

História výroby elektronických súčiastok na Slovensku.

A) Vytvorenie dopytu po elektronických súčiastkach na Slovensku.

V ČSR v r. 1946 MH ČSR vytvorilo VHJ TESLA pre zabezpečovanie potrieb NH v oblasti výroby elektronických systémov a zariadení. Zo SR bol do tejto VHJ začlenený n.p. TESLA Bratislava, ktorý vznikol znárodnením pobočky závodu Tungstam v Bratislave. Podnik získal gesciu na výrobu rádiových prijímačov pre celú ČSR.

V Žilinskom regióne vznikol v r. 1950 závod a od r. 1958 n.p. TESLA Liptovský Hrádok na výrobu telekomunikačných zariadení,

V roku 1958 vznikol v Žilinskom regióne n.p. TESLA Orava, ktorý získal gesciu na výrobu televízorov pre celú ČSR.

V rámci n.p. TESLY Orava v r. 1968 vznikol v Žiline neskorší Výskumný ústav výpočtovej techniky (VUVT), ktorý pripravoval výrobné programy z oblasti výpočtovej techniky pre celé Slovensko.

V rámci n.p. TESLY Orava v r. 1973 vznikol závod TESLY Orava v Námestove, zameraný na výrobu mini a mikro počítačov SMEP pre celú ČSR. Závod bol neskôr prevedený pod n.p. ZVT Banská Bystrica.

B. Rozvoj výroby elektronických súčiastok v ČSR po druhej svetovej vojne.

VHJ TESLA zrealizovala koncom 40-tych rokov prvú významnú investíciu – vybudovala „na zelenej lúke“ nový podnik TESLA Rožnov, špecializovaný na výrobu elektronických súčiastok - v tej dobe hlavne vákuových elektróniek. Jeho hlavným odberateľom bola TESLA Bratislava.

Druhým hlavným odberateľom TESLY Rožnov od r. 1958 bola TESLA Orava, keď predtým (od r. 1956) rozšírila svoj výrobný program aj o výrobu televíznych obrazoviek. Pre pokrytie spotreby elektronických súčiastok týchto dvoch hlavných odberateľov bolo v r. 1960 prijaté rozhodnutie vybudovať v Piešťanoch závod TESLY Rožnov, zameraný na výrobu elektronických súčiastok, v prvej etape hlavne elektróniek.

B.1. Výroba elektronických súčiastok v TESLE Piešťany

Výroba elektróniek v rekonštruovanom objekte ONV začala už v 5/1961. V r. 1964 začala výstavba nového závodu v areáli Červené vrby s rozpočtovým nákladom 60 mil. Kčs. Do nových objektov sa prevádzky závodu sťahovali postupne od r. 1967. V tomto roku už v závode pracovalo 1830 zamestnancov. Pôvodná výroba elektróniek bola postupne rozširovaná o výrobu polovodičových diód a neskôr bola celkom nahradená výrobou tranzistorov. V r. 1969 bol závod už kompletne presťahovaný do nového areálu Červené vrby.

Druhé desaťročie (1971 - 1980) bolo zrejme najúspešnejším v pomerne krátkej histórii TESLY Piešťany. Úspešne sa rozbehla výroba v novom areáli, závod úspešne zvládol vývoj a výrobu nových typov polovodičových diód a tranzistorov pre rádioprijímače, televízory, pre výpočtovú techniku ako aj pre ďalšie priemyselné aplikácie (viď obr. 1 a obr. 2).

Rozhodujúcim pre druhú polovicu 70-tych a 80-te roky bolo rozhodnutie smerovať rozvoj TESLY Piešťany mimo diskretných prvkov hlavne na výrobu MOS integrovaných obvodov (IO). Kľúčovým bol preto nákup a úspešné zvládnutie licenčnej výroby NMOS IO (typovým predstaviteľom bola dynamická NMOS DRAM pamäť MHB 4116 - obr. 3), na ktorú nadväzovala vlastná výroba čipov mikroprocesorov MHB 8080 (obr. 3) a mikropočítačov MHB 8048 (obr. 4) tiež vyrábaných technológiou NMOS, ako aj CMOS IO (tu bola

typovým predstaviteľom statická CMOS SRAM pamäť MHB 1902 - obr. 4) na ktorú nad- väzovala výroba ďalších CMOS IO vrátane mikropočítačov MHB 80C48 (obr. 5).

Situácia vo výrobe MOS IO v TESLE Piešťany koncom 80-tych rokov však už nebola taká dobrá. Novo budované čisté priestory PAA 2 v budove M1 boli rozostavané iba do úrovne montáže technológie čistých priestorov, avšak celkom dokončené neboli ani do r. 1993. Očakávaná 1 μm výrobná technológia nebola zabezpečená vôbec. (PAA 2 boli dokončené pre výrobu čipov až v r. 2002 ale už novým vlastníkom ON Semiconductors). Očakávané veľkokapacitné priestory na výrobu čipov M8 a montáže integrovaných obvodov M4 boli síce rozostavané, ale už nedokončené. Pohľad na areál z r. 2002 je na obr. č.6.

TESLA Piešťany ukončila svoju výrobnú činnosť pre rozpad odbytových trhov v r. 1993. V r. 1998 prevzala aktivity v oblasti výroby CMOS čipov dcérska spoločnosť korporácie MOTOROLA Inc. pod názvom Slovakia Electronics Industries. Táto bola neskôr prevedená do korporácie ON Semicondutor. Následkom celosvetovej odbytovej krízy v r. 2008 však aj táto spoločnosť v r. 2009 skončila svoju výrobnú činnosť v Piešťanoch a v súčasnej dobe v Piešťanoch úspešne rozvíja hlavne podporné odbytové činnosti.

Vystavované 2D exponáty sú sústredené do 14-tich veľkoplošných posterov formátu A0 a 3D exponáty do šiestich presklených vitrín.

Veľkoplošné postery sú tematicky členené nasledovne:

- Krátka história TESLY Piešťany
- Výroba elektróniek
- Výroba polovodičových diód
- Výroba tranzistorov
- Fotolitografia vo výrobe čipov integrovaných obvodov (IO)
- Technológia výroby čipov IO PMOS
- Licenčná technológia výroby čipov IO NMOS
- Licenčná technológia výroby čipov IO CMOS
- Výroba čipov IO PMOS
- Výroba čipov IO NMOS
- Výroba čipov IO CMOS
- Púzdrenie čipov IO
- SEI - Výroba čipov IO CMOS v PAA 1
- ON Semi - Výroba „trench“ čipov IO v PAA 2

Z vystavovaných 3D exponátov spomenieme nasledovne:

- Katalógové listy a vzorky IO: MHB 1902 (SRAM 1K1bit), MHB 5514 (SRAM 1K4bit), MHB 2716 (EPROM 2KB), MHB 4164 (DRAM 64 K1bit)
- Katalógové listy a vzorky IO: MHB 8748 (8 bit. mikropočítač s EPROM a RAM), MHB 8708 (EPROM 1KB), MHB 8155H (rozšírenie RAM a IO), MHB 8243 (rozšírenie IO)
- Katalógové listy a vzorky IO: MHB 4116 (DRAM 16K1bit), MHB 8080 (8 bit. mikroprocesor), MHB 8251 (USART), MHB 8255 (rozšírenie IO)
- Zostava pre kanálový volič TVP:

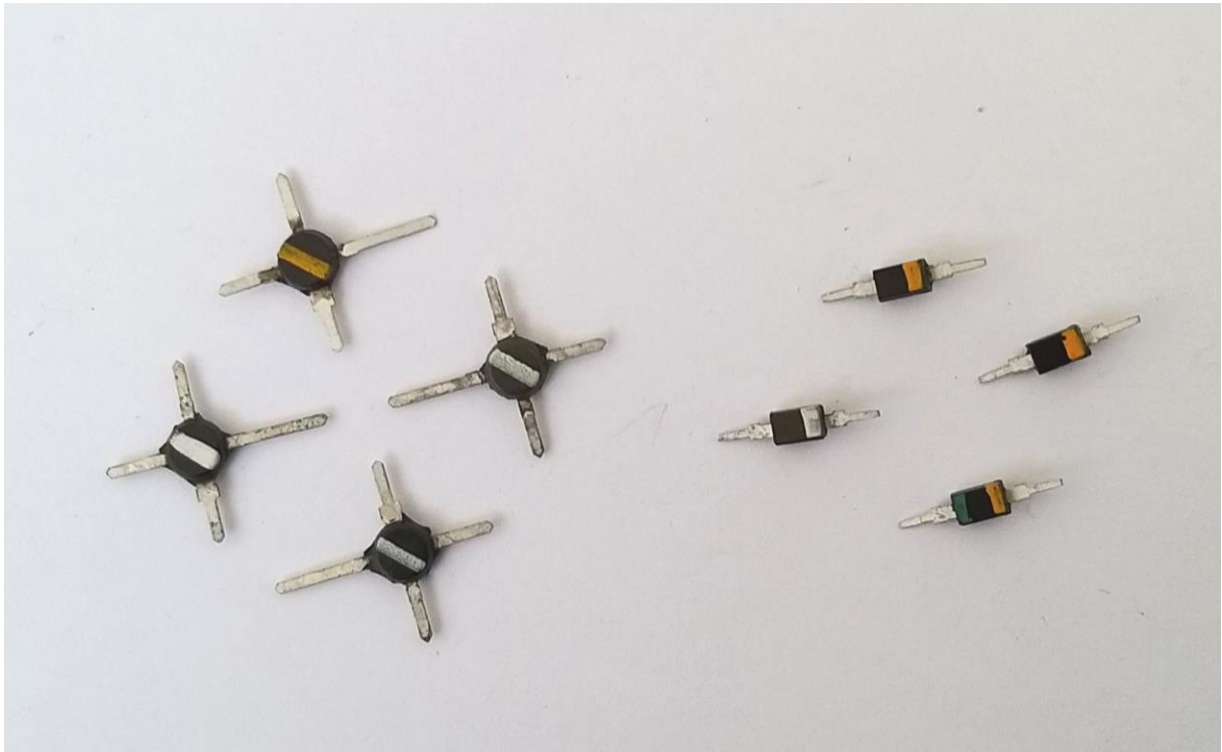
Elektrónky PCC 88 a PCF 82 a alternatívna polovodičová zostava:

UHF tetródy KF 907 a párované varikapy 3KB 105G

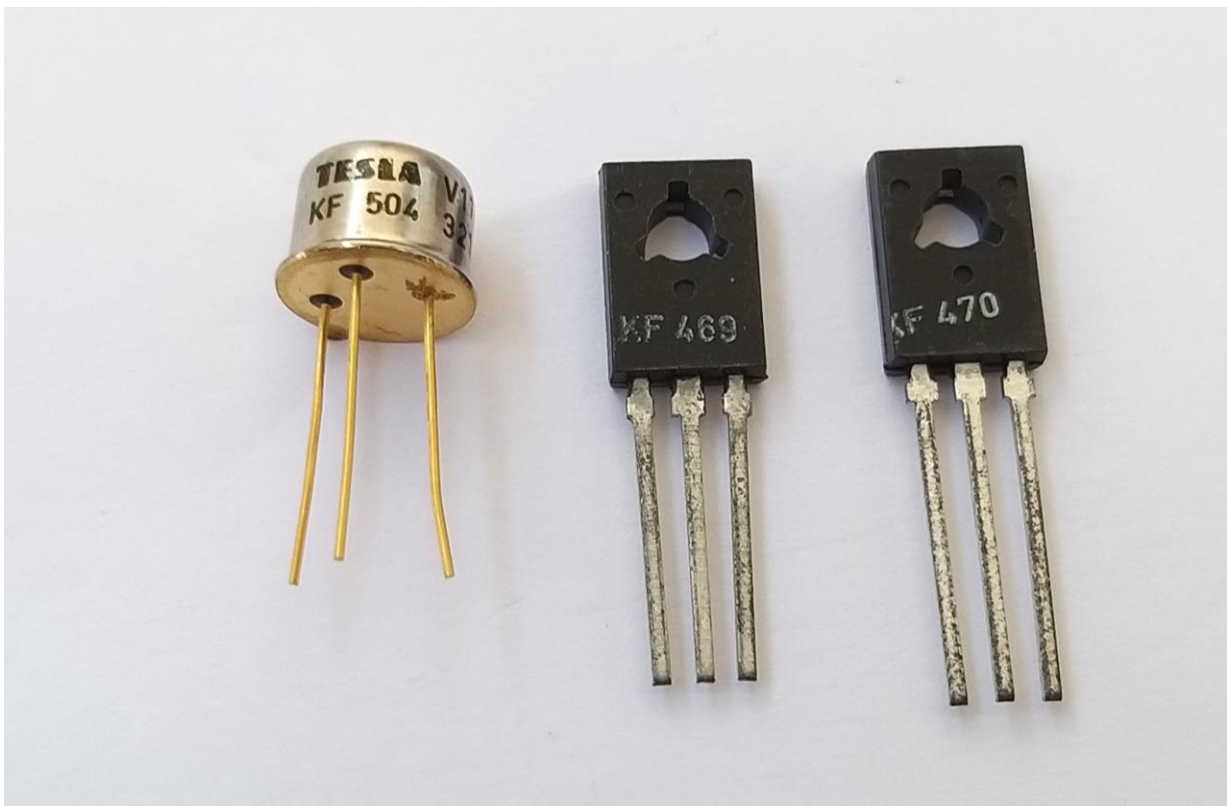
- Zostava pre koncový stupeň riadkového rozkladu TVP:

Elektrónky PL 504, PY 88, DY 86 a alternatívna polovodičová zostava:

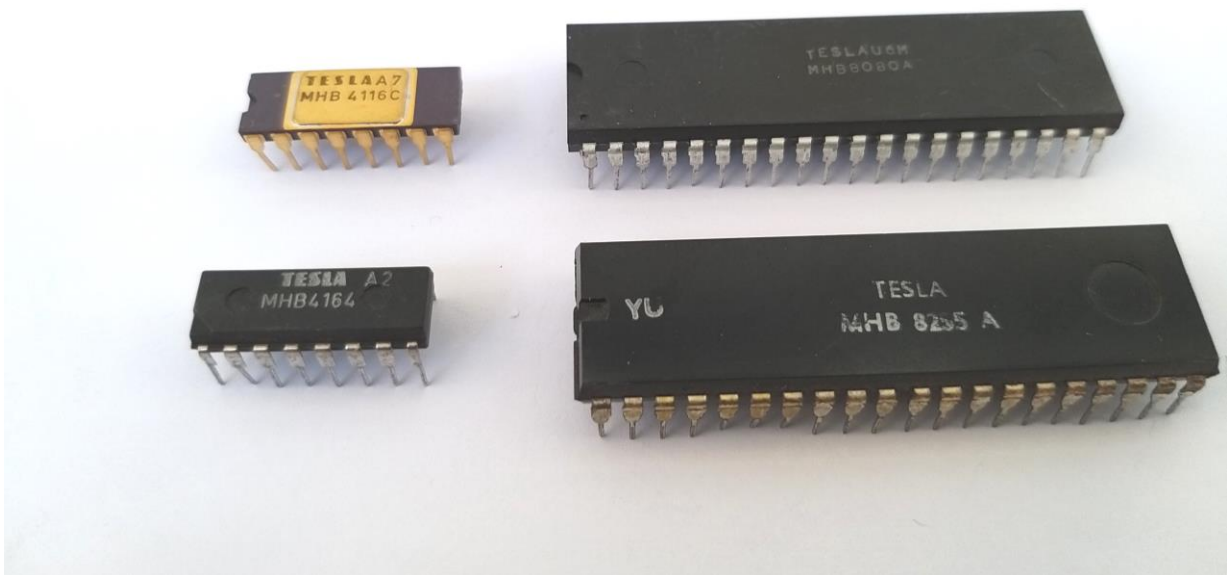
tyristor KT 119, rýchla spínacia dióda KY 189 a VN dióda KYX 30.



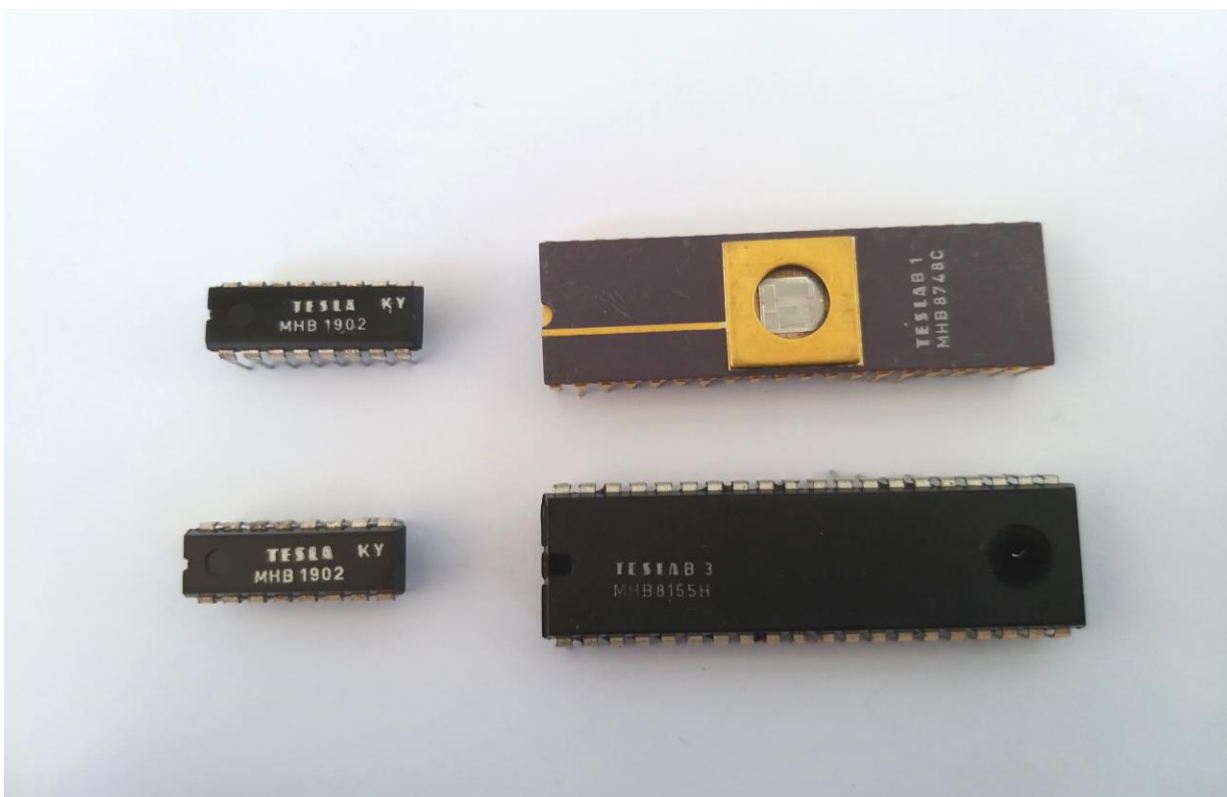
Obrázok 1: Vývoj a výroba elektronických súčiastok pre spotrebnú elektroniku vždy patrili medzi priority TESLY Piešťany. Na obr. vľavo sú UHF tranzistory KF 907 a vpravo párované varikapy 3KB 105G pre výrobu TV kanálových voličov televízorov.



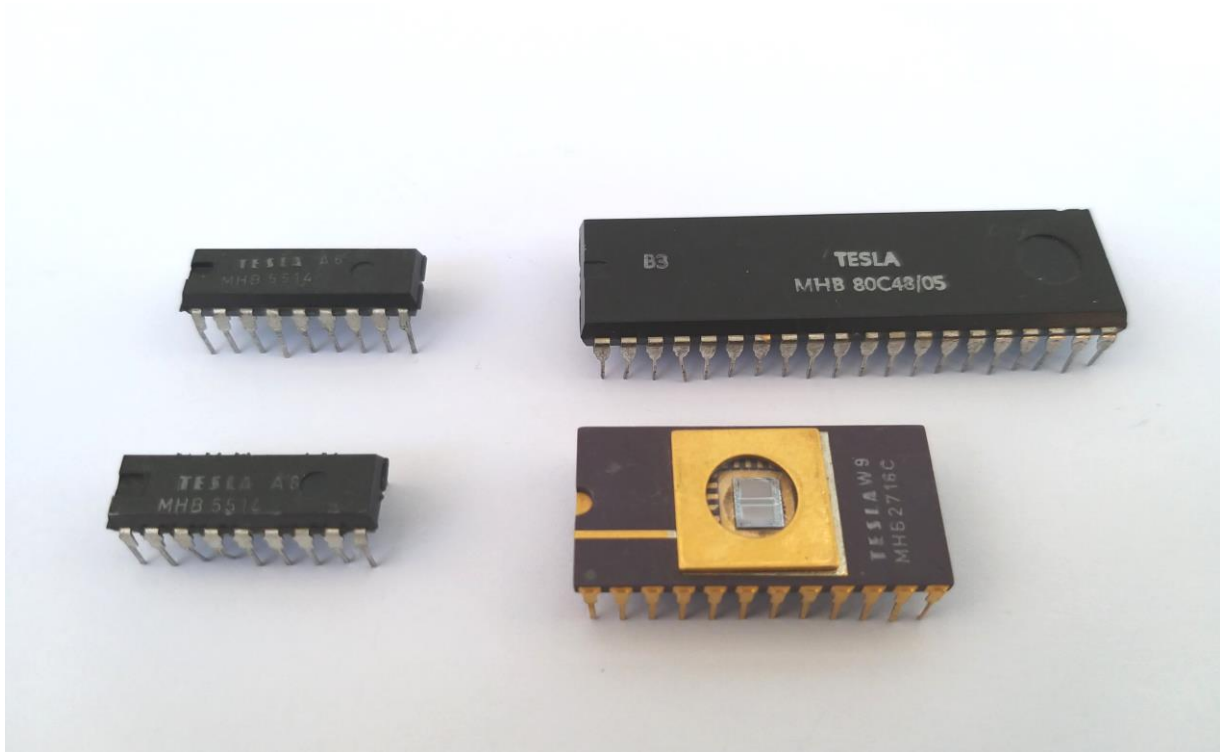
Obrázok 2. Pre malé čiernobiele televízory stačili pre videozosilňovače tranzistory KF 504, pre farebné veľkoplošné prijímače už boli potrebné komplement. páry KF 469 + KF 470.



Obrázok 3. Vľavo hore je typový predstaviteľ licencie NMOS - pamäť DRAM 16Kbit MHB 4116, vľavo dolu je jej inovovaná verzia 64 Kbit MHB 4164, vpravo hore 8-bitový mikroprocesor MHB 8080A a vpravo dolu obvod programov. medzistyku MHB 8255A.



Obrázok 4. Vľavo nad sebou sú pamäti CMOS SRAM 1Kbit - typový predstavitelia licenčnej CMOS technológie, vpravo hore 8-bitový NMOS mikropočítač MHB 8748C a vpravo dolu IO MHB 8155H



Obrázok 5. Vľavo nad sebou sú inovované pamäte CMOS SRAM 1K x 4 bity typu MHB 5514, vpravo hore 8-bitový CMOS mikropočítač MHB 80C48, vpravo dolu inovovaná pamäť EPROM 2K x 8 bit MHB 2716.



Obrázok 6. Pohľad na areál TESLY Piešťany z r. 2002.

B.2. Výskum a vývoj elektronických súčiastok vo VÚVT Žilina

B.2.1. Projekt Hradlové pole HP 200

Vlastné hradlové pole bolo realizované tzv. ALS technológiou. Vstupný tranzistor bol rozdelený na dvojemitorové celky, ktoré bolo možné spájať pre získanie hradiel s 2, 4, 6 a 8 vstupmi. Hradlá boli navrhnuté s otvorenými kolektorom pre vytváranie spojových AND štruktúr. Z topologického pohľadu bol čip rozdelený na okrajovú časť s okrajovými zbernicami Ucc a GND a so vstupnými a výstupnými prevodníkmi, ktoré boli rovnomerne rozdelené po celom obvode čipu.

Vlastná hradlová matica sa nachádzala vo vnútri plochy čipu, vymedzenej vstupno-výstupnými prevodníkmi. Celkových 240 hradiel bolo rozdelených do 6 oblastí po 40 hradiel. Každý pás 40 hradiel bol napájaný zo samostatného stabilizátora napätia, umiestneného na konci pásu hradiel. Pás hradiel z oboch strán obopínajú dva rady vyhradených priestorov pre prepojenia medzi hradlami v ose X v prvej metalickej úrovni. V centre matice, medzi dvoma radmi priestorov pre X prepojenia je vyhradený priestor pre hlavnú zemniacu zbernicu. Ďalšie prepojenia medzi hradlami je možné viesť v smere Y vo vyhradených priestoroch druhej metalickej úrovne.

Typické oneskorenie jedného vnútorného hradla bolo 2,5 ns, typické oneskorenie vstupného prevodníka bolo 2,0 ns a výstupného prevodníka 6 ns.

Vonkajšie statické parametre zodpovedali parametrom integrovaných obvodov TTL.

B.2.2. Projekt Návrhový systém PZIO ISAN 1

Pre navrhovanie HP 200 sa spočiatku používal upravený systém navrhovania dosiek plošných spojov ISAN 1. HW časť tohto systému obsahovala procesor SM 4-20, operačnú pamäť 256 KB, kazetovú diskovú pamäť CM 5400, magnetickú páskovú pamäť CM 5300, operátorský terminál CM 7202, grafický displej CM 7405 a grafickú mozaikovú tlačiareň Consul 2111.



Obrázok 7. PZIO HP 202, HP 216, HP 226 a HP 227, ktoré boli súčasťou osadenej DPS polovodičovej operačnej pamäti DRAM+PROM

B.2.3. Projekt Testovací systém PZIO TADA 4

TADA 4 je určený na funkčné testovanie a na meranie statických aj dynamických parametrov číslicových integrovaných obvodov s max. počtom vývodov 40. Tester je riadený personálnym počítačom PP 06.2.

B.2.4. PZIO, vyvinuté vo VUVT a vyrábané v TESLE Rožnov

B.2.4.1. PZIO na báze HP 200 pre riadenie polovodičových pamätí

B.2.4.2. PZIO na báze HP 200 pre riadenie zberníc

B.2.4.3. PZIO na báze HP 200 pre podporu automatizácie.

2.5. Projekt Hradlové pole HP 1000

Základný čip mal rozmery 7,55 x 7,25 mm a jeho prvá verzia sa montovala do keramického puzdra PGA 120. Obvod vyžadoval dve vonkajšie napájacie napätia (+5,0 V a + 2,4 V) ako aj dve uzemnenia, ktoré sa prepojovali až na doske plošných spojov pre zvýšenie šumovej odolnosti. Vývody oboch zemí boli vyvedené cez 8 pinov puzdra PGA 120, napájanie + 5V bolo vyvedené cez 4 piny, napájanie + 2,4 V cez 8 pinov.

Po obvode čipu boli rozmiestnené vstupné a výstupné prevodníky. Vstupných prevodníkov bolo na čipe 92, využitelných výstupných prevodníkov bolo cca 64. Vo vnútri čipu bolo vytvorených 32 stĺpcov v smere osi X a 34 radov v smere osi Y = 1 088 vnútorných buniek, z ktorých bolo možné vytvoriť rôzne typy hradiel. Na čipe boli vytvorené tiež štyri zosilňovače hodinových impulzov pre rozvod signálov s vysokým vetvením.

Prepojenie hradiel a prevodníkov do logickej siete sa realizovalo v dvoch vrstvách metalizácie. Zákaznícky sa pritom navrhovali tri masky: jedna maska pre prepojenia prevažne v X - smere, druhá maska pre prepojenia prevažne v Y - smere a tretia maska pre medzi vrstvové prepojenia.

K dispozícii boli základné funkčné prvky ako hradlá typu NAND, AND, AND – OR, vstupné prevodníky, výstupné prevodníky a zosilňovače hodinových impulzov. Podložka bola vyvinutá mimo VUVT Žilina.

Vstupné a výstupné úrovne zodpovedali úrovniam radu 74 ALS. Rozsah pracovných teplôt bol 0° – 70° C.

2.6. Projekt Návrhový systém ISAN 2

ISAN 2 bol návrhový systém integrovaných obvodov (IO) typu hradlové pole (HP). Základom systému bol inicializačný súbor, popisujúci bazové bunky – štandardné komponenty konkrétneho HP.

Východiskom pre návrh zákazníckeho obvodu bola logická schéma od zadávateľa, zostavená buď len z bazových buniek, alebo aj zo štandardných funkčných blokov. Výsledkom práce bol topologický návrh obvodu, popisujúci konkrétne rozmiestnenie komponentov hradlového poľa a vedenie spojov medzi vývodmi, ďalej vygenerovanie simulačných údajov ako aj ďalších údajov, vyžadovaných výrobcem integrovaných obvodov.

Pre ISAN 2 sa používala zostava počítača SM 4-20 alebo SM 52/11 s vektorovým grafickým displejom CM 7405 resp. CM 7405 M.1 so svetelným perom, operátorským referenčným videoterminálom CM 7202 M.1, mozaikovou tlačiarňou s grafickým módom a kresliacim zariadením VZ 930.

2.7. Projekt Testovací systém TADA 5

Základné požiadavky na inovovaný tester TADA 5:

Tester umožňoval:

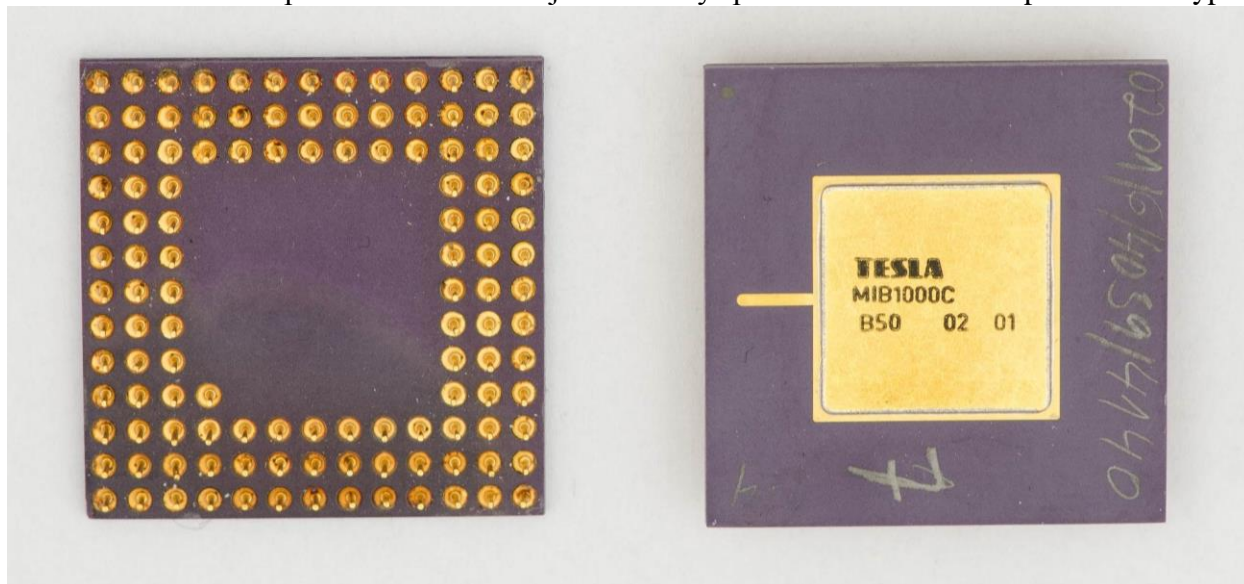
- funkčné testovanie
- meranie časových parametrov
- meranie jednosmerných parametrov
- jednoduchý návrh a odlaďovanie testov

Tester mal zabudované HW nástroje pre internú auto diagnostiku

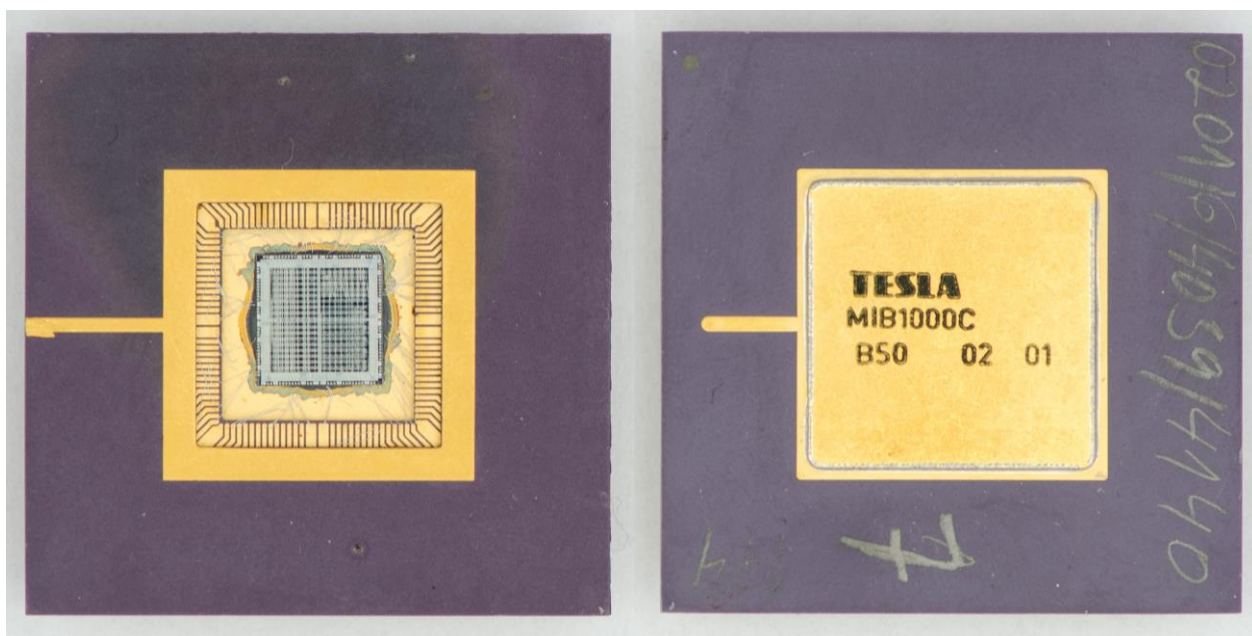
Riadiaci počítač: PP 06.2 alebo PC AT

2.8. Prvé PZIO na báze HP 1000, vyvinuté vo VUVT Žilina

MIB 1 000/0201 – Obvod realizoval digitálne riadenie v uzavretej slučke servomotora pre ovládanie pohonu pre pohyb papiera v jednej súradnej osi resp. pre pohyb vozíka s kresiacim perom v druhej súradnej osi valcového kresliaceho zariadenia formátu A0 až A4 typ VZ 565 – CM 6426 alebo valcového kresliaceho zariadenia formátu A3 typ VZ 300. V riadení každého valcového kresliaceho zariadenia bol obvod použitý dvakrát – samostatne pre každú súradnicu jeden a vždy spolu s riadiacim mikroprocesorom typu 8086.



Obr. 8. PZIO MIB 1000 boli zo začiatku puzdrované do keramického puzdra PGA 120



Obrázok 9. PZIO TESLA MIB 1000/0201 pre digitálne riadenie servopohonu jednej súradnicovej osi kresliaceho zariadenia (ľavý obvod je odkrytovaný).

MIB 1 000/0202 – Obvod realizoval podobné funkcie ako obvody HP 221 a 222 spolu v jednom puzdre ale pre mikroprocesor typu 80286.

2.9. Zákaznícke integrované obvody navrhované metódou štandardných buniek na podložke MHI 100 (IIL)

MHI 102 – Obvod binárnej osembitovej násobičky

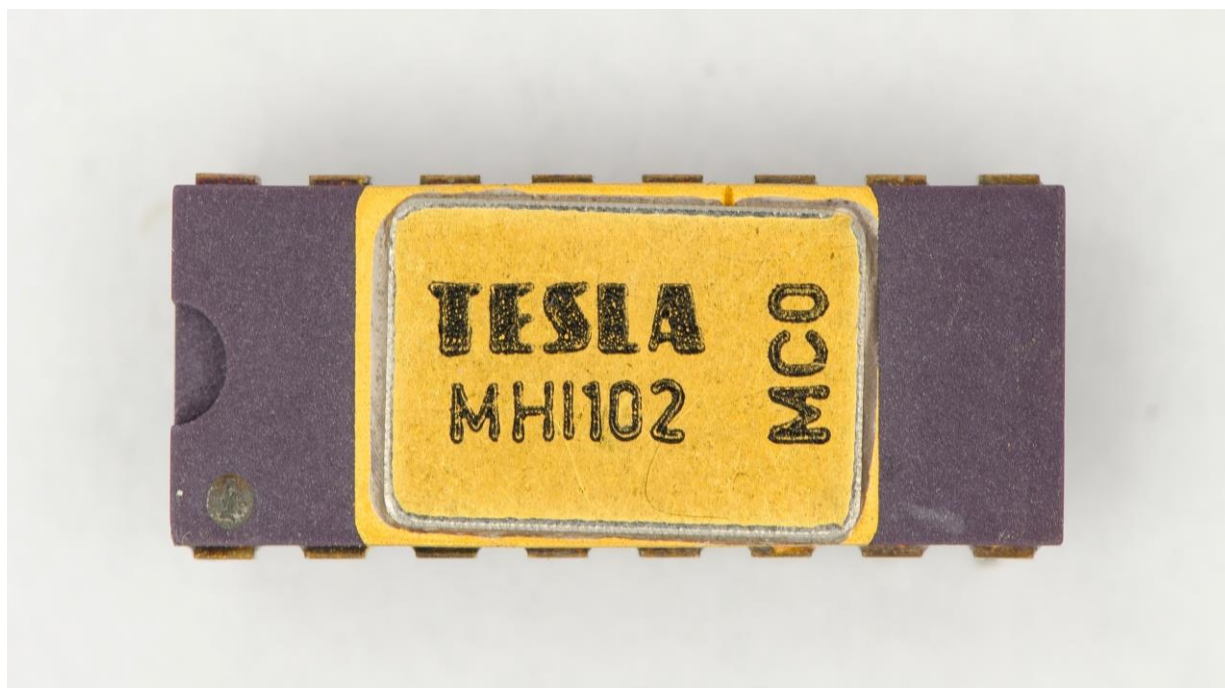
Výrobca podložky MHI 100 navrhutej pre technológiu **integrovanej injekčnej logiky (IIL)** a autor knižnice štandardných buniek pre túto podložku TESLA Rožnov dal VUMS Praha a VUVT Žilina podklady pre navrhovanie zákazníckych obvodov na tejto technológii. VUVT v tej dobe potreboval zrealizovať modul matematického procesora pre realizáciu výpočtov v pohyblivej rádovej čiarke v jednoduchej presnosti výkonný obvod pre podporu takýchto výpočtov. Dostupné mikroprocesorové stavebnice takýto obvod nemali (matematické koprocesory 8087 vznikli až oveľa neskoršie pre mikroprocesory 8086) a preto sa VUVT rozhodol využiť ponuku TESLA Rožnov a na základe jeho podkladov pripravil vývojové prostriedky a urobil logický aj topologický návrh obvodu osembitovej binárnej násobičky. Zrealizovaný obvod prevzala TESLA Rožnov do svojho výrobného programu s označením MHI 102. Puzdro DIL 16.

MHI 101 – Obvod CRC kontroléra

VUMS Praha urobil logický návrh zákazníckeho obvodu CRC kontroléra, no vlastný topologický návrh už nezrealizoval pre chýbajúci návrhový systém. Bolo preto prijaté rozhodnutie, aby VUVT na svojich prostriedkoch zrealizoval topologický návrh pre navrhnutý CRC kontrolér a tento odovzdal do TESLA Rožnov do výrobnjej realizácie. Aj tento obvod prevzala TESLA Rožnov do svojho výrobného programu a označila ho MHI 101. Puzdro DIL 16.

MHI 100 – Obvod kvadratickej interpolácie.

Obvod, ktorý bol tiež navrhnutý pre technológiu IIL, umožňuje realizovať lineárnu, parabolickú a kruhovú interpoláciu pre rezný nástroj obrábacieho stroja alebo kresliace zariadenie kresliaceho stroja. Minimálny krok rozlíšenia je 1 μm , maximálny polomer kruhového oblúka je 10 m, počet bitov vnútorných registrov je 24. Obvod je zapuzdrený do puzdra DIL 24.



Obrázok 10. PZIO TESLA MHI 102 pre HW násobenie dvoch 8-bitových binárnych čísel

B.3. Vývoj a výroba hybridných integrovaných obvodov (HIO) v ZVT BB závod Námestovo

3.1. Výroba pasívnych hrubovrstvových HIO

Z VUAP Praha bola do závodu ZVT Námestovo prevedená laboratórna výroba pasívnych hybridných integrovaných obvodov (HIO), založená na tzv. hrubovrstvovej technológii. Na keramickú doštičku sa sieťotlačou vodivou pastou vytvorila prepojovacia sieť a odporovými pastami sa vytvorili jednotlivé odpory (rezistory). Vytvorená prepojovacia sieť a rezistory sa potom vypaľovali za vysokej teploty. Rezistory sa v prípade potreby dostavovali na presnú hodnotu laserom.

Po prípadnom predbežnom testovaní sa na vyrobené HIO nanášala ochranná pasivačná vrstva, realizovala sa potlač a prípadné finálne testovanie. Typicky mali tieto HIO vývody na jednej strane puzdra. V závode ZVT Námestovo sa technológia výroby postupne rozširovala a zdokonaľovala na serióznu priemyselnú výrobu.

3.2. Výroba aktívnych hrubovrstvových HIO

Výroba aktívnych hrubovrstvových HIO bola realizovaná náročnejšou technológiou. Dá sa povedať, že sa jednalo o kombináciu klasickej hrubovrstvovej technológie HIO, technológie SMT a technológie montáže čipov IO do keramických puzdier. Typicky sa touto technológiou realizovali HIO, ktoré obsahovali jeden alebo viac čipov IO, ktorých vývody sa pripájali profesionálnymi kontaktovačkami, známymi z výroby IO.

Mimo čipov IO sa na keramickú podložku montovali aj čipy diód a rezistory a kondenzátory pre SMT montáž. Ich vnútorné prepojenia sa realizovali klasickou hrubovrstvou technológiou. Tieto HIO sa štandardne montovali do puzdier s dvoma radmi vývodov (DIL).