



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

269 263

(21) PV 3452-88.0
(22) Přihlášeno 23 05 88

(40) Zveřejněno 12 09 89
(45) Vydáno 15 01 91

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁴
H 04 N 17/02
G 06 F 15/60

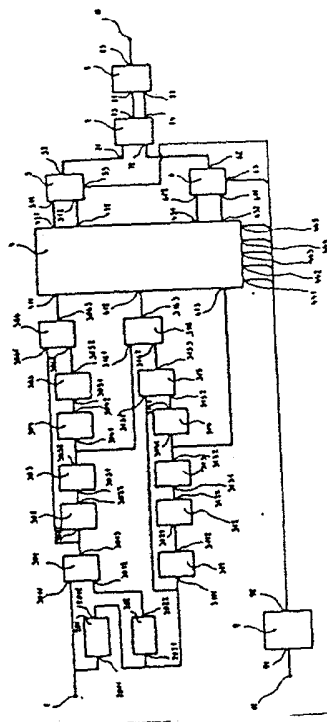
(75)
Autor vynálezu

POCHMAN JIŘÍ ing.,
SPUNDA JAN ing. CSc., PRAHA

(54)

Způsob číslicové filtrace obrazu a zapojení
k provádění tohoto způsobu

(57) Způsob je určen k použití pro číslicovou filtraci obrazu konvolucí, zejména u zařízení k provádění nedestruktivního zkoušení materiálu prozařováním, případně v medicínské diagnostice. Podstatou způsobu je použití diskrétní konvoluce obrazu diskretizovaného ve čtvercovém rastru se čtvercovými konvolučními maskami, lichého rozměru, jejichž koeficienty se dají rozdělit do skupin tak, že všechny prvky náležející do jedné skupiny jsou stejně vzdálené od středního prvku masky a mají totéž znaménko a tutéž absolutní hodnotu, která je v případě středního prvku součtem nuly, nebo jedničky s celistvou mocninou dvojky a pro ostatní skupiny je buď nulová, nebo je celistvou mocninou dvojky. Prvky obrazu příslušející při dané poloze masky k jedné skupině nenulových prvků vybrané konvoluční masky, s výjimkou středního prvku, se zpracovávají společně tak, že se nejprve sečtou, načež se jejich součet násobí hodnotou příslušného nenulového prvku konvoluční masky, pomocí posuvu dvojkově reprezentovaného čísla vlevo, s doplněním uvolněných míst vpravo nulami. Potom se součiny získané od všech skupin prvků a součin hodnot středního prvku masky a jemu odpovídajícímu obrazovému prvku sloučí tak, že se sečtou zvlášť příspěvky jimž přísluší kladné hodnoty prvků konvoluční masky a zvlášť příspěvky, jimž přísluší záporné koeficienty konvoluční masky. Nakonec se provede rozdíl těchto součtů, který je výsledkem konvoluce.



Vynález se týká způsobu číslicové filtrace obrazu konvolucí a zapojení k provádění tohoto způsobu, kterým se řeší zvýraznění požadovaných útvarů obrazu a popřípadě potlačení pozadí. Jeho použití je určeno zejména u zařízení pro nedestruktivní zkoušení materiálu prozařováním, popřípadě pro medicínskou diagnostiku.

Číslicové zpracování obrazu konvolucí vychází z definičního vztahu pro diskretní konvoluci

$$h(m, n) = \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L f(m+k, n+l) g(k, l)$$

kde značí

$h(m, n)$	-prvek výstupního obrazu se souřadnicemi (m, n)
$f(m+k, n+l)$	-prvek vstupního obrazu se souřadnicemi $(m+k, n+l)$
$g(k, l)$	-prvek konvoluční masky se souřadnicemi (k, l)
K, L	-horní meze sumace
$-K, -L$	-dolní meze sumace

Dosavadní způsoby technické realizace výše uvedeného vztahu lze rozdělit na dva směry.

První z nich využívá počítače pracující sériovým způsobem k výpočtu hodnot $h(m, n)$ pro všechny obrazové prvky, kterých bývá v případě televizního obrazu okolo 500 000. Navzdory různým úsporným algoritmům i stále rychleji pracujícím počítačům není dosud dosažitelné provedení konvoluce v reálném televizním čase, to znamená za dobu jednoho televizního snímku.

Druhý směr zahrnuje specializované konvoluční procesory. Ty vycházejí často z vektorových procesorů a lze je charakterizovat pyramidální strukturou. Jejich výhodou je, že dovoluují provádět konvoluci s maskou, jejíž prvky mají zpravidla celočíselný charakter v určitých mezích. Tato výhoda však nemusí být pro řadu použití podstatná a navíc je znehodnocena časovými nároky na zpracování jednoho obrazu, které zpravidla převyšují dobu jednoho televizního snímku. Příkladem specializovaného procesoru pro zpracování obrazových dat konvolucí je procesor popsáný v DOS 3 632 639 a v patentovém spisu GB 2 180 968. Toto řešení je charakterizované aritmetickou jednotkou universálního typu a pamětí koeficientů konvoluční masky. Jiné řešení problému rychlého zpracování obrazu konvolucí obsahuje FR patent 2 587 521. Řešení je založeno na specializované struktuře procesních elementů. Společnou nevýhodou všech dosud známých způsobů číslicové konvoluce je značně obtížný, popřípadě nemožná realizace technických prostředků pracujících v reálném čase. To vylučuje číslicové zpracování obrazu konvolucí ve všech případech dynamické scény, neboli snímání obrazu za pohybu, například při technické, nebo medicínské diagnostice.

Vynález vychází z tohoto známého stavu techniky, při použití lokální operace konvolučního typu mezi dvou rozměrným digitalizovaným obrazem diskretizovaným ve čtvercovém rastru a konvolučními maskami a řeší uvedený problém způsobem, jehož podstata spočívá v tom, že obrazové prvky digitalizovaného obrazu příslušející ve zvolené čtvercové konvoluční masce lichého rozměru k jedné skupině shodných nenulových prvků, které mají tutéž vzdálenost od středního prvku masky a jejichž absolutní hodnota je celistvou mocninou dvojky nebo je nulová, s výjimkou středního prvku masky, jehož hodnota může být také celistvá mocnina dvojky zvětšená o jedničku, se nejprve sloučí. Získaný výsledek ve dvojkovém tvaru se posune vlevo o počet míst určený dvojkovým logaritmem absolutní hodnoty prvku masky z téže skupiny shodných nenulových prvků a posunutím uvolněná místa vpravo se doplní nulami. Tento postup se aplikuje pro všechny existující skupiny prvků zvolené konvoluč-

ní masky a také na obrazový prvek, odpovídající střednímu prvku konvoluční masky, pokud je hodnota středního prvku konvoluční masky celistvou mocninou dvojky, zatímco je-li tato hodnota zvětšená o jedničku, aplikuje se tento postup s hodnotou středního prvku masky zmenšenou o jedničku a získaný výsledek se sloučí s hodnotou obrazového prvku, odpovídajícího střednímu prvku masky. Jednotlivé získané hodnoty se sloučí tak, že se sloučí zvlášť hodnoty, kterým přísluší kladné prvky zvolené konvoluční masky a zvlášť hodnoty, kterým přísluší záporné prvky zvolené konvoluční masky. Rozdíl těchto sloučených hodnot se upraví oříznutím, popřípadě vytvořením absolutní hodnoty, nebo přidáním konstanty k vyloučení záporného výsledku konvoluce, čímž se získá konečný výsledek číslicové filtrace obrazu.

Výsledek řeší zároveň zapojení zařízení k provádění uvedeného způsobu tak, že vstupní svorka zařízení je připojena na vstup serpentinové zpožďovací linky, jejíž vstupy jsou prostřednictvím sběrnice současně zpracovávaných televizních řádek napojeny na vstupy bloků separace skupin prvků okolí. Jeho výstupy jsou připojeny sběrnici součtu prvků skupin na datové vstupy bloku násobení a větvení. Jeho výstupy jednoho znaménka jsou spojeny s datovými vstupy první řízené sčítačky. Výstupy druhého znaménka jsou spojeny s datovými vstupy druhé řízené sčítačky. Výstup první řízené sčítačky je spojen s prvním vstupem odečítačky, výstup druhé řízené sčítačky je spojen s druhým vstupem odečítačky. Datový výstup odečítačky je napojen na datový vstup bloku zpracování záporných výsledků a znaménkový výstup odečítačky je napojen na znaménkový vstup bloku zpracování záporných výsledků. Jeho výstup je připojen k výstupní svorce zařízení. Řídící vstup zařízení je napojen na vstup bloku volby konvoluční masky. Jeho výstupy jsou přivedeny na řídicí vstupy bloku násobení a větvení, dále na řídicí vstup první řízené sčítačky a na řídicí vstup druhé řízené sčítačky.

Výhodné je uspořádání zapojení zařízení takové, že vstupní svorka zařízení je napojena na první vstup první sčítačky bloku separace skupin prvků okolí a současně na vstup první sekce serpentinové zpožďovací linky. Její výstup je napojen na první vstup třetí sčítačky bloku separace skupin prvků okolí, dále na vstup pátého zpožďovacího členu bloku separace skupin prvků okolí a na vstup druhé sekce serpentinové zpožďovací linky. Výstup druhé sekce serpentinové zpožďovací linky je připojen na druhý vstup první sčítačky bloku separace skupin prvků okolí, jejíž výstup je připojen na první vstup druhé sčítačky bloku separace skupin prvků okolí a současně na vstup prvního zpožďovacího členu bloku separace skupin prvků okolí. Jeho výstup je napojen na vstup druhého zpožďovacího členu bloku separace skupin prvků okolí, jehož výstup je připojen na první vstup čtvrté sčítačky bloku separace skupin prvků okolí a zároveň na vstup třetího zpožďovacího členu bloku separace skupin prvků okolí. Jeho výstup je napojen na vstup čtvrtého zpožďovacího členu bloku separace skupin prvků okolí, jehož výstup je připojen ke druhému vstupu druhé sčítačky bloku separace skupin prvků okolí. Její výstup je spojen s prvním datovým vstupem bloku násobení a větvení. Výstup pátého zpožďovacího členu bloku separace skupin prvků okolí je napojen na vstup šestého zpožďovacího členu bloku separace skupin prvků okolí a jeho výstup je připojen ke vstupu sedmého zpožďovacího členu bloku separace skupin prvků okolí. Jeho výstup je napojen na třetí datový vstup bloku násobení a větvení a zároveň na vstup osmého zpožďovacího členu bloku separace skupin prvků okolí. Jeho výstup je napojen na druhý vstup třetí sčítačky bloku separace skupin prvků okolí. Její výstup je spojen s druhým vstupem čtvrté sčítačky bloku separace skupin prvků okolí. Její výstup je spojen s druhým datovým vstupem bloku násobení a větvení. První výstup jednoho znaménka bloku násobení a větvení je spojen s prvním datovým vstupem první řízené sčítačky. Druhý výstup jednoho znaménka bloku násobení a větvení je spojen s druhým datovým vstupem první řízené sčítačky. První výstup druhého znaménka bloku násobení a větvení je spojen s druhým datovým vstupem druhé řízené sčítačky. Druhý výstup druhého znaménka bloku násobení a větvení je spojen s prvním datovým vstupem druhé řízené sčítačky.

Zvláště výhodné je uspořádání zapojení zařízení takové, že první datový vstup bloku násobení a větvení je připojen jednak na první datový vstup prvního multiplexeru. Dále na vstup první násobičky, jejíž výstup je připojen ke třetímu datovému vstupu prvního multiplexeru. Dále na druhý datový vstup druhého multiplexeru a vstup čtvrté násobičky dvěma, jejíž výstup je připojen ke čtvrtému datovému vstupu druhého multiplexeru. Přitom druhý datový vstup bloku násobení a větvení je připojen jednak na vstup třetí násobičky dvěma. Její výstup je připojen ke třetímu datovému vstupu druhého multiplexeru. Dále na první datový vstup druhého multiplexeru a na vstup druhé násobičky dvěma, jejíž výstup je připojen ke čtvrtému datovému vstupu prvního multiplexeru. Dále k druhému datovému vstupu prvního multiplexeru. Třetí datový vstup bloku násobení a větvení je připojen na druhý vstup třetí řízené sčítačky a zároveň na datový vstup násobičky s volbou čtyřmi, popřípadě osmi. Její výstup je napojen na první vstup třetí řízené sčítačky, jejíž výstup je spojen s druhým výstupem druhého znaménka bloku násobení a větvení. Výstup druhého multiplexeru je připojen na první výstup druhého znaménka bloku násobení a větvení a současně na druhý výstup jednoho znaménka bloku násobení a větvení. Výstup prvního multiplexeru je připojen na první výstup jednoho znaménka bloku násobení a větvení. První řídicí vstup bloku násobení a větvení je připojen na řídicí vstup násobičky s volbou čtyřmi, popřípadě osmi. Druhý řídicí vstup bloku násobení a větvení je napojen na řídicí vstup třetí řízené sčítačky. Třetí řídicí vstup bloku násobení a větvení je připojen na první řídicí vstup prvního multiplexeru a současně na první řídicí vstup druhého multiplexeru. Čtvrtý řídicí vstup bloku násobení a větvení je napojen na druhý řídicí vstup druhého multiplexeru. Pátý řídicí vstup bloku násobení a větvení je napojen na druhý řídicí vstup prvního multiplexeru.

Použitím způsobu a zapojení podle vynálezu se dosáhne provedení číslicové filtrace výchozího obrazu v reálném čase, což umožní jednak zpracování obrazu dynamické scény, jednak zpracování snímků z vhodné paměti souběžně se zobrazováním. Výsledku se dosáhne bez použití násobiček, což usnadňuje technickou realizaci specializovaného konvolučního procesoru. Způsob podle vynálezu a zařízení k provádění tohoto způsobu dovolují konstrukci číslicového obrazového procesoru buď pro jednu zvolenou konvoluční masku, nebo pro celou skupinu konvolučních masek.

Vysoká rychlost zařízení, využívajícího způsobu podle vynálezu, dosahující rychlosti toku dat televizního přenosu, umožňuje zpracovávat obraz dynamické scény, zvláště s výhodou v průmyslovém použití, například při kontrole materiálu a výrobků, v robotice, ale i v medicínské diagnostické praxi a všude tam, kde se ke zobrazení využívá televizní systém. Vynález otevírá možnost automatické analýzy obrazu dynamické scény.

Příklad provedení zapojení podle vynálezu je znázorněn na připojeném výkresu, kde na obr. 1 je celkové blokové schéma zařízení, na obr. 2 je jeden příklad s provedením bloku separace skupin prvků okolí a na obr. 3 je jeden příklad provedení bloku násobení a větvení.

Zapojení je uspořádáno tak, že vstupní svorka 1 zařízení je připojena na vstup 21 serpentínové zpožďovací linky 2, jejíž výstupy 22 jsou prostřednictvím sběrnice 23 současně zpracovávaných televizních řádek napojeny na vstupy 31 bloku 3 separace skupin prvků okolí. Výstupy 32 bloku 3 separace skupin prvků okolí jsou připojeny sběrnici 33 součtu prvků skupin na datové vstupy 41 bloku 4 násobení a větvení. Jeho výstupy 42 jednoho znaménka jsou spojeny s datovými vstupy 51 první řízené sčítačky 5 a výstupy 43 druhého znaménka jsou spojeny s datovými vstupy 61 druhé řízené sčítačky 6. Výstup 52 první řízené sčítačky 5 je spojen s prvním vstupem 71 odečítačky 7. Výstup 62 druhé řízené sčítačky 6 je spojen s druhým vstupem 72 odečítačky 7. Datový výstup 73 odečítačky 7 je napojen na datový vstup 81 bloku 8 zpracování záporných výsledků a znaménkový výstup 74

odečítačky 7 je napojen na znaménkový vstup 82 bloku 8 zpracování záporných výsledků, jehož výstup 83 je připojen k výstupní svorce 10 zařízení. Řídící vstup 11 zařízení je napojen na vstup 91 bloku 9 volby konvoluční masky, jehož výstupy 92 jsou přivedeny na řídicí vstupy 44 bloku 4 násobení a větvení, dále na řídicí vstup 53 první řízené sčítačky 5 a na řídicí vstup 63 druhé řízené sčítačky 6.

Činnost je následující :

Digitální obrazový signál ze vstupní svorky 1 zařízení je nejprve přiveden do serpentínové zpožďovací linky 2, kde je v jednotlivých sekcích zpožďován, a to v každé sekci o dobu trvání jedné televizní řádky, takže na výstupu 22 serpentínové zpožďovací linky 2 je umožněn paralelní přístup ke všem obrazovým prvkům, kterým odpovídá jeden sloupec koeficientů konvoluční masky, a to po dobu jednoho taktu hodinového signálu, kterým je synchronně řízen postup signálu celým zařízením. V bloku 3 separace skupin prvků okolí se shodnou vzdáleností od středového prvku okolí dochází jednak k zpřístupnění prvků okolí v horizontálním směru a zároveň k sečtení těch obrazových prvků, které mají stejnou vzdálenost od středového prvku okolí a na základě popsaného způsobu podle vynálezu jim přísluší shodné multiplikativní koeficienty konvoluční masky. Takto získané součty jsou přivedeny do bloku 4 násobení a větvení. Tam jsou součty prvků jednotlivých skupin násobeny příslušnými koeficienty konvoluční masky, přičemž násobení je vzhledem k typu koeficientů realizováno pro koeficienty větší než jedna pouhým posuvem dvojkově reprezentovaného činitele vlevo a doplněním nulami vpravo. V případě středového prvku okolí může být provedeno i sečtení posunuté hodnoty s hodnotou neposunutou. Konkrétní hodnoty koeficientů a jim odpovídající velikosti posuvu jsou určeny stavem výstupů 92 bloku 9 konvoluční masky, který je definován na základě řídicích signálů na řídicím vstupu 11 zařízení. Tato kombinace je potom současně na vstupu 91 bloku 9 volby konvoluční masky a může jí být například pořadové číslo zvolené konvoluční masky nebo pevně daná kombinace, postačuje-li pro danou aplikaci filtr s předem vybranou jedinou konvoluční maskou. V bloku 4 násobení a větvení jsou na základě zvolené konvoluční masky rozděleny vynásobené součty prvků skupin do dvou větví, přičemž jednu větev tvoří výstupy 42 jednoho znaménka bloku 4 násobení a větvení a druhou větev výstupy 43 druhého znaménka bloku 4 násobení a větvení. V první řízené sčítačce 5 jsou potom sečteny příspěvky z výstupů 42 jednoho znaménka bloku 4 násobení a větvení a v druhé řízené sčítačce 6 jsou sečteny příspěvky z výstupů 43 druhého znaménka bloku 4 násobení a větvení. Mezi celkovými součty příspěvků jednoho a druhého znaménka získanými na výstupu 53 první řízené sčítačky 5 a na výstupu 63 druhé řízené sčítačky 6 je potom proveden rozdíl v odečítačce 7, na jejímž datovém výstupu 73 je výsledek konvoluce a na znaménkovém výstupu 74 odečítačky 7 je informace o výsledném znaménku. V bloku 8 zpracování záporných výsledků je potom některým z uvedených způsobů provedeno na základě této informace ošetření záporných výsledků, takže na výstupní svorce 10 zařízení je přiváděn regulérní výstupní digitální obrazový signál.

U příkladu zapojení s blokem separace skupin prvků okolí a s blokem násobení a větvení je vstupní svorka 1 zařízení napojena na první vstup 3011 první sčítačky 301 a současně na vstup 2011 první sekce 201 serpentínové zpožďovací linky 2. Výstup 2012 serpentínové zpožďovací linky 2 je napojen na první vstup 3151 třetí sčítačky 315, dále na vstup 3111 pátého zpožďovacího členu 311 a na vstup 2021 druhé sekce 202 serpentínové zpožďovací linky 2. Výstup 2022 druhé sekce 202 serpentínové zpožďovací linky 2 je připojen na druhý vstup 3012 první sčítačky 301, jejíž výstup 3013 je připojen na první vstup 3061 druhé sčítačky 306 a současně na vstup 3021 prvního zpožďovacího členu 302. Výstup 3022 prvního zpožďovacího členu 302 je napojen na vstup 3031 druhého zpožďovacího členu 303, jehož výstup 3032 je připojen na první vstup 3161 čtvrté sčítačky 316 a zároveň na vstup 3041 třetího zpožďovacího členu 304. Výstup 3042 třetího zpožďovacího členu 304 je napojen na vstup 3051 čtvrtého zpožďovacího členu 305, jehož výstup 3052 je připojen ke druhému vstupu 3062 druhé sčítačky 306. Výstup 3063 druhé sčítačky 306 je

spojen s prvním datovým vstupem 411 bloku 4 násobení a větvení, přičemž výstup 3112 páteho zpoždovacího členu 311 je napojen na vstup 3121 šestého zpoždovacího členu 312. Výstup 3122 šestého zpoždovacího členu 312 je připojen ke vstupu 3131 sedmého zpoždovacího členu 313, jehož výstup 3132 je napojen na třetí datový vstup 413 bloku 4 násobení a větvení a zároveň na vstup 3141 osmého zpoždovacího členu 314. Výstup 3142 osmého zpoždovacího členu 314 je napojen na druhý vstup 3152 třetí sčítačky 315, jejíž výstup 3153 je spojen s druhým vstupem 3162 čtvrté sčítačky 316. Výstup 3163 čtvrté sčítačky 316 je spojen s druhým datovým vstupem 412 bloku 4 násobení a větvení. První výstup 421 jednoho znaménka bloku 4 násobení a větvení je spojen s prvním datovým vstupem 511 první řízené sčítačky 5 a druhý výstup 422 jednoho znaménka bloku 4 násobení a větvení je spojen s druhým datovým vstupem 512 první řízené sčítačky 5 a zároveň první výstup 431 druhého znaménka bloku 4 násobení a větvení je spojen s druhým datovým vstupem 612 druhé řízené sčítačky 6. Druhý výstup 432 druhého znaménka bloku 4 násobení a větvení je spojen s prvním datovým vstupem 611 druhé řízené sčítačky 6. Dále provedené zapojení odpovídá zapojení na blokovém schématu. Všechny v zařízení použité sčítačky 301, 306, 315, 316 i řízené sčítačky 5, 6, 401 a odečítačka 1 mají na svém výstupu zapojen vyrovnávací registr.

U příkladu zapojení bloku 4 násobení a větvení je jeho první datový vstup 411 připojen jednak na první datový vstup 4021 prvního multiplexeru 402, jednak na vstup 4041 první násobičky 404 dvěma, jejíž výstup 4042 je připojen ke třetímu datovému vstupu 4023 prvního multiplexeru 402, jednak na druhý datový vstup 4032 druhého multiplexeru 403 a vstup 4071 čtvrté násobičky 407 dvěma, jejíž výstup 4072 je připojen ke čtvrtému datovému vstupu 4034 druhého multiplexeru 403. Druhý datový vstup 412 bloku 4 násobení a větvení je připojen jednak na vstup 4061 třetí násobičky 406 dvěma, jejíž výstup 4062 je připojen ke třetímu datovému vstupu 4033 druhého multiplexeru 403, jednak na první datový vstup 4031 druhého multiplexeru 403, jednak na vstup 4051 druhé násobičky 405 dvěma, jejíž výstup 4052 je připojen ke čtvrtému datovému vstupu 4024 prvního multiplexeru 402, jednak k druhému datovému vstupu 4022 prvního multiplexeru 402. Třetí datový vstup 413 bloku 4 násobení a větvení je připojen na druhý vstup 4012 třetí řízené sčítačky 401 a zároveň na datový vstup 4001 násobičky 400 s volbou čtyřmi, popřípadě osmi. Výstup 4003 násobičky 400 s volbou čtyřmi, popřípadě osmi je napojen na první vstup 4011 třetí řízené sčítačky 401, jejíž výstup 4014 je spojen s druhým výstupem 432 druhého znaménka bloku 4 násobení a větvení. Výstup 4037 druhého multiplexeru 403 je připojen na první výstup 431 druhého znaménka bloku 4 násobení a větvení a současně na druhý výstup 422 jednoho znaménka bloku 4 násobení a větvení. Výstup 4027 prvního multiplexeru 402 je připojen na první výstup 421 jednoho znaménka bloku 4 násobení a větvení. První řídicí vstup 441 bloku 4 násobení a větvení je připojen na řídicí vstup 4002 násobičky 400 s volbou čtyřmi, popřípadě osmi. Druhý řídicí vstup 442 bloku 4 násobení a větvení je napojen na řídicí vstup 4013 třetí řízené sčítačky 401. Třetí řídicí vstup 443 bloku 4 násobení a větvení je připojen na první řídicí vstup 4025 prvního multiplexeru 402 a současně na první řídicí vstup 4035 druhého multiplexeru 403. Čtvrtý řídicí vstup 444 bloku 4 násobení a větvení je napojen na druhý řídicí vstup 4036 druhého multiplexeru 403. Pátý řídicí vstup 455 bloku 4 násobení a větvení je napojen na druhý řídicí vstup 4026 prvního multiplexeru 402.

Činnost zařízení je následující :

Digitální obrazový signál ze vstupní svorky 1 zařízení je nejprve přiveden do serpentínové zpoždovací linky 2. Serpentinová zpoždovací linka 2 je v tomto případě tvořena pouze první sekci 201 a druhou sekci 202 serpentínové zpoždovací linky 2 a umožňuje současný přístup ke třem obrazovým prvkům ležícím na shodných pozicích ve třech v čase po sobě jdoucích televizních řádcích, a to vždy po dobu jednoho taktu hodinového signálu. Vzhledem

k použití jednoduchého prokládaného řádkování tak dochází k současnému zpřístupnění tří prvků, ležících ve vertikálním směru ob jednu řádku, což odpovídá roztažení rozměru konvoluční masky z hlediska celého snímku ve vertikálním směru ze tří na pět s tím, že jsou přístupné pouze obrazové prvky těch řádek, které odpovídají právě probíhajícímu pulsničku. Pro zachování symetrie konvoluční masky z hlediska celého televizního snímku je tedy nutné provést zředění a roztažení konvoluční masky i v horizontálním směru, což je provedeno zdvojením zpožďovacích členů v bloku 3 separace skupin prvků okolí se shodnou vzdáleností od středového prvku. Jedná se o dvojice zpožďovacích členů, 302 a 303, 304 a 305, 312 a 313, 314 a sčítačku 315 s registrem. Každá sčítačka, řízená sčítačka i odečítačka realizuje zároveň zpoždění ekvivalentní zařazení jednoho zpožďovacího členu, to je zpoždění o dobu jednoho taktu hodinového signálu.

V první sčítačce 301 jsou sčítány v každém taktu hodnoty dvou obrazových prvků, kterým odpovídají koeficienty v prvním a posledním řádku konvoluční masky a které jsou současně odebírány ze vstupu 2011 první sekce 201 serpentinové zpožďovací linky 2 a výstupu 2022 druhé sekce 202 serpentinové zpožďovací linky 2. Tento součet je zpožděn o dobu čtyř taktů hodinového signálu pomocí zpožďovacích členů 302, 303, 304, 305 a potom přičten k hodnotě, která je právě na výstupu 3013 první sčítačky 301, pomocí druhé sčítačky 306, na jejímž výstupu 3063 je tedy k dispozici součet hodnot obrazových prvků, kterým odpovídají koeficienty v rozích konvoluční masky a jsou stejně vzdáleny od středového prvku okolí. Současně jsou zpožďovány pomocí zpožďovacích členů 311, 312, 313, 314 obrazové prvky z výstupu 2012 první sekce 201 serpentinové zpožďovací linky 2, kterým náleží koeficienty ze středního řádku konvoluční masky, přitom zpožděný obrazový prvek, odebraný z výstupu 3142 zpožďovacího členu 314 je sčítán s obrazovým prvkem, který je v té době na vstupu 3111 zpožďovacího členu 311, pomocí třetí sčítačky 315, čímž je získáván součet dvojice obrazových prvků, kterým přísluší levý krajní a pravý krajní koeficient středního řádku konvoluční masky a k této dvojici je přičtena ve čtvrté sčítačce 316 dvojice obrazových prvků, kterým odpovídají prostřední koeficienty první a poslední řádky konvoluční masky a která je odebírána z výstupu 3032 zpožďovacího členu 303. Na výstupu čtvrté sčítačky 316 je tak získán součet obrazových prvků, kterým odpovídají koeficienty středů stran konvoluční masky. Z výstupu 3132 zpožďovacího členu 313 je odebírána hodnota obrazového prvku, kterému přísluší střední koeficient konvoluční masky. Tato hodnota je potom násobena příslušným koeficientem v bloku 4 násobení a větvení, přičemž je zde středový prvek zpracován v samostatné části tvořené násobičkou 400 s volbou čtyřmi, nebo osmi a třetí řízenou sčítačkou 401. Třetí řízenou sčítačkou 401. Třetí řízená sčítačka 401 je přitom řízena tak, že na svém výstupu 4014 buď pouze opakuje hodnotu ze svého prvního vstupu 4011, což odpovídá středovému koeficientu konvoluční masky čtyři, popřípadě osmi, podle stavu řídicího vstupu 4002 násobičky 400 s volbou čtyřmi, popřípadě osmi, nebo na výstupu 4014 třetí řízené sčítačky 401 vystupuje hodnota daná součtem hodnot na prvním vstupu 4011 a na druhém vstupu 4012, což odpovídá středovému koeficientu konvoluční masky pět, popřípadě devět. Na první datový vstup 411 bloku 4 násobení a větvení je přiváděna hodnota součtu rohových prvků okolí a na druhý datový vstup 412 bloku 4 násobení a větvení je přiváděna hodnota součtu prvků ze středů stran okolí. Tyto hodnoty procházejí blokem 4 násobení a větvení buď přímo, popřípadě s komutací na výstupy 42 jednoho znaménka a výstupy 43 druhého znaménka. Přitom může být jedna z těchto hodnot, ale i obě tyto hodnoty násobeny koeficientem dvě, popřípadě jsou pouze opakovány, což odpovídá jednotkovým koeficientům konvoluční masky, přitom komutace je řízena na základě stavu třetího řídicího vstupu 433 bloku 4 násobení a větvení, kterým jsou současně ovládnuty první multiplexer 402 a druhý multiplexer 403 a násobení je řízeno na základě stavu čtvrtého řídicího vstupu 444 a pátého řídicího vstupu 445, přičemž jsou oba multiplexery 402 a 403 ovládnuty nezávisle. Vlastního efektu násobení dvěma je přitom dosaženo pouhým posuvem sběrnice vlevo při zapojení těch vstupních větví multiplexerů 402 a 403, kde je v blokovém schématu formálně zakreslena násobička dvěma a definováním nulové logické úrovně na uvolněném

místě zprava. Dále je v první řízené sčítačce 5 proveden součet příspěvků z výstupů 42 jednoho znaménka bloku 4 násobení a větvení a v druhé řízené sčítačce 6 je proveden součet příspěvků z výstupů 43 druhého znaménka bloku 4 násobení a větvení, přitom do těchto součtů nejsou zahrnuty na základě stavu řídicího vstupu 54 první řízené sčítačky 5 a stavu řídicího vstupu 64 druhé řízené sčítačky 6 příspěvky, kterým náleží nulové koeficienty. V tomto případě je pomocí řízení první řízené sčítačky 5 a druhé řízené sčítačky 6 dosaženo navíc i přepínání výstupu 4037 druhého multiplexeru 403 mezi větví jednoho znaménka a větví druhého znaménka, protože vždy alespoň jedna z řízených sčítaček 5, 6 je řízena tak, že na svém výstupu 52, 62 pouze opakuje se zpožděním jednoho taktu hodnotu ze svého prvního vstupu 511, 611.

Kombinací komutace, nezávislého násobení dvěma a pomocí popsaného způsobu řízení řízených sčítaček je dosaženo možnosti použít celou řadu konvolučních masek.

V odečítačce 7 je potom proveden rozdíl výsledných součtů větve jednoho znaménka a větve druhého znaménka. Na datovém výstupu 73 odečítačky 7 je k dispozici výsledek konvoluce a na znaménkovém výstupu 74 odečítačky 7 je informace o znaménku tohoto výsledku. V bloku 8 zpracování záporných výsledků je v tomto případě provedena operace ořezání záporných výsledků na nulu na základě výsledného znaménka konvoluce a digitální obrazový signál z výstupu 83 bloku 8 zpracování záporných výsledků je přiveden na výstupní svorku 10 zařízení.

Zařízení pro číslicovou filtraci obrazu, jehož konkrétní provedení je výše uvedeno, lze s výhodou použít pro zpracování televizního obrazu diskretizovaného ve čtvercovém rastru, například s pěti sty dvanácti obrazovými prvky v řádku. Zařízení podle vynálezu dovoluje použít libovolný počet úrovní šedi, takže je vhodné k využití v oblastech jako je dálkový průzkum země, úprava mikroskopických obrazů a všude tam, kde je nutné zlepšit v reálném čase bodovou impulzní odezvu zobrazovacího systému, založeného na použití televizní techniky.

P R Ě D M Ě T V Y N Á L E Z U

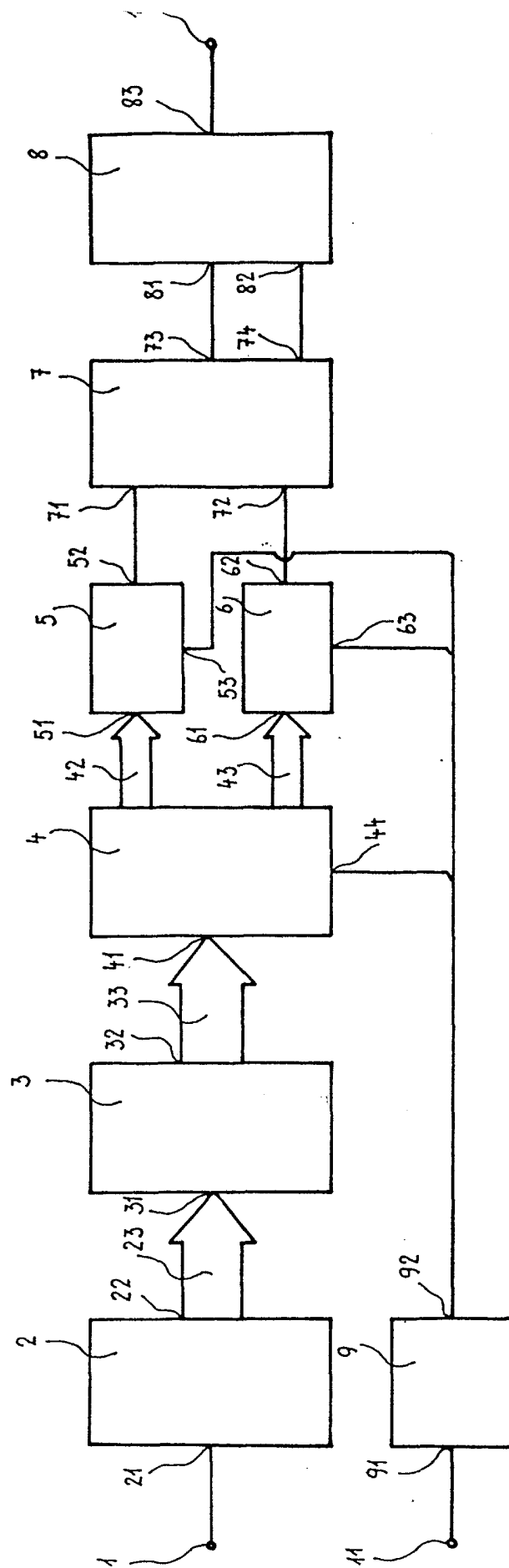
1. Způsob číslicové filtrace obrazu, při použití lokální operace konvolučního typu mezi dvourozměrným digitalizovaným obrazem diskretizovaným ve čtvercovém rastru a konvolučními maskami, zejména u zařízení pro nedestruktivní zkoušení materiálu prozařováním, popř. pro medicínskou diagnostiku, vyznačující se tím, že obrazové prvky digitalizovaného obrazu příslušející ve zvolené čtvercové konvoluční masce lichého rozměru k jedné skupině shodných nenulových prvků, které mají stejnou vzdálenost od středního prvku masky a jejichž absolutní hodnota je celistvou mocninou dvojky, nebo je nulová, s výjimkou středního prvku masky, jehož hodnota může být také celistvá mocnina dvojky zvětšená o jedničku, se nejprve sloučí, potom se získaný výsledek ve dvojkovém tvaru posune vlevo a počet míst určený dvojkovým logaritmem absolutní hodnoty prvku masky z téže skupiny shodných nenulových prvků a posunutím uvolněná místa vpravo se doplní nulami, přičemž se tento postup aplikuje pro všechny existující skupiny prvků zvolené konvoluční masky a také na obrazový prvek odpovídající střednímu prvku konvoluční masky, pokud je hodnota středního prvku konvoluční masky celistvou mocninou dvojky, zatímco je-li tato hodnota zvětšená o jedničku, aplikuje se tento postup s hodnotou středního prvku masky zmenšenou o jedničku a získaný výsledek se sloučí s hodnotou obrazového prvku odpovídajícího střednímu prvku masky, potom se jednotlivé získané hodnoty sloučí, a to zvlášť hodnoty, kterým přísluší kladné prvky zvolené konvoluční masky a zvlášť hodnoty, kterým přísluší záporné prvky zvolené konvoluční masky, potom rozdíl těchto sloučených hodnot se upraví oříznutím, popř. vytvořením absolutní hodnoty, nebo přidáním konstanty k vyloučení záporného výsledku konvoluce, čímž se získá konečný výsledek číslicové filtrace obrazu.

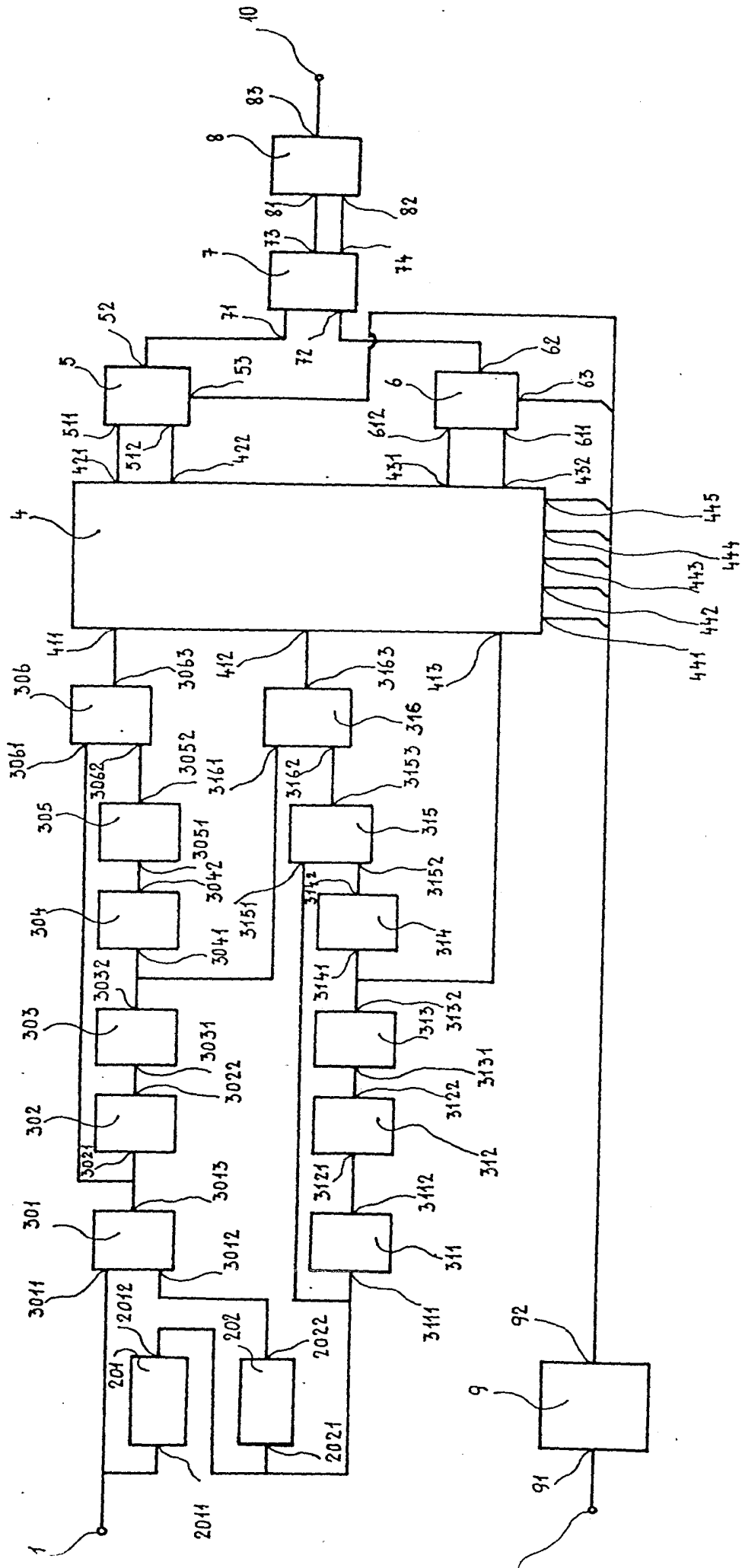
2. Zapojení k provádění způsobu podle bodu 1, vyznačující se tím, že vstupní svorka /1/ je připojena na vstup /2/ serpentinové zpoždovací linky /2/, jejíž výstupy /22/ jsou prostřednictvím sběrnice /23/ současně zpracovávaných televizních řádek napojeny na vstupy /31/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jehož výstupy /32/ jsou připojeny sběrnici /33/ součtů prvků skupin na datové vstupy /41/ bloku /4/ násobení a větvení, jehož výstupy /42/ jednoho znaménka jsou spojeny s datovými vstupy /51/ první řízené sčítačky /5/, výstupy /43/ druhého znaménka jsou spojeny s datovými vstupy /61/ druhé řízené sčítačky /6/, výstup /52/ první řízené sčítačky /5/ je spojen s prvním vstupem /71/ odečítačky /7/, výstup /62/ druhé řízené sčítačky /6/ je spojen s druhým vstupem /72/ odečítačky /7/, potom datový výstup /73/ odečítačky /7/ je napojen na datový vstup /81/ bloku /8/ zpracování záporných výsledků a znaménkový výstup /74/ odečítačky /7/ je napojen na znaménkový vstup /82/ bloku /8/ zpracování záporných výsledků, jehož výstup /83/ je připojen k výstupní svorce /10/, přičemž řídicí vstup /11/ je napojen na vstup /91/ bloku /9/ volby konvoluční masky, jehož výstupy /92/ jsou přivedeny na řídicí vstupy /44/ bloku /4/ násobení a větvení, dále na řídicí vstup /53/ první řízené sčítačky /5/ a na řídicí vstup /63/ druhé řízené sčítačky /6/.
3. Zapojení podle bodu 2, vyznačující se tím, že vstupní svorka /1/ je napojena na první vstup /3011/ první sčítačky /301/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí a současně na vstup /2011/ první sekce /201/ serpentinové zpoždovací linky /2/, jejíž výstup /2012/ je napojen na první vstup /3151/ třetí sčítačky /315/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, dále na vstup /3111/ pátého zpoždovacího členu /311/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí a na vstup /2021/ druhé sekce /202/ serpentinové zpoždovací linky /2/, potom výstup /2022/ druhé sekce /202/ serpentinové zpoždovací linky /2/ je připojen na druhý vstup /3012/ první sčítačky /301/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jejíž výstup /3013/ je připojen na první vstup /3061/ druhé sčítačky /306/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí a současně na vstup /3021/ prvního zpoždovacího členu /302/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jehož výstup /3022/ je napojen na vstup /3031/ druhého zpoždovacího členu /303/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jehož výstup /3032/ je připojen na první vstup /3161/ čtvrté sčítačky /316/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí a zároveň na vstup /3041/ třetího zpoždovacího členu /304/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jehož výstup /3042/ je napojen na vstup /3051/ čtvrtého zpoždovacího členu /305/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jehož výstup /3052/ je připojen ke druhému vstupu /3062/ druhé sčítačky /306/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jejíž výstup /3063/ je spojen s prvním datovým vstupem /411/ bloku /4/ násobení a větvení, přičemž výstup /3112/ pátého zpoždovacího členu /311/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí je napojen na vstup /3121/ šestého zpoždovacího členu /312/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jehož výstup /3122/ je připojen ke vstupu /3131/ sedmého zpoždovacího členu /313/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jehož výstup /3132/ je napojen na třetí datový vstup /413/ bloku /4/ násobení a větvení a zároveň na vstup /3141/ osmého zpoždovacího členu /314/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jehož výstup /3142/ je napojen na druhý vstup /3152/ třetí sčítačky /315/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jejíž výstup /3153/ je spojen s druhým vstupem /3162/ čtvrté sčítačky /316/ bloku /3/ separace skupin prvků okolí, jejíž výstup /3163/ je spojen s druhým datovým vstupem /412/ bloku /4/ násobení a větvení, přičemž první výstup /421/ jednoho znaménka bloku /4/ násobení a větvení je spojen s prvním datovým vstupem /511/ první řízené sčítačky /5/ a druhý výstup /422/ jednoho znaménka bloku /4/ násobení a větvení je spojen s druhým datovým vstupem /512/ první řízené sčítačky /5/ a zároveň první výstup /431/ druhého znaménka bloku /4/

násobení a větvení je spojen s druhým datovým vstupem /612/ druhé řízené sčítačky /6/ a druhý výstup /432/ druhého znaménka bloku /4/ násobení a větvení je spojen s prvním datovým vstupem /611/ druhé řízené sčítačky /6/.

4. Zapojení podle bodů 2 a 3, vyznačující se tím, že první datový vstup /411/ bloku /4/ násobení a větvení je připojen jednak na první datový vstup /4021/ prvního multiplexeru /402/, jednak na vstup /4041/ první násobičky /404/ dvěma, jejíž výstup /4042/ je připojen ke třetímu datovému vstupu /4023/ prvního multiplexeru /402/, jednak na druhý datový vstup /4032/ druhého multiplexeru /403/ a vstup /4071/ čtvrté násobičky /407/ dvěma, jejíž výstup /4072/ je připojen ke čtvrtému datovému vstupu /4034/ druhého multiplexeru /403/, přičemž druhý datový vstup /412/ bloku /4/ násobení a větvení je připojen jednak na vstup /4061/ třetí násobičky /406/ dvěma, jejíž výstup /4062/ je připojen ke třetímu datovému vstupu /4033/ druhého multiplexeru /403/, jednak na první datový vstup /4031/ druhého multiplexeru /403/, jednak na vstup /4051/ druhé násobičky /405/ dvěma, jejíž výstup /4052/ je připojen ke čtvrtému datovému vstupu /4024/ prvního multiplexeru /402/, jednak k druhému datovému vstupu /4022/ prvního multiplexeru /402/, přičemž třetí datový vstup /413/ bloku /4/ násobení a větvení je připojen na druhý vstup /4012/ třetí řízené sčítačky /401/ a zároveň na datový vstup /4001/ násobičky /400/ s volbou čtyřmi, popřípadě osmi, jejíž výstup /4003/ je napojen na první vstup /4011/ třetí řízené sčítačky /401/, jejíž výstup /4014/ je spojen s druhým výstupem /432/ druhého znaménka bloku /4/ násobení a větvení, přitom výstup /4037/ druhého multiplexeru /403/ je připojen na první výstup /431/ druhého znaménka bloku /4/ násobení a větvení a současně na druhý výstup /422/ jednoho znaménka bloku /4/ násobení a větvení a výstup /4027/ prvního multiplexeru /402/ je připojen na první výstup /421/ jednoho znaménka bloku /4/ násobení a větvení, přitom první řídicí vstup /441/ bloku /4/ násobení a větvení je připojen na řídicí vstup /4002/ násobičky /400/ s volbou čtyřmi, popřípadě osmi, druhý řídicí vstup /442/ bloku /4/ násobení a větvení je napojen na řídicí vstup /4013/ třetí řízené sčítačky /401/, třetí řídicí vstup /443/ bloku /4/ násobení a větvení je připojen na první řídicí vstup /4025/ prvního multiplexeru /402/ a současně na první řídicí vstup /4035/ druhého multiplexeru /403/, čtvrtý řídicí vstup /444/ bloku /4/ násobení a větvení je napojen na druhý řídicí vstup /4036/ druhého multiplexeru /403/, pátý řídicí vstup /445/ bloku /4/ násobení a větvení je napojen na druhý řídicí vstup /4026/ prvního multiplexeru /402/.

CS 269 263 B1





CS 269 263 B1

