



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

225 975

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 22 02 82
(21) PV 1196-82

(51) Int. Cl. H 04 N 3/16

(40) Zveřejněno 29 07 83
(45) Vydáno 01 07 85

(75)
Autor vynálezu FRANK LUDEK RNDr., VAŠINA PETR RNDr., BRNO

(54) Zapojení pro vychýlování elektronového svazku při automatickém zaostřování obrazu

1

Vynález se týká zapojení pro vychýlování elektronového svazku při automatickém zaostřování obrazu v rastrovacím elektronově optickém systému.

V rastrovacím elektronově optickém systému je obraz zkoumaného objektu vytvářen tím způsobem, že zkoumaný objekt je ohledáván soustředěným svazkem primárních elektronů a je detekován v závislosti na okamžité poloze svazku primárních elektronů obrazový signál, který může být tvořen signálem sekundární emise libovolného druhu, odraženými nebo prošlými elektrony anebo proudem ze vzorku do zemního vodiče. Detekovaný obrazový signál je používán k bezprostřední modulaci zobrazovacího elektronového svazku v monitoru rastrovacího elektronově optického systému. Vychýlování obou elektronových svazků probíhá synchronně, takže na monitoru je vytvořen obraz, jehož zvětšení je dáno poměrem rozkmitů obou vychýlovaných elektronových svazků od příslušných optických os a jehož lokální jas odpovídá intenzitě zvoleného obrazového signálu v příslušném bodě zkoumaného objektu.

V rastrovacím elektronově optickém systému je tedy bezprostředně k dispozici elektrická veličina úměrná hodnotě obrazového signálu v bodě odpovídajícímu okamžitému stavu vychýlování svazku primárních elektronů, které probíhá v řádcích. Jestliže tento signál v pravidelných intervalech digitalizujeme, dostaneme obraz jako matici hodnot funkce dvou proměnných. Tuto matici lze on-line zpracovávat v počítači, ukládat v jeho paměti a eventuálně dále zpracovávat off-line.

Vyřešení automatického zaostřování rastrovacího elektronově optického systému předpokládá realizovat pomocí speciální elektroniky čtyři základní funkce:

- vytvoření matice diskretních hodnot obrazové funkce
- vyhodnocení obrazu co do "ostrosti"
- rozhodnutí o stavu seřízení optické soustavy a určení parametrů žádaného stavu
- nastavení optické soustavy podle vypočtených parametrů.

Tyto kroky se opakují v iterační smyčce ukončené na základě rozhodovacího kritéria, jehož volba souvisí se způsobem vyhodnocování ostrosti obrazu.

Základním problémem je vyhodnocení ostrosti obrazu. Nemáme-li k dispozici žádné informace o zobrazeném objektu, pak můžeme k hodnocení obrazu využívat jen jeho prostorové frekvenční charakteristik. Tato cesta zahrnuje použití dvourozměrných ortogonálních transformací obrazu. Potřebné programy jsou poměrně pomalé a vyžadují značný objem paměti počítače. Existují také nákladné speciální procesory pro ortogonální transformace, avšak žádný z těchto způsobů vyhodnocování obrazu nepřichází z ekonomického a provozního hlediska v úvahu pro rutinní zaostřování rastrovacího elektronově optického systému.

Předpokládáme-li však například v zobrazeném objektu nevelký počet kontrastních hran, což lze obvykle zajistit, pak máme možnost vycházet z gradientu obrazového signálu. Gradient obrazového signálu na kontrastní hraně v obraze lze považovat za veličinu kvantitativně charakterizující stav zaostření obrazu.

Výpočet gradientu obrazového signálu tvořeného složkou ve směru řádku a složkou ve směru sloupce obrazové matice, tj. ve směru vodorovném a svislém na obrazovce monitoru, můžeme ovšem provádět jen s celou obrazovou maticí, musíme tedy pracovat s obrazovou maticí zapsanou v paměti počítače. Pouze řádkovou složku gradientu obrazového signálu by bylo možné určovat v reálném čase. Tento způsob je zřejmě v principu pomalý a navíc vyžaduje, aby byla k dispozici obrazová paměť. Musíme se však na něj omezit proto, že obrazová matice je vytvářena po řádcích a sloupcovou složku gradientu obrazového signálu nelze vypočítávat on-line. Tyto důvody dosud rozhodujícím způsobem omezovaly vývoj a používání přijatelně jednoduchých prostředků pro automatické zaostřování rastrovacích elektronově optických systémů.

Tyto nevýhody odstraňuje zapojení pro vychylování elektronového svazku při automatickém zaostřování obrazu, jehož podstatou je, že třetí až desátý výstup prvního čítače je spojen s prvními osmi vstupy multiplexeru, jehož druhých osm vstupů je spojeno s kladnou svorkou zdroje napětí, přičemž první až osmý výstup multiplexeru je spojen s prvním až osmým vstupem druhého a třetího čítače, jejichž první až osmý výstup jsou spojeny přes číslicové analogové převodníky s výstupy pro vychylování elektronového svazku v osách x , y , přičemž vstupní svorka, vstupní svorka hodinových impulsů a výstupní svorka jsou spojeny s prvním, druhým vstupem a jedenáctým výstupem řídicího obvodu, jehož třetí, čtvrtý a pátý vstup a první a dvanáctý výstup je spojen s prvním, druhým a přenosovým výstupem a nulovacím a hodinovým vstupem prvního čítače, zatímco přepínací vstup multiplexeru je spojen s druhou výstupní svorkou řídicího obvodu, jehož třetí, čtvrtý, pátý a šestý výstup je spojen s prvním, druhým hodinovým vstupem, nastavovacím a nulovacím vstupem druhého čítače, přičemž sedmý, osmý, devátý a desátý výstup řídicího obvodu je spojen s prvním, druhým hodinovým vstupem a nulovacím vstupem třetího čítače.

Vyšší účinky dosahované použitím zapojení podle vynálezu spočívají v tom, že řídicí elektronická jednotka pro automatické zaostřování obrazu má střídavě k dispozici obrazový signál snímáný podél řádku a signál snímáný podél sloupce obrazové matice, jejichž zpracováním se získávají obě složky gradientu obrazového signálu v rovině rastrovacího obrazu a ostrost rastrovacího obrazu lze tedy na základě gradientu vyhodnotit online bez použití obrazové paměti. Dvojí přeběh řádku i sloupce obrazové matice v navzájem opačných směrech umožňuje využívat prvního přeběhu ke kalibraci vyhodnocovacího obvodu řídicí elektronické jednotky a kompenzaci hystereze vychylování. Například u dokonalejšího systému vázaného kromě gradientu i na kontrast obrazu lze v prvním přeběhu řádku nebo sloupce nastavovat komparační hladiny, mezi nimiž se pak ve druhém přeběhu měří čas náběhu signálu. Komparační hladiny získané ve druhém přeběhu se použijí k vyhodnocení následujícího přeběhu atd.

Vynález blíže objasní přiložený výkres, kde na obr. 1 je uveden příklad zapojení, na obr. 2 je znázorněna stopa průběhu elektronového svazku na monitoru a na zkoumaném objektu v elektronově optickém rastrovacím systému.

Zapojení na obr. 1 sestává ze tří čítačů 1, 2, 3, multiplexeru 4 a řídicího obvodu 5, který je spojen se vstupní svorkou 2 prvním vstupem 11, druhým vstupem 12 se vstupní svorkou 10 hodinových impulsů a jedenáctým výstupem V11 s výstupní svorkou 11. První čítač 1 je spojen s řídicím obvodem 5, a to nulovacím vstupem R s prvním výstupem V1, hodinovým výstupem CLU s dvanáctým výstupem V12, prvním a druhým výstupem Q1, Q2 a přenosovým výstupem CY se třetím, čtvrtým a pátým vstupem I3, I4, I5. Dále pak druhý výstup V2 řídicího obvodu 5 je spojen s přepínacím vstupem P multiplexeru 4, třetí, čtvrtý, pátý a šestý výstup V3, V4, V5 a V6 je spojen s prvním a druhým hodinovým vstupem CXU, CXD; s nastavovacím vstupem SX a s nulovacím vstupem RX druhého čítače 2. Podobným způsobem je propojen třetí čítač 3 s řídicím obvodem 5, a to sedmým a osmým výstupem V7, V8 s prvním a druhým hodinovým vstupem CYU, CYD, devátým a desátým výstupem V9, V10 s nastavovacím vstupem SY a nulovacím vstupem RY. Třetí až desátý výstup Q3 až Q10 prvního čítače 1 je spojen s prvními osmi vstupy A1 až A8 multiplexeru 4, přičemž jeho osm druhých vstupů B1 až B8 je spojeno s kladnou svorkou 8 zdroje napětí, zatímco jeho první až osmý výstup Y1 až Y8 je paralelně spojen se vstupy DX1 až DX8 a DY1 až DY8 druhého a třetího čítače 2 a 3, jejichž osm výstupů QX1 až QX8 a QY1 až QY8 je spojeno přes číselnicové analogové převodníky 6, 7 s výstupy pro vychylování elektronového svazku v osách x, y.

Průběh elektronového svazku na monitoru a na zkoumaném objektu v elektronově optickém rastrovacím systému je na obr. 2 znázorněn stopou elektronového svazku v n-tém cyklu vychylování mezi bodem A_n, začátkem n-tého horizontálního řádku a bodem A_{n+1}, začátkem (n+1)ního horizontálního řádku. Elektronový paprsek je z bodu A_n vychylován v řádkovém horizontálním směru x tam a zpět, pak je proveden šikmý, zpětný, čárkovaně naznačený běh do bodu B_n n-tého řádku ve vertikálním směru y, n-tého sloupce. Elektronový paprsek rovněž absolvuje n-tý sloupec obrazu tam i zpět a cyklus je ukončen zpětným během do výchozího bodu A_{n+1} dalšího řádku.

Zapojení podle vynálezu se uvádí do provozu přivedením startovacího impulsu ke vstupní svorce 2, čímž se vynulují všechny tři čítače 1, 2, 3. Krátkým impulsem přivedeným z řídicího

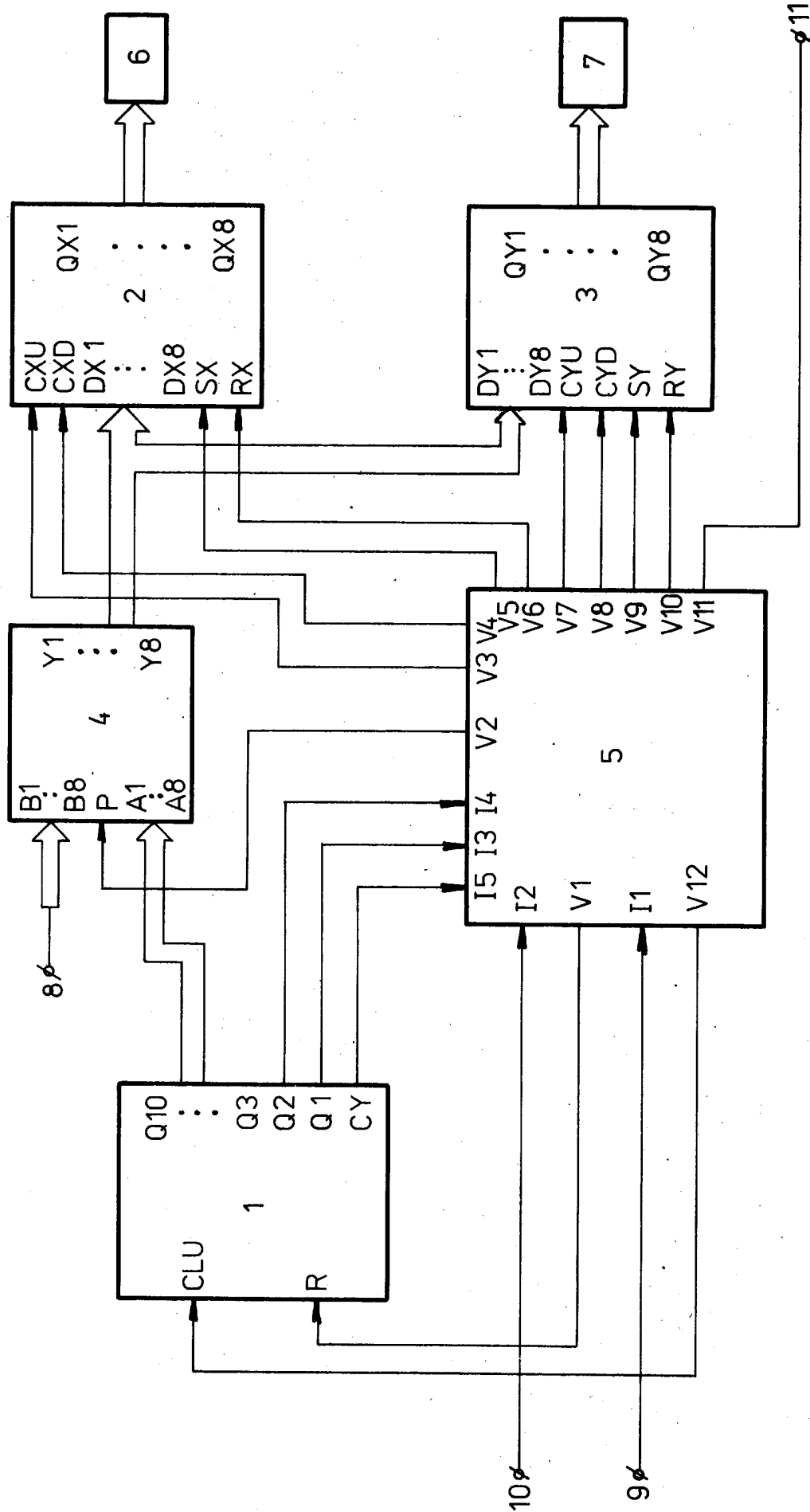
obvodu 5 na nulovací vstupy R, RX, RY všech tří čítačů 1, 2, 3, se zapojení uvede do takzvaného vychylovacího cyklu s následujícím průběhem. Tímto impulsem propojí multiplexer 4 nastavovací vstupy DX1 až DX8, resp. DY1 až DY8 druhého a třetího čítače 2, 3 ke třetímu až desátému výstupu Q3 až Q10 prvního čítače 1. Třetí čítač 3 obdrží na nastavovací vstup SY impuls, který jej nastaví na číslo n-tého horizontálního řádku obsažená v prvním čítači 1 a současně impulsem na nulovací vstup RX druhého čítače 2 provede jeho vynulování. Jakmile obdrží druhý čítač 2 hodinové impulsy na první hodinový vstup CXU z řídicího obvodu 5, proběhnou na jeho osmi výstupech QX1 až QX8 impulsy, které přes první číslicově analogový převodník 6 vyvolávají vychylování elektronového svazku ve směru osy x. Tím dojde k provedení horizontálního řádku na zkoumaném objektu a k jeho zaznamenání na monitoru v rastrovacím elektronově optickém systému z bodu A_n ve směru šipky doprava, viz obr. 2. Po dokončení tohoto řádkového průběhu vyšle řídicí obvod 5 impuls k hodinovému vstupu GLU prvního čítače 1, čímž se změní stav na jeho prvním výstupu Q1. Novým impulsem z řídicího obvodu 5 na přepínací vstup P multiplexeru 4 se propojí jeho druhé vstupy B1 až B8 se vstupy DX1 až DX8, resp. DY1 až DY8 druhého a třetího čítače 2 a 3, které tím získávají vysokou logickou úroveň. Po obdržení nového impulsu z řídicího obvodu 5 na nastavovací vstup SY druhého čítače 2 a po příchodu hodinových pulsů na druhý hodinový vstup CXD druhého čítače 2 dojde přes výstupy QX1 až QX8 a první číslicově analogový převodník 6 k vychylování elektronového svazku ve zpětném horizontálním směru x a tedy k provedení jednoho horizontálního řádku na zkoumaném objektu a k jeho zaznamenání na monitoru v rastrovacím elektronově optickém systému zpět k bodu A_n ve směru šipky doleva, viz obr. 2. Po ukončení tohoto řádku vyšle řídicí obvod 5 nový impuls k prvnímu čítači 1, který vyvolá změnu stavu na svých prvních dvou výstupech Q1, Q2. Po této změně vysílá řídicí obvod 5 impuls na nulovací vstup RY třetího čítače 3, který provede jeho vynulování. Poté řídicí obvod 5 impulsem na přepínací vstup P multiplexeru 4 vyvolá propojení třetího až desátého výstupu Q3 až Q10 prvního čítače 1 k osmi vstupům DX1 až DX8, resp. DY1 až DY8 druhého a třetího čítače 2 a 3. Druhý čítač 2 obdrží na nastavovací vstup SX impuls, který jej nastaví na číslo n-tého vertikálního řádku, odpovídající okamžitému nastavení prvního počítáče 1 a současně impulsem na nulovací vstup RY třetího čítače 3 provede jeho vynulování. Jakmile obdrží třetí čítač 3 impulsy na první hodinový vstup CYU, proběhnou na jeho osmi výstupech QY1 až QY8 impulsy, který přes druhý číslicově analogový převodník 7 vyvolávají vychylování elektronového svazku ve směru osy y. Tím dojde k provedení a zaznamenání vertikálního řádku na monitoru v rastrovacím elektronově optickém systému ve směru svislém seshora dolů, z bodu B_n ve směru šipky dolů, viz obr. 2. Po skončení tohoto svislého řádkového průběhu vyšle řídicí obvod 5 impuls k hodinovému vstupu GLU prvního čítače 1, čímž se změní stav na jeho prvním výstupu Q1. Novým impulsem z řídicího obvodu 5 k přepínacímu vstupu P multiplexeru 4 se propojí jeho druhé vstupy B1 až B8 se vstupy DX1 až DX8, resp. DY1 až DY8 druhého a třetího čítače 2 a 3, které tím získávají vysokou logickou úroveň, a vyšle nastavovací impuls na nastavovací vstup SY třetího čítače 3. Nyní řídicí obvod 5 vyšle impuls ke druhému hodinovému vstupu CYD třetího čítače 3, čímž dojde přes výstupy QY1 až QY8 a druhý číslicově analogový převodník 7 k vychylování elektronového svazku ve zpětném vertikálním směru y a tedy k provedení a zazname-

nání jednoho vertikálního řádku na monitoru v rastrovacím elektronově optickém systému ve směru svislém, avšak zezdola nahoru do bodu B_n ve směru šipky, viz obr. 2. Tím je zaznamenán n -tý sloupec z bodu B_n v obou směrech. Po skončení tohoto přeběhu se celý shora popisovaný funkční proces znovu opakuje pro $n+1$ řádek a sloupec v bodech A_{n+1} , B_{n+1} . Po ukončení celého snímku vyšle řídicí obvod 5 impuls na výstupní svorku 11, čímž ohlásí ukončení snímku a současně zastaví další činnost až do znovu odstratování.

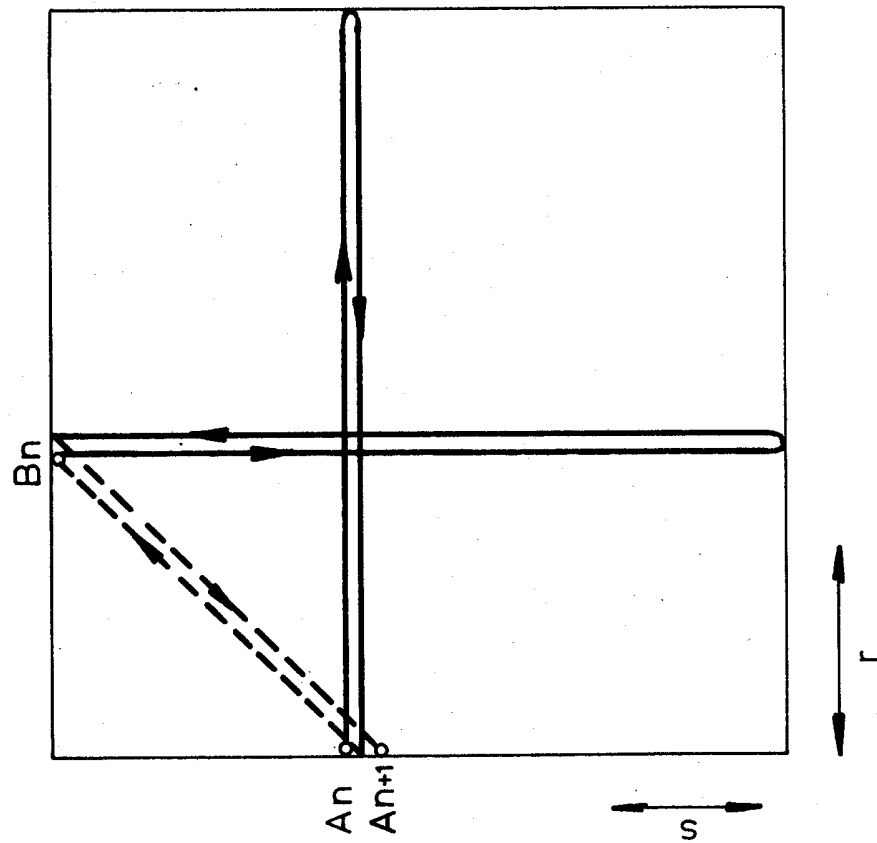
Vynález je určen k využití zejména v elektronovém rastrovacím mikroskopu, případně v elektronovém litografu.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zapojení pro vychylování elektronového svazku při automatickém zaostřování obrazu v rastrovacím elektronově optickém systému, vyznačené tím, že třetí až desátý výstup (Q3 až Q10) prvního počítače (1) je spojen s prvními osmi vstupy (A1 až A8) multiplexeru (4), jehož druhých osm vstupů (B1 až B8) je spojeno s kladnou svorkou (8) zdroje napětí, přičemž první až osmý výstup (Y1 až Y8) multiplexeru (4) je spojen s prvním až osmým vstupem (DX1 až DX8, DY1 až DY8) druhého a třetího čítače (2 a 3), jejichž první až osmý výstup (QX1 až QX8, QY1 až QY8) jsou spojeny přes číslicové analogové převodníky (6, 7) s výstupy pro vychylování elektronového svazku v osách x, y, přičemž vstupní svorka (9), vstupní svorka (10) hodinových impulsů a výstupní svorka (11) jsou spojeny s prvním, druhým vstupem a jedenáctým výstupem (I1, I2, V11) řídicího obvodu (5), jehož třetí, čtvrtý a pátý vstup (I3, I4, I5) a první a dvanáctý výstup (V1 a V12) je spojen s prvním, druhým a přenosovým výstupem (Q1, Q2 a CY) a nulovacím a hodinovým vstupem (R a CLU) prvního čítače (1), zatímco přepínací vstup (P) multiplexeru (4) je spojen s druhou výstupní svorkou (V2) řídicího obvodu (5), jehož třetí, čtvrtý, pátý a šestý výstup (V3, V4, V5, V6) je spojen s prvním, druhým hodinovým vstupem (CXU, CXD), nastavovacím a nulovacím vstupem (SX, RX) druhého čítače (2), přičemž sedmý, osmý, devátý a desátý výstup (V7, V8, V9, V10) řídicího obvodu (5) je spojen s prvním, druhým hodinovým vstupem (CYU, CYD) nastavovacím a nulovacím vstupem (SY, RY) třetího čítače (3).



obr. 1



obr. 2