



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

20 5351
(11) (B1)

[51] Int. Cl.³
H 03 H 7/06

(22) Přihlášeno 17 01 78
(21) (PV 312—78)

(40) Zveřejněno 31 03 80
(45) Vydáno 30 03 80

(75)

Autor vynálezu

HIRŠL JINDŘICH ing., Hradec Králové,
HRUBÝ JAROSLAV ing. CSc.
a NOVOTNÝ VLADIMÍR ing., Praha

(54) Integrovaný aktivní filtr

1

Vynález se vztahuje k integrovaným aktivním filtrům RC se zesilovači, zvláště k takovým, které realizují přenosové funkce 2. řádu.

Jsou známy dvě možnosti, jak se mohou integrované aktivní filtry vyrábět. Někdy se vyrábí podle požadavků zákazníka celý filtr charakterizovaný přenosovou funkcí n -tého řádu jako jediný obvykle hybridně integrovaný obvod. Na substrátu jsou vytvořeny aktivní i pasivní prvky, pasivní prvky jsou vhodným technologickým postupem nastaveny na požadované hodnoty. Problémem je značná variabilita požadavků na filtry. Tímto způsobem lze tudíž vyrábět ekonomicky pouze takové filtry, které se používají ve velkých sériích. Proto se využívá možnosti rozložit složité přenosové funkce na kombinaci jednodušších typů dílčích přenosových funkcí. Tento přístup potom vede na výrobu tzv. selektivních standardizovaných funkčních bloků. Tyto funkční bloky jsou vlastně elementárními filtry s přenosovými funkcemi obvykle 2. řádu. Funkční bloky jsou navrženy tak, aby umožňovaly realizaci některého ze základních typů dílčích přenosových funkcí například dolní, horní a pásmové propusti, popřípadě obecné bikvadratické funkce. Z těchto bloků jde potom různými metodami, v podstatě staveb-

2

nicovým způsobem, vytvářet složitější filtry s přenosovými funkcemi vyšších řádů. Je zřejmé, že pokud požadavky kladené na výsledný filtr lze splnit funkcí 2. řádu, splývá pojem funkčního bloku s pojmem celého filtru. Z tohoto důvodu je často užíván termín „aktivní filtr“ i pro funkční bloky.

Podle způsobu výroby a použití lze funkční bloky rozdělit na tzv. zákaznické typy, tzv. univerzální typy a typy, jejichž parametry jsou nastaveny v určitých hodnotových řadách.

Zákaznické funkční bloky, stejně jako již dříve zmíněné celé zákaznické filtry, jsou dodávány s parametry podle specifikace zákazníka jako jediný integrovaný obvod. Pro odběratele je jejich použití nejpohodlnější, protože tyto funkční bloky nebo celé filtry nepotřebují ke své činnosti žádné vnější prvky ani nemusí být zákazníkem nastavovány. Příprava výroby zákaznického typu je však zdoluhavá a přirozeně i nákladná. V sériích nižších než asi 5 000 kusů za rok jsou ceny a dodací lhůty zákaznických funkčních bloků většinou již nepřijatelné.

Univerzální funkční bloky jsou navrženy tak, aby jejich parametry, popřípadě i typ realizované přenosové funkce, bylo možno nastavit v co nejširším rozsahu připojením vhodných vnějších pasivních prvků. Bez

těchto vnějších prvků nejsou obvykle schopny funkce. Výhodou je, že tyto filtry lze vyrábět levně ve velkých sériích, protože několik málo typů těchto tzv. univerzálních funkčních bloků umožňuje pokrýt velmi široké spektrum požadavků na filtry. Nevýhodou je právě nutnost použití dodatečných vnějších prvků, které zvětšují rozměry filtrů, zvyšují pracnost a ovlivňují stabilitu parametrů. Situaci výrazně zhoršuje i skutečnost, že vnější prvky musí být obvykle nastaveny velmi přesně. To působí značné potíže právě okruhu odběratelů, pro který jsou univerzální typy určeny, protože tyto odběratelé většinou nejsou na přesné nastavování parametrů technicky vybaveni. Všestranná použitelnost těchto typů je tudíž vykoupena závažnými nedostatky.

Někteří výrobci se snaží o určité kompromisní řešení mezi zákaznickými a univerzálními funkčními bloky výrobou bloků, jejichž parametry jsou nastaveny v určitých hodnotových řadách. Protože těmito parametry jsou minimálně kritický kmitočet f_0 , činitel jakosti Q , a popřípadě i typ přenosové funkce funkčních bloků, je zřejmé, že snaha pokrýt tímto způsobem určitou oblast požadavků vede k rozsáhlému a nepřehlednému sortimentu výrobků, což zpětně snižuje sériovost dosahovanou u jednotlivých typů. To se ovšem, nepříznivě promítá i do ceny. Navíc se i zde často stává, že typizovaný výrobek svými parametry nevyhovuje konkrétním požadavkům odběratele, který potom musí opět použít vnějších nastavovacích prvků, z čehož také plynou, i když v menší míře, potíže již zmíněné u univerzálních funkčních bloků.

Mnohé z těchto nevýhod odstraňuje integrovaný aktivní filtr podle vynálezu, realizující přenosovou funkci 2. řádu tvořený obvodovou strukturou se třemi invertujícími zesilovači, jedním oddělovacím zesilovačem, alespoň dvěma kondenzátory a nejméně šesti odpory, při čemž dva kondenzátory spojují vstup a výstup dvou invertujících zesilovačů, jeden odpor je zapojen mezi vstup a výstup zbývajícím zesilovačem, tři odpory vždy spojují výstup jednoho z invertujících zesilovačů s následujícím invertujícím zesilovačem, jeden z odporů je paralelně připojen k jednomu z kondenzátorů, jeden z odporů spojuje vstup filtru se vstupem jednoho z invertujících zesilovačů a vstup oddělovacího zesilovače je spojen s výstupem filtru, přičemž všechny invertující zesilovače a oddělovací zesilovač jsou vestavěny do jediného integrovaného obvodu, k jehož vývodům jsou přivedeny výstupy a vstupy všech zesilovačů, jehož podstata spočívá v tom, že alespoň šest vývodů z řečeného integrovaného obvodu je spojeno s nejméně šesti vývody z dalšího integra-

ného obvodu; tento integrovaný obvod obsahuje tři v sérii propojené odpory, oba konce této trojice odporů jsou spojeny s vývody téhož integrovaného obvodu a s vývody téhož integrovaného obvodu jsou spojeny i oba uzly mezi oběma dvojicemi odporů, přičemž do již řečeného integrovaného obvodu jsou vestavěny nejméně další dva odpory, jejichž konce jsou přivedeny k samostatným vývodům téhož integrovaného obvodu.

Podle vynálezu může také být jeden konec do série zapojené trojice odporů spojen s výstupem prvního invertujícího zesilovače a druhý konec řečené trojice je propojen se vstupem dalšího invertujícího zesilovače, přičemž uzel mezi první dvojicí odporů je spojen se vstupem zbývajícím invertujícího zesilovače a uzel spojující další dvojici odporů je spojen s výstupem téhož invertujícího zesilovače.

Integrované obvody tvořící aktivní filtr mohou být zhotoveny vrstvou nebo monolitickou technologií, je však zvláště výhodné, aby integrovaný obvod obsahující pouze pasivní prvky byl zhotoven některou z vrstvových technologií, zejména technologií tenkých nebo tlustých vrstev. Je dále možné, aby kondenzátory, které spojují vstup a výstup invertujících zesilovačů, byly buď vestavěny do integrovaného obvodu s odpory, nebo aby byly obsaženy v dalším samostatném integrovaném obvodu. Tyto kondenzátory je také možné připojit k integrovanému obvodu se zesilovači jako vnější diskrétní prvky.

Integrovaný aktivní filtr podle vynálezu má řadu výhodných vlastností. Integrovaný obvod obsahující zesilovače je jednotný pro velmi širokou oblast parametrů a typů přenosových funkcí. Výrobce může tudíž tuto univerzální součást vyrábět ve velkých sériích a její cena bude nízká.

Integrovaný obvod, respektive obvody určující parametry přenosové funkce, je jednoduchý a obsahuje pouze pasivní prvky. Při výrobě mohou být parametry pasivních prvků výrazně zlepšeny a stabilizovány i použitím takových technologických operací, které by aktivní prvky poškodily nebo zničily. Je například možné použít dvoufázové kalibrace odporů a obvody vystavit tepelným cyklům. Odpory netvoří uzavřené smyčky, proto mohou být snadno individuálně měřeny a kalibrovány bez obtíží a rizik vyskytujících se u stávajících aktivních filtrů.

V některých případech je výhodné rozdělení pasivní části do dvou integrovaných obvodů. Odporová struktura totiž může být realizována tenkovrstvou technologií, což přináší další zlepšení parametrů.

Vzhledem k jednoduchosti a snadné kalibrovatelnosti pasivní části určující paramet-

ry přenosové funkce ji lze snadno modifikovat podle konkrétních požadavků. Výše uvedené skutečnosti umožňují překonat nejzávažnější nevýhodu stávajících provedení zákaznických aktivních filtrů. Integrované aktivní filtry podle vynálezu je totiž možno v zákaznickém provedení ekonomicky vyrábět již v sériích od 100 ks výše. Podle vynálezu je však také možno vyrábět aktivní filtry univerzálního typu i typu s parametry odstupňovanými v hodnotových řadách.

S výhodou je také možno vytvářet filtry, ve kterých lze k jedné aktivní části přepojovat několik částí pasivních a tak ekonomicky měnit přenosovou funkci.

Příklady provedení aktivních filtrů podle vynálezu jsou schematicky znázorněny na výkresech, kde na obr. 1 je provedení aktivního filtru realizujícího dolní propust, na obr. 2 je aktivní filtr realizující horní propust, na obr. 3 je aktivní filtr realizující pásmovou propust, na obr. 4 je provedení integrovaného obvodu obsahujícího dva odpory a dva kondenzátory a na obr. 5 je integrovaný obvod obsahující úplnou pasivní část RC.

Příklad možného provedení dolní propusti podle vynálezu je na obr. 1. Odporová struktura s prvním odporem 3, druhým odporem 4, třetím odporem 5, čtvrtým odporem 6 a pátým odporem 7 je soustředěna v integrovaném obvodu 9 a ve druhém integrovaném obvodu 1 je první invertující zesilovač 10, druhý invertující zesilovač 11 a třetí invertující zesilovač 12 a oddělovací zesilovač 13. Signál je přiváděn na vstupní svorku 2, výstupní signál je odebírán z výstupní svorky 8 spojené s výstupem oddělovacího zesilovače 13. Vstupní svorka 2 je přes první odpor 3 spojena se vstupem prvního invertujícího zesilovače 10, který je rovněž přes pátý odpor 7 spojen s výstupem třetího invertujícího zesilovače 12. Výstup prvního invertujícího zesilovače 10 je přes druhý odpor 4 spojen se vstupem druhého invertujícího zesilovače 11, mezi jehož vstup a výstup je zapojen třetí odpor 5. Výstup druhého invertujícího zesilovače 11 je dále přes čtvrtý odpor 6 spojen se vstupem třetího invertujícího zesilovače 12. Mezi vstup a výstup prvního invertujícího zesilovače 10 je zapojen tlumicí odpor 16 paralelně s prvním kondenzátorem 14. Mezi vstup a výstup třetího invertujícího zesilovače 12 je zapojen druhý kondenzátor 15. Na výstup třetího invertujícího zesilovače 12 je připojen vstup oddělovacího zesilovače 13. První kondenzátor 14, druhý kondenzátor 15 a kondenzátor 16 jsou diskrétní součástky připojené vně k integrovaným obvodům.

Příklad možného provedení horní propusti podle vynálezu je na obr. 2. Integrované ob-

vody 1 a 9 se shodují s integrovanými obvody podle obr. 1. Vstupní signál je opět přiváděn na vstupní svorku 2, výstupní signál je odebírán z výstupní svorky 8 spojené s výstupem oddělovacího zesilovače 13. Vstupní svorka 2 je přes odpor 3 spojena se vstupem druhého zesilovače 11 a přes odpor 17 se vstupem prvního zesilovače 10, který je také přes odpor 7 propojen s výstupem třetího zesilovače 12. Výstup zesilovače 10 je přes odpor 4 propojen se vstupem zesilovače 11. Mezi vstup a výstup prvního zesilovače 10 jsou zapojeny paralelně odpor 16 a kondenzátor 14, mezi vstup a výstup druhého zesilovače 11 je zapojen odpor 5, mezi vstup a výstup třetího zesilovače 12 je připojen kondenzátor 15. Výstup druhého zesilovače 11 je spojen se vstupem oddělovacího zesilovače 13 a přes odpor 6 se vstupem třetího zesilovače 12. Kondenzátory 14 a 15 a odpory 16 a 17 jsou diskrétní součástky připojené vně k integrovaným obvodům.

Příklad možné realizace pásmové propusti podle vynálezu je na obr. 3. Provedení se zcela shoduje s provedením dolní propusti podle obr. 1 až na to, že vstup oddělovacího zesilovače 13 je místo k výstupu třetího zesilovače 12 připojen k výstupu druhého zesilovače 11.

Na obr. 4 je integrovaný obvod 101 obsahující kondenzátory 114 a 115 a odpory 116 a 117. Integrované kondenzátory 114 a 115 a odpory 116 a 117 odpovídají elektricky diskrétním kondenzátorům 14 a 15 a odporům 16 a 17 z provedení aktivních filtrů podle obr. 1, 2 a 3. S použitím integrovaných obvodů 1, 9 a 101 lze vytvořit opět dolní, horní a pásmovou propust s elektrickým zapojením shodným jako v příkladech uvedených na obr. 1, 2 a 3 až na to, že diskrétní odpory 16 a 17 a kondenzátory 14 a 15 jsou nahrazeny odpory 116 a 117 a kondenzátory 114 a 115 integrovanými v obvodu 101.

Na obr. 5 je znázorněn integrovaný obvod 201 obsahující odpory 203, 204, 205, 206, 207, 216, 217 a kondenzátory 214 a 215, které elektricky odpovídají diskrétním odporům 3, 4, 5, 6, 7, 16, 17 a kondenzátorům 14 a 15 z příkladů provedení aktivních filtrů podle obr. 1, 2 a 3. Integrovaný obvod 201 je opatřen vývody 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39. Odpor 203 je připojen mezi vývody 31 a 32, odpor 204 mezi vývody 35 a 36, odpor 205 mezi vývody 36 a 37, odpor 206 mezi vývody 37 a 38, odpor 207 mezi vývody 34 a 39, odpor 216 mezi vývody 34 a 35, odpor 217 mezi vývody 33 a 34, kondenzátor 214 mezi vývody 34 a 35 a kondenzátor 215 mezi vývody 38 a 39. S použitím integrovaných obvodů 1 a 201 lze vytvořit opět dolní, horní a pásmovou propust bez diskrétních prvků. Elektrická zapojení se shodují se zapojením

podle příkladů uvedených na obr. 1, 2 a 3 až na to, že odpory 3, 4, 5, 6, 7, 16 a 17 jsou nahrazeny odpory 203, 204, 205, 206, 207, 216 a 217 integrovanými v obvodu 201 a diskrétní kondenzátory 14 a 15 jsou nahrazeny kondenzátory 214 a 215 integrovanými v obvodu 201.

Činnost filtru podle vynálezu lze objasnit na příkladu dolní propusti znázorněné na obr. 1. Aktivní filtr obsahuje dva integrátory a jeden invertor zapojené v kaskádě v uzavřené zpětnovazební smyčce. Účinkem zpětné vazby se vytváří dvojice komplexně sdružených pólů přenosové funkce. Zesilovače potřebné k vytvoření integrátorů a invertoru stejně jako zesilovač, který slouží k impedančnímu oddělení výstupu ze smyčky od zátěže, tvoří aktivní část filtru a jsou vytvořeny v integrovaném obvodu 1. Pasivní část filtru obsahuje prvky spoluvytvářející integrátory a invertor a určující typ a parametry přenosové funkce. Pět odporů 3, 4, 5, 6, 7 pasivní části je integrováno v obvodu 9. Jeden integrátor je vytvořen s po-

užitím zesilovače 10, odporů 7 a 16 a kondenzátoru 14. Druhý integrátor je tvořen zesilovačem 12, odporem 6 a kondenzátorem 15. Invertor je realizován zesilovačem 11 a odpory 4 a 5. Vstupní signál se přivádí ze vstupní svorky 2 přes odpor 3 na vstup zesilovače 10. Výstupní signál se odebrá ze zpětnovazební smyčky prostřednictvím oddělovacího zesilovače 13 připojeného vstupem k výstupu zesilovače 12 a výstupem k výstupní svorce 8. Činitel jakosti Q a kritický kmitočet f_0 přenosové funkce souvisí s hodnotami odporů 4, 5, 6, 7, 16 a kondenzátorů 14 a 15.

Uvedené příklady nevyčerpávají všechny možné varianty integrovaných aktivních filtrů podle vynálezu. Pasivní i aktivní části lze s velkou variabilitou sdružovat a tak vytvářet rozmanité požadované typy filtrů.

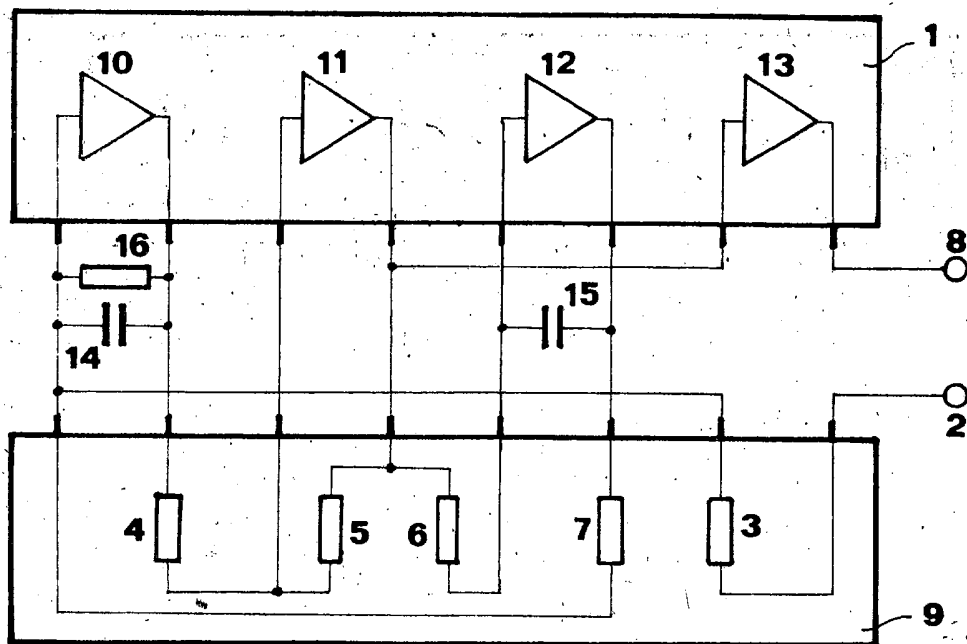
Integrovaný aktivní filtr podle vynálezu je určen pro telekomunikační techniku, může však být použit všude tam, kde se používají elektrické kmitočtové filtry.

Předmět vynálezu

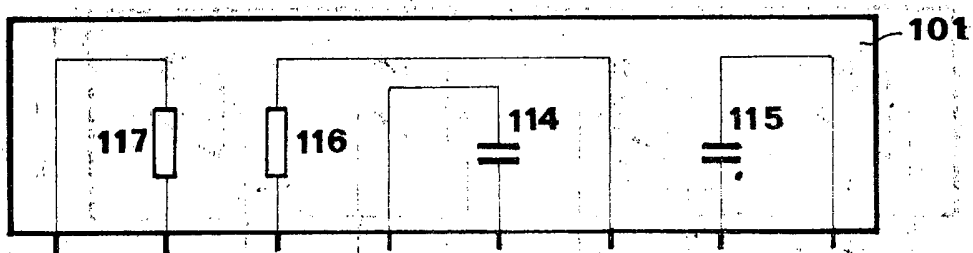
1. Integrovaný aktivní filtr realizující přenosovou funkci 2. řádu tvořený obvodovou strukturou se třemi invertujícími zesilovači, jedním oddělovacím zesilovačem, alespoň dvěma kondenzátory a nejméně šesti odpory, přičemž dva kondenzátory spojují vstup a výstup dvou invertujícími zesilovači, jeden odpor je zapojen mezi vstup a výstup zbývajících zesilovačů, tři odpory vždy spojují výstup jednoho z invertujícími zesilovačů s následujícím invertujícími zesilovačem, jeden z odporů je paralelně připojen k jednomu z kondenzátorů, jeden z odporů spojuje vstup filtru se vstupem jednoho z invertujícími zesilovačů a vstup oddělovacího zesilovače je spojen s výstupem filtru, přičemž všechny invertující zesilovače a oddělovací zesilovač jsou vestavěny do jediného integrovaného obvodu, k jehož vývodům jsou přivedeny výstupy a vstupy všech zesilovačů, vyznačený tím, že alespoň šest vývodů z řečeného integrovaného obvodu (1) je spojeno s nejméně šesti vývody z dalšího integrovaného obvodu (9), tento integ-

rovaný obvod obsahuje tři v sérii propojené odpory 4, 5 a 6, oba konce této trojice odporů jsou spojeny s vývody téhož integrovaného obvodu a s vývody téhož integrovaného obvodu jsou spojeny i oba uzly mezi oběma dvojicemi odporů (4, 5 a 5, 6), přičemž do již řečeného integrovaného obvodu (9) jsou vestavěny nejméně další dva odpory (3, 7), jejichž konce jsou přivedeny k samostatným vývodům téhož integrovaného obvodu.

2. Integrovaný aktivní filtr podle bodu 1, vyznačený tím, že jeden konec do série zapojené trojice odporů (4, 5 a 6) je spojen s výstupem prvního invertujícího zesilovače (10) a druhý konec řečené trojice je propojen se vstupem dalšího invertujícího zesilovače (12), přičemž uzel mezi první dvojicí odporů (4, 5) je spojen se vstupem zbývajících invertujícího zesilovače (11) a uzel spojující další dvojici odporů (5, 6), je spojen s výstupem téhož invertujícího zesilovače.

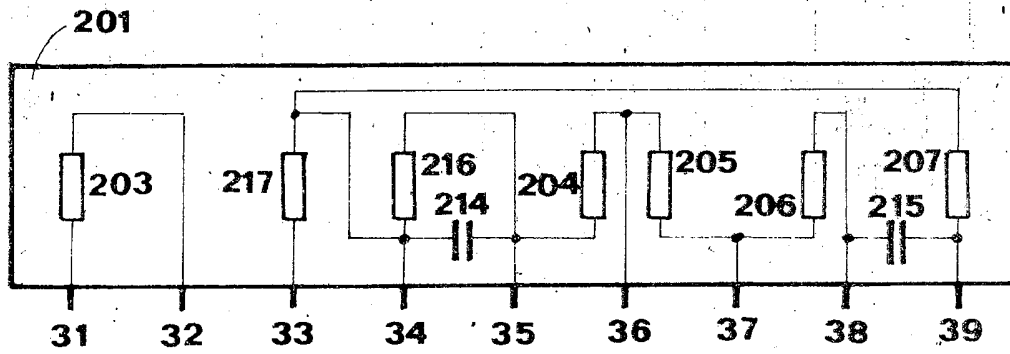


Obr. 3



Obr. 4

205351



Obr. 5