

Разработка на първия управляващ компютър в България

П. Петров, **К. Джамбазов**, А. Ганчев, Е. Радойков

1. Увод

През 1968 г. в Института по техническа кибернетика (ИТК) към БАН по идея на д-р инж. Васил Сгурев (днес академик) започна разработка на автоматизирана система за управление на транспорта. В края на 1968 г. беше сключен договор с Меднообогатителен комбинат (МОК) Медет за създаване и внедряване на автоматизирана система за оперативно управление (АСОУ) на промишления транспорт в открития рудник на МОК Медет. Съществуващите в литературата подобни системи работеха по неподходящ за случая алгоритъм и ползваха скъпи технически средства, недостъпни по това време за нашата страна. Налагаше се да се разработят програмно-апаратни средства за осигуряване на АСОУ на промишлен транспорт в открития рудник на МОК Медет [2], която нарекохме **АСТРА-71** (Автоматизирана Система за ТРАНспорта-1971 г.). В комплекса от програмно-апаратни средства съществено значение имаше специализираната управляваща изчислителна машина **АСТРА-71-25** [3]. Решението за разработване на специализирана управляваща машина беше единственото възможно по това време. Алгоритъмът на управление на промишления транспорт в открития рудник изискваше обработка на сравнително малък обем информация и програмата за обработката ѝ можеше да се запише в постоянно запомнящо устройство на феритни елементи. Днес такъв случай се решава със стандартни контролери, за които тогава нямаше нито идея, нито технология. Специализираният управляващ компютър беше именно такъв контролер [5,6], изпълнен на съвременна за времето биполярна интегрална технология.

За първи път в ИТК – БАН, който съществуваше едва няколко години, трябваше да бъде решена една огромна за времето си задача. Разработващият екип бе съставен от сътрудници на няколко секции под ръководството на директора на ИТК – проф. д-р Николай Наплатанов. Това беше и първият сполучлив опит за изграждане на целеви екип от сътрудници на няколко секции в института, за решаване на сложен проект.

Към 1968 г. така наричаните сега информационни технологии бяха в начално развитие. Съществуваха обаче поредици от изчислителни машини на фирми с 20-годишен опит в производството им като IBM, DEC, ICL, FACOM, BULL и много други, които използваха знанието и уменията на големи колективи, определящи насоките и технологиите за изграждане на компютърните архитектури. За управление на производствени процеси бяха подходящи различни модели миникомпютър PDP-8 на фирмата DEC (Digital Equipment Corporation), които имаха качествата на надеждни управляващи компютри, но бяха твърде скъпи за случая.

Полупроводниковите технологии бяха достатъчно развити, за да се използват като база за изграждането на компютри, но интегралната техника беше още в своята начална фаза на разработка. Редица фирми като Texas Instruments (TI), Fairchild, AMD, Motorola, National Semiconductor (NS), Siemens и други, произвеждаха функционално пълни поредици от интегрални схеми – малка интеграция (SSI-Small Scale Integration) и някои типове схеми на средна интеграция (MSI-Medium Scale Integration).

Елементната база за изграждане на компютри у нас беше оскъдна. Заводът за полупроводници в Ботевград произвеждаше германиеви транзистори, които не осигуряваха необходимите характеристики за достатъчно бързодействие и миниатюризация. За производство на интегрални схеми все още не бяха доставени технологични линии. Значителна спънка за технологичното развитие на електронните средства у нас беше дейността на Комисията на НАТО – CoCom (Coordinating Committee for Multilateral Export Controls), която забраняваше износа за бившите социалистическите страни на стратегически стоки, които могат да се използват за военни цели. А това бяха почти всички електронни компоненти, средства и технологии. Беше направен уникален опит в НИПКИРЕ (Научноизследователски и проектно-конструкторски институт по радиоелектроника) да се разработи технология на тънкослойни интегрални схеми под ръководството на инж. Бисер Колев. За създаването на подходяща поредица от универсални схеми беше привлечен и ИТК – БАН. Бяха изготвени опитни образци на тригери и логически елементи, които така и не намериха приложение поради недостатъчната си миниатюризация и надеждност в сравнение с биполярните интегрални схеми.

Изтъкнатите особености на обстановката налагаха решения без алтернативи. Цялата система трябваше да се изгради с наши технически средства, които трябваше да се разработят и реализират. Единствената възможност за реализиране на функциониращ компютър беше използването на биполярни интегрални схеми на TI, които успяхме да внесем и имаме готовност и необходимите помощни средства, за да работим с тях. На същата технологична база се разработваха и множеството технически средства за цялата система.

Разработката и изграждането на управляващ компютър изискваше много знания, опит и хиляди човеко-месеца проектантски и производствен труд, както знаехме от литературата. Знанията ги имаме в известна степен, опит – никакъв, а необходимото време можеше да се набере с денонощен труд и много ентузиазъм, което беше и най-големият ни резерв.

2. АСОУ на промишлен транспорт в открит рудник

Едновременно с разработката на алгоритма за управление на промишления автотранспорт в открития рудник, извършвана под ръководството на д-р В. Сгурев от инж. Димитър Богданов, инж. Васил Василев, инж. Светозар Йончев, инж. Асен Тодоров и други, започна и разработката и реализирането на техническите средства за изграждане на системата.

В крупен мащаб техническата система за управление се състоеше от няколко подсистеми[1]:

- Подсистема за събиране на информация (АСТРА-71-01) – една оригинална разработка на инж. Здравко Николов и инж. Иван Стрелков, осигуряваща всички необходими данни във връзка с контрола на местоположението и функционирането на транспортните и товарните средства в целия район на действие на системата;
- Подсистема за насочване на транспортните средства (АСТРА-71-05), която осигуряваше преобразуване, разпределение и предаване на управляващи сигнали за водача на транспортното средство.
- Подсистема за въвеждане и извеждане на информация – по същество **комуникационен процесор** в състава на управляващия компютър, която осигуряваше координация на диспечерските функции и различните режими на управление.
- Подсистема за обработка на информация и изработване на решения по управлението, която обхващаше програмното и апаратното осигуряване на управляващия компютър АСТРА-71-25.

Характеристиките и съответно структурата и функционалните възможности на управляващия компютър бяха определени по такъв начин, че да удовлетворяват редица специфични особености, наложени от същността на системата на управление, съответно от начина на кодиране и обема на транслираната вътре в системата информация, от характера на задачите, решавани от алгоритма на управление, и други.

Изискванията за висока надеждност при управлението на производствените процеси в режим реално време наложиха да се създаде специализирана отказоустойчива структура на управляващия компютър. Форматът на инструкцията, адресирането, начинът на представяне на числата бяха избрани с оглед на оптимално съотношение между сложността на апаратното решение и точността за обработване на информацията. Технологичните възможности, които имахме за реализирането на компютъра, не допускаха особено бързодействие. Приехме времето за обработка на една инструкция да бъде 1 мксек, което осигуряваше достатъчно бързодействие за управление на транспортния процес в реално време и не налагаше неизпълними за нас технологични изисквания. Комплексът от взаимно свързани задачи се решаваше в тясно сътрудничество между екипите, разработващи програмното и апаратното осигуряване и за пръв път у нас се осъществи програмно-апаратен подход за разработка на компютър.

3. Архитектура на специализирания управляващ компютър АСТРА-71-25 [4]

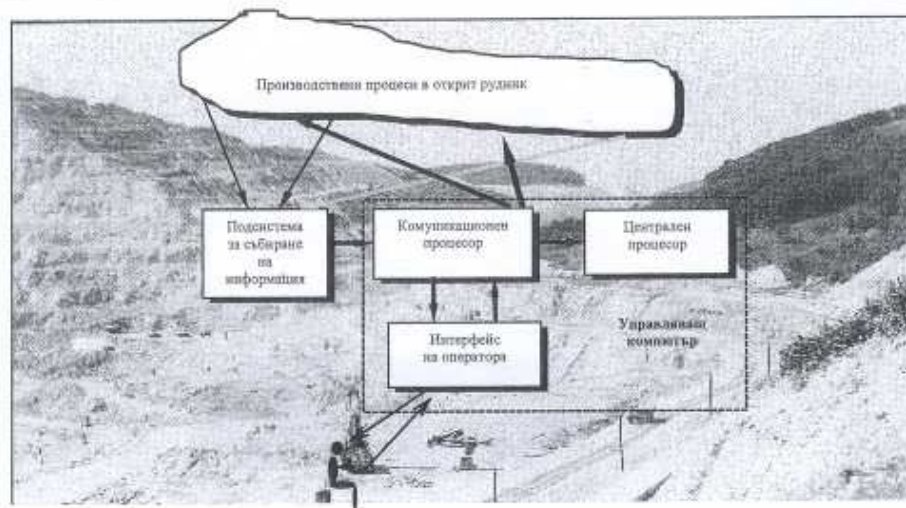
Възприета бе двупроцесорна архитектура за управляващия компютър – **централен процесор и комуникационен процесор**, реализирани с интегрална техника (SSI) като логически автомати (фиг. 1).

Входната информация от обекта за управление постъпваше в устройството за връзка с обекта (I/O PU на фиг. 2 като комуникационен процесор), което изработваше сигнали за обмен на информацията между компютъра, управлявания процес и оператора диспечер. То осигуряваше взаимодействието между основната програма и въвеждане/извеждане на оперативна информация. Поддържаше специализиран интерфейс с устройствата за събиране на информация, както и с устройствата за извеждане на управляващи адреси към участниците в производствения процес.

Обмяната на информацията в компютъра се извършваше на магистрален принцип, което води до по-голяма гъвкавост в структурно отношение и до значително намаляване на връзките между отделните блокове. На фиг. 2 е показана основната информационна магистрала, обединена с магистралата за контролната информация (12+2 bit binary data bus). Чрез информационната магистрала обменят информация аритметично-логическото устройство (ALU), централното управляващо устройство (CPU), устройството за връзка с обекта (I/O-PU) и оперативното запаметяващо устройство (RAM) посредством информационния си регистър. Централното управляващо устройство осъществяваше управлението на операциите в машината чрез 27 основни и две допълнителни инструкции. Основните инструкции служат за изпълнение на алгоритма на управление, а допълнителните – за извеждане на печат резултатите, натрупани в системата за контрол на информацията. CPU е свързано с постоянна памет (ROM), от която получава необходимите инструкции за реализация на алгоритма на управление. За голяма част от инструкциите е предвидена косвена адресация, като за целта се използват три индекс регистри и суматор на индексни операции, който служи за изчисляване на адреса на инструкцията. Кодът на инструкцията се състои от 24 двоични разряда. Откриването и отстраняването на спорадични грешки в CPU се извършва от контролни схеми, свързани с общата схема за оперативен контрол на информацията.

Основната програма, разработена от колектив, ръководен от д-р Сгурев, съдържаше 1024 думи с 24 разряда и бе поместена в постоянна памет (ROM), реализирана на феритни елементи върху два стандартни модула – двойна платка в европейски формат. Промяната на основната програма можеше да се извърши с подмяна на ROM модулите. По този начин компютърът имаше и значителна универсалност, ограничавана от специализирания интерфейс, и можеше да реализира различни приложни програми за различни случаи на управление.

Оперативната памет (RAM) бе изградена като блок от феритни матрици, организирана за 4096 24-разредни думи.



Фиг. 1. Опростена структура на АСТРА-71

Тук трябва да се отбележи участието на колегите от ЦИИТ – инж. Петър Попов, инж. Валентин Жиков и инж. Христо Георгиев, които разработиха професионално постоянната и оперативната памет на компютъра, с което изиграха решаваща роля за завършването му.

За повишаване на отказоустойчивостта и надеждността на управляващия компютър беше осигурен оперативен контрол на основната и спомагателната машинна информация чрез структурен информационен излишък. Бе разработена система за контрол по мод 3, локализация и отстраняване на спорадични грешки и отпечатването им в края на смяната, автоматична локализация на грешки чрез тестова програма и други.

На фиг. 2 е показана магистралата за двоично-десетичен код (16 bit BCD data bus), която се захранва от входно/изходното устройство (I/O). Тя обслужва всички периферни устройства в системата.

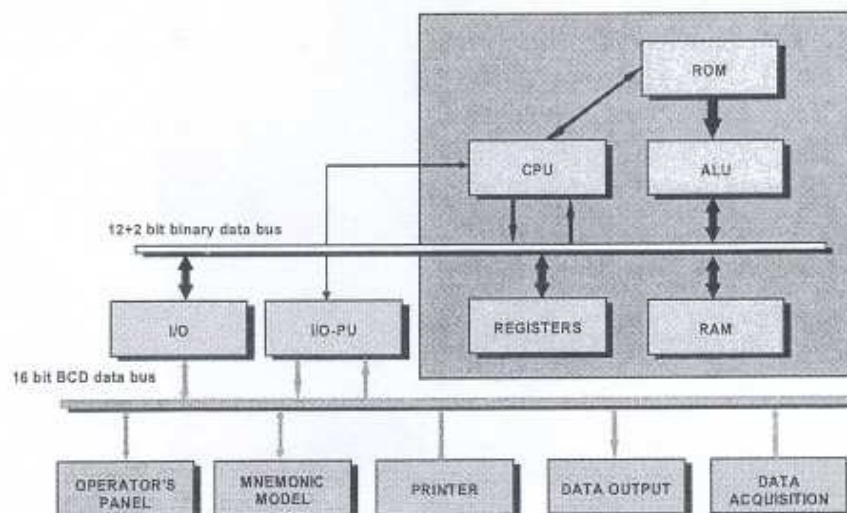
Основното електрозахранване на компютъра бе изградено модулно – 20 модула, всеки от 5 ампера/5 волта в паралелна работа. Под ръководството на инж. З. Николов

беше разработено и тиристорно устройство, зареждащо денонощно подходяща акумулаторна батерия. По този начин беше реализирано непрекъснато електрозахранване – т. нар. сега UPS, което тогава не съществуваше, но беше крайно необходимо при честите сризове в електрическата мрежа поради взривяванията в открития рудник.

Управляващият компютър АСТРА 71-25 заедно с диспечерския пулт и принадлежащите му устройства в режим на експлоатация в МОК Медет, е показан на снимката на фиг. 3.

4. Заключение

Проектирането, реализирането и внедряването на управляващия компютър АСТРА-71-25 продължи почти четири години, непосредствено свързано с внедряването на цялата система за оперативно управление АСТРА-71. АСОУ на промишления транспорт в открития рудник на МОК Медет беше експлоатирана повече от 12 години, до приключване работата на рудника, благодарение грижите на инж. Георги



Фиг. 2. Блокова схема на управляващия компютър АСТРА-71-25



Фиг. 3. Общ изглед на съоръженията (в ляво АСТРА - 71-25) в диспечерската зала на МОК Медет (на пулта е Александър Ганчев)

Кърпаров и с помощта на колектива от ИТК – БАН.

През 1973 г. с появата на микропроцесорите се наложиха значителни промени в технологиите на разработка на технически системи. Екипът създател на управляващия компютър АСТРА 71-25 разработи двумикропроцесорен вариант на управляващ компютър за открития рудник на МОК Елаците и успя да внедри системата с новото название ТРАСИ-20. Информационните технологии се развиваха бързо и осигуряваха вече надеждни и производителни персонални компютри и промишлени контролери, с които специализираните управляващи компютри не можеха да се конкурират. И все пак в края на 80-те години беше изграден още един управляващ компютър за АСОУ на промишления транспорт на МОК АСАРЕЛ – ТРАСИ-30. Архитектурата на този специализиран компютър с безотказната му работа поради реализираната циклична реконфигурация на многопроцесорната структура имаше не само практическо, но и научно значение.

Първият управляващ компютър у нас остана уникален и се споменава само в тесен кръг от специалисти.

Ниската технологична база, с която разполагаше нашата промишленост, не допусна да се усвои и разпространи бързо една съвременна разработка на нивото на най-добрите изделия по това време. Такава беше съдбата на десетки разработки в страната.

Литература

1. Петров, П. Комплекс от технически средства за управление на

автотранспорта в открит рудник. – *Рурогобиш*, 6, 1974.

2. Naplatanov, N., W. Sgurev, P. Petrov u.a. Ein digitales System für die Lastwagenverkehrssteuerung in Komplex Bergwerksgelände – Aufbereitungswerk. XV. Inter. Wiss. Koll. TH Ilmenau, Oktober 1970.

3. Petrov, P., A. Ganchev, E. Radoikov, K. Djambazov. ASTRA 71-25 – A Special Purpose Computer for Process Control. *Informatica* 75, Bled, Oct. 1975.

4. Naplatanov, N., B. Сгурев, П. Петров, З. Николов. Управление на промишлени транспортни процеси. Монография, Издателство БАН, София, 1979.

5. Naplatanov, N., V. Sgurev, P. Petrov, Z. Nikolov, Al. Ganchev, St. Trendafilov. Method of a System for Rationalizing the Operation of Open-pit Mines. US Patent, 3,979,731, Sept. 7, 1976.

6. Naplatanov, N., P. Petrov et al. Method and System for Control of the Truck Transport Process in Open Mines. Canadian Patent 961508, 1976.

За контакти:

Ст. н. с. II ст. инж. **Петър Петров**
e-mail: p_petrov@iccs.bas.bg