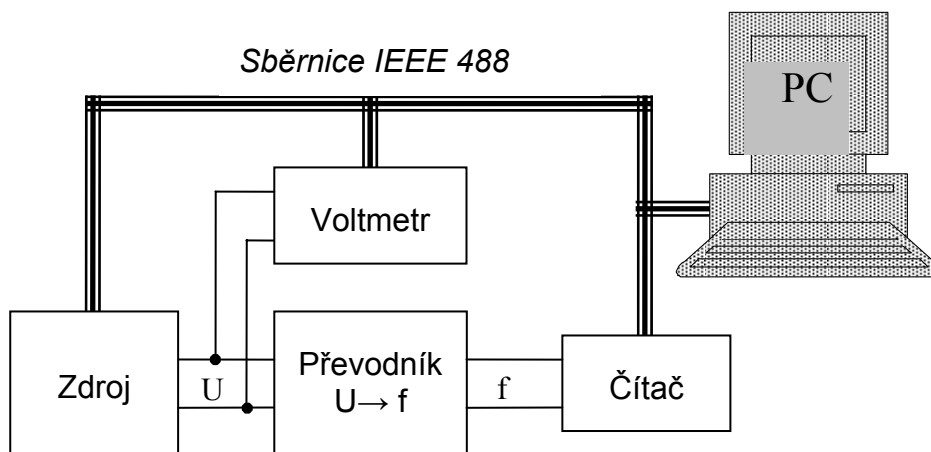


16. Číslicový měřicí systém se sběrnicí IEEE 488 (základní seznámení)

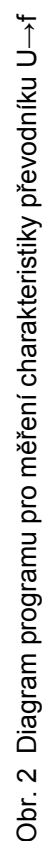
Úkol měření

- Seznamte se s propojením přístrojů při měření převodní charakteristiky převodníku $U \rightarrow f$ podle obr. 1.
- Seznamte se s programem, který řídí automatické měření charakteristiky. Jeho blokové schéma je na obr. 2.
- Změřte charakteristiku převodníku pro vstupní napětí do 5 V. Zjistěte vliv doby ustálení převodníku na měřené hodnoty.
- Určete maximální absolutní odchylku změřené převodní charakteristiky od charakteristiky ideální (převodní konstanta 10 kHz/1 V). Dále určete maximální relativní odchylku vztaženou k jmenovité převodní konstantě. Pro výpočty využijte MS Excel.
- Pro hodnotu vstupního napětí 5 V určete skutečnou převodní konstantu převodníku.

Schéma zapojení



Obr. 1 Sestava měřicího pracoviště



13.4. Teoretický rozbor úlohy

Objektem, jehož převodní charakteristika se měří, je integrační převodník napětí na frekvenci ($U \rightarrow f$) National Semiconductor LM331. Principiální schéma a popis funkce tohoto převodníku jsou uvedeny v [1], kap. 4.

Sběrnice IEEE 488 byla vyvinuta začátkem sedmdesátých let firmou Hewlett Packard s označením HP-IB (Hewlett Packard Interface Bus). Standard IEEE 488 byl publikován v roce 1975. V roce 1987 byl původní standard IEEE 488 přejmenován na IEEE 488.1 a současně byl publikován nový standard IEEE 488.2, který detailně definuje funkční a operační vlastnosti měřicích přístrojů s rozhraním IEEE 488.1 (např. požadované funkce rozhraní, komunikační protokoly, formáty dat, syntaxi zpráv, apod.).

Měřicí systém na základě standardu IEEE 488 je řízen počítačem, který zajišťuje řízení procesu a zpracování dat. Jednotlivé měřicí přístroje jsou propojeny pomocí paralelní sběrnice založenou na 8-bitovém přenosu dat. Součástí sběrnice je i dalších 8 vodičů, které řídí přenos dat po sběrnici nebo určují chování měřicího systému. Výhodou standardu je to, že systém je schopen spolupracovat s nezávislými přístroji, které lze spojit do systému, pokud je to třeba. IEEE 488 je již velmi dobře zaveden a většina přístrojů vyšší třídy příslušný interface buď má, nebo jej lze do přístroje doplnit jako volitelné příslušenství. Maximální přenosová rychlost je 1 MB/s, v systému lze propojit až 14 přístrojů (v případě použití tzv. expandéru lze systém dále rozšířit). V současné době je jako řídicí jednotka nejčastěji používán PC s kartou rozhraní IEEE 488.

Řídicí jednotka i jednotlivé přístroje musí mít v systému unikátní adresu (jinak dojde k chybě). Samotná komunikace pak většinou probíhá ve dvojici „vysílač-přijímač“, přijímačů však může být i více.

V nejčastěji používaném postupu řídicí jednotka posílá na konkrétní přístroj příkaz k nastavení funkce popř. rozsahu a poté odměru. Měřicí přístroj příkaz přijme, nastaví příslušnou funkci popř. rozsah, provede odměr a vyšle na adresu řídicí jednotky naměřenou hodnotu. Řídicí jednotka řetězec přijme a pokračuje v řízení procesu. Každý z měřicích přístrojů má svojí sadu instrukcí, které „rozumí“ a pomocí kterých s řídicí jednotkou komunikuje.

Pro práci se systémem lze použít buď některý z klasických programovacích jazyků (C/C++, Pascal, Basic), nebo některé specializované vývojové prostředí, které programování zjednodušuje. Pokud je v systému k dispozici ovladač příslušného přístroje, není ani třeba znát samotné příkazy, programově se pouze volí funkce přístroje.

Prostředí VEE

VEE(Visual Engineering Environment) je grafické vývojové prostředí pro programování měřicích, testovacích a řídicích systémů, které umožňuje vytváření programového vybavení grafickým způsobem. Vývoj měřicího či řídicího programu v grafickém vývojovém prostředí spočívá v sestavení blokového diagramu z předdefinovaných objektů a jejich propojení cestami signálových toků. To oproti klasickému způsobu programování na úrovni jazyků umožňuje podstatným způsobem urychlit vývoj i odladění aplikačního programu jak pro jednoduché, tak i pro velmi složité měřicí a řídicí aplikace. Zejména snadné naprogramování uživatelského rozhraní, testovacích sekvencí a ovládání přístrojů po sběrnici přináší výrazné zvýšení produktivity. VEE obsahuje vlastní interní překladač, je možné

vytvořit panel uživatelského rozhraní tak, aby vývojové schéma nebránilo přehlednosti. Zároveň je možné vytvořit definitivní verzi programu, která je „pouze“ spustitelná, ale již nelze upravovat program. Vznikne tedy ekvivalent *.exe.

Otevřenost VEE v prostředí Windows umožňuje vzájemnou spolupráci aplikací, a tím nalezení optimální cesty pro tvorbu samotného programu, ale i sběru a zpracování dat v procesu.

VEE umožňuje komunikaci po sběrnici GPIB (IEEE 488) a RS-232, podporuje *VXIplug&play* ovladače a propojení přístrojů přes LAN.

V programech vytvořených ve VEE lze volat programy v C/C++ a naopak v programech vytvořených v C/C++ lze volat HP VEE např. při vytváření panelů přístrojů či uživatelských panelů.

Přímo jsou podporovány zásuvné měřicí desky od firem Data Translation, Meilhaus Electronic, Amplicon Liveline, Measurement Computing.

Jednotlivé objekty prostředí, jež jsou k dispozici uživateli, umožňují generování a sběr dat, matematické zpracování a analýzu naměřených hodnot, ukládání či předávání dat na různá výstupní zařízení, řízení běhu programu, komunikaci s ostatními aplikacemi pod Windows (databáze, tabulkové procesory atd.) a vlastní grafickou prezentaci výsledků. Data je možné zpracovávat interními skripty MatLabu, takže možnosti vnitřní analýzy dat jsou dostatečné.

Mimo předdefinovaných objektů je možné vytvářet i uživatelské objekty, a to nejen jako podprogramy vytvořené přímo v tomto vývojovém prostředí, ale i jako podprogramy napsané v některém z programovacích jazyků, které se připojí jako DLL knihovna. Z té lze pak volat příslušné uživatelské funkce. Dále je možné do blokového diagramu začlenit též objekty, které spouští ".exe" soubory a komunikují s nimi se všemi výhodami, které umožňuje uživatelské prostředí Windows.

Pro měřicí a řídicí aplikace existuje řada různých vývojových produktů, které zjednodušují tvorbu uživatelské aplikace. Při výběru je třeba dbát na spolupráci SW a HW, neboť velmi často se prostředí tváří jako univerzální, ale využití HW, který není prostředím přímo podporován, může být zbytečně komplikované.

Popis programu

Program umožňuje uživateli

- nastavování komunikačních adres přístrojů
- zadání řetězců pro řízení jednotlivých přístrojů
- zadání inicializačních příkazů
- automatické odměření charakteristiky převodníku $U \rightarrow f$

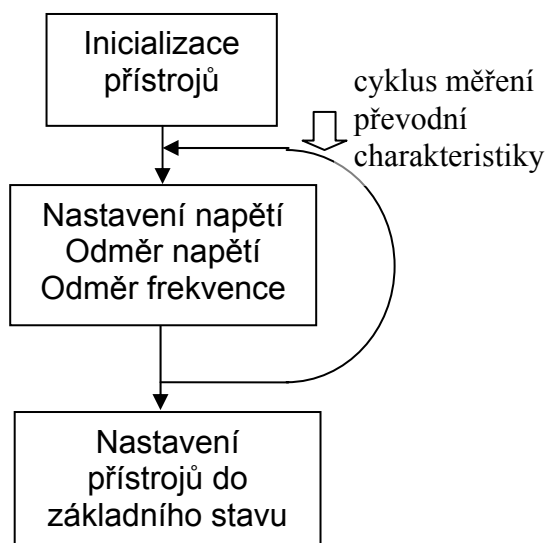
Pro úlohu se využívá tzv. uživatelský panel, který umožňuje vkládat řetězce a parametry a zobrazovat hodnoty, grafy, případně řídit běh programu.

Uživatelský panel se dá uzamknout a tím zamezit nedovolený přístup do programu.

Struktura programu

Program je vyvinut v grafickém vývojovém prostředí VEE (obr. 13.2). Naměřené hodnoty jsou pomocí ActiveX přenášeny do MS EXCELU, kde mohou být dále zpracovány.

Uživatel musí nejprve definovat příkazy a nastavit správné komunikační adresy. Pak může následovat odměření parametrů převodníku $U \rightarrow f$. Algoritmus automatického měřicího cyklu je uveden na obr. 3.



Obr. 3 Algoritmus automatického měřicího cyklu

V levém dolním rohu panelu obrazovky je objekt, do něhož je zapisována komunikace po sběrnici. Číslo adresy je složeno z virtuální adresy karty (přednastaveno 7) a adresy přístroje. Pokud je u některé adresy signalizována chyba, je třeba zkontrolovat adresu a syntaxi příkazů.

Příkazy pro řízení systému jsou rozděleny do tří skupin.

První skupinou jsou příkazy, které se vykonají na začátku měření. Jsou to jednak tzv. **inicializační příkazy** – jedná se např. o nulování přístroje, identifikaci apod., jednak příkazy, které se vykonají jenom jednou – např. nastavení rozsahu apod.

Druhou skupinou jsou příkazy, které se opakovaně provádějí během měřicího cyklu - tzv. **měřicí příkazy**. V každém cyklu se nejprve nastaví nová hodnota napětí, potom se změří skutečná hodnota vstupního napětí a výstupní kmitočet převodníku. Celá tato skupina příkazů se několikrát opakuje, a tak se postupně odměří celá charakteristika převodníku $U \rightarrow f$.

Poslední skupinou jsou příkazy, které se provedou po dokončení měření - tzv. **ukončující příkazy**, tj. např. nastavení výstupního napětí zdroje na hodnotu 0 V apod.

Měřicí cyklus

- programovatelný zdroj nastavuje napětí na vstup převodníku $U \rightarrow f$;
- voltmetr měří napětí na výstupu zdroje a předává hodnotu do PC;
- čítač měří frekvenci na výstupu převodníku $U \rightarrow f$ a předává hodnotu do PC.

Z hodnot napětí a frekvence se vytváří tabulka naměřených hodnot a provádí se výpočet odchylky od ideální charakteristiky (10 kHz/V). Do Excelu se přenášejí pouze nastavené a naměřené hodnoty.

Definice parametrů

- *Maximální hodnota napětí* - max. hodnota vstupního napětí, která je přiváděna na vstup převodníku $U \rightarrow f$ (nastavuje se na zdroji). Měření opakovaně probíhá v intervalu napětí 0 až U_{\max} (V).
- *Krok napětí* - přírůstek vstupního napětí $U \rightarrow f$ převodníku mezi jednotlivými odměry bodů charakteristiky. Počet odměrů je závislý na nastavení kroku a max. hodnotě vstupního napětí.
- *Pauza* - nastavení prodlevy po nastavení napětí na zdroji.

Při komunikaci s přístroji se používají uživatelem definované řetězce. Po spuštění programu je nutné zkontrolovat, zda se všechny kroky provádějí bezchybně. Z hodnot napětí naměřených voltmetrem a hodnot frekvence naměřených čítačem se vytváří tabulka, kde se z nich současně vypočítává odchylka od předpokládané hodnoty (výpočet ze zadané konstanty převodníku $U \rightarrow f$).

Příkazy a řídicí řetězce, které je nutno použít pro realizaci úlohy

Všechny přístroje: *CLS ... nulování přístroje, vhodné jako inicializační příkaz
*IDN? ... ohlášení typu a výrobce přístroje

Zdroj:

INST P6V ... aktivace výstupního rozsahu 6 V
OUTP ON ... zapnutí výstupu zdroje
VOLT ... správný tvar je např. VOLT 1, číslo je dosazeno automaticky programem

Voltmetr: MEAS:VOLT:DC? ... odměr stejnosměrného napětí voltmetrem

Čítač: MEAS:FREQ? ... odměr frekvence – standardní formát, nebo
MEAS:FREQ? 100000, 0.1 ... odměr frekvence – formát: předpokládaná
hodnota, rozlišení (Hz)

Zjištění adresy přístroje

Po zapnutí napájení se na displeji přístrojů objeví hlášení o nastavené adrese. Adresy jednotlivých přístrojů musí být shodné s hodnotami adres nastavenými v programu.