



URZĄD
PATENTOWY
PRL

Patent dodatkowy
do patentu nr ———

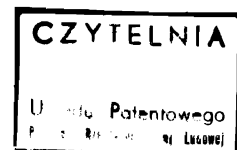
Int. Cl.³ H03F 1/30
H04N 5/48

Zgłoszono: 80 03 15 (P. 222726)

Pierwszeństwo: 79 03 16 Stany Zjednoczone Ameryki

Zgłoszenie ogłoszono: 81 01 30

Opis patentowy opublikowano: 1985 11 30



Twórca wynalazku: Jack Rudolph Harford

Uprawniony z patentu: RCA Corporation,
Nowy Jork (Stany Zjednoczone Ameryki)

Układ kompensacji temperaturowej wzmocnienia wzmacniacza tranzystorowego

Niniejszy wynalazek dotyczy ogólnie układów tranzystorowych stabilizowanych temperaturowo, a w szczególności układów polaryzacji dla stabilizacji wzmocnienia wzmacniacza tranzystorowego w obecności zmian temperatury.

Wzmocnienie napięcia tranzystora załączonego w układzie o wspólnym emiterze może być wyrażone jako wzmocnienie

$$V = R_L \cdot g_m$$

gdzie

R_L — impedancja obciążenia dołączonego do kolektora,

g_m — konduktancja wzajemna tranzystora wyrażona w siemensach.

Jak wiadomo, wzmocnienie napięciowe wzmacniacza tranzystorowego zmienia się w zależności od zmiany temperatury roboczej układu. Wynika to z tego, że konduktancja wzajemna zawiera człon zależny od temperatury. Wzmocnienie napięciowe może być przy tym wyrażone jako

$$g_m = \frac{-d I_c}{d V_{be}} = \frac{q}{k \cdot T} (I_c)$$

gdzie

I_c — prąd kolektora

V_{be} — napięcie baza emiter

q — ładunek elektryczny

k — stała Boltzmanna

(I_c) — wartość prądu spoczynkowego kolektora

T — temperatura bezwzględna.

Ponieważ g_m odwrotnie proporcjonalna do temperatury, zwiększenie się temperatury będzie powodowało zmniejszenie się g_m , co będzie przejawiało się zmniejszeniu się wzmocnienia

wzmacniacza tranzystorowego. Oprócz tego, ponieważ temperatura bezwzględna tranzystora może zwiększyć się więcej niż o 40 do 55K powyżej temperatury otoczenia od momentu doprowadzenia do tranzystora napięć zasilających do momentu osiągnięcia stabilnej temperatury roboczej, może się okazać, że wzmocnienie wzmacniacza tranzystorowego jest nazbyt zależna od wpływów tych normalnych zmian temperatury.

Przedmiotem wynalazku jest układ kompensacji temperaturowej wzmocnienia wzmacniacza tranzystorowego z tranzystorem wzmacniającym mającym złącze baza-emiter, przeznaczony do stabilizacji wzmocnienia w warunkach zmiennej temperatury roboczej, zawierający obwód polaryzacji ustalający punkt pracy tranzystora wzmacniającego oraz źródło napięcia zasilania mające pierwszy i drugi zaciski, zgodnie z wynalazkiem obwód polaryzacji składa się z połączonym szeregowo i włączonym między pierwszym zaciskiem, stanowiącym punkt o potencjale odniesienia układu i drugim zaciskiem źródła napięcia zasilania pierwszy obwód przewodzący prąd, na którym zależy od temperatury spadek napięcia jest równy spadkowi napięcia na złączu baza-emiter tranzystora wzmacniającego, drugi obwód przewodzący prąd, na którym spadek napięcia jest stałą wielokrotnością wartości spadku napięcia na pierwszym obwodzie przewodzącym prąd i zmienia się w zależności od zmian temperatury z zachowaniem stałej relacji względem spadku napięcia na pierwszym obwodzie przewodzącym prąd, oraz trzeci obwód przewodzący prąd odznaczając się zasadniczo stałą niezależną od temperatury impedancją. Przy tym obwód baza-emiter tranzystora wzmacniającego jest włączony między punktem połączenia pierwszego i drugiego obwodów przewodzących prąd a pierwszym zaciskiem źródła zasilania będącym punktem o potencjale odniesienia układu.

Tranzystor wzmacniający oraz pierwszy, drugi i trzeci obwody przewodzące prąd są wytworzone w technologii układów scalonych na jednej monolitycznej płytce półprzewodnikowej.

Trzeci obwód przewodzący prąd zawiera pierwszy rezystor, drugi obwód przewodzący prąd zawiera pierwszy tranzystor, drugi obwód przewodzący prąd zawiera drugi tranzystor, przy czym obwody kolektor-emiter pierwszy i drugiego tranzystorów są włączone szeregowo. Przy czym między kolektorem i emitern drugiego tranzystora są załączone połączone szeregowo drugi i trzeci rezystory, których punkty połączenia jest dołączony do bazy drugiego tranzystora, spadek napięcia na trzecim rezystorze stanowi spadek napięcia na złączu baza-emiter drugiego tranzystora, a spadek napięcia na drugim rezystorze znajduje się w takiej relacji względem spadku napięcia na trzecim rezystorze, która jest wyznaczona stosunkiem rezystancji drugiego rezystora do rezystancji trzeciego rezystora.

Z kolektorem tranzystora wzmacniającego jest połączony emiter trzeciego tranzystora, którego baza jest połączona z punktem połączenia pierwszego rezystora i drugiego obwodu przewodzącego prąd, a kolektor — z drugim zaciskiem źródła napięcia zasilania. Przy czym tranzystor wzmacniający i trzeci tranzystor tworzą wzmacniacz kaskodowy, w którym stosunek rezystancji drugiego rezystora do rezystancji trzeciego rezystora jest wyznaczony w ten sposób, ażeby potencjał bazy trzeciego tranzystora był zasadniczo równy połowie spadku napięcia między pierwszym a drugim zaciskami źródła napięcia.

Kolektor pierwszego tranzystora w pierwszym obwodzie przewodzącym prąd jest połączony z bazą tranzystora wzmacniającego, emiter pierwszego tranzystora jest połączony punktem o potencjale odniesienia układu poprzez pierwszą diodę, natomiast emiter tranzystora wzmacniającego jest połączony z punktem o potencjale odniesienia układu poprzez drugą diodę, przy czym prąd polaryzacji przepływający przez szeregową gałąź obwodu kolektor-emiter pierwszego tranzystora i pierwszą diodę jest zależny od prądu polaryzacji przepływającego przez połączone szeregowo obwód kolektor-emiter tranzystora i drugą diodę tak, iż jest proporcjonalny stosunkowi powierzchni obszaru emitery pierwszego tranzystora do powierzchni obszaru emitery wzmacniającego tranzystora.

Punkt połączenia pierwszego i drugiego obwodów przewodzących prąd jest połączony z bazą tranzystora wzmacniającego poprzez obwód sprzęgający.

Obwód sprzęgający składa się z połączonych szeregowo czwartego rezystora, piątego rezystora oraz złącza baza-emiter czwartego tranzystora, którego emiter jest połączony z bazą tranzystora wzmacniającego, a kolektor — z kolektorem trzeciego tranzystora poprzez obwód,

zawierający element, którego pojemność jest zależna od przyłożonego napięcia. Przy czym baza czwartego tranzystora jest połączona ze źródłem sygnału wejściowego, wzmacnianego przez tranzystor wzmacniający.

Między kolektorem pierwszego tranzystora w pierwszym obwodzie przewodzącym prąd a bazą tegoż tranzystora jest włączony obwód szeregowy składający się z szóstego rezystora siódmego rezystora i złącza baza-emiter piątego rezystora, którego emiter jest połączony z bazą pierwszego tranzystora, a kolektor — z zaciskiem źródła napięcia zasilania. Przy tym punkt połączenia szóstego i siódmego rezystorów jest dołączony do układu automatycznej regulacji wzmocnienia.

Na załączonym rysunku przedstawiony jest częściowo w postaci schematu blokowego a częściowo w postaci schematu ideowego układ będący urzeczywistnieniem niniejszego wynalazku.

Na rysunku przedstawiony jest przeznaczony dla odbiornika telewizyjnego wzmacniacz częstotliwości pośredniej zrealizowany zgodnie z zasadami niniejszego wynalazku. Wzmacniacz zawiera pierwszy i drugi stopnie wzmacniające częstotliwości pośredniej 300 i 330 odpowiednio, które wzmacniają sygnały o częstotliwości pośredniej dostarczane przez źródło sygnałowe 200. Zastępczy układ polaryzacji 370 reaguje na sygnał sterujący wzmocnieniem dostarczany przez układ 400 automatycznej regulacji wzmocnienia celem zapewnienia regulacji wzmocnienia wzmacniaczy częstotliwości pośredniej i polaryzacji układu 150 polaryzującego automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej. Wzmacniacze częstotliwości pośredniej, układ zastępczy polaryzacji oraz układ polaryzacji 150 są skompensowane temperaturowo pod względem zmian wzmocnienia wywołanych zmianami temperatury poprzez układ powielający 600 napięcie polaryzacji V_{be} .

Zastępczy układ polaryzacji 370 i układ 600 powielający napięcie polaryzacji V_{be} również są zbudowane tak, aby zapewniać odpowiednią polaryzację dla kaskadowych stopni wzmacniających w pierwszym i drugim wzmacniaczach częstotliwości pośredniej 300 i 330 odpowiednio. Wzmacniacze częstotliwości pośredniej 300 i 330, układ zastępczy polaryzacji 370, układ polaryzacji 150 automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej i układ 600 powielający napięcie polaryzacji V_{be} mogą być wytworzone w technologii układów scalonych w postaci płytki monolitycznej półprzewodnikowej mającej obszary złączone dla podłączenia elementów składowych układu, źródeł sygnałowych i źródeł zasilania zewnętrznych względem płytki półprzewodnikowej. Wytwarzanie układu w postaci układu scalonego również zapewnia, że układy będą narażone na takie same zmiany temperatury otoczenia, co zapewnia możliwość kompensacji temperaturowej wszystkich układów poprzez zastosowanie jednego układu polaryzacyjnego kompensującego zmiany temperatury.

Układy przedstawione na rysunku wzmacniają sygnały o częstotliwości pośredniej dostarczane przez źródło sygnałowe 200 wytwarzające sygnały o częstotliwości pośredniej. Te sygnały o częstotliwości pośredniej są zasadniczo wytwarzane przez mieszacz, wchodzący w skład głowicy odbiornika telewizyjnego, a widmo częstotliwościowe tych sygnałów mieści się w paśmie przeniesienia wyznaczonego charakterystyką przenoszenia filtra załączonego przed wzmacniaczem częstotliwości pośredniej. Źródło 200 sygnałów o częstotliwości pośredniej jest połączone ze wzmacniaczem częstotliwości pośredniej poprzez zewnętrzne zaciski złączowe 202. Zacisk załączowy 202 jest połączony z bazą tranzystora buforowego 302 pierwszego wzmacniacza 300 częstotliwości pośredniej.

Kolektor tranzystora 302 jest dołączony do źródła napięcia zasilania (+V), a jego emiter jest połączony ze źródłem napięcia odniesienia (masą) poprzez rezystor 304. Emiter tranzystora 302 jest również połączony z bazą tranzystora 306. Emiter tranzystora 306 jest połączony z masą poprzez obwód równoległy składający się z rezystora 310 i spolaryzowanego w kierunku przewodzenia półprzewodnikowego elementu prostującego, którym jest dioda PIN 308. Kolektor tranzystora 306 jest połączony z emiterem tranzystora 312, którego baza jest połączona z układem powielania polaryzującego napięcia V_{be} 600 poprzez rezystor 314, a jego kolektor jest dołączony do zewnętrznego zacisku złączowego 316.

Kolektor tranzystora 302 jest również połączony ze źródłem napięcia zasilania +V poprzez obwód szeregowy składający się z rezystora 324 i elementu 326 którego pojemność zależna jest od

przyłożonego napięcia i który działa jako element reagujący na wartości szczytowe sygnału doprowadzonego do wzmacniacza w pobliżu pośnej obrazu w warunkach słabych sygnałów użytecznych. Tranzystory **306** i **312** są załączone w układzie wzmacniacza kaskodowego i stanowią pierwszy stopień wzmocnienia sterowanego dla sygnałów o częstotliwości pośredniej.

Zewnętrzny obwód rezonansowy **320** jest dołączony do zewnętrznych zacisków złączowych **316** poprzez rezystor **318**. Sygnał o częstotliwości pośredniej jest następnie doprowadzony z obwodu rezonansowego **320** do wejścia drugiego wzmacniacza częstotliwości pośredniej **330** poprzez zewnętrzny zacisk złączowy **322**. Zewnętrzny zacisk złączowy **322** jest połączony z bazą tranzystora buforowego **532**, którego kolektor jest dołączony do źródła napięcia zasilania $+V$ a emiter jest połączony z masą poprzez rezystor **334**.

Drugi wzmacniacz częstotliwości pośredniej **330** jest zbudowany w taki sam sposób jak pierwszy wzmacniacz częstotliwości pośredniej **300** i zawiera tranzystor buforowy **332**, wzmacniacz kaskodowy zrealizowany z wykorzystaniem tranzystorów **336** i **342**, diodę PIN **338** załączoną między emitery tranzystorów **336** załączonego w układzie o wspólnym emiterze a masą układu oraz przynależne elementy rezystancyjne. Wyjście drugiego wzmacniacza częstotliwości pośredniej **330** jest dołączone poprzez kolektor tranzystora **342** do zewnętrznego obwodu rezonansowego **350** poprzez zewnętrzne zaciski złączowe **346**. Wzmocniony sygnał o częstotliwości pośredniej jest następnie doprowadzany poprzez obwód rezonansowy **350** do trzeciego wzmacniacza częstotliwości pośredniej nie pokazanego na rysunku celem dalszego wzmocnienia i do dalszych układów przetwarzania sygnałów.

Wzmocnienie wzmacniaczy częstotliwości pośredniej **300** i **330** jest regulowane napięciem sterującym o częstotliwości pośredniej uzyskiwanym z napięcia sterującego automatycznej regulacji wzmocnienia wytwarzanego przez układ **400** automatycznej regulacji wzmocnienia. Układ **400** automatycznej regulacji wzmocnienia może być, dla przykładu, takim układem, który wytwarza napięcie sterujące automatycznej regulacji wzmocnienia, które zmienia się w zależności od poziomu odebranego sygnału wizyjnego.

Napięcie sterujące automatycznej regulacji wzmocnienia jest doprowadzane do bazy tranzystora **372** w układzie zastępczym **370** poprzez obwód szeregowy składający się z rezystora **362** i rezystora **364** z zewnętrznego zacisku złączowego **402**. Kolektor tranzystora **372** jest dołączony do źródła napięcia zasilania $+V$, a jego emiter jest połączony z bazą tranzystora **376** i z masą układu poprzez rezystor **374**. Tranzystor **376** ma emiter połączony z masą układu poprzez PIN diodę **378**, a jego kolektor jest dołączony do łącza **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej. Łącze **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej jest połączone z bazą tranzystora **372** poprzez kondensator **368** i dołączone do punktu połączenia rezystorów **362** i **364** poprzez rezystor **366**.

Układ zastępczy **370** jest tak nazywany dlatego, że reguluje on prąd polaryzacji dostarczany do pierwszego i drugiego wzmacniaczy częstotliwości pośredniej **300** i **330** oraz do układu **150** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej i jest tak zbudowany, aby mieć geometrię, która jest repliką lub odwzorowaniem geometrii wzmacniaczy częstotliwości pośredniej i układu automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej. W szczególności można zauważyć, że układ zastępczy **370** ma potrójny spadek napięcia na złączu baza-emiter ($3V_{be}$) równy spadkowi napięcia między bazą tranzystora **372** i uziemioną katodą PIN diody **378**, który dopasowuje podobne $3V_{be}$ struktury wzmacniaczy częstotliwości pośredniej i układ polaryzacji automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej.

Ponieważ zastępczy układ polaryzacji **370** stanowi replikę pierwszego i drugiego wzmacniaczy częstotliwości pośredniej **300** i **330**, prąd spoczynkowy kolektor-emiter tranzystora **376** będzie odwzorowany jako spoczynkowy prąd polaryzacyjny w obwodach kolektor-emiter tranzystorów **306** i **336** w sposób podobny do odbicia lustrzanego. Stosunek prądu przepływającego przez tranzystor **376** do prądów przepływających przez tranzystory wzmacniacza częstotliwości pośredniej jest funkcją obszarów emiterowych odpowiednich tranzystorów.

W przykładzie przedstawionym tytułem ilustracji na załączonym rysunku obszary emiterowe tranzystorów **306** i **336** są dwukrotnie większe niż obszar emiterowy tranzystora **376**. To oznacza, że przy braku sterowania automatycznego, to znaczy w warunkach spoczynkowych, prąd przepływa-

jący przez tranzystor **376** równy jednemu miliamperowi będzie odwzorowany jako dwumiliamperowy prąd przepływający przez każdy z tranzystorów **306** i **336**.

Oczywiste jest, że obszary emiterowe odpowiednich tranzystorów mogą być wyskalowane według innej zasady, jeżeli wymagane jest, aby przez wzmacniacze częstotliwości pośredniej przepływały inne prądy spoczynkowe. Zastępczy układ polaryzacji **370** również może być wykorzystany do polaryzacji równoległej większej liczby wzmacniaczy w warunkach spoczynkowych, jeżeli zachodzi ku temu potrzeba.

Napięcie automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej na łączu **360** jest doprowadzane do bazy tranzystora **302** pierwszego wzmacniacza częstotliwości pośredniej **300** poprzez obwód szeregowy składający się z rezystorów **382** i **384**. Kondensator **386** jest dołączony do punktu połączenia rezystorów **382** i **384** i do masy układu. Kondensator ten zapewnia odsprężenie łącza **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej od sygnałów częstotliwości pośredniej obecnych na bazie tranzystora **302**. Podobne napięcie automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej jest doprowadzone do bazy tranzystora **332** poprzez obwód szeregowy składający się z rezystorów **390** i **392** z łącza automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej.

Łącze **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej jest odizolowane od sygnału częstotliwości pośredniej obecnego na bazie tranzystora **332** za pomocą kondensatora **394**, który jest załączony między punktem połączenia rezystorów **390** i **392**, a masą układu i tworzy obwód zapewniający filtrację składowych małej częstotliwości napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej w tym punkcie. Napięcie automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej również jest doprowadzane do układu **150** polaryzacji automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej poprzez rezystor odsprężający **380**.

Układ **150** polaryzacji automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej reaguje na zmniejszenie napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej doprowadzanego do jego wyjścia wytworzeniem opóźnionego napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej, która jest doprowadzana do głowicy odbiornika telewizyjnego, nie pokazanej na załączonym rysunku. Rezystor odsprężający **380** jest dołączony do bazy tranzystora **154**, która jest połączona z masą układu poprzez kondensator **152**. Kolektor tranzystora **154** jest dołączony do źródła napięcia zasilania $+V$, a jego emiter jest połączony z masą układu poprzez rezystor **156** i z bazą tranzystora **160** poprzez rezystor **158**. Emiter tranzystora **160** jest połączony z masą układu poprzez spolaryzowaną w kierunku przewodzenia PIN diodę **162**, a jego kolektor jest połączony z bazą tranzystora **166** i z rezystorem regulowanym **190**. Nastawienie rezystora regulowanego **190** określa punkt polaryzacji, to znaczy poziom napięcia na łączu **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej, przy którym zmniejszenie jest zapoczątkowane przez układ polaryzacji automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej.

Dioda Zenera **164** ma anodę połączoną z bazą tranzystora **160** i katodą połączoną z kolektorem tranzystora **160**. Dioda Zenera **164** pracuje jako dynamiczny stabilizator zakresu przeznaczony do zabezpieczania tranzystora **160** przed nadmiernym wzrostem napięcia na jego kolektorze, co może mieć miejsce podczas przełączania kanałów.

Jeżeli odbiornik telewizyjny odbiera bardzo silny sygnał telewizyjny podczas przełączania kanałów, system automatycznej regulacji wzmocnienia będzie reagował tak, by zmniejszyć wzmocnienie wzmacniaczy częstotliwości pośredniej i częstotliwości radiowej. Takie zmniejszenie wzmocnienia będzie powodowało ustawienie tranzystora **160** w stan nieprzewodzenia.

W przypadku, gdyby nie była przewidziana dioda Zenera **164**, napięcie na kolektorze tego tranzystora mogłoby wzrosnąć do poziomu $+V$ równego napięciu zasilania doprowadzanemu poprzez rezystor regulowany **190**.

Jeżeli przełącznik kanałowy ostatecznie zatrzymuje się w pozycji odpowiadającej kanałowi, w którym odbierany jest słaby sygnał telewizyjny, głowica odbiornika telewizyjnego powinna pracować w warunkach charakteryzujących się dużym wzmocnieniem. Przy tym tranzystor **160** zaczyna przewodzić prąd elektryczny, co zmniejsza napięcie na jego kolektorze i zwiększa wzmocnienie częstotliwości radiowych. Jednakże układ automatycznej regulacji wzmocnienia zawiera pewne elementy opóźniające, które mogą zwalniać taką reakcję układu **150** polaryzacji automaty-

cznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej, i może zawierać kondensator dołączony do kolektora tranzystora **150**. Dioda Zenera zapobiega takiemu zwolnieniu reakcji układu polaryzacji automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej poprzez stabilizowanie napięcia kolektora tranzystora **160** na maksymalnym poziomie, od którego układ może niezwłocznie powrócić do normalnego stanu.

Jak zaznaczono uprzednio, obwody wejściowe układu polaryzacji automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej zawierają tranzystory **154** i **160** oraz diodę PIN **162**. Tworzą one obwód $3V_{be}$, który dopasowuje napięcia polaryzacji układu zastępczego **370**. Ponieważ układ **150** polaryzacji automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej działa przy bardzo małych poziomach prądowych w porównaniu z prądami wzmacniaczy częstotliwości pośredniej w przedstawionym na rysunku przykładzie realizacji wynalazku obszar emitera tranzystora **160** jest wybierany o wiele mniejszym, niż obszar emiterowy tranzystora **376**. To oznacza, że prąd kolektorowo-emiterowy tranzystora **160** będzie mniejszy od prądu kolektorowo-emiterowego dopasowanego tranzystora **376** załączonego w zastępczym układzie polaryzacji **370**.

Kolektor tranzystora **166** jest dołączony do źródła napięcia zasilania $+V$ i tranzystor ten wytwarza napięcie automatycznej regulacji wzmocnienia doprowadzane do elektrody emiterowej **170** wykorzystywane dla głowicy odbiornika telewizyjnego. Tranzystor **168** ma drugą elektrodę emiterową **172**, która jest połączona z masą układu poprzez obwód szeregowy składający się z rezystorów **174** i **176**. Punkt połączenia rezystorów **174** i **176** jest połączony z bazą tranzystora **180**, którego emiter połączony jest z masą poprzez rezystor **182**. Tranzystor **180** wytwarza napięcie automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej o biegunowości odwrotnej względem biegunowości napięcia uzyskiwanego z emitera **170** uzyskiwane na kolektorze tego tranzystora. W ten sposób układ **150** polaryzacji automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej wytwarza dwa napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia o różnych biegunowościach, co czyni przydatnym go do zastosowania z głowicą, działającą zgodnie z określoną zasadą regulacji.

Należy również zaznaczyć, że zakres napięcia o polaryzacji odwrotnej nie jest ustalony sztywno lecz może być wyznaczony przez użytkownika poprzez wybór impedancji obciążenia na wyjściu układu automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej.

Układ polaryzacji **600** zwielokrotnionego napięcia V_{be} działa jako źródło napięcia dla łącza **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej i dla tranzystora **376**. Tranzystor **602** ma kolektor dołączony do źródła $+V$ napięcia zasilania poprzez rezystor **610**, a jego emiter jest połączony z łączem **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej poprzez rezystor **608**. Rezystor **604** jest połączony z kolektorem i bazą tranzystora **602**, a rezystor **606** jest załączony między bazą a emiterem tranzystora **602**. Gdy rezystancje rezystorów **604** i **606** odpowiadają wartością podanym na rysunku, na rezystorze **606** podtrzymuje się spadek napięcia równy $1V_{be}$, to znaczy około $0,7V$, równy spadkowi napięcia na złączu baza-emiter tranzystora **602**, zabocznikowanym przez ten rezystor.

Ponieważ stosunek rezystancji rezystorów **604** i **606** jest równy około pięciu do jednego w danym przykładzie realizacji wynalazku, na rezystorze **604** spadek napięcia będzie wynosił $5V_{be}$ w przypadku ogólnego spadku napięcia równego $6V_{be}$ w obwodzie kolektor-emiter tranzystora **602**. Tak więc napięcie na emiterze tranzystora **602**, a więc i na łączu **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej pozostaje na poziomie który około $6V_{be}$ jest mniejszy od napięcia na kolektorze tranzystora.

Gdy z układu **400** automatycznej regulacji wzmocnienia nie doprowadza się napięcie sterujące, to znaczy w warunkach roboczych odpowiadających maksymalnemu wzmocnieniu, napięcie na łączu **360** automatycznej regulacji wzmocnienia utrzymywane jest na poziomie o około $3V_{be}$ wyższym od poziomu napięcia na wspólnym punkcie układu poprzez układ zastępczy **370**. W tych warunkach napięcie doprowadzane do baz tranzystorów **312** i **342** załączonych we wzmacniaczach kaskodowych jest około $9V_{be}$ większe od potencjału wspólnego punktu układu (masy układu).

Korzystne jest, gdy napięcie polaryzacji wzmacniaczy kaskodowych **306**, **312** i **336**, **342** równe połowie napięcia $+V$ dostarczanego przez źródło zasilania przypada na każdy z dwóch tranzystorów załączonych w układzie wzmacniacza kaskodowego w stanie spoczynku. Na przykład, gdy wybrane jest źródło zasilania o napięciu równym $12V$, napięcie to jest doprowadzone do kolektora

rów tranzystorów kaskodowych **312** i **342** załączonych w układzie o wspólnej bazie poprzez obwody rezonansowe **320** i **350** odpowiednio. Poza tym korzystnym jest, gdy napięcie polaryzacji wzmacniaczy kaskodowych wynosi 6 V , które to napięcie stałe jest doprowadzane do kolektorów tranzystorów **306** i **336**. Napięcie na bazach tranzystorów **312** i **342** będzie w ten sposób większe od 6 V o około $1V_{be}$.

Ponieważ bazy tranzystorów **312** i **342** są spolaryzowane napięciem równym $9V_{be}$ przez zastępczy układ polaryzacji **370** i powielający układ polaryzacji **600**, wynoszącym około $6,3\text{ V}$, można zauważyć, że wzmacniacze kaskodowe są spolaryzowane w sposób odpowiedni tymi układami w warunkach spoczynkowych.

W warunkach roboczych układ **400** automatycznej regulacji wzmocnienia wytwarza napięcie sterujące automatycznej regulacji wzmocnienia, które bezpośrednio zależy od poziomu poddanego detekcji sygnału wizyjnego; słaby (o małym poziomie) sygnał wizyjny będzie powodował wytworzenie napięcia sterującego automatycznej regulacji wzmocnienia o małym poziomie, natomiast silny (o dużym poziomie) sygnał wizyjny będzie powodował wytworzenie napięcia sterującego automatycznej regulacji wzmocnienia o dużym poziomie. W warunkach słabego sygnału do układu zastępczego polaryzacji **370** doprowadza się napięcie sterujące automatycznej regulacji wzmocnienia o małym poziomie, wywołujące małe zmiany spoczynkowych warunków przewodzenia tranzystorów **372** i **376**. Napięcie na łączu **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej będzie z tego powodu równe około $3V_{be}$. Napięcie to jest doprowadzane do bazy tranzystorów **302** i **332** wzmacniaczy częstotliwości pośredniej **300** i **330**. Tranzystory **302** i **306** oraz **332** i **336** będą wówczas przewodzić duże prądy, a do PIN diod **308** i **338** będą doprowadzane przez tranzystory **306** i **336** odpowiednio duże stałe prądy polaryzujące. Duże prądy polaryzujące będą powodować, że PIN diody będą miały małe rezystancje, przez co całkowite rezystancje załączone w obwodach emiterów tranzystorów **306** i **336** będą małe. Wzmacniacze kaskodowe **306**, **312** i **336**, **342** będą wówczas wzmacniały słabe sygnały częstotliwości pośredniej dostarczane przez źródło **200** sygnałów częstotliwości pośredniej.

Gdy poziom sygnałów wizyjnych zwiększa się wraz ze zwiększeniem poziomu odbieranego sygnału telewizyjnego częstotliwości radiowe, wówczas zwiększa się poziom sygnału sterującego automatycznej regulacji wzmocnienia wytwarzanego przez układ **400** automatycznej regulacji wzmocnienia. Zwiększenie napięcia sterującego automatycznej regulacji wzmocnienia powoduje zwiększenie prądu przepływającego przez rezystor **362** ku zastępczemu układowi polaryzacji **370** i na łączu **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej. Zastępczy układ polaryzacji **370** będzie reagował na przepływ prądu z układu **400** automatycznej regulacji wzmocnienia w taki sposób, aby utrzymać poziom napięciowy na bazie tranzystora **372** równym około $3V_{be}$. Jest to związane ze zwiększeniem przewodzenia tranzystora **376**.

Zasadniczo cały zwiększony przepływ prądu od układu automatycznej regulacji wzmocnienia jest kierowany do łączu **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej poprzez rezystor **366**, a następnie do masy poprzez tranzystor **376**, co powoduje spadek napięcia na rezystorze **366**. Spadek napięcia na rezystorze **366** będzie powodował, że napięcie na łączu **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej spadnie do poziomu mniejszego od $3V_{be}$, któremu jest równe napięcie na bazie tranzystora **372**. W tym samym momencie tranzystor **376** przewodzi zasadniczo cały prąd dostarczany przez układ **400** automatycznej regulacji wzmocnienia poprzez rezystor **366**, a przy tym układ polaryzacji powielający V_{be} dostarcza prąd spoczynkowy.

Zmniejszenie napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej na łączu **360** wywołuje zmniejszenie napięcia doprowadzanego do baz tranzystorów **302** i **332** poprzez rezystory **382**, **384** i **390**, **392** odpowiednio, co z kolei powoduje zmniejszenie przewodności wzajemnej tranzystorów **306** i **336**. Ze względu na zmniejszenie przewodności wzajemnej tranzystorów **306** i **336** stałe prądy polaryzacji dostarczane do PIN diod **308** i **338** poprzez tranzystory **306** i **336** odpowiednio zmniejszają się, a rezystancje PIN diod **308** i **338** zwiększają się. Zwiększone impedancje emiterowe tranzystorów **306** i **336** powodują zmniejszenie wzmocnienia wzmacniaczy kaskodowych **306**, **312** i **336**, **342**.

Ponadto, ponieważ układ powielania napięcia polaryzacji V_{be} 600 jest załączony w celu utrzymania stałej różnicy (równej $6 V_{be}$) napięć między napięciem na łączu 360 automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej i napięciem na bazach tranzystorów kaskodowych 312 i 342, można zaznaczyć, że stałoprądowe napięcie polaryzacji doprowadzone do tranzystorów 312 i 342 będzie odwzorowywało zmniejszający się poziom napięciowy na łączu 360 automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej.

Prąd dostarczany przez układ 400 automatycznej regulacji wzmocnienia będzie zwiększał się wraz ze zwiększeniem się poziomu sygnału wizyjnego, a zwiększający się spadek napięcia na rezystorze 366 będzie zmniejszał poziom napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej na łączu 360. Zmniejszające się napięcie automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej będzie powodowało zmniejszenie się g_m tranzystorów 306 i 336 wzmacniacza częstotliwości pośredniej, a rezystancje PIN diod 308 i 338 będą się zwiększać. Parametry g_m tranzystorów 306 i 336 będą osiągać poziom minimalny, przy którym wzmocnienie napięcia wzmacniaczy częstotliwości pośredniej jest równe prawie jedności i pełny zakres zmniejszenia wzmocnienia częstotliwości pośredniej może być przekreślony. Dowolne dalsze zmniejszenie wzmocnienia może być osiągnięte w głowicy w wyniku oddziaływania napięcia sterującego dostarczanego przez działający z opóźnieniem układ 150 automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości radiowej.

W miarę, jak wzmacniacze częstotliwości pośredniej zbliżają się do granicy zmniejszenia się wzmocnienia częstotliwości pośredniej, małe napięcie automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej, które jest doprowadzone do bazy tranzystora 154 poprzez rezystor odsprężający 102, powoduje, że przewodność tranzystora zmniejsza się. Napięcie na emiterze tranzystora 152 zmniejsza się, gdy tranzystor zostaje odcięty, co powoduje zmniejszenie przewodności tranzystora 160. Napięcie na kolektorze tranzystora 160 będzie się zwiększało z szybkością, wyznaczoną nastawieniem regulowanego rezystora 190, gdy tranzystor 160 zostaje odcięty.

Napięcie na bazie tranzystora 166 osiąga poziom wystarczający na to, aby ustawić ten tranzystor w stan przewodzenia, co z kolei, powoduje, że tranzystor 168 zaczyna przewodzić. Prąd zaczyna przepływać w obwodzie pierwszego emitera 170 tranzystora 168, który to prąd może być wykorzystany do wytwarzania napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia dla głowicy odbiornika telewizyjnego. Jednocześnie prąd będzie przepływał przez drugi emiter 172 tranzystora 168 co powoduje, że tranzystor 180 zaczyna przewodzić. Prąd zatem przepływa w obwodzie kolektora tranzystora 180, a jego biegunowość będzie odwrotna do biegunowości prądu przepływającego w obwodzie pierwszego emitera 170 tranzystora 168. Prąd kolektorowy tranzystora 180 może być wykorzystywany do wytwarzania napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia dla głowicy o biegunowości przeciwnej względem biegunowości pierwszego napięcia automatycznej regulacji wzmocnienia.

Układ polaryzacji 600 będzie modyfikował prąd polaryzacji dostarczany przez rezystor 610 w funkcji temperatury w sposób, który kompensuje, w przypadku normalnych wartości g_m , zmniejszenie wzmocnienia tranzystorów 306 i 336 wywołane zwiększeniem temperatury. Jak uprzednio zaznaczono, kolektor tranzystora 602 jest spolaryzowany tak, że punkt spoczynkowy tego tranzystora odpowiada $9 V_{be}$, co jest zapewnione zastępczym układem polaryzacji 370 i układem polaryzacji 600, powielającym V_{be} . Ten punkt polaryzacji charakteryzuje się ujemnym współczynnikiem temperaturowym, który jest funkcją liczby przy potencjale polaryzacji V_{be} w tym punkcie.

Napięcie baza-emiter tranzystora może być wyrażone w pierwszym przybliżeniu jako

$$V_{be} = \frac{kT}{q} \ln \left[\left(\frac{I_E}{I_{nas}} \right) \right]$$

gdzie: I_E — prąd emitera,

I_{nas} — prąd nasycenia tranzystora.

Chociaż w liczniku znajduje się człon T wyrażenia kT/q , człon V_{be} w rzeczywistości jest odwrotnie proporcjonalny do temperatury dzięki ekstremalnej zależności temperaturowej członu I_{nas} . V_{be} tranzystora zmniejsza się przy zwiększeniu temperatury z powodu dominującego wpływu członu I_{nas} w wyrażeniu dla V_{be} .

Zależność V_{be} od temperatury może być wyrażona dla stałych I_E . Z powodu zależności temperaturowej prądu nasycenia otrzymujemy następujący wynik:

$$\frac{d V_{be}}{dT} = -2 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$$

$$I_E = \text{const}$$

Stwierdzono, że ta wartość jest prawie stała dla wszystkich typów tranzystorów i dla wszystkich normalnych wartości I_E . W konsekwencji punkt spoczynkowy polaryzacji $9 V_{be}$ kolektora tranzystora **602** ma ujemny współczynnik temperaturowy równy $-18 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Oznacza to, że napięcie na kolektorze tranzystora **602** będzie zmniejszać się o 18 mV przy zwiększeniu temperatury otoczenia o jeden stopień.

Powyżej było zaznaczone, że punkt $9 V_{be}$ pracy obwodu kolektorowego tranzystora **602** będzie utrzymywany na poziomie około $6,3 \text{ V}$ przy braku sygnału automatycznej regulacji wzmocnienia przez układ **400** automatycznej regulacji wzmocnienia i zastępczy układ polaryzacji **370**. Gdy napięcie na łączu **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej zmniejsza się, napięcie w punkcie $9 V_{be}$ również nieco się zmniejsza, lecz utrzymuje się na poziomie napięciowym, który jest o $6 V_{be}$ większy od poziomu napięciowego na łączu automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej. Napięcie na kolektorze tranzystora **602** będzie zatem równe około 6 V .

Gdy rezystancja rezystora **610** jest równa około 1000Ω , jak pokazano na rysunku, przedstawiającym korzystny przykład realizacji wynalazku, i gdy wykorzystuje się 12-woltowe źródło zasilania, można pokazać, że spadek napięcia na rezystorze wynosi około 6 V . Przez ten rezystor przepływa wówczas prąd o natężeniu 6 mA do układu polaryzacji **600** powielania napięcia V_{be} . Ten prąd przepływa w kierunku łączu **360** automatycznej regulacji wzmocnienia częstotliwości pośredniej przez układ polaryzacji **600** powielania napięcia V_{be} i stąd do masy przez tranzystor **376** zastępczego układu polaryzacji **370**. ten prąd o natężeniu 6 mA przepływający przez tranzystor **376** będzie odwzorowany przez wzmacniacze kaskadowe **306**, **312** i **336**, **342** w stosunku dwa do jednego w wyniku tego, że stosunek obszarów emiterowych tranzystorów **306** i **336** do obszaru emiterowego tranzystora **376** wynosi dwa do jednego. Tak więc prąd o natężeniu 6 mA przepływający przez tranzystor **376** będzie wywoływał przepływ prądu o natężeniu 12 mA w obwodzie kolektorowym każdego z tranzystorów **306** i **336**.

Gdy te wartości podstawić w równanie (2) dla g_m , dla temperatury pokojowej wynoszącej 290°K otrzymuje się następujące wartości:

$$g_m = \frac{q}{kT} \quad I_C = \frac{(1,6 \times 10^{-19}) (12 \times 10^{-3})}{(1,38 \times 10^{-23}) (290)}$$

$$g_m = 4,79 \times 10^{-1} \quad A/V = 0,479 \text{ simensa.}$$

Ponieważ temperatura układu pokazanego na załączonym rysunku zwiększa się od temperatury pokojowej do temperatury pokojowej do znamionowej temperatury roboczej wyższej o prawie 55°C od temperatury pokojowej, to znaczy do temperatury 345 K , parametr V_{be} tranzystorów w układzie będzie zmniejszał się o 2 mV na każdy $^{\circ}\text{C}$ zmiany temperatury. W konsekwencji punkt $3 V_{be}$ kolektora tranzystora **376** będzie zmniejszał się o 330 mV przy zmianie temperatury o 55°C . Napięcie baza-emiter tranzystora **602** również zmniejsza się w proporcji 2 mV na każdy $^{\circ}\text{C}$, co powoduje zmniejszenie spadku napięcia na rezystorze **606**.

Napięcie na rezystorze **604** dzielnika napięcia **604**, **606** będzie zmniejszać się o wartość wyznaczoną stosunkiem rezystancji rezystorów tworzących dzielnik napięcia, który to stosunek w przykładzie realizacji wynalazku przedstawionym na załączonym rysunku wynosi pięć do jednego. Tak więc ogólny spadek napięcia w układzie **600** powielania napięcia polaryzacji V_{be} będzie równy $6 V_{be}$ lub inaczej 660 mV przy zmianie temperatury o 55°C . Ogólny spadek napięcia w punkcie polaryzacji $9 V_{be}$ na kolektorze tranzystora **602** będzie z tego powodu równy około 1 V , który to wynik otrzymywany jest również przy zwiększonym współczynniku temperaturowym do $-18 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ przy zmianie napięcia o 55°C .

Takie zwiększenie poziomu napięcia na kolektorze tranzystora 602 będzie powodowało, że spadek napięcia na rezystorze 610 będzie wynosił około 7 V, a przy tym będzie przepływał prąd o natężeniu 7 mA ku zastępczemu układowi polaryzacji 370 poprzez układ 600 powielania napięcia polaryzacji V_{be} . Przepływający przez tranzystor 376 prąd o natężeniu 7 mA będzie odwzorowywany w stosunku dwa do jednego w tranzystorach 306 i 336, których prądy kolektorowe będą równe w tym przypadku po 14 mA. Jeżeli te wartości podstawić w równanie (2) dla g_m , otrzymamy wówczas następujące wyniki:

$$g_m = \frac{q}{kT} \quad I_c = \frac{(1,6 \times 10^{-19}) (14 \times 10^{-3})}{(1,38 \times 10^{-23}) (245)}$$

$$g_m = 4,7 \times 10^{-1} \quad A/V = 0,47 \text{ simensa.}$$

Jak widać, ten wynik jest identyczny z poprzednim, obliczonym dla pracy przy temperaturze pokojowej. Oznacza to, że układ 600 powielania napięcia polaryzacji V_{be} według przedstawionego na załączonym rysunku przykładu realizacji wynalazku będzie stabilizować g_m wzmacniaczy częstotliwości pośredniej przy zmianie temperatury roboczej.

Z a s t r z e ż e n i a p a t e n t o w e

1. Układ kompensacji temperaturowej wzmocnienia wzmacniacza tranzystorowego z tranzystorem wzmacniającym mającym złącze baza-emiter, przeznaczony do stabilizacji wzmocnienia w warunkach zmiennej temperatury roboczej, zawierający obwód polaryzacji ustalający punkt pracy tranzystora wzmacniającego oraz źródło napięcia zasilania mające pierwszy i drugi zaciski, **znamienny tym**, że obwód polaryzacji składa się z połączonych szeregowo i włączonym między pierwszym zaciskiem, stanowiącym punkt o potencjale odniesienia układu, i drugim zaciskiem (+V) źródła napięcia zasilania pierwszy obwód (370) przewodzący prąd, na którym zależny od temperatury spadek napięcia jest równy spadkowi napięcia na złączu baza-emiter tranzystora wzmacniającego (306), drugi obwód (600) przewodzący prąd, na którym spadek napięcia jest stałą wielokrotnością wartości spadku napięcia na pierwszym obwodzie (370) przewodzącym prąd i zmienia się w zależności od zmian temperatury z zachowaniem stałej relacji względem spadku napięcia na pierwszym obwodzie (370) przewodzącym prąd, oraz trzeci obwód (610) przewodzący prąd odznaczający się zasadniczo stałą niezależną od temperatury impedancją, przy czym obwód baza-emiter tranzystora wzmacniającego (306) jest włączony między punktem połączenia pierwszego (370) i drugiego (600) obwodów przewodzących prąd a pierwszym zaciskiem źródła zasilania będącym punktem o potencjale odniesienia układu.

2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tranzystor wzmacniający (306) oraz pierwszy (370), drugi (600) i trzeci (610) obwody przewodzące prąd są wytworzone w technologii układów scalonych na jednej monolitycznej płytce półprzewodnikowej.

3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że trzeci obwód (610) przewodzący prąd zawiera pierwszy rezystor (610), drugi obwód (370) przewodzący prąd zawiera pierwszy tranzystor (376), drugi obwód przewodzący prąd (600) zawiera drugi tranzystor (602), przy czym obwody kolektor-emitory pierwszego (376) i drugiego (602) tranzystorów są włączone szeregowo, przy czym między kolektorem i emitern drugiego tranzystora (602) są załączone połączone szeregowo drugi (604) i trzeci (606) rezystory, których punkt połączenia jest dołączony do bazy drugiego tranzystora (602), przy czym spadek napięcia na trzecim rezystorze (606) stanowi spadek napięcia na złączu baza-emiter drugiego tranzystora (602), a spadek napięcia na drugim rezystorze (604) znajduje się w takiej relacji względem spadku napięcia na trzecim rezystorze (606), która jest wyznaczona stosunkiem rezystancji drugiego rezystora (604) do rezystancji trzeciego rezystora (606).

4. Układ według zastrz. 1 albo 3, **znamienny tym**, że z kolektorem tranzystora wzmacniającego (306) jest połączony emiter trzeciego tranzystora (312), którego baza jest połączona z punktem połączenia pierwszego rezystora (610) i drugiego obwodu (600) przewodzącego prąd, a kolektor — z drugim zaciskiem (+V) źródła napięcia zasilania, przy czym tranzystor wzmacniający (306) i

trzeci tranzystor (312) tworzą wzmacniacz kaskodowy (300), w którym stosunek rezystancji drugiego rezystora (604) do rezystancji trzeciego rezystora (606) jest wyznaczony w ten sposób, ażeby potencjał bazy trzeciego tranzystora (312) był zasadniczo równy połowie spadku napięcia między pierwszym, a drugim (+ V) zaciskami źródła napięcia.

5. Układ według zastrz. 3, **znamienny tym**, że kolektor pierwszego tranzystora (376) w pierwszym obwodzie (370) przewodzącym prąd jest połączony z bazą tranzystora wzmacniającego (306), emiter pierwszego tranzystora (376) jest połączony punktem o potencjale odniesienia układu poprzez pierwszą diodę (378), natomiast emiter tranzystora wzmacniającego (306) jest połączony z punktem o potencjale odniesienia układu poprzez drugą diodę (308), przy czym prąd polaryzacji przepływający przez szeregowo gałąź obwodu kolektor-emiter pierwszego tranzystora (376) i pierwszą diodę (378) jest zależny od prądu polaryzacji przepływającego przez połączone szeregowo obwód kolektor-emiter tranzystora wzmacniającego (306) i drugą diodę (308) tak, iż jest proporcjonalny stosunkowi powierzchni obszaru emitera pierwszego tranzystora (376) do powierzchni obszaru emitera tranzystora wzmacniającego (306).

6. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że punkt połączenia pierwszego (370) i drugiego (600) obwodów przewodzących prąd jest połączony z bazą tranzystora wzmacniającego (306) poprzez obwód sprzęgający (382, 384, 302).

7. Układ według zastrz. 6, **znamienny tym**, że obwód sprzęgający (382, 384, 302) składa się z połączonych szeregowo czwartego (382) rezystora, piątego rezystora (384) oraz złącza baza-emiter czwartego tranzystora (302), którego emiter jest połączony z bazą tranzystora wzmacniającego (306), a kolektor — z kolektorem trzeciego tranzystora (312) poprzez obwód, zawierający element (326), którego pojemność jest zależna od przyłożonego napięcia, przy czym baza czwartego tranzystora (302) jest połączona ze źródłem (200) sygnału wejściowego, wzmacnianego przez tranzystor wzmacniający (306).

8. Układ według zastrz. 5, **znamienny tym**, że między kolektorem pierwszego tranzystora (376) w pierwszym obwodzie (370) przewodzącym prąd, a bazą tegoż tranzystora jest włączony obwód szeregowy składający się z szóstego rezystora (366), siódmego rezystora (364) i złącza baza-emiter piątego tranzystora (372), którego emiter jest połączony z bazą pierwszego tranzystora (376) a kolektor — z zaciskiem (+ V) źródła napięcia zasilania, przy czym punkt połączenia szóstego (366) i siódmego (364) rezystorów jest dołączony do układu (400) automatycznej regulacji wzmocnienia.

