

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,  
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



## ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Přístrojové komunikační rozhraní IMS-1  
a IMS-2/GPIB

Sezimovo Ústí, 2015

Autor: Vojtěch Kodad





## ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Vojtěch Kodad**  
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy  
Název práce: **Přístrojové komunikační rozhraní IMS-1  
a IMS-2/GPIB**  
Anglický název práce: **Instrumental communication interface IMS-1  
and IMS-2/GPIB**

### Zásady pro vypracování:

1. Popište technickou specifikaci přístrojových rozhraní IMS-1 a IMS-2/GPIB.
2. Specifikujte parametry, komunikační protokoly a zapojení konektorů obou komunikačních rozhraní, uveďte typická zapojení rozhraní u vybraných měřicích přístrojů.
3. Rozeberte možnost spolupráce mezi oběma rozhraními.
4. Popište technické parametry a typické aplikace čítače Tesla BM 526 a vektorového analyzátoru Tesla BM 553.
5. Navrhněte převodník pro spolupráci čítače BM 526 (rozhraní IMS-1) a vektorového analyzátoru BM 553 (rozhraní IMS-2).
6. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.

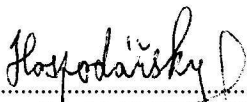
### Doporučená literatura:

- [1] ČSN 35 6521: Elektronické měřicí přístroje. Interfejs IMS-1. Logické a elektrické podmínky, informační, řídicí a programové signály. Praha, FÚNM 1983.
- [2] ČSN 35 6522: Elektronické měřicí přístroje. Stykový systém IMS-2. Praha, FÚNM 1984.
- [3] Univerzální čítač BM 526. Instrukční knížka. Brno, Tesla Brno 1984.
- [4] Vektorový analyzátor BM 553. Instrukční knížka. Brno, Tesla Brno 1991.


Vedoucí práce: Bc. et Bc. Miroslav V. Hospodářský, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí  
Odborný konzultant práce: Ing. Jiří Bumba, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí  
Oponent práce: Ing. Antonín Juránek, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí

Datum zadání absolventské práce: **1. 9. 2014**

Datum odevzdání absolventské práce: **7. 5. 2015**

  
Bc. et Bc. M. V. Hospodářský  
(vedoucí práce)



  
Ing. František Kamlach  
(ředitel školy)



## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb. , o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Sezimově Ústí dne 7.5.2015

Kodad  
podpis

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat především mému vedoucímu panu Bc. et. Bc. Miroslavu Hospodářskému za cenné rady, připomínky a výborné vedení, díky kterému jsem zvládl dokončit svou absolventskou práci, která má název „Přístrojové komunikační rozhraní IMS-1 a IMS-2/GPIB“ v řádném termínu. Dále bych poděkoval své přítelkyni za podporu a pomoc. Také chci poděkovat své rodině za podporu jak při studiu, tak i při psaní samotné absolventské práce.

## Anotace

Moje práce pojednává o kmitočtovém čítači BM 526, jeho rozhraní IMS-1, vektorovém analyzátoru BM 553 a jeho rozhraní IMS-2/GPIB. Cílem této práce je seznámit čtenáře s technickými specifikacemi uvedených přístrojů a s jejich rozhraními a také navrhnout převodník pro spolupráci čítače BM 526 a vektorového analyzátoru BM 553.

**Klíčová slova:** IMS-1, IMS-2, GPIB, EMS, styková funkce, stykový obvod, sběrnice, převodník IMS-1/IMS-2, informační slovo

## Annotation

My work is about the frequency counter BM 526, its interface IMS-1 and about the vector analyzer BM 553 and its interface IMS-2/GPIB. The aim of this work is to introduce to readers the technical specifications of the mentioned devices and their interfaces and also to design interface for collaboration of the BM 526 counter and BM 553 vector analyzer.

**Key words:** IMS-1, IMS-2, GPIB, EMS, interface function, interface, interface bus, IMS-1/IMS-2 converter, informational word





# Obsah

Seznam použitých symbolů	xi
Seznam obrázků	xiii
<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2 Informačně měřicí systém 1. generace (IMS–1)</b>	<b>3</b>
2.1 Charakteristika systému	3
2.2 Logické a elektrické podmínky	4
2.2.1 Číslicové řídicí, informační a programové signály	4
2.2.2 Analogové informační signály	6
2.2.3 Analogové programové signály	6
2.3 Informační, řídicí a programové signály	6
2.3.1 Druhy signálů	6
2.3.2 Řídicí signály	7
2.3.3 Informační signály: J–signály	11
2.3.4 Programové signály: P–signály	12
2.4 Popis konektoru rozhraní	13
2.4.1 Konektory	13
2.4.2 Obsazování konektorů číslicovými J–signály	14
2.4.3 Obsazování konektorů řídicími signály	16
2.4.4 Obsazování konektorů číslicovými P–signály	16
2.4.5 Propojovací kabely	16
<b>3 Informačně měřicí systém 2. generace (IMS–2)</b>	<b>17</b>
3.1 Charakteristika systému	18
3.2 Logické a elektrické podmínky	22
3.3 Popis řídicích signálů, režimy provozu	26

3.3.1	Používané dálkové zprávy . . . . .	30
3.3.2	Stykové funkce . . . . .	31
3.4	Komunikační protokol a přejímka dat . . . . .	35
3.4.1	Požadavky na sestavení systému . . . . .	35
3.4.2	Přiřazení adres . . . . .	35
3.4.3	Omezení pro kabeláž . . . . .	37
3.4.4	Operační postup při řízení přenosu dat . . . . .	38
3.5	Popis používaných konektorů . . . . .	42
3.5.1	Všeobecné požadavky . . . . .	42
3.5.2	Národní varianty konektorů . . . . .	44
<b>4</b>	<b>Universální čítač Tesla BM 526</b>	<b>49</b>
4.1	Popis přístroje a rozsah využití . . . . .	49
4.2	Technické parametry . . . . .	53
4.2.1	Měření kmitočtu . . . . .	53
4.2.2	Měření periody a její průměrné hodnoty . . . . .	54
4.2.3	Prosté sčítání . . . . .	54
4.2.4	Dělení kmitočtu . . . . .	55
4.2.5	Časová základna . . . . .	56
4.2.6	Měrné kmitočty . . . . .	56
4.2.7	Interface . . . . .	56
4.2.8	Všeobecné údaje . . . . .	58
4.2.9	Pracovní podmínky . . . . .	58
4.3	Systémový provoz přístroje . . . . .	62
<b>5</b>	<b>Vektorový analyzátor Tesla BM 553</b>	<b>63</b>
5.1	Popis přístroje a rozsah využití . . . . .	63
5.2	Technické parametry . . . . .	65
5.2.1	Měření napětí . . . . .	65
5.2.2	Měření poměru napětí . . . . .	66
5.2.3	Měření fáze . . . . .	66
5.2.4	Měření $R, L, C$ . . . . .	67
5.2.5	Měření $S$ -parametrů . . . . .	67
5.2.6	Měření impedance $Z$ a admittance $Y$ . . . . .	67
5.2.7	Měření skupinového zpoždění $\tau$ . . . . .	68

5.2.8	Zobrazení údajů . . . . .	68
5.2.9	Měrné výstupy . . . . .	68
5.2.10	Technické údaje základního příslušenství . . . . .	69
5.2.11	Pracovní podmínky . . . . .	70
5.2.12	Všeobecné údaje . . . . .	70
5.3	Systémový provoz přístroje . . . . .	70
5.3.1	Připojení přístroje do systému . . . . .	72
5.3.2	Nastavení adresy . . . . .	72
5.3.3	Vlastní programování přístroje BM 553 . . . . .	72
5.3.4	Režim vyžádání obsluhy . . . . .	76
5.3.5	Stavové slovo . . . . .	77
5.3.6	Chybovník BM 553 . . . . .	77
<b>6</b>	<b>Návrh převodníku IMS–1/IMS–2 pro čítač BM 526</b>	<b>79</b>
6.1	Návrh stykových funkcí vhodných pro realizaci v čítači BM 526 . . . . .	79
6.2	Ověření kompatibility stykových funkcí BM 526 a BM 553 . . . . .	81
6.3	Ideový návrh převodníku IMS–1/IMS–2 pro čítač Tesla BM 526 . . . . .	82
6.3.1	Obvod jednotkové vstupní zátěže . . . . .	85
6.3.2	Obvod sčítačky . . . . .	86
6.3.3	Obvod multiplexoru dat . . . . .	87
6.3.4	Sdružený obvod přijímače, vysílače a slabikové paměti . . . . .	89
<b>7</b>	<b>Závěr</b>	<b>91</b>
	<b>Literatura</b>	<b>93</b>
<b>A</b>	<b>Obsah příloženého CD/DVD</b>	<b>I</b>
<b>B</b>	<b>Použitý software</b>	<b>III</b>
<b>C</b>	<b>Časový plán absolventské práce</b>	<b>V</b>



# Seznam použitých symbolů

Symbol	Význam	Jednotka
$I$	elektrický proud	A
$U$	elektrické napětí	V
$f$	frekvence	Hz
$R$	odpor	$\Omega$
$Z$	impedance	$\Omega$
$X$	reaktance	$\Omega$
$Y$	admitance	$\Omega$
$t$	čas	s
$C$	elektrická kapacita	F
$t$	teplota	$^{\circ}\text{C}$
$\tau$	skupinové zpoždění	s



# Seznam obrázků

3.1	Evropský 25pólový konektor Canon (konektor IEC 625) . . . . .	17
3.2	Americký 24pólový konektor Amphenol (konektor IEEE 488) . . . . .	18
3.3	Propojení jednotlivých druhů jednotek se sběrnici IMS-2 . . . . .	21
3.4	Handshake . . . . .	22
3.5	Stejnoseměrná zatěžovací charakteristika . . . . .	24
3.6	Typické uspořádání vstupních a výstupních obvodů . . . . .	25
3.7	Sběrnice IMS-2 . . . . .	28
3.8	Stykové funkce . . . . .	32
3.9	Nastavení adresy přepínačem DIL . . . . .	36
3.10	Konektory I . . . . .	45
3.11	Konektory II . . . . .	46
4.1	Čítač BM 526 . . . . .	49
4.2	Přední panel přístroje BM 526 . . . . .	50
4.3	Zadní panel přístroje BM 526 . . . . .	52
5.1	BM 533 . . . . .	64
5.2	Struktura zprávy BM 553 . . . . .	73
5.3	Složení stavového bajtu . . . . .	76
6.1	Obvod jednotkové vstupní zátěže . . . . .	85
6.2	Ideový návrh obvodu sčítačky . . . . .	86
6.3	Ideový návrh obvodu multiplexoru dat . . . . .	88
6.4	Ideový návrh sdružené jednotky přijímače, vysílače a slabikové paměti . .	90





# Kapitola 1

## Úvod

V dnešní době jsou rozhraní (především IMS-1) zmiňované v této práci málo známé, a téměř nikde o nich nejsou zmínky. Rozhodně nejsou nikde popsány takovým způsobem, aby si člověk mohl koupit jednu knihu a z té se všechno dozvěděl. Rozhraní jsou popisována pouze v základních manuálech a normách. Proto jsem se rozhodl informace z těchto dvou a mnoha dalších zdrojů spojit a rozhraní popsat ve své absolventské práci na téma „Přístrojové komunikační rozhraní IMS-1 a IMS-2/GPIB“.

Motivací k řešení tohoto problému je převážně to, že dodnes nikde nejsou přístroje, zmiňované v této práci, takto podrobně a hlavně pohromadě popsány. Dále mě k této problematice motivoval můj vedoucí práce pan Bc. et. Bc. Hospodářský, jelikož jí sám chtěl řešit, aby si mohl doma zdokonalit svou laboratoř. Další motivací je i to, že tyto přístroje jsou málo známé navzdory tomu, že jsou použitelné v mnoha případech jako například při měření obvodů v radiotechnice. Z tohoto důvodu bych chtěl alespoň tímto způsobem seznámit ostatní čtenáře o daných přístrojích BM 526, BM 553 a sběrnicových systémech IMS-1 a IMS-2/GPIB.

**Cílem** práce je pojednat o kmitočtovém čítači BM 526, který je popsán v kap. 4, jeho rozhraní IMS-1, které je popsáno v kap. 2, vektorovém analyzátoru BM 553, popisovaném v kap. 5 a jeho rozhraní IMS-2/GPIB, které je popsáno v kap. 3. Další důležitou částí této práce je seznámit čtenáře s technickými specifikacemi uvedených přístrojů a jejich rozhraními a také blokově navrhnout převodník pro spolupráci čítače BM 526 a vektorového analyzátoru BM 553. Návrh převodníku pro spolupráci přístrojů je v kap. 6.

**Struktura** této práce je následující. Kapitola 2 pojednává o IMS-1 (informačně měřicí systém první generace). V této kapitole si můžete přečíst něco o historii, využití a základních technických parametrech této přístrojové sběrnice. V kapitole 3 se dozvíte základní informace o využití a technických parametrech IMS-2/GPIB (informačně měřicí

system druhé generace/General Purpose Interface Bus). V další kapitole 4 je popsán samotný kmitočtový čítač BM 526, jeho technické parametry a provoz přístroje. Následující kapitola 5 pojednává o vektorovém analyzátoru 553, jeho základních technických parametrech, provozu a jeho využití. Poslední kapitola 6 pojednává o samotném propojení kmitočtového čítače BM 526 s rozhraním IMS-1 a vektorového analyzátoru BM 553 s rozhraním IMS-2.

# Kapitola 2

## Informačně měřicí systém

### 1. generace (IMS–1)

Jak je uvedeno v (*Modulární systémy pro sběr a zpracování dat: CAMAC, IMS, 1977.*) jedinou cestou k zlepšení efektivnosti v oblasti měření je automatizace měřicího procesu a racionální využívání měřicích přístrojů. Oba tyto požadavky jsou základním faktorem pro koncepci modulárních automatizovaných měřicích systémů. Stupeň modularity a automatizace musí být v určitém ekonomicky nejvýhodnějším poměru vzhledem k oblasti nasazení. Navíc tato koncepce přináší velké možnosti pro využití mezinárodní specializace a kooperace výroby.

#### 2.1 Charakteristika systému

Pod pojmem informační měřicí systém se rozumí souhrn funkčních jednotek, vyhovujících požadavkům základní koncepce tohoto systému. Koncepce systému vymezuje oblast jeho použití a je založena na dvou základních principech, viz (*Modulární systémy pro sběr a zpracování dat: CAMAC, IMS, 1977.*):

- Úkolem systému je získat informaci o měřeném objektu a možnostech zpracování této informace do optimální formy obvykle bez zpětnovazební smyčky na měřený objekt.
- Do systému vstupují funkční jednotky či přístroje, které jsou schopny pracovat samostatně. Jejich spolupráce je zajištěna unifikací potřebných stykových elektrických

a konstrukčních rovin, to je jednotným interfejsem.

První generace systému IMS—1 vznikala kolem r. 1970 (v r. 1973 bylo přijato první doporučení zemí RVHP pod ozn. RS 2826–73) a vycházela ze současných potřeb charakterizovaných méně složitými měřicími úlohami. Základní propojování funkčních jednotek v systému IMS–1 je tvořeno formou řetězce, kde každá funkční jednotka má přímé spojení pouze s jednotkou předcházející a následující. Metodika fyzického propojení a logická návaznost signálů sběrnice IMS–1 přesahuje charakter této práce; bližší údaje lze nalézt v normě ČSN 35 6521. Technické nároky na funkční jednotky nejsou o mnoho vyšší než u běžně používaných samostatných přístrojů a také není třeba náročná ústřední řídicí jednotka.

## 2.2 Logické a elektrické podmínky

### 2.2.1 Číslicové řídicí, informační a programové signály

- Logická „0“ — od 0 do 0,4 V na výstupech.
- Logická „0“ — od 0 do 0,8 V na vstupech.
- Logická „1“ — od 2,4 do 5,5 V na výstupech.
- Logická „1“ — od 2,0 do 5,5 V na vstupech.

V technicky odůvodněných případech je dovoleno používat prvky s horní mezí logické „1“ max. 4,5 V. Dané úrovně napětí se měří vzhledem k „logické zemi“ na stanoveném kontaktu.

**Koeficienty zatížení přístrojů musí odpovídat následujícím hodnotám:**

1. Koeficient zatížení na výstupu přístrojů musí být minimálně 5 ( $N_{\text{out}} \geq 5$ )

- Realizované  $N_{\text{out}}$  se vypočítává ze vztahu:

$$N_{\text{out}} = \frac{I_N}{I_{\text{in}}}$$

- kde  $I_{\text{in}} = 1,6 \text{ mA}$ , je jednotlivý proud zátěže, vzniklý připojením jednoho vstupu;  $I_N$  je maximální přípustný proud na kontaktu výstupu.

- Hodnota  $N_{\text{out}}$  musí být uvedena v dokumentaci pro uživatele na FJ(P).
2. Koeficient zatížení na vstupu přístroje musí být maximálně 2 ( $N_{\text{in}} \leq 2$ ).
    - Realizované  $N_{\text{in}}$  se vypočítává ze vztahu
 
$$N_{\text{in}} = \frac{I_{\text{M}}}{I_{\text{in}}}$$
      - kde  $I_{\text{in}} = 1,6 \text{ mA}$ ,  $I_{\text{M}}$  je proud jdoucí ze vstupu.
      - Hodnota  $N_{\text{in}}$  musí být uvedena v dokumentaci pro uživatele FJ(P).
  3. Při zapojení několika vstupů je nezbytné na výstupu zachovat následující podmínky připojení:

**Časové charakteristiky musí odpovídat následujícím hodnotám:**

1. Doba trvání funkce FJ(P) musí být minimálně 3000 ns ( $t_{\text{F}} \geq 3000 \text{ ns}$ ).
  - Z toho je patrné, že minimální doba trvání pro signály (M1), (M2), (M4) představuje 3000 ns. Hodnota  $t_{\text{F}}$  musí být uvedena v dokumentaci pro uživatele FJ(P). Doba trvání signálů (M1), (M5) a speciálních řídicích signálů musí být minimálně 3000 ns ( $t \geq 3000 \text{ ns}$ ). V uzavřeném podsystému FJ(P) pro rychlý sled měření je dovoleno libovolné zkrácení doby trvání funkce. Jestliže taková FJ(P) může pracovat s druhými, jež nejsou zahrnuty do daného podsystému FJ(P), pak to musí být uvedeno v dokumentaci pro uživatele.
2. Výstupní charakteristiky musí zajišťovat dobu ustanovení řídicích signálů (=10) maximálně 50 ns při ekvivalentní zátěži  $R = 5,1 \text{ k}\Omega$  a  $C = 15 \text{ pF}$  (při odpojeném kabelu).
  - Číslicové J-signály musí být přivedeny na výstupní minimálně o 100 ns dříve, než je vyslán kontrolní signál (M2).
3. Vstupní charakteristiky musí zaručovat spolehlivé zpracování přicházejících řídicích signálů, které uskutečňují přechod (=10) za dobu  $t \leq 1000 \text{ ns}$ .

Odolnost vstupů proti rušení povelových signálů a speciálních povelových signálů musí být taková, aby záporné impulsy a impulsy s dobou trvání  $t \leq 1 \mu\text{s}$  neměly vliv na FJ(P).

Dovoluje se realizace P-signálů pomocí zemnicího kontaktu, připojeného k „logické zemi“.

### 2.2.2 Analogové informační signály

Používají se následující napěťové rozsahy (údaje bez závorek používat přednostně):

- Od 0 do +100 mV.
- Od 0 do +1 V.
- Od 0 do +10 V.
- (Od -100 mV do +100 mV).
- (Od -1 V do +1 V).
- (Od -10 V do +10 V).

### 2.2.3 Analogové programové signály

Používají se následující napěťové rozsahy:

- Od 0 do +10 V.
- Od -10 v do +10 V.

## 2.3 Informační, řídicí a programové signály

### 2.3.1 Druhy signálů

Podle funkčního určení se signály dělí na:

1. řídicí (diskrétní);
2. informační (číslicové, analogové);
3. programové (číslicové, analogové).

Smluvené označení a názvy jsou uvedeny v následující tabulce, tab. 2.1

Tabulka 2.1: Označení a názvy signálů

Smluvené označení	Název	Určení
(X)	Signál	Písmeno v závorkách charakterizuje druh signálu: např. povelový signál (B). Několik signálů stejného druhu, ale různého účelu se rozlišují pomocí pořadových čísel, např. povelový signál (B1)
X	Kontakt	Smluvené označení kontaktů musí být shodné se smluveným označením signálů v závorkách, který prochází přes kontakt, např. B1.
=01	Přechody úrovní	Například (M2) = 01
=01	Stavy úrovní	Například (M2) = 01

### 2.3.2 Řídicí signály

V FJ(P) se používají následující řídicí signály:

1. povelové B–signály;
2. kontrolní M–signály.

Smluvená označení a účel řídicích signálů je uveden v následující tabulce, tab. 2.2

M–signály jedné FJ(P), které zapojují FJ(P) do systému, se mohou používat jako B–signály pro druhé FJ(P).

FJ(P) může mít několik řídicích signálů jednoho druhu, pak se řídicí signály rozlišují. Je dovoleno používat jen část řídicích signálů.

Tabulka 2.2: Smluvená označení a účel řídicích signálů

Smluvené označení	Určení
(B0)	Signál, který uvádí FJ(P) do základního stavu
(B1)	Signál, který připravuje FJ(P) na provedení určité funkce FJ(P)
(B2)	Signál, který vyvolává počátek provádění určité funkce FJ(P)
(B4)	Signál, který vyvolává funkci (stanovenou výrobcem) následkem přijatého signálu (M4)
(B5)	Signál, který oznamuje, že programové signály jsou platné
(B6)	Signál, který se používá k přepnutí FJ(P) z režimu „místního řízení“ do režimu „dálkového řízení“
(M1)	Signál, který oznamuje, že probíhá měření a (nebo) zpracování informačního signálu na vstupu FJ(P), a nedovoluje změnu informačního signálu
(M2)	Signál, který oznamuje, že FJ(P) ukončilo provádění své funkce a informační signály na jejím výstupu jsou platné
(M3)	Signál, který oznamuje přerušování provádění funkce FJ(P) z důvodu vady (poruchy)
(M4)	Signál, který oznamuje výskyt chyby v informačních signálech, vyslaných nebo přijatých FJ(P)
(M5)	Signál, který oznamuje čekání na programové signály na vstupu FJ(P) a nedovoluje jejich změnu do okamžiku, kdy poslední FJ(P) řady neskončila svoji činnost.

1. Signály (B1) a (B2) podle účinku na řídicí obvod jsou rovnocenné. Signály (B1) a (B2) mohou být impulsní, neboť jejich délka je  $\tau \geq 3\mu s$ .
2. Pod pojmem řízení při signálu (B6) se rozumí volba režimu činnosti funkce FJ(P) atd.
3. Signál (M4) musí být vytvořen takovým způsobem, aby zajistil spojení „montážního NEBO“.
4. Signál (M5) se používá jen v FJ(P) se vstupní pamětí pro P-signály. Při FJ(P) bez paměti pro programové signály se poslední signál nesmí měnit do té doby, dokud



celá řada FJ(P) neskončila svoji činnost; v tom případě signál (M2) poslední FJ(P) v řadě může být používán místo signálu (M5).

Při spojeních FJ(P) signál (B0) musí být přiveden současně na všechny FJ(P) a uchováván do toho okamžiku, dokud FJ(P) nejsou uvedeny do základního stavu. FJ(P), přijímající signály (B0), musí být schopny sami generovat signál (B0).

**V FJ(P) se mohou používat následující speciální řídicí signály:**

1. speciální povelové;
2. speciální kontrolní.

Tyto signály nemají vliv na funkci a činnost řídicích signálů uvedených v předchozí tabulce (tab. 2.2).

Pro číslování speciálních řídicích signálů může výrobce používat libovolné číslo, začínaje od 20, např. (B20), (M41) atd. Výrobce musí ale stanovit vnitřní činnost speciálních řídicích signálů na funkci a (nebo) jiné signály. V dokumentaci pro FJ(P) musí být uvedeny tyto speciální řídicí signály a jejich účel.

**Logické stavy řídicích signálů:**

Tabulka 2.3: Logické stavy řídicích signálů

Smluvené označení signálu	Vysvětlení činnosti	Logický stav
(B0)	Bez vlivu na FJ(P)	=1
	FJ(P) se nachází v určitém stavu a je blokována	=0
(B1)	FJ(P) není připravena ke spuštění	=1
	FJ(P) je připravena ke spuštění	=0
(B2)	Spuštění FJ(P) neuskutečněno	=1
	Spuštění FJ(P) uskutečněno, pakliže byla připravena (M1) nebo po přenosu signálu (B0)	=0
(B4)	Výrobce stanovená činnost se nevyvolá	=1
	Výrobce stanovená činnost se vyvolá	=0
(B5)	Programové signály jsou neplatné	=1
	Programové signály jsou platné	=0
(B6)	FJ(P) nastavena na místní řízení	=1
	FJ(P) nastavena na dálkové řízení	=0
(M1)	Informační signály na vstupu FJ(P) nejsou žádány nebo nejsou vyhodnocovány	=0
	Informační signály na výstupu FJ(P) probíhají; není dovolena změna stavu těchto signálů	=1
(M2)	Informační signály na výstupu FJ(P) jsou platné, není dovolena změna stavu těchto signálů	=0
	Informační signály na výstupu FJ(P) nejsou platné	=1
(M3)	FJ(P) připravena k činnosti	=1
	FJ(P) není připravena k činnosti (například porucha)	=0
(M4)	Informace bez chyb	=1
	Informace s chybami	=0
(M5)	Programové signály na vstupu FJ(P) lze měnit	=0
	Programové signály na vstupu se nesmí měnit	=1

### 2.3.3 Informační signály: J–signály

Číslicové J–signály musí být uchovány během celé operace přenosu a musí být vysílány paralelně.

Tabulka 2.4: Vzájemné působení J-signálů

Signály	(M1)	(M2)	(M3)	(M4)	(M5)
(B0)=0	0	1	1	1	0
(B1)=10	-	1	-	-	-
(B2)=10	1	-	-	-	-
(B4)=10	+	+	+	+	+
(B5)=0	-	-	-	-	1
(B6)=1 nebo 0	+	+	+	+	+

Pozn.: Znak „-“ značí, že signály nepůsobí jeden na druhý. Znak „+“ značí, že vzájemný vliv signálů je stanoven výrobcem. Bližší podrobnosti lze nalézt v (*ČSN 35 6521: Elektronické měřicí přístroje: Interfejs IMS–1: Logické a elektrické podmínky, informační, řídicí a programové signály*, 1983.).

**Pro kódování číslicových J–signálů jsou dovoleny následující kódy:**

1. Dvojkově-desítkový kód (8–4–2–1 přednostně používat)
2. Dvojkový kód — pro FJ(P) s rychlým sledem měření
3. 7-bitový kód ISO — pro abecedně–číslíkové zobrazení signálů
4. Kód „1 z n“ pro speciální případy (například třídič)

**V sestavě číslicových J–signálů mohou být zahrnuty následující údaje:**

1. základní měrová jednotka;
2. předpona pro desetinný násobek základní měrové jednotky (mikro, mili, atd.);
3. přeplnění, přetížení, kalibrovaná veličina;
4. znaménko mantisy;
5. mantisa;

6. desetinná čárka;
7. rozdělovač (E);
8. znaménko stupně;
9. stupeň.

Pozn.: Informace nemusí obsahovat všechny uvedené údaje, ale může obsahovat i doplňující údaje. Pro různé údaje číslicové informace se doporučuje používat jednotné kódování.

**Pro kódování číslicových J–signálů je nezbytné využívat zúženou část 7–bitového kódu ISO (sloupce 2 až 5 předchozí tabulky), tab. 2.4:**

1. kódování čísel — podle sloupce 3;
2. kódování písmenových symbolů — podle sloupců 4 a 5;
3. kódování jednoduchých symbolů — podle sloupců 2 a 3;

Pro označování fyzikálních veličin je nezbytné používat písmenové symboly. Písmenový symbol musí souhlasit s normovaným písmenovým označením, používaným pro označení zkratky příslušné fyzikální veličiny nebo jejího rozměru. Pro označení fyzikálních veličin a rozměrů nelze používat symbol E.

Délka slova číslicových J–signálů není omezena. Je stanovena výrobcem a uvádí se v dokumentaci pro uživatele, viz například (*Univerzální čítač BM 526: Instrukční knížka*, 1984.)

### 2.3.4 Programové signály: P–signály

**Programování se může uskutečňovat v následujících variantách:**

1. Řídicí signál (B5) — oznamovací signál -- sděluje FJ(P), že programové signály jsou na vstupu FJ(P) a že FJ(P) může začít programování. Automatika uvnitř FJ(P) signalizuje ukončení programování v FJ(P) a dovoluje spuštění funkce.
2. Programové signály přicházejí na vstup FJ(P) (v okamžiku  $T^0$ ). Po určité době  $\Delta I$  přichází řídicí signál (B5) — sledovací signál, který povoluje spuštění funkce.

3. Jeden z řídících signálů, např. signál (B2), sděluje FJ(P), že programové signály jsou přivedeny na vstup FJ(P) a FJ(P) může začít programování. Automatika uvnitř FJ(P) spouští funkci (po programování).

Pozn.: Jestliže FJ(P) nemá paměť pro P-signály, pak tyto P-signály musí být na vstupech dané FJ(P) až do skončení funkce. V režimu „dálkového řízení“ se musí zablokovat prvky „místního řízení“.

Dovoluje se používat doplňkové řídící signály pro programování. P-signály mohou být číslicové a analogové. Jestliže FJ(P) má paměť pro P-signály, lze odpojit P-signály od vstupů FJ(P) po (M5) = 10.

**Pro kódování číslicových P-signálů jsou povoleny následující kódy:**

1. dvojkově-desítkový kód (8-4-2-1 -- zvolen k používání);
2. dvojkový kód;
3. 7-bitový kód ISO.

V dokumentaci pro uživatele na FJ(P) musí být uveden počet a použití P-signálů a také stavba programového slova, je-li používáno.

## 2.4 Popis konektoru rozhraní

### 2.4.1 Konektory

#### Konektory pro číslicové J-signály

Pro FJ(P) se doporučuje používat konektory v provedení VIII-I 39-kontaktní.

Pro vstupy J-signálů se používají zástrčkové lišty. Pro výstupy J-signálů se používají zásuvkové lišty.

#### Konektory pro analogové J-signály

Doporučují se konektory BNC 50  $\Omega$  v souladu s doporučením IEC 159 (IEC-50-3-a, b). Dále se dovolují konektory v provedení VII-I IX-I (4-, 6-, 2-kontaktní, aretace koaxiálních konektorů). V technicky odůvodněných případech je dovoleno používání speciálních konektorů (např. pro techniku ochranných stínění).

### Konektory pro řídicí signály

Na FJ(P) je doporučeno používat koaxiální konektory v provedení VII-I, VIII-I, IX-I (4-, 6-, 2-kontaktní, aretace koaxiálních konektorů). Přívod a vývod signálů je nezbytné uskutečňovat pomocí koaxiálních zásuvek (zásuvkové lišty).

Je dovoleno přivádět a (nebo) vyvádět speciální řídicí signály společně přes jednu montážní lištu.

### Konektory pro číslicové P-signály

Pro FJ(P) je doporučeno používat konektory typu VIII-I 39-kontaktní.

Pro vstupy P-signálů se používají zástrčky. Pro výstupy P-signálů se používají zásuvky.

### Konektory pro analogové P-signály

Pro FJ(P) se doporučuje používat:

1. BNC  $50\ \Omega$  v souladu s publikací IEC 159 (IEC-50-3-a, b) – používat přednostně
2. koaxiální konektory v provedení VII-I, VIII-I, IX-I (4-, 6-, 2-kontaktní, aretace koaxiálních konektorů) — dovoluje se používat.

V technicky odůvodněných případech je dovoleno používání speciálních konektorů (například pro techniku ochranných stínění).

Také je dovoleno přivádět a (nebo) vyvádět řídicí signály přes nízkofrekvenční svorky společně s informačními programovými signály.

## 2.4.2 Obsazování konektorů číslicovými J-signály

### Obsazování při použití kódu BCD 8-4-2-1

Kontakty je třeba popisovat v běžném číslování počínaje od nejnižšího desetinného řádu (řád  $10^0$  obecné informace). Pomocí číslic 0 až 9 se šifrují v BCD kódu jak číslice, tak i ostatní údaje<sup>1</sup>, např. znak měřené veličiny, označení stupně, řád základního rozměru, základní rozměr, doplňkové informace k měřené veličině.

V tab. 2.5 je uveden příklad obsazování konektoru v provedení VIII-I, 39-kontaktní.

---

<sup>1</sup>ČSN 35 6521: Elektronické měřicí přístroje: Interfejs IMS-1. Praha, FÚNM 1982, Informační příloha 3, tabulka 8, 9.

Tabulka 2.5: Kontakty

Kontakt	Desetinný řád obecné informace	Řád
A1	1	1
A2		2
A3		4
A4		8
A5	2	1
A6		2
A7		4
A8		8
A9	3	1
A10		2
A11		4
A12		8
A13	stínění	
B1	4	1
B2		2
B3		4
B4		8
B5	5	1
B6		2
B7		4
B8		8
B9	6	1
B10		2
B11		4
B12		8
B13	Vztažný potenciál nebo kontakt pro obvod identifikování nepřipojených vstupů J-signalů (jestliže je v FJ(P))	
C1	7	1
C2		2
C3		4
C4		8
Od C5 do C13	Vztažný potenciál	

Neobsazené kontakty na výstupu je třeba připojit k vztažnému potenciálu.

### Obsazování při použití kódu „1 z $n$ “

Kontakty je třeba obsazovat v běžném číslování počínaje od nejnižšího řádu podle tab. 2.5.

### Obsazování při použití dvojkového kódu

Kontakty je třeba obsazovat v běžném číslování počínaje nejnižším dvojkovým řádem dle tab. 2.5.

## 2.4.3 Obsazování konektorů řídicími signály

Obsazování konektorů provedení VIII-I (6-kontaktní aretace koaxiálních konektorů) je uvedeno v tab. 2.6.

Tabulka 2.6: Obsazování kontaktů

Číslo kontaktu	Kontakt	Signál
1	B0	(B0)
2	B0	(B0)
3	B1	(B0)
4	B2	(B2)
5	M1	(M1)
6	M2	(M2)

Z důvodu propojení FJ(P) s dalšími FJ(P) musí mít každá FJ(P) dva kontakty B0.

## 2.4.4 Obsazování konektorů číslicovými P–signály

Obsazování konektorů číslicovými P–signály se provádí v souladu s tab. 2.6, viz například (*Univerzální čítač BM 526: Instrukční knížka*, 1984.).

## 2.4.5 Propojovací kabely

Typy kabelů jsou stanoveny výrobcem. Doporučuje se používat stíněné kabely.

V technické praxi je nezbytné uvést používané typy konektorů a jejich obsazování signály.

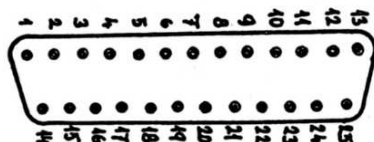


# Kapitola 3

## Informačně měřicí systém

### 2. generace (IMS–2)

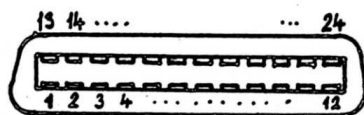
Kvalitativní skok v koncepci systému představuje druhá generace IMS–2, a to ze všech základních hledisek – logiky systému, realizace elektrických obvodů a konstrukčního řešení. Informačně měřicí systém 2. generace, v České republice označovaný IMS–2, je zaveden normou ČSN 35 6522. V zemích Evropské Unie bývá označován jako systém GPIB, což je zkratka z anglického označení General Purpose Interface Bus (lze volně přeložit jako Všeobecná přístrojová sběrnice), a je zaveden normou IEC 625. V USA je systém označován taktéž jako GPIB, ale je normalizován standardem IEEE 488.



Obrázek 3.1: Evropský 25pólový konektor Canon (konektor IEC 625)

Jak uvádí autor (ČTVRTNÍK, V., 1991.) lze v tomto sběrnicovém měřicím systému propojit až 16 jednotek na jedné sběrnici. Uživatel může sestavit EMS (elektronický měřicí systém) podle vlastních potřeb od nejjednoduššího o dvou jednotkách až po hierarchické systémy s několika počítači a sběrnici podle IEEE – 488.2 (Extended Bus System). Délka propojovacích kabelů jedné sběrnice nemá překročit 20 m. Maximální přenosová rychlost je až 1 Mbyte/s. Užívá se 7bitových ASCII znaků, negativní TTL logiky, tzn. že logická „0“ odpovídá úrovni H (+3,5 – 5 V) a logické „1“ úroveň L (0 V až + 0,8 V). Americká a evropská norma se liší jen použitým konektorem sběrnicového kabelu. Evropská

užívá 25pólového, zatímco americká má speciální 24pólový. Vlastní sběrnicový kabel má v evropském provedení navíc stíněné řídicí vodiče, je tedy vhodnější pro EMS pracující v silně rušeném prostředí.



Obrázek 3.2: Americký 24pólový konektor Amphenol (konektor IEEE 488)

Z hlediska logiky systému je oproti IMS-1 hlavní inovací zavedení efektivnějšího typu propojování funkčních jednotek v systému spolu s optimálním způsobem přenosu dat. Zvolená cesta je v souladu se světovým trendem v této oblasti, představovaným příslušným doporučením IEC. Technická komise TC 66 IEC zpracovala toto doporučení v mimořádně krátké době dvou let, což potvrzuje důležitost a ožehavost řešení technických problémů v oblasti měřicích systémů. Doporučení IEC 625 vychází z koncepce firmy Hewlett-Packard a jeho pokrokovost dokazuje skutečnost, že většina světových firem, zabývajících se výrobou měřicích systémů, během velmi krátké doby přešla na systém IEC. Příkladem jsou firmy Siemens, Marconi, Philips, Rohde & Schwarz a jiné.

Pro řízení systémů se využívá v převážné většině výpočetní technika na potřebné úrovni (programovatelné kalkulátory, minipočítače, PC) se snahou po unifikaci programovacího jazyka.

### 3.1 Charakteristika systému

Jedním z hlavních znaků druhé generace systému IMS je nový způsob přenosu dat v systému a sběrnicové uspořádání propojení. Základní jednotkou přenosu dat je osmibitový bajt. Způsob přenosu je volen tak, že přenáší bity paralelně a bajty sériově. Tato kombinace je optimální vzhledem ke kompromisu mezi požadavky na hospodárnost a rychlost přenosu dat v uvažované oblasti měřicí techniky.

V měřicím systému, řízeném prostřednictvím sběrnice IMS-2 se vyskytují 3 druhy jednotek:

- C ... (Controller) „řidič“ ovládá a řídí činnosti na sběrnici i jednotlivých jednotek, „aktivní řidič“ může být v jednom okamžiku pouze jeden.

- T ... (Talker) „mluvčí“ vysílá data, zprávy, informace podle vyvolání C, „aktivní mluvčí“ smí být na sběrnici v jednom okamžiku pouze jeden.
- L ... (Listener) „posluchač“ přijímá data, zprávy a informace; v jednom okamžiku může být připojeno na sběrnici několik posluchačů.

Sběrnice IMS-2 sestává dle normy (*ČSN 35 6522: Elektronické měřicí přístroje: Stykový systém IMS-2*, 1984.) z těchto šestnácti signálních vodičů:

- 8 vodičů pro obousměrný přenos dat, značených DIO 1 až DIO 8
- 3 vodiče pro řízení přenosu dat:
  - DAV (Data Valid) – Data platná – generuje jednotka, která vysílala data na vodiče DIO1 až 8, když došlo k ustálení signálů
  - NRFD (Not Ready For Data) – Nepřipraven na data – ovládá každá jednotka, která přijímá data; NRFD = 0 znamená, že už všechny jednotky jsou připraveny převzít data
  - NDAC (Not Data Accepted) – Data nepřijata – ovládá každá jednotka, která přijímá data; NDAC = 0 znamená, že už všechny jednotky převzaly data
- 5 vodičů pro řízení uspořádaného toku informací přes interfejs:
  - ATN (Attention) – Pozor – zajišťuje rozlišení signálů na sběrnici dat (DIO) – adresy, příkazy, data; ATN = 0 znamená, že jde o přístrojová data (naměřená hodnota, funkce měřicího přístroje apod.), ATN = 1 znamená, že jde o stavovou zprávu (např. adresa, či příkaz);
  - EOI (End Or Identify) – Konec nebo hlášení – EOI = 1 spolu s ATN = 0 znamená konec bloku dat, zatímco při ATN = 1 se jedná o identifikaci jednotek na sběrnici;
  - IFC (Interface Clear) – Nulování interfejsu – uvádí stykové sekce jednotek do výchozího stavu;
  - REN (Remote Enable) – Dálkové ovládání – uvádí připojené jednotky do režimu dálkového ovládání ze sběrnice (REN = 1), nebo zpět do režimu „místního“ ovládání z předního panelu (REN = 0);
  - SRQ (Service request) – Vyžádání obsluhy – vyžaduje pozornost pro funkční jednotku; žádost může vyslat každá jednotka, která je touto funkcí vybavena.

Komunikace v systému se děje na základě jednoznačného přenosu zpráv mezi skupinou propojených funkčních jednotek. Zprávy, používané v systému IMS-2, se dají dělit podle několika hledisek:

a) Podle použití:

- Interfejsové zprávy k řízení samotného interfejsu.
- Přístrojové zprávy (FJ(P) zprávy), používané funkčními jednotkami propojenými prostřednictvím interfejsu. Tyto zprávy jsou závislé na funkčních jednotkách, jsou přenášeny interfejsem, avšak nejsou jím přímo používány a zpracovávány.

b) Podle cesty přenosu:

- Místní zprávy, vysílané mezi přístrojovou funkcí a interfejsovou funkcí.
- Dálkové zprávy, vysílané interfejsovými funkcemi různých přístrojů přes interfejs.

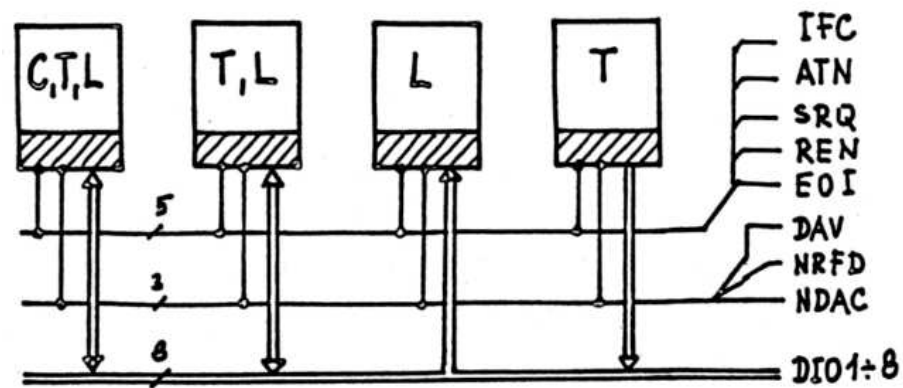
c) Podle přenosového provedení:

- Jednovodičové zprávy, přenášené pomocí vodičů ATN, IFC, REN, SRQ, EOI, DAV, NRFD, NDAC.
- Více vodičové zprávy, přenášené po vodičích DIO.

Aby funkční jednotky mohly komunikovat v rámci systému musí obsahovat soubory technických prostředků, sloužících k zajištění určité dílčí funkce interfejsu, které se nazývají interfejsové funkce. Aby mohl systém nějakým způsobem pracovat, musí obsahovat tři základní interfejsové funkce a to:

T – mluvčí (talker)  
L – posluchač (listener)  
C – řidič (controller)

Každá z uvedených jednotek má vlastní adresu, tvořenou pěti spodními bity tj. DIO1 až DIO5, kterou je vyvolávána.



Obrázek 3.3: Propojení jednotlivých druhů jednotek se sběrnicí IMS-2

Kombinace uvedených funkcí u dané funkční jednotky potom určuje její charakter:

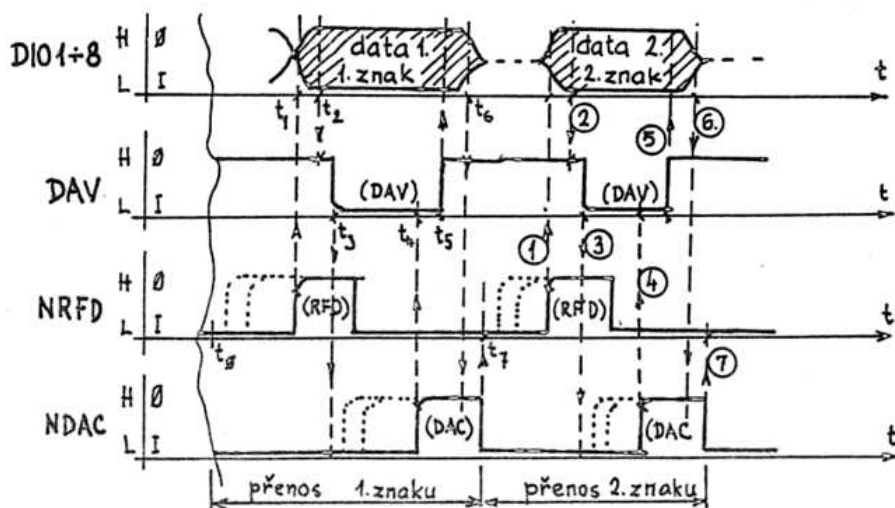
- FJ(P) se schopností posluchače může být adresována interfejsovou zprávou, aby přijala FJ(P) zprávu z jiné jednotky, napojené na interfejs.
- FJ(P) se schopností mluvčího může být adresována interfejsovou zprávou, aby vyslala FJ(P) zprávy jiné jednotce.
- FJ(P) s řídicí schopností může adresovat další zařízení a určit jim funkci posluchače nebo mluvčího. Navíc může vysílat interfejsové zprávy, které dávají příkazy ke specifikovaným operacím uvnitř ostatních funkčních jednotek. FJ(P) pouze s touto schopností však neodesílá ani nepřijímá FJ(P) zprávy.

Kromě těchto tří základních interfejsových funkcí systém IMS-2 definuje ještě dalších sedm:

- SH – zdroj korespondence (Source Handshake);
- AH – příjemce korespondence (Acceptor Handshake);
- SR – vyžádání obsluhy (Service Request);
- RL – dálkové/místní ovládání (Remote Local);
- DC – nulování přístroje (Device Clear);
- DT – spouštění přístroje (Device Trigger);
- PP – paralelní hlášení (Parallel Poll).

Podle autora (ČTVRTNÍK, V., 1991.) se k definování interfejsových funkcí a zároveň k popisu jejich činnosti používají tzv. stavové diagramy, znázorňující všechny možné stavy dané interfejsové funkce a podmínky přechodu z jednoho stavu do jiného.

Vzájemné časové závislosti těchto signálů jsou zřejmé z obr. 3.4 počínaje okamžikem  $t_0$  až  $t_7$  pro přenos 1. znaku (vyjádřeno číslicemi 1 až 7 pro přenos 2. znaku).



Obrázek 3.4: Handshake

## 3.2 Logické a elektrické podmínky

Vazby mezi logickými stavy a úrovněmi elektrických signálů na jednotlivých signálních vodičích musí odpovídat údajům z tab. 3.1, která je převzata z normy (ČSN 35 6522: *Elektronické měřicí přístroje: Stykový systém IMS-2*, 1984.).

Tabulka 3.1: Logické a elektrické podmínky

Logický stav kódu	Úroveň elektrického signálu	
	nízká	vysoká
0	-	$U > +2V$
1	$U < +0,8V$	-

Pozn.: Úrovně jsou založeny na standardních úrovních TTL logiky, u které napětí napájecího zdroje nepřevyšuje +5,25 V vztaženo k logické zemi.

Zprávy mohou být přenášeny přes propojení jak aktivním, tak i pasivním způsobem. Přenosu všech pasivně pravdivých zpráv odpovídají vysoké úrovně na signálních vodičích a vyžaduje se použití budičů s otevřeným kolektorem. Budiče s otevřenými kolektory musí být použity u signálních vodičů SRQ, NRFD, NDAC. Na budičích DIO1 až 8, DAV, IFC, ATN, REN, EOI musí být použity budiče s otevřenými kolektory nebo třístavové budiče. Pokud se použije funkce PP, vyžaduje se použití budičů s otevřenými kolektory i pro vodiče DIO1 až DIO8. Třístavové budiče se zpravidla užívají u systémů, kde se vyžaduje vyšší rychlost přenosu.

Charakteristické parametry budičů musí být následující:

1. Výstupní napětí  $U < +0,5 \text{ V}$  při  $I = +48 \text{ mA}$  (vtékající proud) – nízká úroveň (vztahuje se na budiče třístavové nebo budiče s otevřeným kolektorem). Budiče musí být konstruovány tak, aby snášeli nepřetržitě  $I = 48 \text{ mA}$ .
2. Výstupní napětí (třístavové)  $U > +2,4 \text{ V}$  při  $I = -5,2 \text{ mA}$  ... vysoká úroveň.

Výstupní napětí (budič s otevřeným kolektorem) musí odpovídat charakteristice zatížení. Hodnoty napětí se musí měřit na konektoru dané funkční jednotky mezi signálním vodičem a „logickou zemí“.

Požadavky na snímač s nominální šumivou hodnotou jsou následující:

1. Vstupní napětí  $U < +0,8 \text{ V}$  pro nízkou úroveň.
2. Vstupní napětí  $U > +2 \text{ V}$  pro vysokou úroveň.

Pro zajištění odpovídající šumové imunity ve speciálních podmínkách se doporučuje použití snímačů typu Schmittova obvodu (nebo jiné ekvivalentní obvody) pro všechny signální vodiče, které musí odpovídat následujícím požadavkům:

1. Záporná prahová úroveň  $U > +0,8 \text{ V}$  pro nízkou úroveň.
2. Kladná prahová úroveň  $U < +2 \text{ V}$  pro vysokou úroveň.
3. Hystereze  $U > 0,4 \text{ V}$ .

Každý signální vodič (ať je nebo není připojen k budiči nebo snímači) musí být ukončen v přístroji odporovou zátěží, jejímž úkolem je nastavit pevné napětí na signálním vodiči tehdy, když jsou všechny budiče ve stavu pro „vysokou úroveň“. Tato zátěž se též používá k nastavení konstantní impedance přístrojů na signálním vodiči a pro zvýšení šumové imunity.

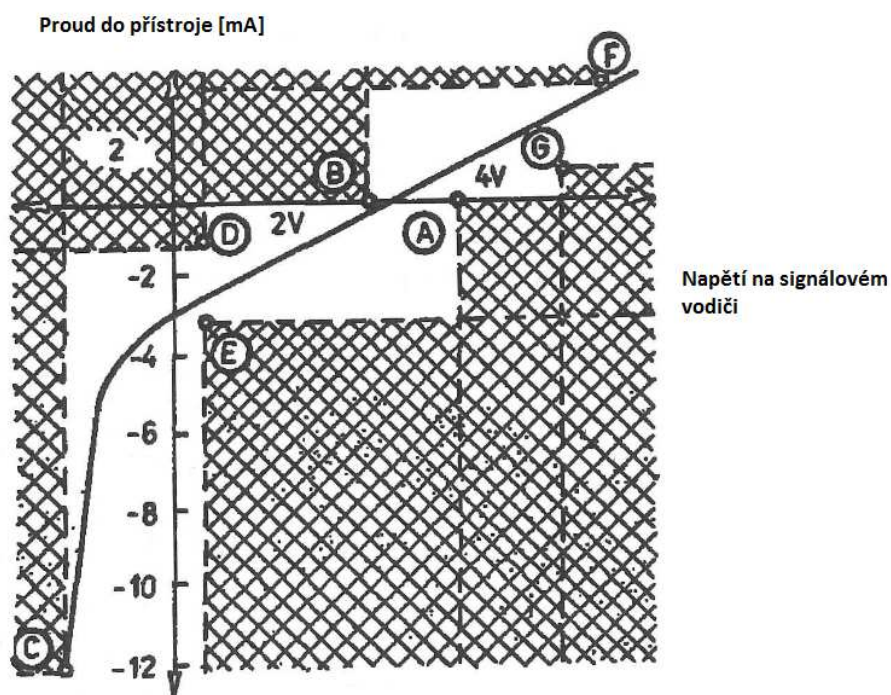


Každý signální vodič, ke kterému je připojen snímač, musí být vybaven prostředky, pomocí kterých se omezují špičky záporného napětí.

Charakteristiky stejnosměrné zátěže jsou ovlivňovány jak obvody budiče a snímače, tak i odporovou zakončovací zátěží a obvody pro omezení záporného napětí. Proto se určuje charakteristika pro stykové obvody v celku a ne pro jednotlivé obvody.

Měření charakteristik zátěže jsou obvody snímače, budiče a odporového zakončení v přístroji vzájemně propojeny (budič je přítom na odpovídající „vysoké impedanci“).

Každý signální vodič stykového systému v přístroji musí představovat takovou stejnosměrnou zátěž, jejíž charakteristika leží uvnitř nevyšrafované části obr. 3.5 a pro kterou platí tab. 3.2, podrobnější informace viz (ČSN 35 6522: *Elektronické měřicí přístroje: Stykový systém IMS-2*, 1984.).



Obrázek 3.5: Stejnosměrná zatěžovací charakteristika

Vnitřní kapacitní zátěž na každém signálním vodiči nesmí překročit 100 pF uvnitř každého přístroje. Typické uspořádání vstupních a výstupních obvodů pro jednotlivý signální vodič je uvedeno na obr. 3.6.

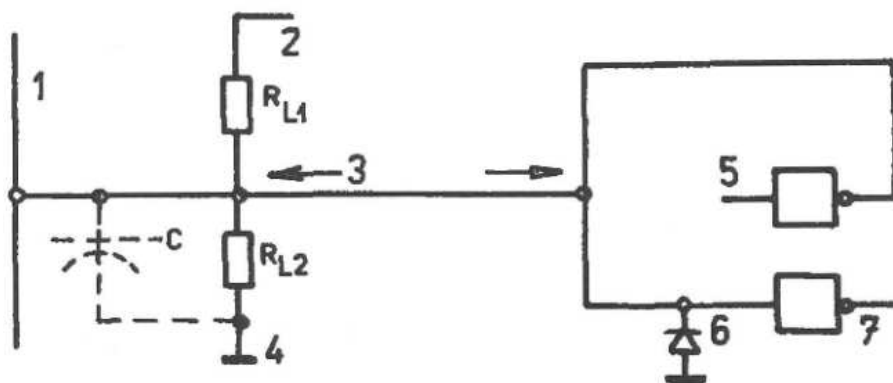


Tabulka 3.2: Stejnoseměrná zatěžovací charakteristika

Body zatěžovací charakteristiky	Proud $I$ [mA]	Napětí $U$ [V]
A	$I < 0$	$U < 3,7$
B	$I > 0$	$U > 2,5$
C	$I > -12$	$U > -1,5^*$
D	$I < -1,3$	$U < 0,4$
E	$I > -3,2$	$U > 0,4$
F	$I < 2,5$	$U < 5,5$
G	$I > 0,7^{**}$	$U > 5,0$

\* – Pouze je-li připojen snímač

\*\* – Impedance pro malý signál  $Z < 2 \text{ k}\Omega$  při 1 MHz



Obrázek 3.6: Typické uspořádání vstupních a výstupních obvodů

1 – sběrnice, 2 – napětí napájecího zdroje, 3 – přenos dat, 4 – logická zem, 5 – budič, 6 – dioda (obvykle je součástí snímače), 7 – snímač

Připomínka: Tento základní obvod může být realizován jak integrovanými obvody TTL, tak i diskrétními prvky.

Typické parametry jednotlivých prvků obvodu (viz. obr. 3.6) musí odpovídat údajům v tab. 3.3.

Tabulka 3.3: Typické parametry prvků

Typ prvku	Význam napětí, dodávaného do vstupu $U_{z9}$ [V]	Charakter a význam vstupního proudu a proudu úniku $I$	
Budič:			
S otevřeným kolektorem	+5,25	-	< 0,25 mA
Třístavový	+2,4	-	< 40 $\mu$ A
Snímač	+0,4	< -1,6 mA	-
	+2,4	< +40 $\mu$ A	-
	+5,25	< 1,0 mA	-

Připomínky:

1. Napětí napájecího zdroje  $U_{cc} = 5 \text{ V} \pm 5 \%$ .
2. V typickém uspořádání se ke každému signálnímu vodiči umožňuje připojovat pouze jeden budič a jeden snímač. Lze také používat i jiné uspořádání obvodů, na které se nevztahuje dané omezení za podmínky, že požadavky na zátěž jsou dodrženy.

Celkové stínění propojovacího kabelu musí být propojeno jedním kontaktem konektoru na kostru (ochrannou zem), aby byla minimalizována citlivost na vnější rušení nebo omezeno jeho generování.

Doporučuje se, aby zpětné zemní vodiče jednotlivých řídicích a stavových signálních vodičů byly propojeny na logickou zem v logických obvodech budiče nebo snímače. Tímto způsobem se mohou minimalizovat přeslechy mezi jednotlivými vodiči a vzájemné rušení.

V případě, že je kostra přístroje připojena na stínění nebo ochrannou zemnicí svorku, doporučuje se použití odstranitelné propojky pro spojení logické země a kostry přístroje, aby bylo zabráněno případnému vzniku zemních smyček.

Pozn.: Přístroje nesmějí pracovat s podstatně rozdílnými zemními potenciály.

### 3.3 Popis řídicích signálů, režimy provozu

Spojení funkčních jednotek mezi sebou se realizuje pomocí sběrnice IMS-2.

Sběrnice IMS-2 nesmí být delší než 20 m.

Počet FJ(P) připojovaných ke sběrnici IMS-2 nesmí být větší než 15. Při tom více než polovina těchto FJ(P) musí být ve stavu „Napájení zapnuto“. Schéma připojení FJ(P) na sběrnici je na obr. 3.7.

Celkový počet adres pro příjem a pro vysílání informací v systému musí být max. 31 při primární (jednobajtové) adresaci nebo max. 961 při sekundární (dvoubajtové) adresaci. Rychlost přenosu dat přes stykový systém může být max. 1 Mbit/s na libovolném vodiči stykového systému. Bližší informace o funkcích rozšířeného posluchače a mluvčího lze nalézt v (JELÍNEK, J., 1987.).

Sběrnice IMS-2 musí obsahovat sběrnici dat, sběrnici řízení přenosu dat a sběrnici řízení styku. Vysvětlení zkratk názvu vodičů, vztahy mezi stavy vodičů a jejich logickými hodnotami je uvedeno na obr. 3.7 a v tab. 3.4.

Bajty zpráv se předávají do vodičových dat. Soubor 8 signálních vodičů musí přenášet 7-bitové stykové a přístrojové zprávy.

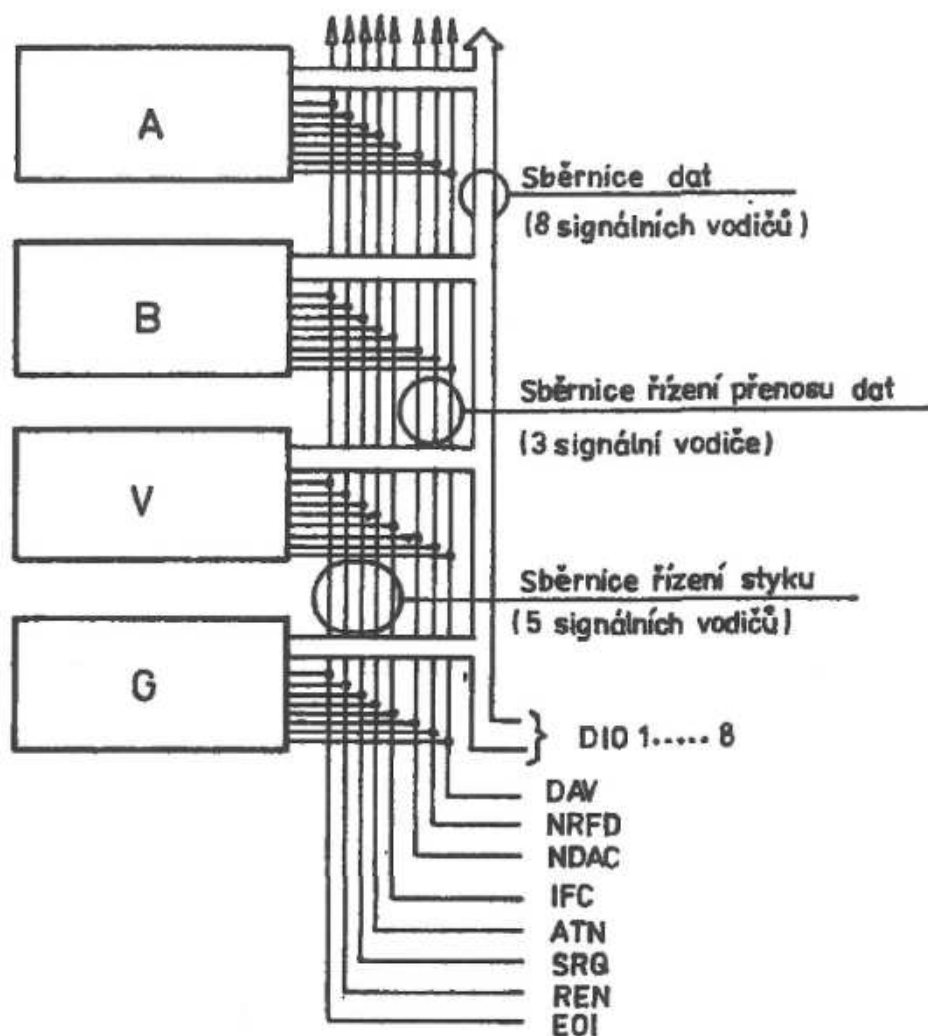
Pro řízení přenosu každého bajtu dat na signálních vodičích DIO mezi mluvčím nebo řidičem a všemi posluchači musí být využíván soubor následujících tří signálních vodičů stykového systému:

1. „Data platná“ (DAV – DATA VALID) je používán k označení podmínek (pohotovost a platnost) pro informace na signálních vodičích DIO.
2. „Nepřipraven na data“ (NRFD – NOT READY FOR DATA) je používán k označení podmínek připravenosti funkční jednotky přijmout data.
3. „Data nepřijatá“ (NDAC – NOT DATA ACCEPTED) je používán k indikaci, zda jednotka přijala data.

K řízení uspořádaného toku informací přes stykový systém je používáno 5 signálních vodičů:

1. Vodič ATN („Pozor“) se používá ke specifikaci, jak mají být interpretovány údaje na signálních vodičích DIO a které funkční jednotky musí reagovat na tyto údaje (určuje řidič).
2. Vodič IFC („Nulování stykových funkcí“) se používá k uvedení stykového systému, jehož části jsou obsaženy ve všech propojených funkčních jednotkách, do známého klidového stavu (Určuje řidič).

3. Vodič SRQ („Vyžádání obsluhy“) – indikuje, že funkční jednotka potřebuje obsluhu a žádá o přerušení sledu kroků probíhajícího procesu (určuje FJ(P)).
4. Vodič REN („Dálková ovládání“) se používá při výběru mezi dvěma alternativními zdroji programování funkční jednotky (určuje řidič).
5. Vodič EOI („Konec nebo identifikace“) se používá k označení konce přenášené sekvence mnohonásobného bajtu (určuje vysílající FJ(P)), nebo ve spojení s ATN k vyvolání paralelního hlášení (určuje řidič).



Obrázek 3.7: Sběrnice IMS-2

Tabulka 3.4: Všeobecná ustanovení IMS-2

Název	Název signálních vodičů	Úroveň vodiče		Logický význam	
		Úroveň*	Označení	Označení**	Charakter ***
Sběrnice dat (data Bus, DB)	Vodič dat 1-DIO1				
	Vodič dat 2-DIO2				
	Vodič dat 3-DIO3				
	Vodič dat 4-DIO4	H	$\overline{DIO}$	F	(F)
	Vodič dat 5-DIO5	L	DIO	T	T
	Vodič dat 6-DIO6				
	Vodič dat 7-DIO7				
	Vodič dat 8-DIO8				
Sběrnice řízení přenosu dat (Data Byte Transfer Control Bus)	Nepřipraven pro data NRFD (Not Ready for Data)	H	RFD	T	(T)
		L	NRFD	F	F
Control Bus)	Data nepřijata NDAC (Not Data Accepted)	H	DAC	T	(T)
		L	NDAC	F	F
Sběrnice řízení styku (Interface Management Bus)	Data platná DAV (Data Valid)	H	$\overline{DAV}$	F	(F)
			DAV		
Sběrnice řízení styku (Interface Management Bus)	Pozor ATN (Attention)	H	ATN	F	
		L	ATN	T	
Sběrnice řízení styku (Interface Management Bus)	Konec nebo identifikace EOI (End or Identify)	H	$\overline{EOI}$	F	(F)
		L	EOI	T	T
Sběrnice řízení styku (Interface Management Bus)	Vyžádání obsluhy SRQ (Service Request)	H	$\overline{SRQ}$	F	(F)
		L	SRQ	T	T
Sběrnice řízení styku (Interface Management Bus)	Nulování stykových funkcí IFC (Interface Clear)	H	$\overline{IFC}$	F	(F)
		L	IFC	T	T
Sběrnice řízení styku (Interface Management Bus)	Dálkové ovládání REN (Remote Enable)	H	$\overline{REN}$	F	(F)
		L	REN	T	T

Poznámka:

\* – H – vysoká úroveň, L – nízká úroveň

\*\* – T – pravdivá, F – nepravdivá hodnota

\*\*\* – T,F – aktivní, (T), (F) – pasivní

### 3.3.1 Používané dálkové zprávy

K řízení činností a spolupráce mezi jednotkami, propojenými sběrnici GPIB slouží tzv. dálkové zprávy, které se dělí na jednovodičové IFC, ATN, SRQ, REN a EOI a na vícevodičové, které jsou přenášeny datovými vodiči DIO1 až 8. Podrobnější popis dálkových zpráv uvádí autor (ČTVRTNÍK, V., 1991.).

Druh a obsah i určení vícevodičové zprávy závisí na logické úrovni signálů na DIO5, 6 a 7:

Tabulka 3.5: Druhy zprávy

DIO-7	DIO-6	DIO-5	Druh zprávy	Pozn.
0	0	0	Příkaz určený adresované jednotce	1
0	0	1	Univerzální příkaz všem jednotkám	2
0	1	X	LA adresa posluchače a UNL	3
1	0	X	TA adresa mluvčího a UNT	3
1	1	X	SCG sekundární příkaz eventuálně adresa	

Pozn. 1: Do adresovaných příkazů patří:

- GTL – CHR\$(1) ... (Go To Local) návrat adresované jednotky do režimu „místního“ ovládání
- SDC – CHR\$(4) ... (Select Device Clear) nulování adresované jednotky
- PPC – CHR\$(5) ... (Paralell Poll Configure) sestavení stavového bytu pro paralelní hlášení
- GET – CHR\$(8) ... (Group Execute Trigger) spuštění (např. okamžik měření) pro adresovanou skupinu jednotek
- TCT – CHR\$(9) ... (Take Control) příkaz k převzetí řízení činností na sběrnici druhým počítačem (řídící jednotkou)

Pozn. 2: Universální příkazy se týkají všech jednotek:

- LLO – CHR\$(17) ... (Local Lockout) zablokování místního ovládání jednotek
- DCL – CHR\$(20) ... nulování všech jednotek na sběrnici
- PPU – CHR\$(21) ... (Parallel Poll Unconfigure) zrušení sestavy stavového bajtu pro paralelní hlášení o potřebě obsluhy
- SPE – CHR\$(24) ... (Serial Poll Enable) nastavení sériového hlášení – příprava stavového bytu všech jednotek pro zjištění která z nich žádala o obsluhu
- SPD – CHR\$(25) ... (Serial Poll Disable) zrušení sériového hlášení pro všechny jednotky

Pozn. 3: Všeobecné příkazy:

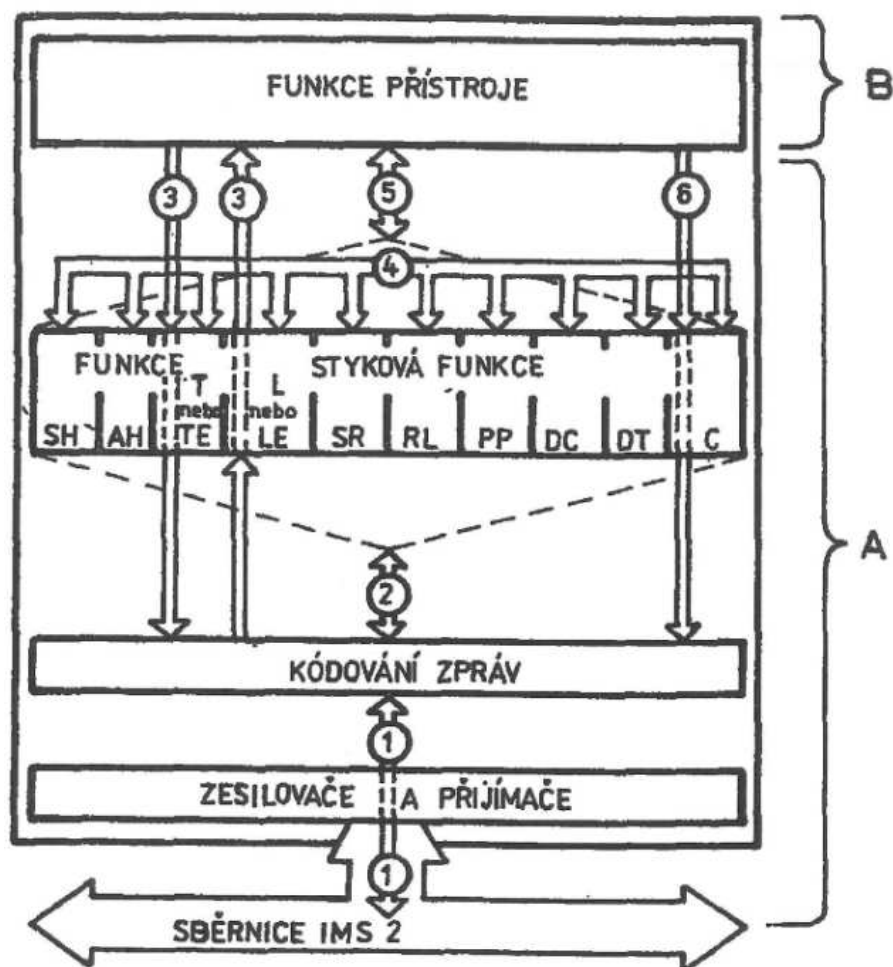
- UNL – CHR\$(63) ... (Unlisten) konec příjmu dat „neposlouchej“
- UNT – CHR\$(95) ... (Untalk) konec vysílání dat „nemluv“

Pozn. 4: Kódy uvedených příkazů CHR\$(xx) jsou dekadické hodnoty příslušných ASCII znaků.

### 3.3.2 Stykové funkce

#### Vytvoření stykových funkcí

Funkční slučitelnost přístrojů, propojených stykovým systémem, je zajištěna jednoznačnou algoritmickou i logickou realizací každé ze stykových funkcí, uvedených na obr. 3.8 a v tab. 3.6, které jsou převzaty z normy (ČSN 35 6522: *Elektronické měřicí přístroje: Stykový systém IMS-2*, 1984.).



Obrázek 3.8: Stykové funkce

A – schopnosti, určené stávající normou

B – schopnosti určované konstruktérem

1 – signální vodiče sběrnice IMS-2

2 – dálkové stykové zprávy stykovým funkcím a od nich

3 – přístrojové zprávy, předávané na přístrojové funkce a od nich

4 – vazby mezi stavy stykových funkcí

5 – místní zprávy mezi přístrojovými a stykovými funkcemi (zprávy na stykové funkce jsou normou určeny, zprávy od stykových funkcí volí konstruktér)

6 – dálkové stykové zprávy, posílané přístrojovými funkcemi



Tabulka 3.6: Stykové funkce

Název stykové funkce	Označení	Příslušná cesta průchodu zprávy
Zdroj přejímky	SH	1, 2, 4, 5
Příjemce přejímky	AH	1, 2, 4, 5
Mluvčí nebo rozšířený mluvčí	T nebo TE	1, 2, 3, 4, 5
Posluchač nebo rozšířený posluchač	L nebo LE	1, 2, 3, 4, 5
Vyžádání obsluhy	SR	1, 2, 4, 5
Dálkové/místní ovládání	RL	1, 2, 4, 5
Paralelní hlášení	PP	1, 2, 4, 5
Nulování přístroje	DC	1, 2, 4, 5
Spouštění přístroje	DT	1, 2, 4, 5
Řidič	C	1, 2, 4, 5, 6

Výběr určitého souboru stykových funkcí, nutných pro požadované vlastnosti funkční jednotky, provádí konstruktér.

Každá funkční jednotka obsahuje tři druhy funkcí:

1. Funkci jednotky.
2. Funkci kódování dálkových zpráv.
3. Stykové funkce o systémových prvcích zabezpečující možnost příjmu, vysílání a částečné též zpracování zpráv.

Všechny vazby mezi funkcemi se uskutečňují pomocí zpráv, předávaných nebo přijímaných v souladu s obr. 3.8.

Sběrnice IMS-2 má normalizováno celkem 10 stykových funkcí, označovaných stejně jako GPIB dvěma písmeny a číslicí; 0 znamená, že daná jednotka není touto funkcí vybavena:

- SH 1 ... (source handshake) – zdroj korespondence přejímky;
- AH 1 ... (acceptor handshake) – přijímač korespondence přejímky;
- SR 1 ... (service request) – žádost o obsluhu;
- RL 1 ... (remote/local) – přepnutí do dálkového/místního řízení s možností blokování z předního panelu;

- RL 2 ... (remote/local) – přepnutí do dálkového/místního ovládání bez možnosti blokování;
- DC 1 ... (device clear) – nulování stykové sekce dané jednotky včetně reakce na příkaz SDC;
- DC 2 ... (device clear) – nulování stykové funkce dané jednotky;
- DT 1 ... (device trigger) – spuštění měření, jednotky;
- PP 1 ... (parallel poll) – schopnost odezvy na paralelní volbu;
- PP 2 ... (parallel poll) – odezva na paralelní volbu jen interně v přístroji.

### Stavy stykových funkcí

Jak uvádí autor (JELÍNEK, J., 1987.) stykové funkce se zadávají stavovými diagramy, sestávajícími z jedné nebo několika vzájemně svázaných a vzájemně se vylučujících stavů. Stavové diagramy, využívané pro popsání stykových funkcí neužívají určitých obvodových elementů, používaných pro realizaci stykových funkcí, a proto připouštějí použití nejrůznějších logických obvodů.

Ve skupině vzájemně svázaných a vzájemně se vylučujících stavů může být v daný okamžik pouze jeden stav aktivní.

Styková funkce nemusí reagovat na libovolně kódovanou zprávu, jestliže to není zvláště ustanoveno v normě.

Styková funkce může zůstat po splnění výstupních podmínek v libovolném stavu po libovolnou dobu (včetně nuly), jestliže to není v rozporu s ustanoveními normy.

### Cesty zpráv a postup jejich přenosu

Veškerá komunikace stykových funkcí je pomocí vysílaných a přijímaných zpráv.

Zpráva představuje množství informací – může být přijato, buď v pravdivém nebo nepravdivém stavu a libovolným normou určeným časovým rozmezím.

Zprávy, které určují vazby mezi stykovými a přístrojovými funkcemi jsou místní zprávy, jejich cesty jsou zobrazeny na obr. 3.4 (vazba 5). Některé místní zprávy se však předávají jako dálkové a naopak.

Zavádění nových místních zpráv do stykových funkcí není dovoleno. Místní zprávy, vysílané přístrojovými funkcemi, mají být voleny tak, aby jich bylo minimum pro vyvolání nutného přechodu stavů.

Zprávy, předávané přes styková systém mezi stykovými funkcemi různých FJ(P), jsou zprávy dálkové. Dálkové zprávy jsou buď stykové zprávy nebo zprávy přístrojové.

Styková zpráva se vysílá proto, aby vyvolala přechod stavu jiné stykové funkce. Jestliže je tato zpráva přijímána stykovou funkcí tak jak je uvedeno na obr. 3.4 (vazba 2), nepředává se do funkční jednotky.

## 3.4 Komunikační protokol a přejímka dat

### 3.4.1 Požadavky na sestavení systému

Maximální počet FJ(P), které lze propojit popsaným stykovým systémem je 15.

Systém musí obsahovat jednu nebo více funkčních jednotek, které mají alespoň jednu stykovou funkci mluvčí (T) posluchač (L) a řidič (C).

Pozn.: Zprávy ton a lon jsou obvykle realizovány místními přepínači. V soupravě bez řidiče může mít v daném okamžiku zapojen zprávu ton pouze jeden mluvčí.

Všechny systémové sestavy, obsahující více jak jednoho řidiče musí splňovat následující požadavky:

1. V systému nesmí být více než jeden řidič ve stavu SACS.
2. Každý řidič v systému musí mít schopnost převzít a odevzdat řízení stykového systému.

Systém bude pracovat bez nepříznivého vlivu na normální přenos dat, jestliže je v zapnutém stavu více jak 2/3 přístrojů zapojených v systému. Systém, který má libovolný počet přístrojů, bude pracovat správně, jestliže vypnuté přístroje nezhoršují určenou vysokou úroveň (např. napětí všech signálních vodičů, které mají stejné pasivní vstupní budiče, musí být vůči zemi větší než 2,5 V). Jestliže není dbáno zvláštní opatrnosti (tj. např. nepoužívají se speciální typy budičů), potom zapnutí přístroje v průběhu činnosti systému může zapříčinit chybu.

### 3.4.2 Přiřazení adres

Adresy jsou jednotkám zadány před nastavením systému pomocí mechanických řadových spínačů DIL jako nejnižších 5 bitů DIO1 až 5, viz například (*Vektorový analyzátor BM 553: Instrukční knížka*, 1991.). Novější přístroje umožňují zadání adresy

softwarově během inicializační procedury systému. Adresu jednotky lze vyvolat podle úrovně operačního systému, překladače a programovacího jazyka jako znak ASCII, nebo odpovídající hodnotou CHR\$(xx), příslušným číslem adresy LA, nebo TA anebo mnemotechnicky. Celkem lze deklarovat 31 adres LA i TA, přiřazení k ASCII znakům je pořadově:

Od LA 0 ... CHR\$(32) až po LA 30 ... CHR\$(62)

Od TA 0 ... CHR\$(64) až po TA 30 ... CHR\$(94)



Obrázek 3.9: Nastavení adresy přepínačem DIL

Přenos dat (znaků na DIO1 až DIO8) je asynchronní, bitově paralelní, bajtově sériový s třívodičovou přejímkou (korespondencí, handshake). Rychlost přenosu závisí na nejpočetnější jednotce, připojené ke sběrnici.

### Vysílací adresy

Funkční jednotce, která má stykovou funkci T – mluvčí nebo TE – rozšířený mluvčí může být přiřazena libovolná hodnota bitů T1 až T5 kódu zprávy MTA (vlastní adresa mluvčího) kromě kombinace pro bity.

T5 = 1, T4 = 1, T3 = 1, T2 = 1, T1 = 1, která je určena pro slučitelnost s dřívějšími systémy.

Dvěma nebo více stykovým funkcím T (ať již v jedné funkční jednotce nebo v různých jednotkách) nemůže být přiřazena stejná hodnota bitů T1 až T5 kódu zprávy MTA.

Funkční jednotce, která má stykové funkce T (Mluvčí) a L (Posluchač) má být přiřazena vysílací adresa tak, že hodnota bitů T1 až T5 kódu zprávy MTA je stejná jako hodnota bitů L1 až L5 kódu zprávy MLA.

Stykové funkci TE nesmí být přiřazena hodnota bitů T1 až T5 kódu zprávy MTA stejná jako libovolné jiné stykové funkci T v systému.

### Adresa na příjem

Funkční jednotce, která má stykovou funkci L – posluchač nebo LE – rozšířený posluchač může být přiřazena libovolná hodnota bitů L1 až L5 kódu zprávy MLA (vlastní adresa posluchače), kromě kombinace pro bity.

$L5 = 1, L4 = 1, L3 = 1, L2 = 1, L1 = 1.$

Dvěma nebo více stykovým funkcím L (obvykle obsažených v různých funkčních jednotkách) může být přiřazena libovolná hodnota bitů L1 až L5 jejich kódu zprávy MLA.

Funkční jednotce, která má současně stykovou funkci L (posluchač) a stykovou funkci T (mluvčí) má být přiřazena taková přijímací adresa, že hodnoty bitů L1 a L5 kódu zprávy MLA jsou stejné jako hodnoty bitů T1 až T5 kódu zprávy MTA.

### Sekundární adresy

Funkční jednotce, která má stykovou funkci TE (rozšířený mluvčí) (rozšířený posluchač) může být přiřazena libovolná hodnota bitů S1 až S5 kódu zprávy MSA (vlastní sekundární adresa) kromě kombinace pro bity.

$S5 = 1, S4 = 1, S3 = 1, S2 = 1, S1 = 1.$

Dvěma nebo více stykovým funkcím TE (buď v jedné, nebo více různých funkčních jednotkách) nesmí být přiřazena hodnota bitů T1 až T5 kódu zprávy MTA stejná jako hodnota S1 až S5 kódu zprávy MSA.

Funkční jednotce, která má stykové funkce TE i LE může být přiřazena přijímací adresa tak, že hodnota bitů L1 až L5 kódu zprávy MLA je stejná jako hodnota bitů T1 až T5 kódu zprávy MTA a obě stykové funkce mohou používat stejnou sekundární adresu.

### 3.4.3 Omezení pro kabeláž

Maximální dovolená délka kabelu, který může být použit k propojení funkčních jednotek v rámci jednoho systému je dána:

- $2^* n$  metrů (kde  $n$  je počet funkčních jednotek v systému).
- 20 m.

Platí to kritérium, které dává menší délku kabelu.

Pozn.: Dle (*Stavebnice interface IMS-2: Instrukční knížka*, 1981.) může být maximální délka kabelu libovolně rozložena podle úvahy uživatele mezi funkčními jednotkami systému.

Způsob vzájemného spojování kabelů (do hvězdy) řetězově nebo kombinace obou způsobů (volí uživatel podle svého uvážení).

### 3.4.4 Operační postup při řízení přenosu dat

Řízení přenosu dat je provedeno s ohledem na časovou optimalizaci přenosu. Jak je uvedeno v (*ČSN 35 6522: Elektronické měřicí přístroje: Stykový systém IMS-2*, 1984.), používá se k tomu tzv. třídrátového korespondenčního způsobu řízení („handshake“) s vyžadováním dat a s potvrzováním jejich příjmu. Tím je možno usnadnit v každém jednotlivém případě spolupráci funkčních jednotek s rozdílnými rychlostmi bez zbytečných časových ztrát. Příslušné tři vodiče a jim odpovídající jednovodičové dálkové zprávy, které zajišťují potřebnou sekvenci dějů, jsou vodiče DAV, NFRD a NDAC zmíněné v 3.1.

Většina komunikačních úloh vyžaduje předávání posloupnosti kódovaných zpráv přes stykový systém. Pro realizaci určitých úloh se doporučují následující posloupnosti, uvedené v tab. 3.7 až tab. 3.12, ve kterých hranaté závorky značí volitelné části posloupnosti, kulaté závorky značí zprávy, jejichž obsah není podrobně definován tímto dokumentem a indexy „ $n$ “ a „ $l$ “ značí, kolikrát se daná zpráva opakuje.

Tabulka 3.7: Přenos dat

Zpráva (Stav vodičů)		Vliv zprávy na funkční jednotky systému
ATN	DIO	
1 [1]	[UNL]	Odadresuje všechny činné posluchače
2 1	(LAD) <sub>1</sub>	Naadresuje danou FJ(P) na příjem následujících datových bajtů
3 [1]	[(LAD) <sub>n</sub> ]	Jestliže je více posluchačů, je možné vyslat příslušný počet adres
4 TAD	TAD	Vyslaná adresa umožňuje dané funkční jednotce vyslat data a to jakmile ATN přejde do 0
5 0	(DAB) <sub>1</sub>	Vysílá aktivní mluvčí všem aktivním posluchačům
6 [0]	[(DAB) <sub>w</sub> ]	Datové bajty mohou být vysílány až do okamžiku, kdy řidič usadí znovu vodič ATN na 1, aby se mohla uvedená posloupnost 1 až 6 opakovat. Jestliže mluvčí vysílá blok údajů určité délky, potom může přenos ukončit buď usazením vodiče EOI na 1 v průběhu přenosu posledního bajtu, nebo vysláním zakončovacího bajtu – zprávu EOS.

Poznámky:

- (LAD) značí přijímací adresu určité FJ(P)
- (TAD) značí vysílací adresu určité FJ(P)
- (DAB) značí libovolný datový bajt

Sériové hlášení (SP) je vyslané řidičem, jestliže signální vodič SRQ propojení je usazen na 1.

Tabulka 3.8: Sériové hlášení

Zpráva (Stav vodičů)		Vliv zprávy na funkční jednotky systému
ATN	DIO	
1 1	UNL	Zabraňuje ostatním FJ(P) v příjmu vysílaného stavového bajtu řidič pokračuje v příjmu, aniž by byl adresován
2 1	SPE	Uvádí stykový systém do režimu „Sériového hlášení“, v němž všechny FJ(P) vysílají místo dat své stavové bajty
3 1	[(TAD) <sub>n</sub> ]	Umožňuje určité funkční jednotce vyslat stavový bajt. V tomto cyklu musí být navoleny postupně všechny FJ(P)
4 0	(SBN) nebo (SBA)	Stavový bajt, vyslaný navolenou FJ(P). Jestliže byla vyslána zpráva SBN, pokračuje cyklus zpráv 3-4. Jestliže byla vyslána zpráva SBA, je tím navolená FJ(P) identifikována, že vyslala SRQ do stykového systému a automaticky tuto zprávu odstraní
5 1	(DAB) <sub>1</sub>	Zruší režim „Sériového hlášení“ ve stykovém systému
6 1	[(DAB) <sub>w</sub> ]	Zabraňuje posledně naadresovanému mluvčímu vysílání dat, dokud řidič neusadí vodič ATN na 0

Poznámky:

- (TAD) značí adresu mluvčího určité FJ(P)
- (SBN) značí stavový bajt, vysílaný FJ(P), která nežádá obsluhu (bit 7 = 0)

- (SBN = STB  $\wedge$  RQS)
- SBA značí stavový bajt, vyslaný FJ(P), která žádá obsluhu (bit 7 = 1)
  - (SBN = STB  $\wedge$  RQS)

Tabulka 3.9: Předání řízení

Zpráva (Stav vodičů)		Vliv zprávy na funkční jednotky systému
ATN	DIO	
1	(TAD)	Vyslaná adresa musí být adresou té FJ(P), které se předává řízení
1	TCT	Upozorňuje adresovanou FJ(P), aby převzala řízení stykového systému
0	-	V tomto okamžiku nový odpovědný řidič začíná svoji činnost

Poznámka: (TAD) značí adresu mluvčího určité FJ(P)

Tabulka 3.10: Konfigurace pro paralelní hlášení

Zpráva (Stav vodičů)			Vliv zprávy na funkční jednotky systému
ATN	IDY	DIO	
1	0	(LAD)	Adresuje určitou FJ(P), pro kterou je určeno kódování paralelního hlášení
1	0	PPC	Umožňuje adresovanému posluchači rekonfiguraci pro paralelní hlášení
1	0	PPE	Určuje logický význam odpovědi na hlášení (bit 4). Bity 1-3 určují v dvojkovém kódu vodič DIO, na kterém musí být dána odpověď na hlášení
1	0	UNL	Konec konfiguračního programu

Poznámka:

- LAD značí adresu posluchače určité FJ(P).
- Příkaz PPE může být zrušen příkazem PPD.



- Konfigurace může být zrušena příkazem PPU.

Tabulka 3.11: Odpověď na paralelní hlášení

Zpráva (Stav vodičů)		Vliv zprávy na funkční jednotky systému
ATN	IDY	
1	1	Všechny dříve určené FJ(P) podají své požadavky na určený příslušný signální vodič DIO. Při využívání jednoho signálního vodiče DIO několika FJ(P) je výsledná hodnota vodiče dána logickým součtem (OR) nebo součinem (AND) jednotlivých odpovědí na hlášení v závislosti na příkazech vyslaných přístrojem dříve a určuje jim využívat hodnotu 0 nebo 1 pro odpověď na hlášení.

Tabulka 3.12: Uvedení funkčních jednotek do režimu nuceného dálkového ovládání

Zpráva (Stav vodičů)			Vliv zprávy na funkční jednotky systému
ATN	REN	DIO	
1	1	LLO	Blokuje všem FJ(P) tlačítko „Přejdi do místního ovládání“.
1	1	(LAD) <sub>1</sub>	Každá jednotlivá adresa uvádí adresovanou funkční jednotku do režimu dálkového ovládání a blokuje místní řízení.
1	1	(LAD) <sub>n</sub>	

Poznámka:

- (LAD) – značí vlastní adresu posluchače určité FJ(P).
- Všechny FJ(P) se opět vrátí do režimu místního ovládání, je-li signální vodič REN usazen na 0.

Vysílání zprávy „Nulování stykového systému“

- V době, kdy je vysílána zpráva IFC, mohou být zpracovány pouze univerzální příkazy DCL, LLO, PPU a REN.

Omezení použitelnosti místní zprávy tca

- Konstruktor nesmí předpokládat, že může probíhat správný přenos dat tehdy, když se stane zpráva tca pravdivou v době, kdy je pravdivá a platná přístrojová zpráva.

## 3.5 Popis používaných konektorů

### 3.5.1 Všeobecné požadavky

Podle (ČSN 35 6522: *Elektronické měřicí přístroje: Stykový systém IMS-2*, 1984.) se stanovují požadavky na kabel stykového systému, který se používá na ohraničenou vzdálenost mezi přístroji a to při řetězovém nebo hvězdicovém uspořádání spojení funkčních jednotek.

Maximální hodnoty odporu na 1 m délky jednotlivých vodičů propojovacího kabelu smějí být:

Každý signální vodič (například DI0, ATN)	0,14 $\Omega$
Každý zpětný zemní vodič signálního vodiče	0,14 $\Omega$
Společný zpětný vodič logické země	0,085 $\Omega$
Celkové stínění	0,0085 $\Omega$

Kabel musí obsahovat celkové stínění a minimálně 24 vodičů, z nichž 16 je použito pro jednotlivé signální vodiče a zbytek pro zpětné vodiče logické země. Stínění musí obsahovat opletení s pokrytím minimálně 85%. Stínění kabelu musí být protažené přes armaturu a vlastní konektory.

Maximální kapacita měřená (na kmitočtu 1 kHz) mezi libovolným signálním vodičem a všemi ostatními vodiči (signálními, zemními a stíněním) připojenými na zem smí být 150 pF na 1 m délky.

Kabel musí být konstruován tak, aby bylo minimalizováno působení přeslechů mezi signálními vodiči, citlivost signálních vodičů na vnější rušení a nežádoucí vyzařování stykových signálů do okolí. Proto je třeba, aby každý signální vodič DAV, NRFD, NDAC, EOI, ATN a SRQ byl zkroucen s jedním vodičem logické země nebo izolován jiným způsobem s ekvivalentním účinkem.

- Pozn. Může být použita libovolná jiná vnitřní konstrukce kabelu, které vede ke stejným výsledkům.

Každý kabel musí být dlouhý maximálně 4 m.

Rozdělení signálů musí odpovídat tab. 3.13.

Tabulka 3.13: Rozdělení signálů v konektoru IMS-2

Číslo signálního vodiče	Signální vodič
1	DIO1
2	DIO2
3	DIO3
4	DIO4
5	REN
6	EOI
7	DAV
8	NRFD
9	NDAC
10	IFC
11	SRQ
12	ATN
13	Stínění
14	DIO5
15	DIO6
16	DIO7
17	DIO8
18	Zem(5)
19	Zem(6)
20	Zem(7)
21	Zem(8)
22	Zem(9)
23	Zem(10)
24	Zem(11)
25	Zem(12)

Připomínka: Signální vodič „Zem“ (číslo 5 až 12) značí zpětný zemnicí vodič příslušného kontaktu  $n$ . Je zkroucen do páru s odpovídajícím signálním vodičem, jehož číslo je uvedeno v závorce.

### 3.5.2 Národní varianty konektorů

Funkční jednotky jsou opatřeny konektorovou vidlicí, ve funkčně slučitelných systémech normovaných v zemích býv. RVHP, Evropě a USA existují čtyři typy konektorů:

Norma býv. RVHP a následně i národní norma ČSFR a ČR/SR, stejně jako norma (*ČSN IEC 625-1: Systémy rozhraní pro programovatelné měřicí přístroje (byte seriově, bit paralelně)*, 1997.), doporučuje 25pólové konektory typu Canon s přiřazením vývodů podle obr. 3.10(a), tab. 6.1. V roce 2004 se přešlo i v celé EU na konektor USA, viz (*IEC 60488: Higher performance protocol for the standard digital interface for programmable instrumentation*, 2004.).

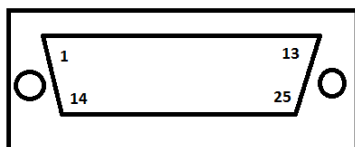
Národní norma býv. SSSR připouštěla 24pólový konektor RPM7-24G-P (zásuvka) a RPM7-24S-P5 (vidlice) s přiřazením vývodů podle obr. 3.10(b), tab. 3.15. Po rozpadu SSSR a vzniku SNS se přešlo na standard USA.

Národní norma býv. NDR připouštěla 26pólový konektor vyráběný v NDR, typ 424-26 TGL 29331/04 (zásuvka), 324-26 TGL 29331/04 (vidlice), s přiřazením vývodů podle obr. 3.11(a), tab. 3.16. Na funkční jednotky se umísťovaly dvě paralelně propojené konektorové vidlice, což umožňovalo použít kabely IMS-2 zakončené pouze konektorovou zásuvkou. Po sjednocení do SRN se přešlo na západní IEC standard.

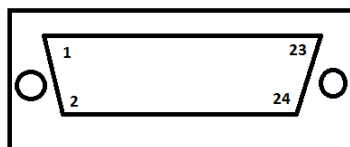
Norma USA (*IEEE 488.1: Higher performance protocol for the standard digital interface for programmable instrumentation*, 2003.) předpokládá 24pólový konektor, např. typu Amphenol, s přiřazením vývodů podle obr. 3.11(b), tab. 3.17.

Tabulka 3.14: Konektor IMS-2 / RVHP, IEC 625

Vývod	Signál	Vývod	Signál
1	DIO 1	14	DIO 5
2	DIO 2	15	DIO 6
3	DIO 3	16	DIO 7
4	DIO 4	17	DIO 8
5	REN	18	zem (5)
6	EOI	19	zem (6)
7	DAV	20	zem (7)
8	NRFD	21	zem (8)
9	NDAC	22	zem (9)
10	IFC	23	zem (10)
11	SRQ	24	zem (11)
12	ATN	25	zem (12)
13	stínění		



(a) Canon 25 (RVHP/záp. EU)

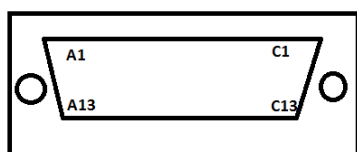


(b) RPM7-24 (SSSR/SNS)

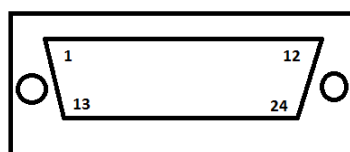
Obrázek 3.10: Konektory I

Tabulka 3.15: Konektor IMS-2 / SSSR/SNS

Vývod	Signál	Vývod	Signál
1	DIO 1	2	DIO 5
2	DIO 2	4	DIO 6
3	DIO 3	6	DIO 7
4	DIO 4	8	DIO 8
5	EOI	10	REN
6	DAV	12	zem (11)
7	NRFD	14	zem (13)
8	NDAC	16	zem (15)
9	IFC	18	zem (17)
10	SRQ	20	zem (19)
11	ATN	22	zem (21)
12	stínění	24	zem



(a) NDR



(b) IEEE 488/USA

Obrázek 3.11: Konektory II

Tabulka 3.16: Konektor IMS-2 / NDR

Vývod	Signál	Vývod	Signál
A1	DIO 1	C1	DIO 5
A2	DIO 2	C2	DIO 6
A3	DIO 3	C3	DIO 7
A4	DIO 4	C4	DIO 8
A5	REN	C5	zem (5)
A6	EOI	C6	zem (6)
A7	DAV	C7	zem (7)
A8	NRFD	C8	zem (8)
A9	NDAC	C9	zem (9)
A10	IFC	C10	zem (10)
A11	SRQ	C11	zem (11)
A12	ATN	C12	zem (12)
A13	stínění	C13	volno/stínění

Tabulka 3.17: Konektor IEEE 488, GPIB / USA

Vývod	Signál	Vývod	Signál
1	DIO 1	13	DIO 5
2	DIO 2	14	DIO 6
3	DIO 3	15	DIO 7
4	DIO 4	16	DIO 8
5	EOI	17	REN
6	DAV	18	zem (6)
7	NRFD	19	zem (7)
8	NDAC	20	zem (8)
9	IFC	21	zem (9)
10	SRQ	22	zem (10)
11	ATN	23	zem (11)
12	stínění	24	zem





# Kapitola 4

## Universální čítač Tesla BM 526



(a)



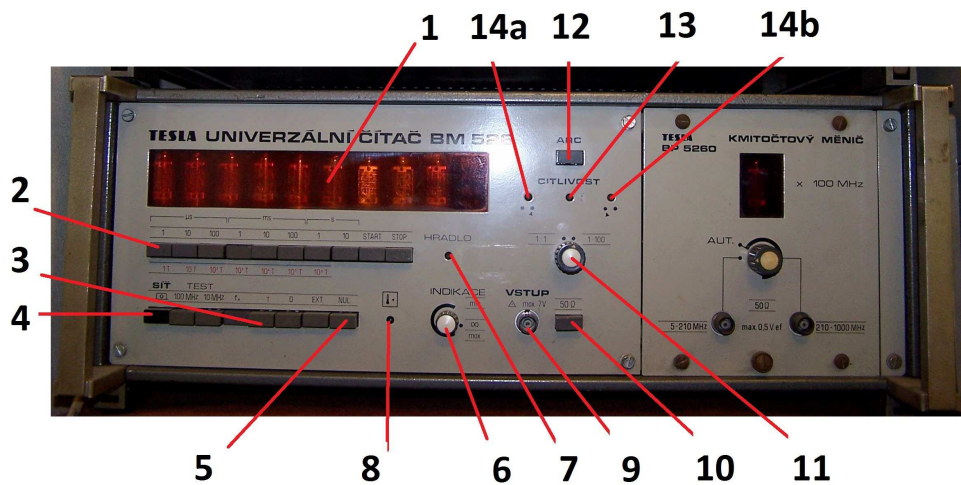
(b)

Obrázek 4.1: Čítač BM 526

### 4.1 Popis přístroje a rozsah využití

Univerzální čítač je v základním vybavení určen k měření kmitočtu v rozsahu 10 Hz až 100 MHz, délky periody v rozsahu 10 Hz až 10 MHz a k prostému čítání impulzů. Zásuvné jednotky rozšíří kmitočtový rozsah (dělič a měniče kmitočtu) a umožňují dvoukanálové měření časového intervalu. Popis přístroje a jeho technických parametrů vychází z (*Univerzální čítač BM 526: Instrukční knížka*, 1984.)

Vedle těchto měřících funkcí slouží přístroj i jako zdroj přesných kmitočtů a jako dekadický dělič přivedeného kmitočtu. Čítač může pracovat jako samostatný měřicí přístroj nebo může být začleněn do automatického informačního měřicího systému. Proto je vybaven standard interfejsem včetně možnosti dálkového řízení a programování (interface IMS-1, kat. II).



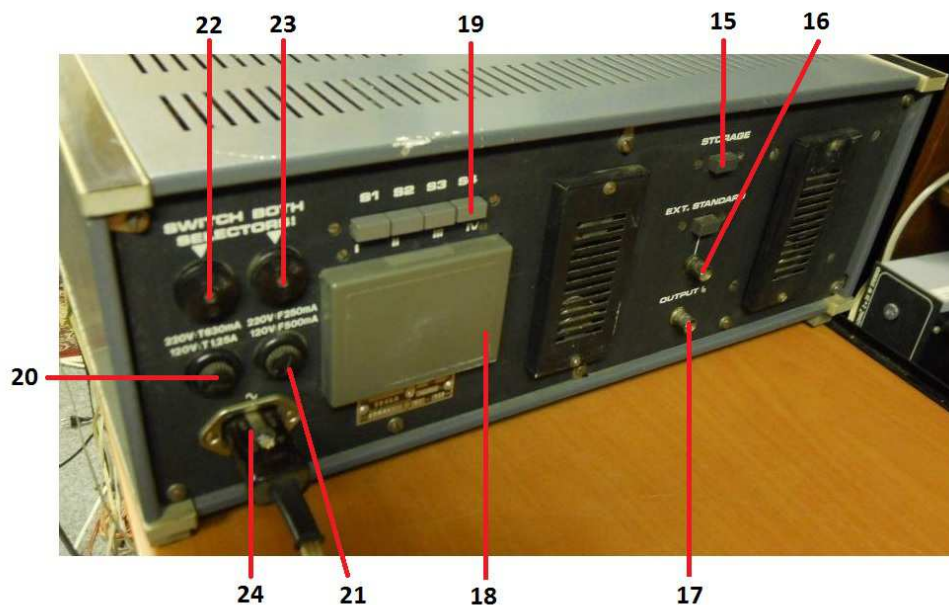
Obrázek 4.2: Přední panel přístroje BM 526

1. **Indikace** – Obsahuje 9 číslicových výbojek, indikujících výsledek měření, desetinné tečky a znaky jednotky měřené veličiny (přepínají se automaticky s volbou funkce a rozsahu)
2. **Přepínač intervalu hradla** - Má polohy  $1 \mu\text{s}$  až  $10 \text{ s}$  pro měrný interval (měření kmitočtu) a měrnou jednotku (časový interval) nebo  $10^0$  až  $10^6$  pro násobky periody. Dále obsahuje tlačítka **START** a **STOP** pro ruční ovládání hradla.
3. **Přepínač funkce** – má tyto polohy:
  - a) **TEST 100 MHz** – kontrola normálový kmitočtem  $100 \text{ MHz}$
  - b) **TEST 10 MHz** – kontrola normálovým kmitočtem  $10 \text{ MHz}$
  - c) **fA** – měření kmitočtu
  - d) **T** – měření periody
  - e) **D** – zásuvná jednotka
  - f) **EXT** – ovládání doprovodného signálu externího programování (při stlačení je program nastavený na přístroji neplatný a platí externí program)

**Poznámka** – bližší konfiguraci funkce volí automaticky příslušná zásuvná jednotka
4. **Vypínač síť** – Stlačením je síť zapnuta
5. **Tlačítko NUL** – Slouží k ručnímu nulování

6. **Indikace** – Tímto prvkem se nastavuje opakování měření. Výsledek je indikován podle polohy potenciometru v rozmezí 0,1 až 5 s – v poloze nekonečno je indikován až do ručního vynulování.
7. **Doutnavka HRADLO** – Signalizuje otevření hradla (průběh měřícího cyklu)
8. **Žárovka TERMOSTAT** – Udává intenzitu vytápění termostatu normálu kmitočtu
9. **Vstup A** – Je konektor pro připojení vstupního signálu
10. **Tlačítko  $50\ \Omega$**  – Slouží k volbě vstupní impedance vstupu A. Při stlačeném tlačítku je zařazena vstupní impedance  $50\ \Omega$ , při nestlačeném  $1\ M\Omega$
11. **Přepínač CITLIVOST** – Má polohy 1 : 1 a 1 : 100, které vyznačují poměr děliče amplitudy vstupního signálu
12. **Vypínač ARC** – Při stlačeném tlačítku je ARC zapnuta
13. **Doutnavka** – Indikuje minimální vstupní napětí pro správnou činnost přístroje při zapnuté ARC.
14. **a.b – Doutnavky** – Slouží k indikaci úrovn vstupního signálu pro polohy 1 : 1 a 1 : 100 přepínače CITLIVOST při zapnuté ARC
15. **Přepínač paměť** – Při stlačeném tlačítku je paměť zapnuta
16. **Přepínač a konektor VNĚJŠÍ NORMÁL 5 MHz** – Při nestlačeném tlačítku je přístroj řízen kmitočtem zabudovaného normálu a na konektoru je možno odebrat normálový kmitočet 5 MHz. Při stlačeném tlačítku je vnitřní normál odpojen a na konektor je možno přivést kmitočet 5 MHz z vnějšího kmitočtového normálu.
17. **Z konektoru  $f_N$**  – možnost odebrat normálové kmitočty, volitelné přepínačem intervalu hradla (2)
18. **Výstupní konektory (zakryté)** – Na výstupní konektory I a II jsou přivedeny výstupy informačních signálů, na konektor III vstupy programovacích signálů a na konektor IV řídicí signály

- – všechny informace v souladu s Interface IMS-1 kat. II.



Obrázek 4.3: Zadní panel přístroje BM 526

#### 19. Ovládací prvky IMS – Tvoří přepínače S1, S4 a tlačítka S2, S3.

- a) **Přepínač S1** – V nestlačené poloze nejsou vstupy B1, B2 vnitřně propojeny, řídicí signály se při provozu v systému musejí přivádět na oba vstupy B1 a B2. V zatlačené poloze jsou vstupy B1 a B2 vnitřně propojeny. Funkce může být vybavována přes kterýkoliv vstup ať přes B1, tak přes B2.
- b) **Tlačítko S2** – Stlačením se vyvolá jednorázové vybavení přístroje.
- c) **Tlačítko S3** – Jeho stisknutí má stejný účinek jako přivedení signálu B0 – vynulování obvodů registrace B1 a B2 čili přípravu pro přivedení signálů B1 a B2
- d) **Přepínač S4** – V nestlačené poloze umožňuje samostatný chod přístroje. Při jeho zatlačení se čítač zastaví a pro jeho funkci je minimálně zapotřebí přivádět na vstupy B1 a B2 taktovací impulsy, které musejí vyhovět podmínkám IMS–1, kategorie II.

#### 20. Síťová pojistka P1

#### 21. Síťová pojistka P2

#### 22. Volič síťového napětí

## 23. Volič síťového napětí

## 24. Síťová přívodka

**Upozornění** – Po sejmutí horního krytu je přístupná pojistka P3, která je zapojena v obvodu přepětové ochrany napájecího napětí +5 V a při jeho překročení se přeruší.

## 4.2 Technické parametry

### 4.2.1 Měření kmitočtu

Rozsah: 10 Hz až 100 MHz.

Vstupní citlivost: lepší než 20 mV (typická 10 mV)

- Vstupní zesilovač je vybaven automatickou regulací citlivosti (ARC), která umožňuje měření signálů s amplitudou v dynamickém rozsahu větším než 1 : 100 bez přebuzení (potlačení šumu).

Maximální vstupní napětí:

- a) v poloze 1 : 1 –  $5 V_{ef}$ , ss složka max. 100 V, v poloze 1 : 100 –  $250 V_{sp}$  včetně ss složky při vstupním odporu  $1 M\Omega$
- b)  $5 V_{ef}$  při vstupním odporu  $50 \Omega$  (7 V včetně ss složky)

Vstupní impedance:

- a)  $1 M\Omega / 30 pF$
- b)  $50 \Omega$

Tvar vstupního signálu: sinusový

Měrné intervaly:  $1 \mu s$  až 10 s v dekadických stupních

Chyba měření:  $\pm 1$  jednotka  $\pm$  chyba časové základny

Pojem „1 jednotka“ znamená 1 jednotka nejnižšího indikovaného řádu.

### 4.2.2 Měření periody a její průměrné hodnoty

Rozsah: 10 Hz až 100 MHz

Vstupní citlivost: 100 mV (ARC nelze použít)

Maximální vstupní napětí:

- a) v poloze 1 : 1 – 5  $V_{ef}$ , ss složka max. 100 V, v poloze 1 : 100 – 250  $V_{šp}$  včetně ss složky při vstupním odporu 1 M $\Omega$
- b) 5  $V_{ef}$  při vstupním odporu 50  $\Omega$  (7 V včetně ss složky)

Vstupní impedance:

- a) 1 M $\Omega$  / 30 pF
- b) 50  $\Omega$

Tvar vstupního signálu: sinusový

Násobky  $10^0$  až  $10^6$  v dekadických skocích

Chyba měření:  $\pm 1$  jednotka  $\pm$  chyba měrné jednotky  $\pm$  chyba spouštění

- Chyba spuštění:  $\frac{0,3}{n}$  % pro poměr signál - šum 40 dB,  $n$  = počet period

Měrná jednotka: 10 ns

### 4.2.3 Prosté sčítání

Rozsah: 10 Hz až 100 MHz

Vstupní citlivost: lepší než 20 mV (typická 10 mV)

- Vstupní zesilovač je vybaven automatickou regulací citlivosti (ARC), která umožňuje měření signálů s amplitudou v dynamickém rozsahu větším než 1 : 100 bez přebuzení (potlačení šumu).

Maximální vstupní napětí:

- a) v poloze 1 : 1 – 5  $V_{ef}$ , ss složka max. 100 V, v poloze 1 : 100 – 250  $V_{šp}$  včetně ss složky při vstupním odporu 1 M $\Omega$
- b) 5  $V_{ef}$  při vstupním odporu 50  $\Omega$  (7 V včetně ss složky)

Vstupní impedance:

- a)  $1\text{ M}\Omega / 30\text{ pF}$
- b)  $50\ \Omega$

Tvar vstupního signálu: sinusový

Kapacita:  $10^9 - 1$

Ovládání: ruční, tlačítka START – STOP

#### 4.2.4 Dělení kmitočtu

Rozsah: 10 Hz až 100 MHz

Vstupní citlivost: 100 mV)

Maximální vstupní napětí:

- a) v poloze 1 : 1 –  $5 V_{ef}$ , ss složka max. 100 V
- b) v poloze 1 : 100 –  $250 V_{\dot{s}p}$  včetně ss složky při vstupním odporu  $1\text{ M}\Omega$
- c)  $5 V_{ef}$  při vstupním odporu  $50\ \Omega$  (7 V včetně ss složky)

Vstupní impedance:

- a)  $1\text{ M}\Omega / 30\text{ pF}$
- b)  $50\ \Omega$

Tvar vstupního signálu: sinusový

Dělicí poměr:  $10^0 - 10^6$  v dekadických skocích

Tvar výstupního signálu: kladné obdélníky se střídou asi 1 : 4 (pro  $10^0$  – šířka 40 až 50 ns)

Velikost výstupního signálu úroveň TTL při zátěži  $N_{out} = 30$

### 4.2.5 Časová základna

Kmitočet krystalového oscilátoru:	5 MHz
Regulace teploty v termostatu:	automatická
Stabilita:	dlouhodobá $\pm 3 \cdot 10^{-9}$ / den po 100 hodinách trvalého provozu po maximálně dvoudenním vypnutí.
Efektivní hodnota krátkodobé stability:	1 s $\pm 2 \cdot 10^{-10}$
Teplotní činitel:	$2 \cdot 10^{-10}$ / °C
Výstupní napětí:	0,7 V (konektor na zadním panelu)
Výstupní impedance:	menší než $500 \Omega$
Kmitočet:	5 MHz
Sinusové napětí:	0,5 až 1 V
Výstupní impedance:	$500 \Omega$

### 4.2.6 Měrné kmitočty

Rozsah: 0,1 Hz až 1 MHz

Tvar výstupního signálu: kladné obdélníky se střídou přibližně 1 : 4  
(1 MHz – šířka 40 až 50 ns)

Velikost výstupního signálu: úrovně TTL při zátěži  $N_{\text{out}} = 30$

### 4.2.7 Interface

Je v souladu s IMS-1, kat. II. Bližší podrobnosti zájemce nalezne v (*ČSN 35 6521: Elektronické měřicí přístroje: Interfejs IMS-1: Logické a elektrické podmínky, informační, řídicí a programové signály*, 1983.).

#### a) Informační signály

Údaj o číslicovém výsledku měření je udán ve tvaru

a	±	b	k	c
---	---	---	---	---

**Kde:**

a – devítimístný číselný údaj

±b – charakteristika (exponent mocniny desíti) číselného údaje

k – multiplikační koeficient měrné jednotky



c – měrná jednotka

**Přiřazení:**

a – kód BCD 8421

b – kód BCD 8421

+ – „0“ v kódu BCD (0000)

– – „1“ v kódu BCD (1000)

k – „2“ v kódu BCD (0100) n (nano-)

- „6“ v kódu BCD (0110) bez multiplikačního koeficientu ( $k = 1$ )

c – „6“ v kódu BCD (0110) s (sekunda)

- „7“ v kódu BCD (1110) Hz (Hertz)

Úroveň TTL a zatížení podle tab. 4.1, tab. 4.2 zapojení konektoru I a II.

**b) Řídicí signály**

Druhy signálů: (B0), (B1), (B2), (M1), (M2) v souladu s interface IMS–1, kat. II.

Úroveň TTL a zatížení podle tab. 4.1 zapojení konektoru.

**c) Programovací signály**

Je možno programovat všechny funkce (včetně funkcí zásuvných jednotek), intervaly hradla při měření kmitočtu a násobky period při měření délky periody.

Přiřazení:

- „0“ – funkce (interval, násobek) zapnuta;
- „1“ – funkce (interval, násobek) vypnuta.

Doprovodný signál (ovládaný tlačítkem EXT): Určuje, zda přístroj pracuje s vnitřním nebo vnějším programem.

Přiřazení:

- „0“ – vnější program platný, vnitřní neplatný;
- „1“ – vnější program neplatný, vnitřní platný.

Úroveň TTL a zatížení podle zapojení konektoru III, tab. 4.3.

### 4.2.8 Všeobecné údaje

Kapacita čítače:	$10^9 - 1$ (9 dekád)
Indikace:	Jednořádková – číslicovými výbojkami s desetinnou tečkou (Desetinné tečky a znaky jednotek se automaticky přepínají s funkcí a rozsahem měření). Znaky jednotek: MHz, kHz, $\mu$ s, ms, s
Indikační pamět:	vypínatelná
Interval opakování měření:	minimálně v rozsahu 0,1 až 5 s nebo nekonečný (ruční ovládání)
Bezpečnostní třída:	I. podle ČSN 35 6501

#### Jištění:

Pojistka P1: T 630 mA pro 220 V, T 1, 25 A pro 120 V

Pojistka P2: F 250 mA pro 220 V, F 500 mA pro 120 V

Pojistka P3: F 4 A (pojistka přepětové ochrany uvnitř přístroje)

Osazení: 86 ks tranzistorů, 46 ks diod, 75 ks integrovaných obvodů, 9 ks digitronů

Rozměry přístroje: šířka – 470 mm, výška – 190 mm, hloubka – 460 mm, hmotnost – 15 kg

### 4.2.9 Pracovní podmínky

Referenční teplota:	+25 °C
Pracovní teplota:	+5 °C až +40 °C
Relativní vlhkost:	40 % až 80 %
Tlak vzduchu:	86 kPa až 106 kPa
Poloha přístroje:	vodorovná nebo nakloněná o 10°
Napájecí napětí:	220/120 V $\pm$ 10 %
Druh napájecího proudu:	střídavý sinusový se zkreslením menším než 5 %
Kmitočet napájecího napětí:	50 Hz
Příkon:	120 W (se zásuvnou jednotkou nepřestoupí 150 W)

Vnější magnetické i elektrické pole je zanedbatelné.

Tabulka 4.1: Kontakt I

Kontakt	Přiřazení		Poznámka
1	A	1. dekáda	$N_{\text{out}} = 9$
2	B		
3	C		
4	D		
5	A	2. dekáda	$N_{\text{out}} = 9$
6	B		
7	C		
8	D		
9	A	3. dekáda	$N_{\text{out}} = 9$
10	B		
11	C		
12	D		
13	A	4. dekáda	$N_{\text{out}} = 9$
14	B		
15	C		
16	D		
17	A	5. dekáda	$N_{\text{out}} = 9$
18	B		
19	C		
20	D		
21	A	6. dekáda	$N_{\text{out}} = 9$
22	B		
23	C		
24	D		
25	A	7. dekáda	$N_{\text{out}} = 9$
26	B		
27	C		
28	D		
29	A	Kostra přístroje	
30	B		
31	C		
32	D		

Tabulka 4.2: Kontakt II

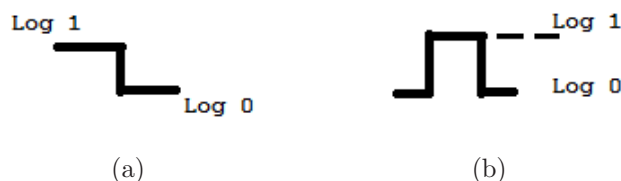
Kontakt	Přiřazení		Poznámka
1	A	8. dekáda	$N_{\text{out}} = 9$
2	B		
3	C		
4	D		
5	A	9. dekáda	$N_{\text{out}} = 9$
6	B		
7	C		
8	D		
9	A	Harmonická kmitočtového děliče	Dekadické číslo 0 až 9 v BCD kódu $N_{\text{out}} = 9$
10	B		
11	C		
12	D		
13	A	Charakteristika (řád)	Dekadické číslo 0 až 9 v BCD kódu $N_{\text{out}} = 9$
14	B		
15	C		
16	D		
17	A	Multiplikační koeficient měrné jednotky	Znak (písmeno) nebo číslice (BCD) n- (2)-0100-(6)-0110 $N_{\text{out}} = 9$
18	B		
19	C		
20	D		
21	A	Základní měrná jednotka	Znak (písmeno) nebo číslice (BCD) s(6)-0110 Hz(7)-1110 $N_{\text{out}} = 5$
22	B		
23	C		
24	D		
25	A	Znaménko charakteristiky	Znak +, -, + 0000 - 1000 $N_{\text{out}} = 10$
26	B		
27	C		
28	D		
29	A	Kostra přístroje	
30	B		
31	C		
32	D		

Tabulka 4.3: Kontakt III

Kontakt	Význam	Poznámka
1	Test 100 MHz	$N_{in} = 1$
2	Test 10 MHz	
3	$f_A$ funkce	
4	T	
5	D	
6	Doprovodný programovací signál (podmíněná „0“ pro externí program)	$N_{out} = 8$
7	$1 \mu s, 1 T$	$N_{in} = 1$
8	$10 \mu s, 10 T$	
9	$100 \mu s, 10^2 T$	
10	$1 ms, 10^3 T$	
11	$10 ms, 10^4 T$	
12	$100 ms, 10^5 T$	
13	$1 s, 10^6 T$	
14	$10 s, -$	
15 až 28		
29	Kostra přístroje	
30		
31		
32		

Tabulka 4.4: Kontakt IV

Kontakt	Význam	Symbol	Poznámka	
1	Povelové	(B0)	log 0	$N_{in} = 1$
2	signály	(B0)		$N_{in} = 1$
3	Povelové	(B1)	viz. obr. a)	$N_{in} = 1$
4	signály	(B2)		$N_{in} = 1$
5	Hlásicí	(M1)	viz. obr. a)	$N_{out} = 10$
6	signály	(M2)	viz. obr. b)	$N_{out} = 10$



### 4.3 Systémový provoz přístroje

Z řídicích signálů stanovených podle IMS–1, kat. II se uplatnily v BM 526 povelové signály (B0), (B1), (B2), a hlásící signály (M1), (M2). Zbylé řídicí signály (pro hlášení chyby v informačních kanálech, pro hlášení přerušení činnosti přístroje vlivem poruchy a další) nacházejí uplatnění ve složitých systémech, viz (ČSN 35 6521: *Elektronické měřicí přístroje: Interfejs IMS–1: Logické a elektrické podmínky, informační, řídicí a programové signály*, 1983.).

Všechny povelové signály se zpracovávají stejným způsobem. Na vstupu se omezí záporné rušivé impulsy diodou a z +5 V přes odpor 100 kΩ se realizuje vstupní jednotková zátěž a zároveň definuje log. 1, když není na vstup připojen kabel. Následující integrační člen zajišťuje, že se neprojeví jednotlivé rušivé impulsy se šířkou pod 1 μs. Schmittův tvarovací obvod regeneruje signály, deformované integračním členem.

Dále obsahuje jednotka spínací obvody, sloužící k vnitřnímu spojení B1 a B2 bez vzájemného ovlivňování a pro jednorázové spuštění. Spojení a jednorázové spuštění se provede pomocí přepínače S1 a tlačítka S2. R–S flip-flop vyloučí vliv třepení mechanických kontaktů. Při spojení bodu *m* přepínače S s kostrou vstupy B1 a B2 nejsou vnitřně propojeny, při spojení bodu *n* s kostrou jsou vstupy B1 a B2 vnitřně spojeny.

Spínač S2 vyvolá přes klopný obvod, a za ním zapojený derivační člen, jednorázové vybavení obvodu. Derivační členy v cestách signálů (B1) a (B2) vytvářejí záporné impulsy pro buzení paměti. Jako paměť slouží R-S klopné obvody. Signály (B1), (B2) se ukládají odděleně, každý ve svém R-S flip-flopu. Zaregistrování obou signálů (B1), (B2) se přes součtový obvod a invertor přenesou na výstup U a kladnou hranou se vybaví vlastní měřicí přístroj.

Zaregistrování (B2) se projeví po inverzi ještě na výstupu M1 hlášením, že informační signály na vstupu vlastního přístroje jsou zapotřebí.

Stav R-S flip-flopu pro zaregistrování (B1) dává spolu s informací z měřicího přístroje o skončení měřicího cyklu informaci na svorce M2, zda jsou informační signály na výstupu přístroje připraveny k odevzdání.

Pomocí přepínače S4 je možno přejít na vnitřní program. V tom případě jsou vstupy B1 a B2 zablokovány.

# Kapitola 5

## Vektorový analyzátor Tesla BM 553

### 5.1 Popis přístroje a rozsah využití

Vektorový analyzátor je laboratorní přístroj určený především pro dvoukanálové měření vř amplitudy napětí, fáze a dalších odvozených parametrů dvoupólů a čtyřpólů v kmitočtovém pásmu do 1 GHz. Výhodně spojuje napěťově fázové a impedanční aplikace zajišťované jako přímé tlačítkové funkce v autonomním režimu. Pro systémový provoz je vybaven sběrnici IMS–2. Níže uvedený popis je výtahem z (*Vektorový analyzátor BM 553: Instrukční knížka*, 1991.).

Tento analyzátor obvodů je dvoukanálový automaticky laděný selektivní vysokofrekvenční mikrovoltmetr a fázoměr se současným digitálním údajem napětí a fáze nebo jiných tlačítky zvolených měřených veličin jako  $Y$ ,  $Z$ ,  $S$ -parametrů  $R$ ,  $L$ ,  $C$ ,  $Z$ ,  $\tau$ , B/A. Pro systémové aplikace je vybaven interfejsovou sběrnici IMS–2. Pracuje na vzorkovacím principu přeměny vysokofrekvenčních signálů.

Tyto činnosti umožňuje vnitřní zabudovaná mikroprocesorová jednotka, která řídí činnost, zajišťuje výpočet a zobrazení v požadovaném tvaru, a zvyšuje přesnost měření.

Široký kmitočtový rozsah přístroje, jeho velká citlivost při měření napětí a možnost řady zajímavých parametrů předurčují vektorový analyzátor pro široké využití v oblasti elektroniky, radiotechniky, televizní a spojovací techniky, všech oblastí vř měřicí techniky čtyřpólů a dvoupólů, měření aktivních a pasivních prvků, obvodů a celých zařízení, a to jak v lineární oblasti, tak i při velkých signálech. Přístroj BM 553 výhodně spojuje napěťově-fázové a impedanční aplikace v jednom přístroji.

Měření parametrů  $R$ ,  $L$ ,  $C$  je možné přímo v prostém autonomním režimu bez nutnosti stavby měřicího systému. Vektorový analyzátor je tedy tak vybaven, že jeho použití je

možné na všech pracovištích od dílen až po informační měřicí systémy. Výhodou použití BM 553 je nastavitelná úroveň napětí na měřených objektech, širokopásmovost a jednoduchá obsluha.

Napětí je snímáno z měřených objektů pomocí dvou sond miniaturního provedení, které umožňují snadný přístup k měřicím bodům.

Kromě přímého měření napětí a fáze umožňuje BM 553 měření zisku, útlumu, činitele odrazu, činitele zpětné vazby, elektrické délky vř vedení, skupinového zpoždění, hloubky amplitudové modulace, srovnávání vysoce stabilních generátorů kmitočtu apod.

Tento přístroj umožňuje rovněž analogový úzkopásmový rozmítaný provoz s přímým analogovým výstupem a širokopásmový digitální rozmítaný provoz s volitelnou rychlostí přeladění s paměťovými výstupy pro dynamiku  $\pm 100$  dB použitelný i pro úzké a strmé filtry.

Z dalších možností použití BM 553 je jeho použití jako konvertoru vstupního vř signálu 0,1 – 1000 MHz na pevný mezifrekvenční kmitočet 20 kHz, vyvedený pro kanál A i B na zadním panelu. S použitím běžného oscilografu lze sledovat vř signály, pozorovat jejich amplitudu, tvarové zkreslení a určit hloubku amplitudové modulace.

BM 553 umožňuje provádět i určitou spektrální analýzu tak, že výběr požadované kmitočtové složky kmitočtového spektra je možný, když kanál A je synchronizován kmitočtem požadované složky měřené kanálem B.

Přímé analogové výstupy amplitudy a fáze mohou být použity k řízení analogových zpětných vazeb obvodů automatického řízení zisku, kmitočtu, synchronizace atd., potřebných pro některé speciální aplikace, jako je měření sériového odporu krystalů, úrovní filtrů atd.



(c) Přední panel BM 553



(d) Zadní panel BM 553

Obrázek 5.1: Analyzátor BM 553



## 5.2 Technické parametry

Kmitočtový rozsah:	0,1 až 1000 MHz (14 rozsahů kmitočtů, MAN, AUT)
Vstupní impedance sond:	100 k $\Omega$ / 2,3 pF na 1 kHz
Šíře pásma kanálu A, B:	2 kHz pro rozsahy > 100 $\mu$ V 30 Hz pro rozsahy < 100 $\mu$ V
Min. úroveň pro synchr.:	2,5 mV pro $f < 1$ MHz 1 mV pro $f > 1$ MHz
Pozadí:	10 $\mu$ V
Izolace:	100 dB do 100 MHz
Max. vstupní napětí AC:	2 V <sub>ss</sub> (špička – špička na sin)
Max. vstupní napětí DC:	$\pm 40$ V

### 5.2.1 Měření napětí

#### Napěťové rozsahy

- kanál A: 1 mV až 1000 mV (7 rozsahů po 10 dB; AUT; možnost STOP a indikace čísla rozsahu)
- kanál B: 30  $\mu$ V až 1000 mV (10 rozsahů po 10 dB; AUT; možnost STOP a indikace čísla rozsahu)

#### Rozsah měřených napětí

- kanál A: 1 mV (2,5 mV pro  $f \leq 1$  MHz) až 1000 mV
- kanál B: 15  $\mu$ V až 1000 mV)

#### Chyba napětí (pro plný údaj zařazeného rozsahu)

- základní:  $\pm 1,5\%$
- přídatná:
  - a)  $\pm 4\%$  (pro  $f < 0,3$  MHz do 100 mV)
  - b)  $\pm 4\%$  (pro  $f$  0,3 až 1 MHz do 300 mV)
  - c)  $\pm 2\%$  (pro 1 až 100 MHz)
  - d)  $\pm 6\%$  (pro 100 až 300 MHz)

- e)  $\pm 10\%$  (pro 300 až 500 MHz do 800 mV)
- f)  $\pm 12\%$  (pro 500 až 1000 MHz do 300 mV)
- g)  $\pm 18\%$  (pro 500 až 1000 MHz do 800 mV)

### 5.2.2 Měření poměru napětí

#### Rozsah měření poměru napětí

kanál A:  $-60\text{ dB až }+60\text{ dB}$

kanál B:  $-90\text{ dB až }+90\text{ dB}$

B/A oběma kanály:  $-90\text{ dB až }+60\text{ dB}$

#### Chyba poměru napětí při měření jedním kanálem A nebo B

základní chyba:  $\pm 1\%$

přídavná chyba:  $\pm 3,5\%$  pro  $f < 250\text{ MHz}$

$\pm 3,5\%$  pro  $f > 250\text{ MHz}$  a  $U < 300\text{ mV}$

Při měření poměru B/A nutno mimo výše uvedené chyby uvažovat i rozdílnost kanálů

- $6\%$  pro  $f < 250\text{ MHz}$
- $8\%$  pro  $f > 250\text{ MHz}$  a  $U < 300\text{ mV}$

### 5.2.3 Měření fáze

Rozsah:  $-180^\circ$  až  $+180^\circ$

Chyba:  $\pm 0,5^\circ$  (při napětí 100 mV v obou kanálech)

Přídavná kmitoč. chyba:  $\pm 4^\circ$  pro  $f$  1 MHz

$\pm 2^\circ$  pro  $f$  1 až 100 MHz

$\pm 5^\circ$  pro  $f$  100 až 500 MHz

$\pm 7^\circ$  pro  $f$  500 až 1000 MHz

Přídavná napěťová chyba:  $\pm 0,06\text{ dB}$  pro 0,1 až 1 MHz do 300 mV

$\pm 0,06\text{ dB}$  pro 1 až 100 MHz do 1000 mV

$\pm 0,06\text{ dB}$  pro 100 až 500 MHz do 300 mV

$\pm 0,06\text{ dB}$  pro 500 až 5000 MHz do 100 mV

### 5.2.4 Měření $R, L, C$

Měřené objekty se upínají speciálního držáku. Na BM 553 je připojen čítač kmitočtu sběrnici IMS-2 (provoz lon-ton bez potřeby vnější řídicí jednotky). Např. čítač BM 640.

Kmitočtový rozsah:	0,1 až 100 MHz
Rozsah $R$ :	0,1 $\Omega$ až 100 k $\Omega$ (1 M $\Omega$ )
Rozsah $C$ :	1 pF až 100 nF (1 $\mu$ F)
Rozsah $L$ :	0,1 $\mu$ H až 100 mH (1 H)

Základní chyba  $R, L, C$  při 1 MHz:  $\pm 6\%$

Zobrazení displeje ve tvaru  $R_S, L_S$  nebo  $R_P, C_P$ .

### 5.2.5 Měření $S$ -parametrů

Měřené objekty se upínají do koaxiálního příslušenství dodávaného s přístrojem, objednatelného nebo používaného uživatelem.

Kmitočtový rozsah:	0,1 až 1000 MHz
$S_{11}, S_{22}$ – modul:	0,01 až 1
	fáze: $0^\circ$ až $\pm 180^\circ$
$S_{21}, S_{12}$ - modul:	$\pm 60$ dB
	fáze: $0^\circ$ až $\pm 180^\circ$
Zobrazení c-parametrů:	pravoúhlé ( $X, Y$ )
	polární ( $r, \varphi$ )

Chyba měření je závislé na použitém příslušenství a chybě  $|B/A|$  a  $\varphi_{BA}$  buď v režimu PAR CAL nebo bez něho.

### 5.2.6 Měření impedance $Z$ a admittance $Y$

Měřené objekty se upínají do koaxiálního příslušenství dodávaného s přístrojem, objednatelného nebo používaného uživatelem.

Kmitočtový rozsah:	0,1 až 1000 MHz
Rozsah $Z, R, X$ :	0 až 999 $\Omega$
Rozsah $Y, G, B$ :	0,1 až 999 mS
Zobrazení $Z, Y$ :	pravoúhlé ( $X, Y$ )
	polární ( $r, \varphi$ )

Chyba měření a využitelný rozsah je závislý na použitém příslušenství a chybě  $|B/A|$  a  $\varphi_{BA}$  buď v režimu PAR CAL nebo bez něho.

### 5.2.7 Měření skupinového zpoždění $\tau$

Rozsah:	10 na ( $df = 40$ kHz) až 1 ms
Zdvih $df$ :	400 Hz, 4 kHz, 40 kHz
Chyba $\tau$ :	0,1 až 999 mS
	+ doplňková chyba vyplývající z chyby měření fáze

### 5.2.8 Zobrazení údajů

Dva třiapůlmístné numerické displeje, dva třímístné alfa displeje, dva bodové kvazi-analogové displeje. Je možno zobrazit v pravouhlém tvaru pomocí  $X$ ,  $Y$  nebo v polárním tvaru pomocí  $r$ ,  $\varphi$ .

### 5.2.9 Měrné výstupy

#### Střídavé výstupy

MF výstup kanálu A:	20 kHz (úrovně signálu na sondě A)
kanálu B:	20 kHz (úrovně signálu na sondě B)
Vnitřní odpor:	1 k $\Omega$
Konektory:	BNC

#### Přímé analogové výstupy

Stejnoseměrné vstupy (SWEEP)

Výstup $r$ :	0 až 1 V
Výstup $\varphi$ :	-1 V až + 1 V
Vnitřní odpor:	1 k $\Omega$
Konektory:	BNC

Pozn.: Úzkopásmové analog. rozmítání

#### Nepřímé analogové výstupy

RFC (pro zapisovač) funkce B/A

Výstup $r$ (log režim):	0 až 1 V
Výstup $\varphi$ (pro $-180^\circ$ až $+180^\circ$ ):	0 až 1 V
Vnitřní odpor:	1 k $\Omega$
Konektory:	BNC

Pozn.: Digitální širokopásmové rozmítání s dynamikou  $r \pm 100$  dB

### 5.2.10 Technické údaje základního příslušenství

#### Isolátor 1AK 059 37

Vstupní parametry při 1 MHz:  $R_p = 100 \text{ k}\Omega$

$C_p = 5,5 \text{ pF}$

Chyba napětí:  $\pm 7\%$  v pásmu 1 až 200 MHz

Chyba fáze:  $\pm 7^\circ$  v pásmu 1 až 200 MHz

#### Dělič 1AK 059 38

Vstupní parametry při 1 MHz:  $R_p = 1 \text{ M}\Omega$

$C_p = 2,2 \text{ pF}$

Chyba napětí:  $\pm 7\%$  v pásmu 1 až 200 MHz

Chyba fáze:  $\pm 7^\circ$  v pásmu 1 až 200 MHz

#### T-adaptér 1AF 859 02

Kmitočtový rozsah: 0 až 1000 MHz

Charakteristická impedance:  $50 \Omega$

Přizpůsobení v rozsahu: 0 až 750 MHz  $r \leq 0,07$

750 až 1 GHz  $r \leq 0,09$

Konektory: N-kolík, N-zdírka

Poznámka: Uvedené parametry platí s nasunutou sondou vektorového analyzátoru shodně barevně označenou.

#### Adaptér pro měření RLC 1AF 887 37

Činitel odrazu se zasunutou kalibrační propojkou

1AF 859 18:  $< 0,7\%$  (pro  $f < 100 \text{ MHz}$ )

#### Zakončovací odpor 1AF 857 53

Charakteristická impedance:  $50 \Omega$

Činitel odrazu:  $\leq 1,5\%$  (pro  $f < 1 \text{ GHz}$ )

Konektor: N-kolík

#### Koaxiální zkrat 1AF 819 98

Charakteristická impedance:  $50 \Omega$

Konektor: N-kolík

#### Interfejs IMS-2 (IEC 625)

Interfejsové funkce: T2, L3, SR1, DC1, DT1, RL1

### 5.2.11 Pracovní podmínky

Referenční teplota:	+23 °C ± 2 °C
Provozní teplota:	+10 °C až 35 °C
Teplotní chyba:	Při každé odchylce o 10 °C od referenční teploty vzrůstá chyba o polovinu tolerance zaručované při referenční teplotě
Relativní vlhkost:	40 % až 80 %
Délka náběhu přístroje:	60 min.
Prac. poloha přístroje:	vodorovná nebo nakloněná až o 5°
Napájení:	220 V ± 10 %; 50 Hz
Druh napájecího proudu:	střídavý sinusový se zkreslením menším než 5 %
Příkon:	120 VA
Jištění:	T 630 mA/220 V

### 5.2.12 Všeobecné údaje

Stupeň odrušení:	RO2 ČSN 34 2860
Bezpečnostní třída:	I. podle ČSN 35 6501
Hmotnost:	21 kg
Rozměry:	šířka 450 mm výška 180 mm hloubka 520 mm

## 5.3 Systémový provoz přístroje

Přístroj lze ovládat dálkově pomocí stykového systému IMS-2 pro programovatelné měřicí přístroje.

Pro systémový provoz je vektorový analyzátor vybaven těmito stykovými funkcemi: T2, L3, SR1, DC1, DT1 a RL1.

#### Styková funkce T2 (Talker – Mluvčí)

Funkce T2 umožňuje přístroji vysílání naměřených hodnot nebo stanovených dat přes stykový systém jiným přístrojům, a to tehdy, jsou-li naadresovány. Funkce T2 přijímá dálkovou vícevodičovou zprávu MTA (My talk address – Vlastní adresa mluvčího), kterou je uváděna do aktivního stavu. To je na čelním panelu indikováno rozsvícením LED diody

„MTA“. Funkce T2 dále přijímá vícevodičovou zprávu OTA (Other talk address – Cizí adresa mluvčího) a jednovodičovou zprávu IFC (Interface clear – Nulování stykových obvodů), které způsobí uvedení funkce T2 do klidového stavu. Místní zpráva ton je vždy nepravdivá.

#### **Styková funkce L3** (Listener – Posluchač)

Tato funkce umožňuje přístroji přijímat zprávy ze sběrnice. Zprávy pro vektorový analyzátor jsou přijímány v aktivním stavu posluchače, tzn. po příjmu vlastní adresy MLA (My listen address – Vlastní adresa posluchače). Pomocí místní zprávy lon (listen only – pouze poslouchej) se aktivuje funkce posluchače při propojení přístrojů do režimu ton – lon (talk only – listen only, pouze mluv – pouze poslouchej). Aktivní stav je indikován rozsvícením LED diody MLA na předním panelu.

#### **Styková funkce SR1** (Service request – Vyžádání obsluhy)

Tato funkce umožňuje přístroji asynchronně žádat obsluhu od odpovědného řidiče ve stykovém systému. Asynchronní žádost o obsluhu je zprostředkována vysláním dálkové jednovodičové zprávy SRQ. Po ukončení vyslání stanoveného bajtu je zpráva SRQ zrušena.

#### **Styková funkce DC1** (Device clear – Nulování přístroje)

Tato funkce umožňuje přístroji, aby byl uveden do známého počátečního stavu buď samostatně, nebo současně se skupinou dalších přístrojů. Podmínkou uvedení do základního stavu je přijetí zprávy DCL (Device clear – Nulování přístroje) nebo SDC (Selected device clear – Výběrové nulování přístroje).

#### **Styková funkce DT1** (Device trigger – Spouštění přístroje)

Tato funkce umožňuje přístroji spustit naprogramované měření buď individuálně, nebo současně se skupinou dalších přístrojů. Podnětem ke spuštění je příjem zprávy GET (Group execute trigger – Skupinové spouštění) při vlastním aktivním stavu po přijetí MLA.

#### **Styková funkce RL1** (Remote local – Dálkové místní ovládání)

Tato funkce umožňuje přístroji vybírat mezi dvěma zdroji vstupní informace; z ovládacích prvků nebo ze stykového systému. Funkce RL1 přijímá dálkovou jednovodičovou zprávu REN (Remote enable – Dálkové ovládání), dálkové vícevodičové zprávy GTL (Go to local – Přejdi na místní ovládání), LLO (Local lock out – Blokování místního ovládání). Dále přijímá místní zprávu RTL (Return to local – přejdi na místní ovládání) generovanou stisknutím tlačítka RTL na předním panelu přístroje a zprávu MTA. Rozsvícená LED dioda REM indikuje činnost přístroje v režimu dálkového ovládání, při kterém je pro řízení přístroje použita informace ze stykového systému.

### 5.3.1 Připojení přístroje do systému

Do systému IMS-2 se přístroj BM 553 připojuje pomocí kabelu 1AK 645 58, který je v příslušenství přístroje.

Konstrukce kabelu umožňuje spojování přístrojů systému IMS-2 liniově, hvězdicově nebo kombinací obou způsobů. Podmínkou je nepřekročení maximálního počtu přístrojů v systému (15) a současně součet délek jednotlivých kabelů nesmí být větší než 20 m. Přístroj se zapojuje do systému ve vypnutém stavu.

### 5.3.2 Nastavení adresy

Na zadní stěně přístroje jsou umístěny přepínače adresy označené A1 až A5, pomocí kterých lze nastavit libovolnou adresu posluchače z druhého nebo třetího sloupce tabulky kódu ISO-7 a tomu odpovídající adresu mluvčího ze 4. nebo 5. sloupce tabulky kódu ISO-7<sup>1</sup>. Nastavuje se 1. až 5. bit adresy, bity 6 a 7 jsou pevně nastaveny v přístroji. Platí toto přiřazení:

- 0 – přepínač v levé poloze
- 1 – přepínač v pravé poloze

Celkový počet volitelných adres pro příjem a pro vysílání informací v systému je u vektorového analyzátoru roven 31. Kódy 3F a 5F (hexadecimálně) jsou vyhrazeny pro zprávy UNL (Unlisten – Neposlouchej) a UNT (Untalk – Nemluv).

### 5.3.3 Vlastní programování přístroje BM 553

#### Provoz v režimu „lon“

Přístroj je schopen pracovat v součinnosti s jediným přístrojem s funkcí mluvčí i bez stykové funkce řidič – režim „ton – lon“ (takl only – listen only, pouze mluv – pouze poslouchej). V přístroji BM 553 zprávu „lon“ realizuje shodně označený přepínač umístěný na zadním panelu přístroje pod přepínači adresy.

Pro správnou funkci této nejmenší sestavy v systému IMS-2 je nutné na BM 553 nastavit přepínač „lon“ do polohy 1 a aktivovat zprávu „ton“ na přístroji typu mluvčí.

---

<sup>1</sup>Tabulka kódu ISO-7 je uvedena v normě ČSN 35 6522 na straně 69.

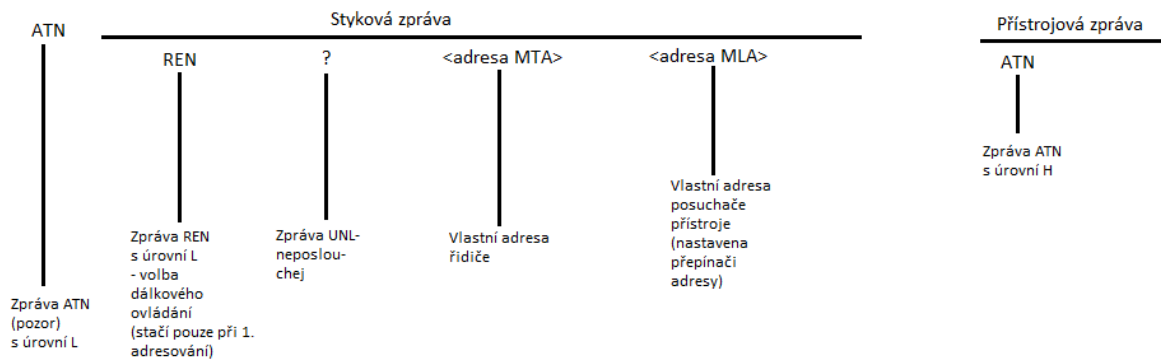


Uvedený režim se využívá při měření L, C pro příjem hodnoty kmitočtu z externího čítače pracujícího v režimu „ton“. Programově je zajištěno dekódování naměřené hodnoty v libovolném formátu.

Po ukončení činností tohoto systému je nutné přesunout přepínače „lon“ a „ton“ u obou přístrojů do klidové polohy 0.

### Provoz v systému ovládaném řidičem

Jak je uvedeno v (*Vektorový analyzátor BM 553: Instrukční knížka*, 1991.), při programování přístroje je nutné ho nejdříve adresovat jako posluchače a potom vyslat z řídicí jednotky přístrojovou zprávu, podle níž přístroj provádí požadovanou činnost.



Obrázek 5.2: Struktura zprávy BM 553

Pozn.: Povelom UNL se ruší adresy všech posluchačů připojených k systému. Vlastní přístrojová zpráva navodí kteroukoliv funkci přístroje, stejně jako z čelního panelu a dále potom některé další nutné pro systémový provoz (vysílání výsledku, přesné nastavení rozsahů, vysílání nastavených rozsahů atd.)

Přístrojová zpráva sestává z kombinace dvouznakových ASCII povelů. Výjimku tvoří 2 povelý s parametrem. Seznam povelů je uveden v následující podkapitole. Po ukončení odměru přístroje je možné naměřený údaj převzít a dále zpracovat (uložit do paměti řídicí jednotky, vypsát tiskárnou atd.). K tomu je zapotřebí změnit adresu MLA posluchače na adresu MTA mluvčího a současně adresovat posluchače – přístroj, který údaj bude přijímat.

**Tabulka povelů**

V závorce jsou uvedena čísla tlačítek, kterými lze dosáhnout stejného účinku.

BA	(1)	B/A ON – režim měření poměru napětí B/A
C0	(4)	RECALL REF ON – výstup z režimu RECALL
C1	(4)	RECALL REF ON – vyvolání ref. hodnoty (další měření se zastavuje; z tohoto režimu se lze dostat pouze povelom C0)
CA	(8)	A ON – režim měření kanálu A
CB	(9)	B ON – režim měření kanálu B
D1	(39)	$\Delta\tau$ ON – režim měření $\Delta\tau$ (viz. pozn.)
DB	(14)	LOG ON – výsledek bude v logaritmickém tvaru
DR	(10)	LOG REF ON – výsledek bude jako poměr naměřené veličiny k ref. hodnotě v logaritmickém vyjádření
DS		DISPLAY STATUS WORD – stav přístroje (viz 5.3.5)
E0		SRQ OFF – přístroj nebude vydávat žádost o obsluhu
E1		SRQ ON – přístroj bude vydávat žádost o obsluhu
F0	(28)	SET F0 – zápis fáze ( $\varphi$ ) na kmitočtu $f_0$ do paměti: při měření $\tau$ nebo $\Delta\tau$
F1	(29)	$F_0 + 0,4\text{ kHz}$ – zadání difference 0,4 kHz při měření $\tau$ , $\Delta\tau$ ; přístroj začne vydávat výsledky T nebo $\Delta T$
F2	(22)	$F_0 + 4\text{ kHz}$ – zadání difference 4 kHz (viz F1)
F3	(23)	$F_0 + 40\text{ kHz}$ – zadání difference 40 kHz (viz F1)
FRXX		SET FREQ RANGE – nastavení frekvenčního rozsahu; parametr XX je dvoumístné číslo v rozsahu 0 až 13
I0	(13)	FILTER OFF
I1	(13)	FILTER ON
L1	(15)	LTN ON – výsledek v lineárním vyjádření výkonný povel pro přenos údajů z obou displejů na sběrnici IMS-2
LS	(16)	LEVEL REF STORE – uložení modulu výsledku ( $r$ ) do paměti ref. hodnot přístroje
LX		výkonný povel pro přenos údaje z levého displeje na sběrnici IMS-2
M0	(17)	AMPL. AUTORANGE OFF – ruší povel M1
M1	(17)	AMPL. AUTORANGE ON – zastavení automatického nastavování rozsahu amplitudy

N0	(26)	50 $\Omega$ ON
N1	(26)	50 $\Omega$ OFF
O0	(27)	75 $\Omega$ ON
O1	(27)	75 $\Omega$ OFF
PC	(35)	PARAMETER CALIBRATION – uložení modulu ( $r$ ) a fáze ( $\varphi$ ) do paměti ref. hodnot přístroje. Při měření $\Delta\tau$ se jako ref. hodnota (na jiné místo paměti než $\varphi$ ) ukládá naměřené $\tau$
Q0	(3)	FREQ. AUTORANGE OFF – ruší povel Q1
Q1	(3)	FREQ. AUTORANGE ON – zastavení automatického nastavování rozsahu frekvence
R0	(36)	DIR COUPL. OFF – měření bez směrové vazby
R1	(36)	DIR COUPL. ON – měření se směrovou vazbou
RAXX		SET AMPL. RANGE A – nastavení amplitudového rozsahu kanálu A. Parametr XX je 1 až 2-místné číslo v rozsahu 0 až 9
RC	(33)	SET C – měření $R$ , $C$ (paralelní kombinace) s držákem RLC
RL	(32)	SET L – měření $R$ , $L$ (sériová kombinace) s držákem RLC
RP	(5)	$r$ , $\varphi$ ON – výsledek v polárním vyjádření
RX		výkonný povel pro přenos údaje z pravého displeje na sběrnici IMS-2
S1	(18)(19)	S11, S22 ON – režim měření $S$ -parametrů $S_{11}$ , $S_{22}$
S2	(20)(21)	S12, S21 ON – režim měření $S$ -parametrů $S_{12}$ , $S_{21}$
T1	(38)	$\tau$ ON – režim měření skupinové zpoždění (viz pozn.)
XY	(6)	X, Y – výsledek v kartézském tvaru
Y1	(25)	Y ON – režim měření admitance
W0	(51)	SWEEP OFF – ruší povel W1
W1	(51)	SWEEP ON – při měření A, B, B/A přechází přístroj do rozmítaného druhu provozu; z tohoto režimu se lze dostat pouze povel W0
Z1	(24)	Z ON – režim měření impedance
ZY	(11)	LIN REF ON – výsledek bude jako poměr naměřené veličiny k ref. hodnotě

Pozn.: Po použití stykové funkce DC1 je vhodné vysílat výkonné povely až po ukončení inicializace přístroje. Při měření skupinového zpoždění  $\tau$  ( $\Delta\tau$ ) nutno dodržet postup vydávání povelů, který odpovídá postupu při ovládání tlačítka.

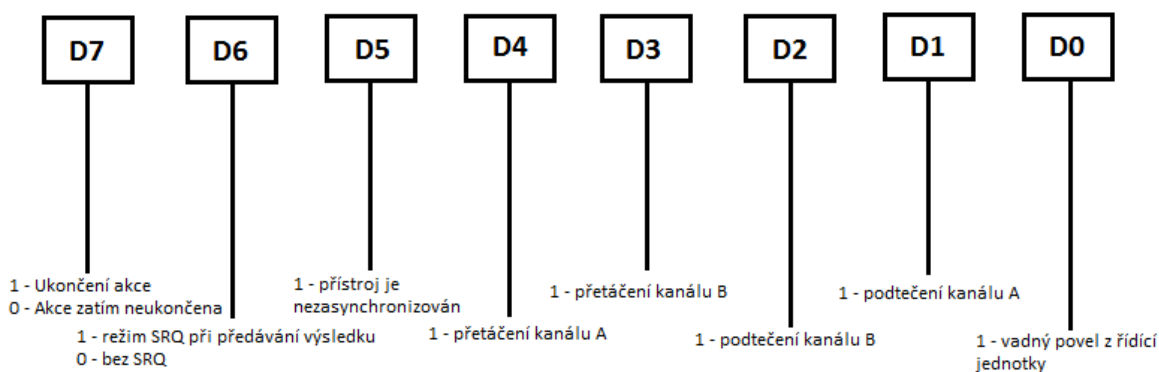
### 5.3.4 Režim vyžádání obsluhy

Styková funkce SR (Service request) umožňuje přístroji asynchronně žádat obsluhu o odpovědného řidiče. Zapínání a vypínání funkce SR je řízeno povely E1 (zapni) a E0 (vypni) z řídicí jednotky.

#### Stavový bajt

V průběhu programování a měření je v přístroji stále udržován stavový bajt. Ten může být kdykoliv vyslán aktivnímu řidiči.

Stavový bajt má následující složení:



Obrázek 5.3: Složení stavového bajtu

Doporučený postup pro převzetí stavového bajtu při vyžádání obsluhy přístrojem je následující:

1. Přístroj požádá o obsluhu vodičem SRQ.
2. Řidič vyšle UNL (Unlisten), tím odadresuje funkční jednotky.
3. Řidič vyšle SPE (Serial poll enable) – uvede stykový systém do režimu sériového hlášení, v němž funkční jednotky vysílají stavový bajt.
4. Řidič postupně adresuje funkční jednotky.
5. Převzetí stavového bajtu od naadresované funkční jednotky.
6. Řidič vyšle SPD (Serial poll disable) – zruší režim sériového hlášení.
7. Řidič vyšle UNT (Untalk), tím odadresuje všechny mluvčí.

Další činnost se řídí podle hodnot převzatých stavových bajtů a je podrobně popsána v (*Vektorový analyzátor BM 553: Instrukční knížka*, 1991.).

### Využití stavového bajtu přístroje

V principu existuje dvojí způsob využívání stavového bajtu. První způsob spočívá v tom, že přístroj uvedeme povelu EQ do režimu, ve kterém není využíván vodič SRQ; obsluha se nevyžaduje. Je na uživateli, aby periodickým čtením stavového bajtu (viz postup převzetí – obvody 2 až 7) zjišťoval stav přístroje.

Druhý způsob spočívá v tom, že přístroj přivedeme povelu E1 do režimu, ve kterém je vodič SRQ běžně využíván pro hlášení chyb při ukončení měření. Řidič pak zpracovává SRQ podle bodů 1 až 7 jako přerušení.

### 5.3.5 Stavové slovo

V přístroji je také uchováváno stavové slovo, které může být povelu DS vysláno aktivnímu řidiči v případě ukončení akce, tzn., že ve stavovém bajtu  $D7 = 1$ .

#### Složení stavového slova

	AA	BB	CC	DD	CR	LF
--	----	----	----	----	----	----

Kde AA – číslo tlačítka, které určuje režim měření přístroje

BB – číslo frekvenčního rozsahu

CC – číslo napěťového rozsahu kanálu A

DD – číslo napěťového rozsahu kanálu B

Pozn.: Po vyslání povelu DSS je vhodné zařadit časovou prodlevu asi 150 ms před příjmem stavového slova.

### 5.3.6 Chybovník BM 553

#### a) Obsluha z klávesnice

- 10 Err – bylo stisknuto tlačítko, které neodpovídá předepsanému postupu obsluhy (na další činnost nemá žádný vliv)
- 14 Err – nevhodná posloupnost stisku tlačítek

#### b) Obsluha přes IMS-2

- 20 Err – přejet neexistující povel
- 21 Err – špatný parametr povelu

- 22 Err – nedefinovaný příkaz přijatý z IMS-2 nebo povel, který neodpovídá předepsanému postupu obsluhy
- 23 Err – žádný posluchač na IMS-2, je-li BM 553 mluví

# Kapitola 6

## Návrh převodníku IMS–1/IMS–2 pro čítač BM 526

### 6.1 Návrh stykových funkcí vhodných pro realizaci v čítači BM 526

Universální čítač BM 526 má od výroby zabudovánu přístrojovou sběrnici IMS–1 splňující systémovou kategorii II podle (ČSN 35 6521: *Elektronické měřicí přístroje: Interfejs IMS–1: Logické a elektrické podmínky, informační, řídicí a programové signály*, 1983.). Zabudované rozhraní této přístrojové sběrnice využívá následující skupiny signálů:

- z množiny **řídicích signálů** 3 povelové *B-signály* ( $B0$ ,  $B1$ ,  $B2$ ) a 2 hlásicí *M-signály* ( $M1$ ,  $M2$ );
- ze skupiny **informačních J-signálů** se uplatňuje celkem 56 *J-signálů* (zde spíše přesněji bitů; jedná se o údaj o číslicovém výsledku měření – 4 bity připadají na harmonickou kmitočtového měniče, 36 bitů připadá na devítimístnou mantisu, 4 bity na znaménko charakteristiky (exponentu), 4 bity na číselný údaj charakteristiky (exponentu), 4 bity na multiplikační koeficient, 4 bity na základní měrnou jednotku).
- ze skupiny **programových P-signálů** se využívá 14 *P-signálů*, které umožňují programování všech funkcí čítače (5 signálů či spíše bitů připadá na programování funkce čítače, 1 bit připadá na doprovodný programovací signál – podmíněná nula pro externí program, 7 bitů přísluší programování intervalu hradla).

V převodníku IMS-1/IMS-2 určeném pro zabudování do universálního čítače Tesla BM 526 navrhujeme realizovat následujících šest stykových funkcí sběrnice IMS-2:

- **L3 – Listener (posluchač)** ... logická funkce, jejíž použití dává universálnímu čítači Tesla BM 526 schopnost účastnit se příjmu vícevodičových přístrojových zpráv a adresovaných příkazů. Realizována je 3. varianta stykové funkce, která splňuje funkce základního posluchače (tj. obsahuje základní vybavení jako Listener L), má možnost místní adresace pro příjem (tj. umožňuje režim činnosti „pouze poslouchej“ Listen Only – lon) a možnost odadresování při příchodu signálu MLA. S funkcí L je nutno současně použít stykovou funkci AH.
- **AH1 – Acceptor Handshake (příjemce korespondence přejímky)** ... logická funkce, jejíž použití zajišťuje universálnímu čítači Tesla BM 526 správný příjem vícevodičových zpráv s ohledem na jeho rychlost zpracovávání údajů. Realizována je 1. varianta stykové funkce AH, která zaručuje, že čítač BM 526 může přijímat vícevodičové zprávy.
- **T5 – Talker (mluvčí)** ... logická funkce, jejíž použití dává universálnímu čítači Tesla BM 526 schopnost vysílat vícevodičové přístrojové zprávy. Realizována je 5. varianta stykové funkce, která splňuje funkce základního mluvčího (tj. obsahuje základní vybavení jako Talker T), umožňuje sériové hlášení, má možnost místního adresování pro vysílání (tj. umožňuje režim činnosti „pouze mluv“ Talk Only – ton) a možnost odadresování při příchodu signálu MTA. S touto funkcí je nutno současně použít stykové funkce SH a AH.
- **SH1 – Source Handshake (zdroj korespondence přejímky)** ... logická funkce, jejíž použití zajišťuje universálnímu čítači Tesla BM 526 správné vysílání vícevodičových zpráv s ohledem na rychlosti funkčních jednotek účastnících se příjmu. Vazba na ostatní jednotky zapojené ve sběrnici IMS-2 je zajištěna cyklem přejímky, tj. spoluprací stykového obvodu SH vysílající jednotky a stykových obvodů AH přijímajících jednotek. Realizována je 1. varianta stykové funkce SH, která zaručuje, že čítač BM 526 může vysílat vícevodičové zprávy.
- **RL1 – Remote/Local (dálkové/místní ovládání)** ... logická funkce, jejíž použití dává čítači BM 526 schopnost přepínání mezi dálkovým nebo místním řízením s možností blokování ovládání z předního panelu. Realizována je 1. varianta funkce RL umožňující přepínání mezi místním a dálkovým řízením. S touto funkcí je nutno současně použít stykové funkce L a AH.



- **DT1 – Device Trigger (spuštění přístroje)** ... logická funkce, jejíž použití umožňuje dálkové spuštění čítače BM 526 pomocí řídicí jednotky. Realizována je 1. varianta funkce DT umožňující dálkové spuštění čítače. S touto funkcí je nutno současně použít stykové funkce L a AH.

## 6.2 Ověření kompatibility stykových funkcí BM 526 a BM 553

V předešlé kapitole byl proveden návrh šesti stykových funkcí vhodných pro realizaci v převodníku sběrnice IMS-2 universálního čítače Tesla BM 526. Protože vlastník obou popisovaných přístrojů počítá s jejich nasazením v systémovém režimu činnosti – minimálně pro začátek v systémovém režimu lon-ton (kde se uvažuje jako mluvčí čítač BM 526 a posluchač analyzátor BM 553) – je třeba vyhodnotit kompatibilitu stykových funkcí obou přístrojů.

Navrhované stykové funkce čítače BM 526 a jejich popis je proveden v kapitole 6.1 této práce. Stykové funkce již zabudované v analyzátoru BM 553 jsou podrobně popsány v kapitole 5.3. V níže uvedené tabulce je provedeno shrnutí podporovaných stykových funkcí. Zároveň je provedeno zhodnocení logické kompatibility funkcí z hlediska režimu lon-ton.

Tabulka 6.1: Slučitelnost funkcí

Podporované stykové funkce sběrnice IMS-2				Slučitelnost funkcí
Čítač Tesla BM 526		Analyzátor Tesla BM 553		
Ozn.	Název	Ozn.	Název	
L3	Posluchač var. 3	L3	Posluchač var. 3	Plná slučitelnost
AH1	Příjemce korespondence přejímky var. 1	AH1	Příjemce korespondence přejímky var. 1	Plná slučitelnost
T5	Mluvčí var. 5	T2	Mluvčí var. 2	Kompatibilita na úrovni základního mluvčího T a podpory sériového hlášení. BM 553 nepodporuje režim „ton“ a odadresování MTA
SH1	Zdroj korespondence přejímky var. 1	SH1	Zdroj korespondence přejímky var. 1	Plná slučitelnost
RL1	Dálkové/místní ovládání var. 1	RL1	Dálkové/místní ovládání var. 1	Plná slučitelnost
DT1	Spuštění přístroje var. 1	DT1	Spuštění přístroje var. 1	Plná slučitelnost
–	–	SR1	Vyžádání obsluhy var. 1	U BM 526 není funkce obsažena
–	–	DC1	Nulování přístroje var. 1	U BM 526 není funkce obsažena

### 6.3 Ideový návrh převodníku IMS-1/IMS-2 pro čítač Tesla BM 526

Kmitočtový čítač Tesla BM 526 je od výroby vybaven rozhraním systémové sběrnice IMS-1 podle příslušného standardu zemí RVHP (ST SEV 1610-79, nahrazuje doporučení RS 2826-73; u nás je IMS-1 zavedeno normou ČSN 35 6521). Hardwarově je obvod rozhraní řešen jako samostatná funkční jednotka Standard Interface 1AF 007 76 s výstupem

### 6.3. IDEOVÝ NÁVRH PŘEVODNÍKU IMS-1/IMS-2 PRO ČÍTAČ TESLA BM 526 83

na čtyři konektory, 3 typu TGL 200-3603, 32pólové, zásuvky (dutinky), 1 typu TGL VIII-I, 6kontaktní, s aretací koaxiálních konektorů – na výstupní konektory I a II jsou přivedeny výstupy informačních signálů, na konektor III vstupy programových signálů a na koaxiální konektor IV řídicí signály, všechny v souladu s interface IMS-1 kat. II. Ovládací prvky IMS-1 tvoří čtyři spínací prvky (přepínače S1, S4 a tlačítka S2, S3). Všechny signály odpovídají logice TTL.

Provozovatel přístroje BM 526 (vedoucí této práce) nemá k dispozici systémové kabely IMS-1 s příslušnými konektorovými koncovkami. Taktéž není k dispozici odpovídající řídicí minipočítač SMEP s rozhraním IMS-1 a v dnešní době již není možno jej pořídit. Autor této absolventské práce tedy po konzultaci s vedoucím práce (tj. provozovatelem přístroje BM 526) navrhuje následující:

1. V přístroji Tesla BM 526 zrušit mechanickou sestavu konektorů a spínacích prvků IMS-1. Jednotka Standard Interface 1AF 007 76 však zůstane zachována.
2. Místo zrušené mechanické sestavy 4 konektorů a 4 spínacích prvků IMS-1 nově navrhnout a vyrobit mechanickou sestavu IMS-2 (1 konektor typu Canon, 25pólový /evropský konektor IMS-2/, kolíky; 5pólový DIP přepínač pro volbu bitů A1 až A5 systémové adresy přístroje; 1 tlačítkový přepínač pro možnost volby režimu „ton“ přístroje).
3. Vlastní komunikaci po sběrnici IMS-2 a převod do staršího formátu IMS-1 bude provádět nově vytvořená mikroprocesorová jednotka, která bude vnitřně integrována do přístroje BM 526. Mikroprocesorové řízení se předpokládá pomocí jednočipového mikroprocesoru Atmel, pravděpodobně ATmega 8535.

Logická skladba obvodu převodníku IMS-1/IMS-2 zabudovaného v čítači BM 526 se bude ideově držet stavebnicové koncepce systému IMS-2 podle řešení BM 548, potažmo BM 640, a bude následující:

1. *Přijímač* ... jednotka zajišťuje hlavní funkci posluchače L3 a příjemce korespondence přejímky AH1. Další zajišťované funkce:
  - impedanční přizpůsobení na sběrnici;
  - volba vlastní adresy posluchače MLA;
  - příjem, rozpoznání a zapamatování vlastní adresy posluchače MLA;
  - předání informace o příjmu adresy obvodům pro řízení přenosu;

- mazání vlastní adresy povelém UNL, IFC nebo MTA;
  - provoz „lon“ (listen only – pouze poslouchej);
  - rozhodnutí o příjmu dat nebo adres a povelů;
  - příjem signálů pro přechod na dálkové ovládání;
  - příjem signálu identifikace a odpověď na něj v režimu místní konfigurace;
  - přenos datových bajtů k dalšímu zpracování.
2. *Vysílač* ... jednotka zajišťuje hlavní funkci mluvčí T5 a zdroj korespondence přejímky SH1. Další zajišťované funkce:
- rozpoznání a zapamatování vlastní adresy mluvčího MTA;
  - předávání informací obvodům pro řízení přenosu;
  - mazání adresy povelém OTA, UNT, IFC, MLA;
  - provoz „ton“ (talk only – pouze mluv);
  - vysílání bajtů dat;
  - vysílání signálu END (EOI).
3. *Slabiková paměť* ... jednotka je určena pro zapamatování programu. Její použití u čítače BM 526 je nutné z toho důvodu, že potřebujeme ovládat rozsahy několika funkcí. Program tvoří slabika, která má tvar písmeno – číslice. Písmeno označuje funkci přístroje, číslice určuje rozsah dané funkce. U čítače BM 526 jsme zvolili pro druh provozu písmeno M, interval hradla označuje písmeno T. Jednotka dále zajišťuje funkce:
- výběr a zapamatování programu organizovaného ve tvaru dvou slabik písmeno–číslice;
  - předání zapamatované číslice k řízení přístroje;
  - spouštění přístroje signálem rdy A2/exe;
  - blokování přenosu dat signálem rdy A2 (podmínka pro NRFD – hold).
4. *Multiplexor dat* ... úlohou jednotky je převést informaci o naměřené hodnotě do podoby vhodné pro mluvčího nebo zobrazovač dat, tj. do kódu ISO-7 a převést paralelní informaci na sériovou. Zajišťované funkce:
- převod paralelní kombinace v kódu BCD na sérioparalelní v kódu ISO-7;

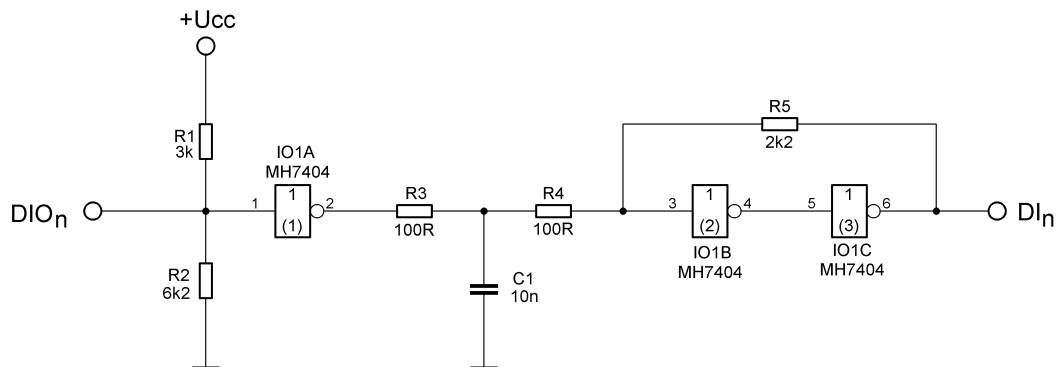
### 6.3. IDEOVÝ NÁVRH PŘEVODNÍKU IMS-1/IMS-2 PRO ČÍTAČ TESLA BM 526 85

- dekódování znaménka exponentu a jeho vyjádření v kódu ISO-7;
- dekódování informace o měrné fyzikální jednotce, a to v Hz a ns;
- komunikace s mluvcím nebo jednotkou zobrazovače při přenosu dat pomocí signálů  $\overline{Tba}$  a  $LstaS$ ,  $LrdsS$ ;
- předávání informací mluvcího bajt po bajtu;
- časový multiplexor jednotky zobrazovače.

5. *Obvod sčítačky* pro sjednocení údaje základního přístroje čítače BM 526 s údajem modulu kmitočtového měniče BP 526.9 (u provozovatele přístroje je obsažen).

#### 6.3.1 Obvod jednotkové vstupní zátěže

Každý z vodičů sběrnice IMS-2 je připojen ke vstupnímu obvodu posluchače přes níže uvedený přizpůsobovací obvod.

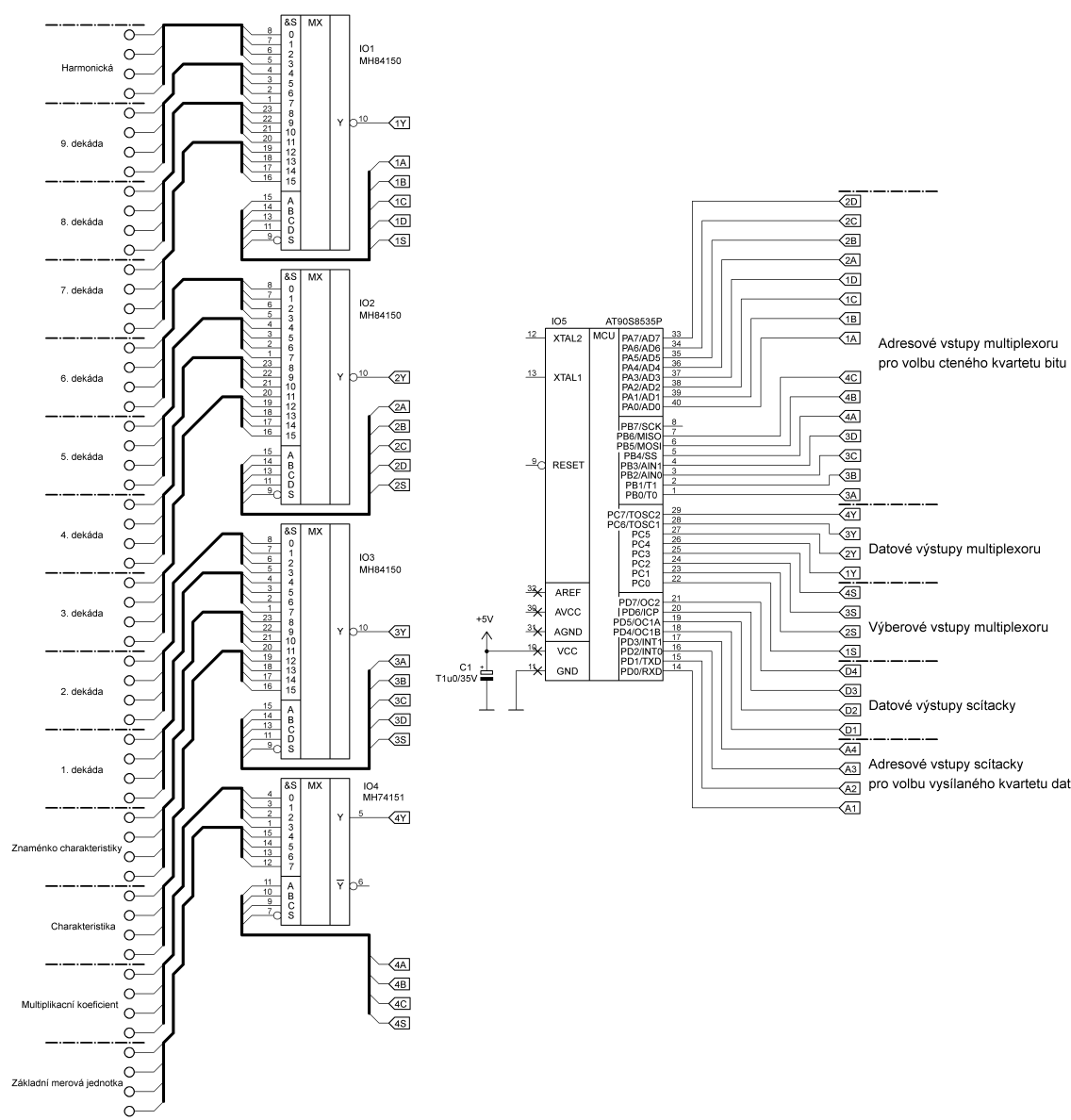


Obrázek 6.1: Obvod jednotkové vstupní zátěže

Dělič sestavený z odporů  $R_1$  a  $R_2$  na vstupu invertoru (1) zajišťuje impedanční a úrovnové přizpůsobení na sběrnici. Za invertorem (1) je zapojen filtr  $R_3C_1$ , který odstraňuje případné rušivé impulsy s dobou trvání menší než  $1\mu s$ . Invertory (2) a (3) společně s odpory  $R_4$  a  $R_5$  tvoří Schmittův klopný obvod, který slouží k obnově tvaru hran datových signálů. Obvodové řešení plně respektuje doporučení týkající se elektrické kompatibility signálů podle normy IEC 625, resp. ČSN 35 6522.

### 6.3.2 Obvod sčítačky

Autor této práce navrhuje úpravu obvodu sčítačky na mikroprocesorově řízenou funkční jednotku. Řízení se předběžně předpokládá jednočipovým mikropočítačem ATmega8535P, Atmel AT90S8535P, AT90S8515P nebo ATmega8515P. Obvod sčítačky sjednocuje údaj základní jednotky čítače BM 526 (hodnota kmitočtu v rozsahu od 10 Hz vč. do 100 MHz vč.) a zásuvného modulu kmitočtového měniče BP 526.9 (číslo vyšší harmonické odvozené ze základní harmonické 100 MHz, tj. číslice 0 až 9; kmitočtový měnič je využíván pouze v režimu činnosti D).



Obrázek 6.2: Ideový návrh obvodu sčítačky

### 6.3. IDEOVÝ NÁVRH PŘEVODNÍKU IMS-1/IMS-2 PRO ČÍTAČ TESLA BM 526 87

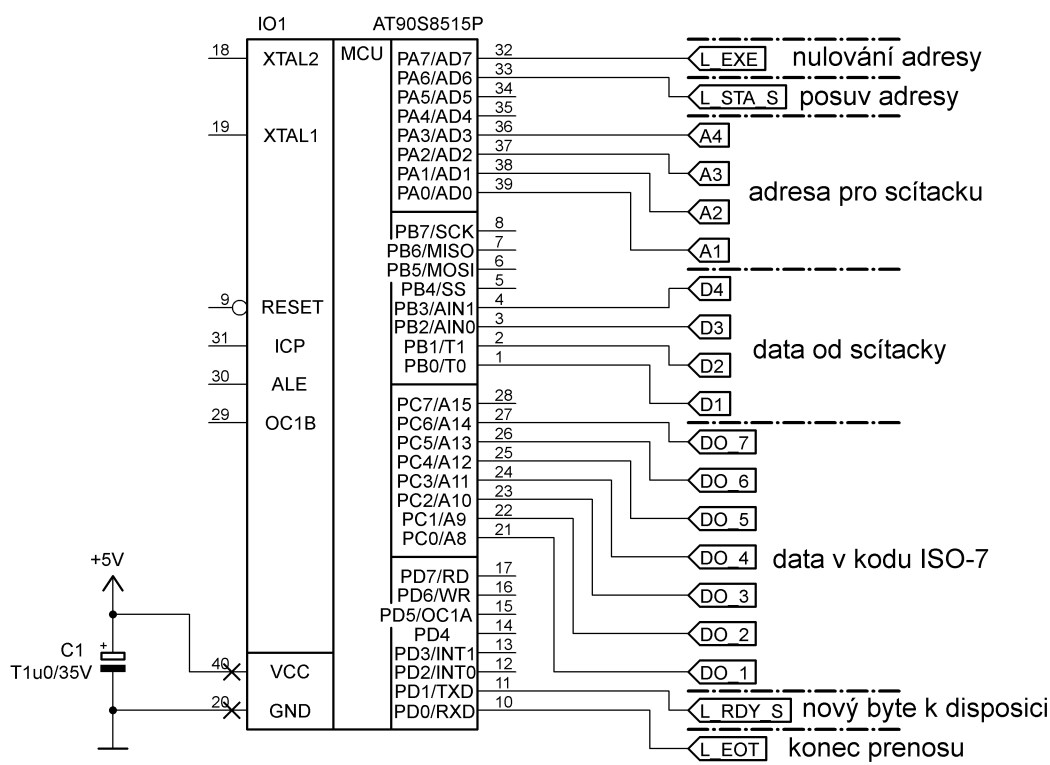
Princip činnosti obvodu je následující: Obvod sčítačky realizuje čtení datových vstupů sběrnice IMS-1 (14 kvartetů dat, tj. je zpracováváno všech 56 informačních J-signálů) v multiplexovaném režimu činnosti, ukládá je do vnitřní paměti a na vyžádání navazujícího obvodu multiplexoru dat je posílá na datové výstupy D1 až D4 sčítačky. Výběr vysílaného kvartetu dat je prováděn volbou čtyřbitové adresy A1 až A4 přiváděné na příslušné datové vstupy mikropočítače Atmel. Mikroprocesorová jednotka zároveň programově zajišťuje blokování nevyužívaných multiplexorů.

#### 6.3.3 Obvod multiplexoru dat

Úlohou jednotky multiplexoru dat je převod informace o naměřené hodnotě čítače BM 526 do podoby vhodné pro mluvího, tj. do kódu ISO-7. Dále se provádí převod dat z paralelní formy do formy sériové. Jednotka multiplexoru dat postupně načítá jednotlivé kvartety bitů (neboli znaky) informačního slova sběrnice IMS-1, které jí posílá jednotka sčítačky. Posílané kvartety bitů (informační slovo přístroje BM 526 je tvořeno 14 kvartety) jsou kódovány v BCD kódu s pozitivní TTL logikou a obvodem multiplexoru jsou čteny postupně podle jejich pořadového umístění v informačním slově přístroje BM 526. Mikroprocesorové řízení obvodu multiplexoru pak programově zajišťuje jejich překódování do kódu ISO-7, doplnění o povinné znaky a předání v sério-paralelní formě znak po znaku mluvímu v pozitivní TTL logice.

#### Princip činnosti

Paralelně-sériový převod dvojkových informací v BCD kódu z obvodu sčítačky se provádí programově v jednočipovém mikropočítači Atmel AT90S8515P či ATmega8515P (předběžný návrh). Číslo adresy čteného kvartetu dat (čili znaku) se posouvá signálem *LstaS* a nuluje signálem *Lexe*. Po nastaveném programovém zpoždění oznámí mikroprocesor signálem *LrdyS* vysílači, že nový bajt dat je k dispozici. Informační slovo IMS-2 je v našem případě (tj. pro čítač BM 526 14znakové).



Obrázek 6.3: Ideový návrh obvodu multiplexoru dat

Ukončování informačního slova navrhuje autor této práce provádět symbolem „CR, LF“ (návrát vozíku, nový řádek), což je systém zavedený v 70. letech firmou Hewlett Packard (ale neodpovídající doporučení IEC 625). Podnik Tesla Brno jej také využíval u většiny svých přístrojů osazených sběrnicí IMS-2 (včetně vektorového analyzátoru BM 553). U zbývajících částí programovatelných přístrojů podniku Tesla Brno (kupř. generátorů BM 592, BM 596 aj.) je používán systém IEC s ukončováním „- ;“ (mezera–středník). Do budoucna by tedy bylo vhodné příslušným programovým způsobem zajistit detekci systému ukončovacích znaků všech přístrojů (nejen Tesly) připojených na sběrnicí IMS-2 a programově toto ošetřit. Naštěstí se celosvětově prakticky rozšířily pouze dva systémy, a to IEC a Hewlett Packard. Po vyslání ukončovacích znaků se generuje signál *L eot*, tj. konec přenosu, kterým oznamujeme mluvčímu ukončení pracovního cyklu.

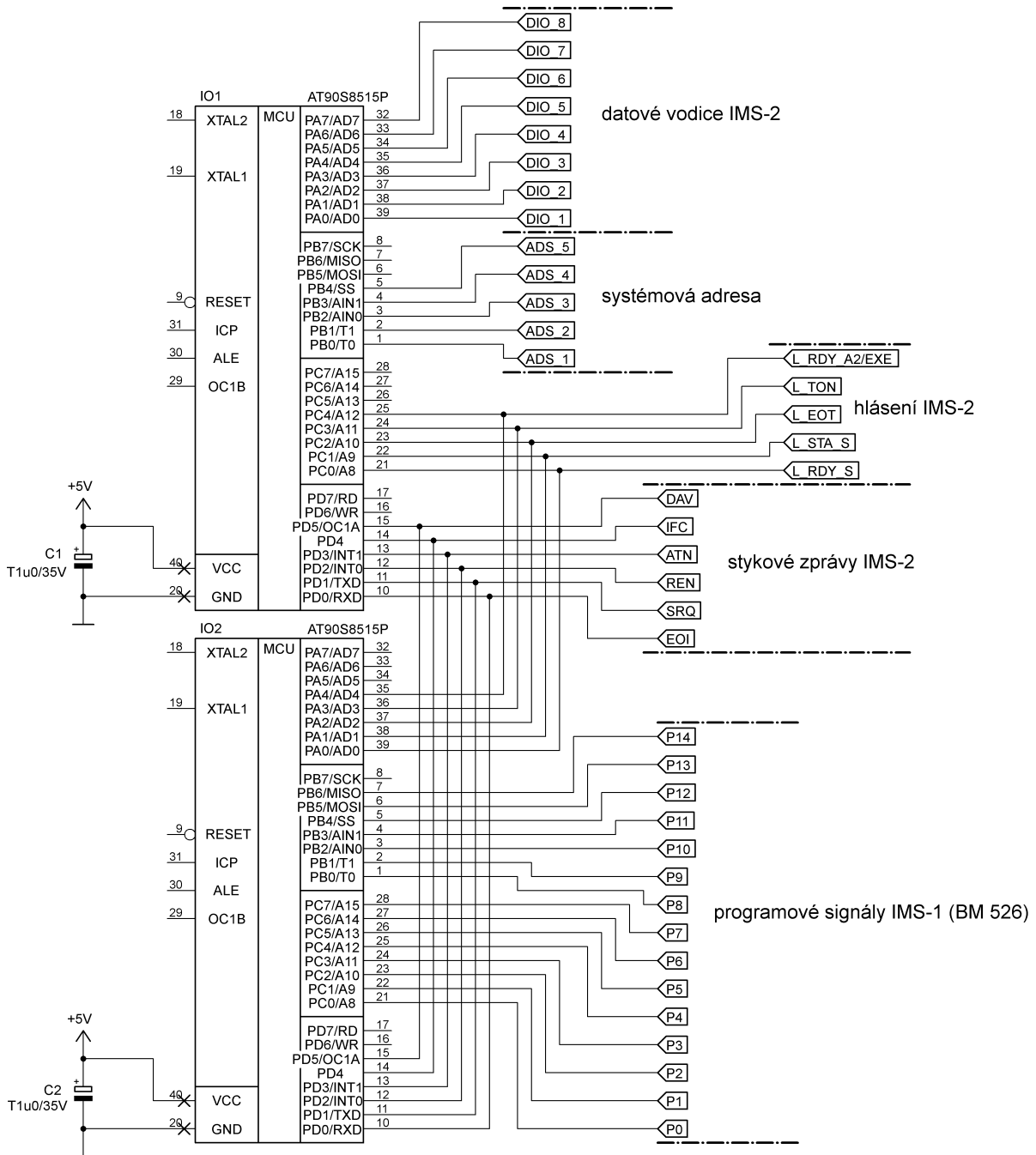
V případě, že spolupracující mluvčí dostává informace z jiného zdroje než multiplexoru dat (např. při sériovém hlášení Serial Poll), jsou výstupní data DO 1 až DO 7 blokována signálem *LBM* ve stavu L. Dle konzultace s vedoucím práce bylo ověřeno, že pro spojení BM 526 a BM 553 nebude využíváno blokačního signálu *LBM*, a proto není v tomto ideovém návrhu vůbec vyveden.



### 6.3.4 Sdružený obvod přijímače, vysílače a slabikové paměti

Autor této práce navrhuje sloučit funkční jednotky přijímače (posluchače), vysílače (mluvčího) a slabikové paměti do jedné mikroprocesorové jednotky. Řízení se opět předpokládá jednočipovým mikropočítačem Atmel ATmega8535P nebo ATmega8515P. Stručné vysvětlení principu činnosti je následující:

- *Přijímač* ... tato jednotka plní funkci posluchače L3. Vstupní obvody přijímače jsou přímo napojeny na sběrnici IMS-2. Každý z vodičů sběrnice je připojen ke vstupnímu obvodu posluchače přes obvod jednotkové zátěže, který je popsán v oddílu 6.3.1. Volba adresy přijímače se provádí nastavením zvolené adresové kombinace bitů 1 až 5 na adresovacích vstupech ADS 1 až ADS 5. Tyto vstupy jsou propojeny se soupravou DIP přepínače, umístěnou na panelu interfejsového bloku. Nastavení adresy se provádí přepnutím příslušných přepínačů do polohy 1.
- *Vysílač* ... je určen k přenosu dat z přístroje BM 526 do dalších přístrojů (např. BM 553), které jsou zapojeny do sběrnice IMS-2. Logická činnost jednotky je řešena programově uvnitř jednočipového mikropočítače. Jednotka by měla plnit roli mluvčího T5 dle doporučení IEC.
- *Slabiková paměť programu* ... jednotka je určena k zapamatování programu určeného pro přístroj BM 526, kde je třeba ovládat rozsahy více funkcí. Program je tvořen slabikou, tj. kombinací písmeno-číslo. Písmeno označuje funkci přístroje, která je určena programem, číslo určuje měřicí rozsah dané funkce čítače BM 526. Autor této práce doporučuje zvolit pro volbu druhu provozu písmeno M, písmeno T pak pro interval hradla čítače (jde o systém, který dodržovala i Tesla Brno). Uložení a dekódování slabiky je řešeno čistě softwarově uvnitř mikropočítačové jednotky Atmel. Stejným způsobem je řešen i převod programu na signály pro sběrnici IMS-1 (povelové signály B0, B1, B2; kontrolní M0, M1 a 14 programových P-signalů čítače BM 526).



Obrázek 6.4: Ideový návrh sdružené jednotky přijímače, vysílače a slabikové paměti

# Kapitola 7

## Závěr

Závěrem bych chtěl říci, že zadání této absolventské práce bylo beze zbytku splněno. Dle informací od vedoucího absolventské práce bylo ověřeno, že na tuto práci budou v příštím školním roce navazovat dvě další absolventské práce. První se bude zabývat návrhem a výrobou hardwaru rozhraní IMS-2 pro čítač BM 526, druhá práce bude zaměřena na tvorbu řídicích kódů pro jednotku rozhraní IMS-2.

Cílem této práce bylo řádně zdokumentovat přístrojovou sběrnici IMS-1 a IMS-2 podle příslušných norem, a to z toho důvodu, že v současnosti neexistuje žádný takto ucelený materiál pojednávající o výše zmíněných sběrnicích. Dále jsou v práci podrobně popsány přístroje Tesla BM 526 a BM 553, které jsou provozovány u vedoucího této absolventské práce a je proveden ideový návrh obvodů převodníku IMS-1/IMS-2. Podrobné obvodové řešení tohoto převodníku a tvorba řídicího softwaru nebyla cílem této absolventské práce a bude řešena v pracích navazujících. Tato absolventská práce obsahuje úplný soubor teoretických dat potřebných pro fyzickou realizaci převodníku a komunikačního rozhraní přístrojové sběrnice IMS-2 a není nutné podrobně studovat další normotvorné materiály.



# Literatura

*IEC 60488: Higher performance protocol for the standard digital interface for programmable instrumentation* (2004.), New York: IEC.

*IEEE 488.1: Higher performance protocol for the standard digital interface for programmable instrumentation* (2003.), New York: IEEE.

JELÍNEK, J. (1987.), *Systém IMS-2: Názvy a definice*, Praha: Tesla VÚST A. S. Popova.

*Modulární systémy pro sběr a zpracování dat: CAMAC, IMS* (1977.), Praha: Ústav jaderné fyziky ČSAV, Řež.

*ČSN 35 6521: Elektronické měřicí přístroje: Interfejs IMS-1: Logické a elektrické podmínky, informační, řídicí a programové signály* (1983.), Praha: ÚNM.

*ČSN 35 6522: Elektronické měřicí přístroje: Stykový systém IMS-2* (1984.), Praha: ÚNM.

*ČSN IEC 625-1: Systémy rozhraní pro programovatelné měřicí přístroje (byte seriově, bit paralelně)* (1997.), Praha: ÚNMZ.

*Stavebnice interface IMS-2: Instrukční knížka* (1981.), Brno: Tesla Brno.

ČTVRTNÍK, V. (1991.), *Elektronické měřicí systémy II*, Plzeň: VŠSE.

*Univerzální čítač BM 526: Instrukční knížka* (1984.), Brno: Tesla Brno.

*Vektorový analyzátor BM 553: Instrukční knížka* (1991.), Brno: Tesla Brno.



# Příloha A

## Obsah přiloženého CD/DVD

K této práci je přiloženo CD/DVD s následující adresářovou strukturou.

- Absolventská práce v  $\LaTeX$ 2e
- Kodad\_ AP\_ 2015.pdf – absolventská práce ve formátu PDF





# Příloha B

## Použitý software

**Eagle 6.2** [⟨http://www.eagle.cz/⟩](http://www.eagle.cz/)

**L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X2e** [⟨http://www.miktex.org/⟩](http://www.miktex.org/)

**TeXmaker 4.3** [⟨http://www.xmlmath.net/⟩](http://www.xmlmath.net/)

**WinEdt 6.0** [⟨http://www.winedt.com/⟩](http://www.winedt.com/)

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo je toho času jeho vlastníkem Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor téhož času studoval a vytvořil tuto absolventskou práci.



# Příloha C

## Časový plán absolventské práce

Činnost	Časová náročnost	Termín ukončení	Splněno
seznámení se s přístroji BM 526 a BM 553	2 týdny	31.12.2014	31.12.2014
AP: kapitola Úvod	2 týdny	30.01.2015	30.1.2015
AP: Kapitola 2	2 týdny	28.02.2015	27.2.2015
AP: Kapitola 3	2 týdny	15.03.2015	15.3.2015
AP: Kapitola 4	2 týdny	30.03.2015	5.4.2015
AP: Kapitola 5	1 týden	08.04.2015	15.4.2015
AP: Kapitola 6	1 týden	15.04.2015	30.4.2015
AP: kompletní text		16.04.2015	3.5.2015