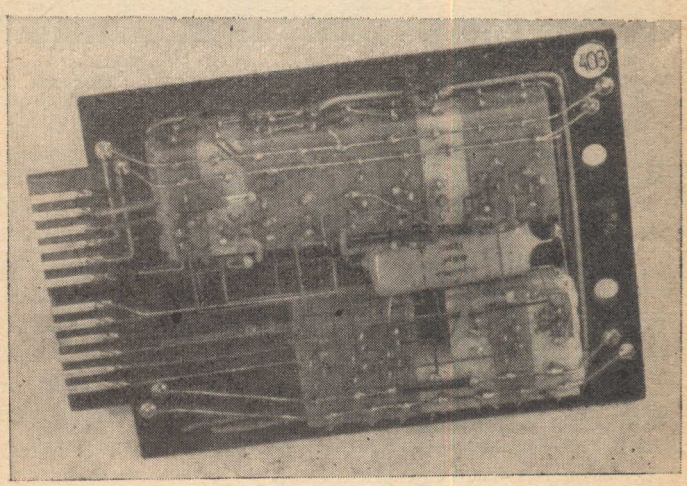
Następna z polskich maszyn automatycznie liczących, to EMAL-2, potomek pechowego EMAL-1 — ale tylko z nazwy. Maszyna EMAL-2 jest bowiem zupełnie odmiennej konstrukcji i organizacji. Co więcej, można by powiedzieć, że właściwie nie była wzorowana na żadnej z istniejących dotychczas maszyn, posiadając konstrukcję na wskroś nowoczes-

Maszyna EMAL-2 też jest maszyną eksperymentalną, odznacza się jednak estetycznym wyglądem i małymi rozmiarami

ną i stanowiącą owoc samodzielnych rozwiązań technicznych konstruktora. Jest ona o wiele bardziej interesująca pod względem technicznym aniżeli matematycznym, zbudowano ją bowiem całkowicie w oparciu o technikę magnetyczną, bezlampową. Lampy występują w niej jedynie w podzespołach zasilających, w łącznej ilości około 100 sztuk. Należałoby więc oczekiwać, że będzie się psuć raz na 18 dni; w praktyce ma to jednak miejsce nieco częściej. W porównaniu do innych polskich elektronówek EMAL-2 charakteryzuje się nader małymi wymiarami, można by bez przesady rzec, iż jest konstrukcji przenośnej.



Z takich klocków można wznosić „Pałace Kultury" — można też w Pałacu Kultury użyć ich do budowy elektronowej maszyny cyfrowej. Na zdjęciu element maszyny EMAL-2 z widocznymi dwoma rzędami klocków



Zużywa tyle prądu co piecyk elektryczny — 2 kilowaty wynosi jej moc.

Pod względem matematycznym bardzo przypomina EMAL-1 oraz XYZ, jest bowiem także maszyną jednoadresową. Posługuje się jednak słowami nieco krótszymi, bo 34-bitowymi — co odpowiada około 10 cyfrom dziesiętnym. Może się także posługiwać liczbami dwakroć krótszymi.

Pojemność pamięci EMAL-2 wynosi 1024 słowa długie — a więc dwa razy tyle co EMAL-1 i co XYZ. Za to liczy bez porównania wolniej, gdyż jej przeciętna szybkość wynosi około 100 operacji na sekundę.

Pamięć EMAL-2 jest typu dynamicznego. Jest to bęben magnetyczny, wirujący z szybkością około 6 tys. obrotów na minutę, na którego powierzchni bocznej nagrywa się impulsy. Właściwie należałoby powiedzieć nie „bęben", lecz „bębenek" — jest on bowiem stosunkowo niewielki.

Osobliwością maszyny EMAL-2 jest to, że została zbudowana z zabawki dla dzieci! Z popularnych plastikowych klocków-składanek, które posłużyły za obudowę do rdzeni ferrytowych. Każda taka „kostka" służy do zapamiętania jednego bitu. Łączna ich ilość w maszynie wynosi kilkaset — kilka pudełek klocków.

W maszynie EMAL-2, podobnie jak i w BINEGu, rolę wejścia i wyjścia pełnią odpowiednie urządzenia dalekopisowe, które w pracach obliczeniowych typu naukowego są bardziej wygodne od kart dziurkowanych, używanych przez XYZ.

Konstruktorem maszyny jest doc. R. Marczyński, maszynę zaś zbudowano wspólnym wysiłkiem Politechniki Warszawskiej i Instytutu Badań Jądrowych.

Najmłodsza w rodzinie

Oprócz już zbudowanych elektronówek mamy jeszcze kilka maszyn znajdujących się w stadium budowy. Jedną z nich jest bliska już ukończenia maszyna BINUZ, będąca jakby „dwujajowym bliźniakiem" maszyny BINEG. Posiada dokładnie taki sam schemat organizacyjny, z małymi tylko zmianami w kodzie rozkazowym, pracuje jednak nie w układzie minus-dwójkowym, ale w układzie dwójkowym-uzupełnieniowym — stąd też nazwa, ukuta wspólnie z konstruktorem maszyny, majorem inż. M. Stolarskim.

Maszyna BINUZ budowana jest przez Wojskową Akademię Techniczną w Warszawie dla celów dydaktycznych i szkoleniowych. Z tych to właśnie względów wybrano maszynę mikrooperacyjną, jako najbardziej przejrzystą pod względem dydaktycznym. Koszt maszyny wyniesie w przybliżeniu około 200 000 złotych; są to wyłącznie koszty materiałowe, gdyż maszyna jest budowana przez słuchaczy W.A.T., w ramach normalnych zajęć laboratoryjnych — podobnie jak ENIAC.

Warto tutaj powiedzieć, co nie było wspomniane przy opisie maszyny BINEG, że oba te bliźniaki posiadają niespotykane w innych dotychczas znanych polskich maszynach rozkazy, np. podnoszenie do kwadratu.

I w Krakowie

Oprócz maszyn elektronowych budujemy w kraju także nowe maszyny przekaźnikowe. Jedną taką maszynę buduje się w W.A.T., także do celów szkoleniowych. Drugą maszynę, dużo większą, buduje Zakład Obliczeń Geodezyjnych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Konstruktorem tej ostatniej maszyny, zwanej PAR(C) — Przekaźnikowy Automat do Rachunków (Cyfrowych) — jest konstruktor maszyny PAR(K), mgr G. Kudelski. Rozpoczęcie regularnej eksploatacji tej maszyny przewiduje się na jesień 1960 r.

W odróżnieniu od maszyny PAR(K) maszyna PAR(C) nie jest przystawką do maszyny fakturującej. Całość jej konstrukcji oparta jest na elektromechanizmach, zwanych wybierakami, analogicznych do używanych w telekomunikacji, w łącznicach telefonicznych. Koszt maszyny jest rzędu miliona złotych, ale liczy ona za to kilkanaście razy szybciej od PAR(K), wykonuje bowiem do 28 dodawań na sekundę na liczbach 12-cyfrowych w układzie dziesiątkowym.

Organizacja wejścia jest podobna do wejścia PAR(K): mamy też trzy czytniki, sprzężone z perforatorami, używane do wprowadzania danych z dziurawki. Wyniki pośrednie można perforować i później w odpowiednim czasie znowu wprowadzać do maszyny. Wynik ostateczny otrzymuje się także w postaci dziurawki, której treść drukuje się na zestawie dalekopisowym.

Maszyna PAR(C) będzie używana głównie do tzw. rachunków liniowych — rozwiązywania układów równań algebraicznych liniowych i podobnych. Sterowana jest zewnętrznie, ze specjalnie skonstruowanej tablicy połączeń, realizującej tzw. funkcję programującą.

ZAKOŃCZENIE

Byłby to więc wreszcie upragniony koniec naszej niecodziennej i — trzeba przyznać — nieco męczącej podróży po rozległej krainie urządzeń cyfrowych. Autor podjął się niewdzięcznej roli przewodnika, który nie tylko oprowadza, ale i tłumaczy. W ten sposób książka niewątpliwie wiele straciła na efektowności. Zamiast mówić o tajemniczym rytmicznym pulsowaniu zielonych ekranów synchroskopów i monotonnym szmerze, towarzyszącym rozwiązywaniu problemu przez „mózg superelektronowy" — mówimy o przesyłaniu informacji z jednego miejsca automatycznej maszyny cyfrowej w drugie. Niektórzy Czytelnicy mogą się z tego powodu czuć urażeni — ale nie ma na to rady. Z samochodami już oswoiliśmy się — z maszynami automatycznie liczącymi jeszcze nie. Pewnego rodzaju „tresura umysłowa" jest więc konieczna, zwłaszcza, że zarówno teoria maszyn cyfrowych, jak i cybernetyka operują setkami nowych pojęć, pozornie zrozumiałych, a w rzeczywistości bardzo skomplikowanych.

Może się jednak zdarzyć, że chociaż Czytelnik dzielnie towarzyszył nam aż do tego miejsca i starał się ani słowa nie uronić z wyjaśnień, pomimo naszych wysiłków będzie się czuł nie zaspokojony w swej żądzy wiedzy, utrzymując na przykład, iż właściwie nadal nie rozumie, na czym polega mechanizm tłumaczenia z języka rosyjskiego na angielski! I na to nie ma rady, bowiem książeczka ta nie miała bynajmniej na celu ukazania wszystkich możliwych, mniej i więcej nieocze-

kiwanych zastosowań maszyn, które liczą „same“ — miała jedynie pokazać zasady ich budowy i działania. Chcąc bowiem te zastosowania bliżej omówić, trzeba by właściwie napisać nową książkę, i to obszerniejszą od niniejszej.

Trzecią wreszcie książkę trzeba by napisać dla tych Czytelników, którzy nie zrażeni drugą pragnęliby dowiedzieć się czegoś więcej o perspektywach zbudowania maszyn „myślących“, maszyn samoreprodukujących się, maszyn uczących się itp. Jednym słowem — „mózgów elektronowych“ z prawdziwego zdarzenia. O problemach tych bowiem wiele się mówi, dużo pisze — jednak rzadko ma to sens, zwłaszcza, gdy głos zabierają rozmaici fantastonauci kosmiczni.

Może także istnieć jeszcze jedna kategoria Czytelników (oby ostatnia!), którzy będą autorowi zarzucać, iż nazbyt mało uwagi poświęcił układowi dwójkowemu. Ale i na to jest odpowiedź, czy jak tam kto woli wykręt: układ dwójkowy nie jest czymś magicznym, bez którego nie można sobie wyobrazić automatycznej maszyny cyfrowej. Autor chciał podkreślić, że istotną cechą pracy tych maszyn jest ruch informacji; przesyłanie informacji z jednego podzespołu do drugiego, zgodnie z kolejnymi rozkazami wykonywanego programu, umieszczonego uprzednio w maszynie lub obliczonego przez maszynę, na podstawie innego wcześniejszego programu. Natomiast sprawa układu liczenia jest tutaj drugorzędna — jeżeli chodzi o opis działania maszyny, nie zaś o ekonomię środków technicznych.

Do tych wszystkich Czytelników, którzy mieszczą się w podanej klasyfikacji, jak i do tych, do których ona nie pasuje, autor zwraca się z prośbą o nadsyłanie swych uwag i spostrzeżeń pod adresem:

P. W. Wiedza Powszechna
Warszawa, ul. Jasna 26

z dopiskiem na kopercie: „Maszyny liczą same?”.

Treść

WSTĘP 5

Rozdział I

OD ABAKA DO ENIAKA . . . 7

Rozdział II

ELEKTRONOWE RACHUNKI . . 57

Rozdział III

KONSTRUKCJE POLSKIE . . 99

ZAKOŃCZENIE 132

Obwoluta i karta tytułowa

JANUSZ KLECHNIOWSKI

Źródła ilustracji

na str. 22 — Pascal, *Oeuvres Complètes*, na str. 31 — Stibitz, *Calculating Machines*, na str. 36, 44 i 47 — Wilkes, *Automatic Digital Calculators*, na str. 55 — Ivall, *Electronic Computers*

Redaktor F. Sawicka
Red. techn. W. Kosiński
Korektor S. Wieczorkowa

Printed in Poland

PW „Wiedza Powszechna", Warszawa 1960. Wydanie I
Nakład 15 000 + 253 egz. Obj. 6,5 ark. wyd., 8,5 ark. druk. Papier druk. sat. kl. V, 70 g, format 70 × 100. Oddano do składania 14. X. 1959
Podpisano do druku 7. III. 1960. Druk ukończono w kwietniu 1960 r
Katowicka Drukarnia Dziełowa, Katowice, ul. 3 Maja 12
Zam. nr 788/21. X. 59. Cena zł 6,— W-4

CENA ZŁ 6,—