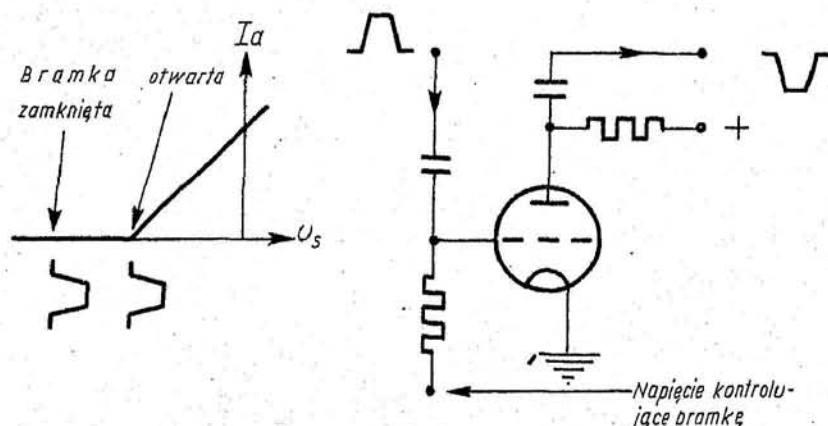


woła przepływ prądu przez lampę i ujemny impuls roboczy na wyjściu.

Bramkę można zbudować również przy użyciu lampy jednosiatkowej w układzie pokazanym na rys. 3-15. W tym przypadku napięcie kontrolujące bramkę jest napięciem początkowym siatki. Jeśli napięcie to ma



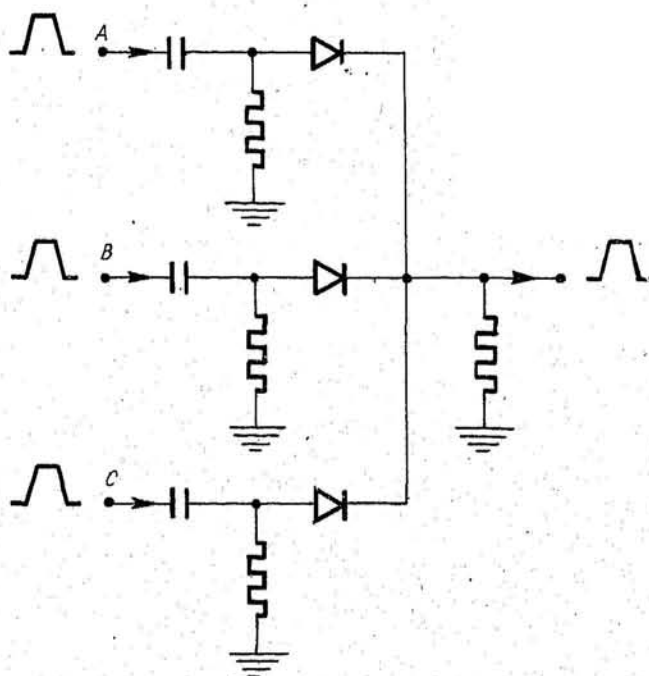
Rys. 3-15. Schemat bramki z lampą jednosiatkową

dostatecznie dużą wartość ujemną, to bramka jest zamknięta. Dla otwarcia bramki napięcie początkowe na siatce powinno przyjąć taką wartość, aby punkt pracy wypadł na początku dolnego zakrzywienia charakterystyki, jak to jest schematycznie pokazane po lewej stronie rys. 3-15.

332. Spójniki prostownikowe. Na rysunku 3-16 pokazany jest schemat trójargumentowego spójnika "lub". Jedyną rolą prostowników w tym układzie jest zabezpieczenie od przechodzenia impulsów z jednego wejścia na drugie, np. z wejścia A na B lub C.

Na rysunku 3-17 pokazany jest schemat zasadniczy trójargumentowego spójnika "i". Układ stale pobiera prąd, który płynie od punktu o dodatnim potencjale U przez opór R , prostowniki i opory R_1 do ziemi. Opór R jest znacznie większy od oporu szeregowo połączonych: prostownika i oporu R_1 . Wobec tego tylko nieznaczna część napięcia U panuje na wyjściu.

Jeśli w pewnej chwili zjawia się jednocześnie na wszystkich trzech wejściach robocze impulsy dodatnie, to potencjały górnych (na schemacie) zacisków, oporów R_1 wzrosną i na wyjściu zjawi się roboczy impuls napięcia dodatniego pochodzącego ze źródła o napięciu U .

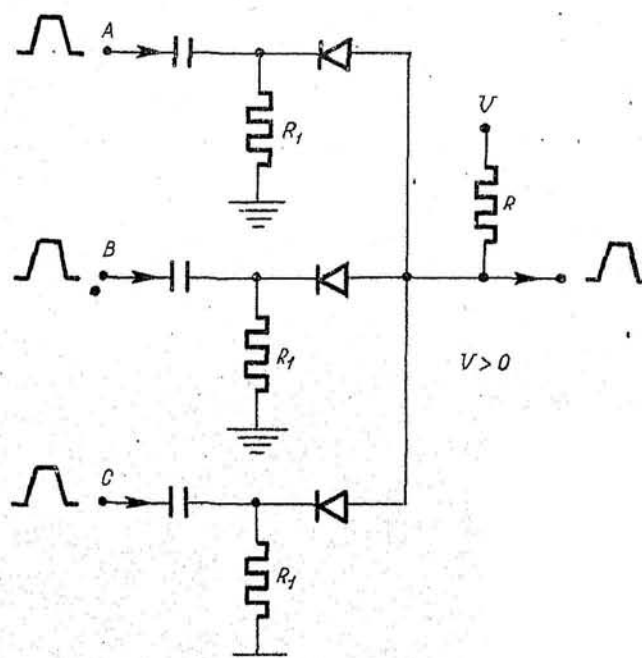


Rys. 3-16. Schemat prostownikowego spójnika "lub", trójargumentowego

Jeśli impulsy zjawiają się tylko na jednym lub na dwóch wejściach, to na wyjściu zjawi się dodatni impuls zakłócający spowodowany tym, że opór łączący zacisk wyjściowy z ziemią wzrośnie na skutek odcięcia jednej lub dwóch dróg. Impulsy zakłócające mogą być utrzymywane na dostatecznie niskim poziomie, jeśli opór R będzie dostatecznie duży w stosunku do R_2 i oporu prostowników.

Schemat ulepszanego wariantu spójnika "i" pokazany jest na rys. 3-18. Spójnik ten zawiera prostownik PS zwany stabilizującym oraz dodatkowe źródło napięcia U_1 , ujemnego względem ziemi. Wartości parametrów są tak dobrane, że przez prostownik stabilizujący

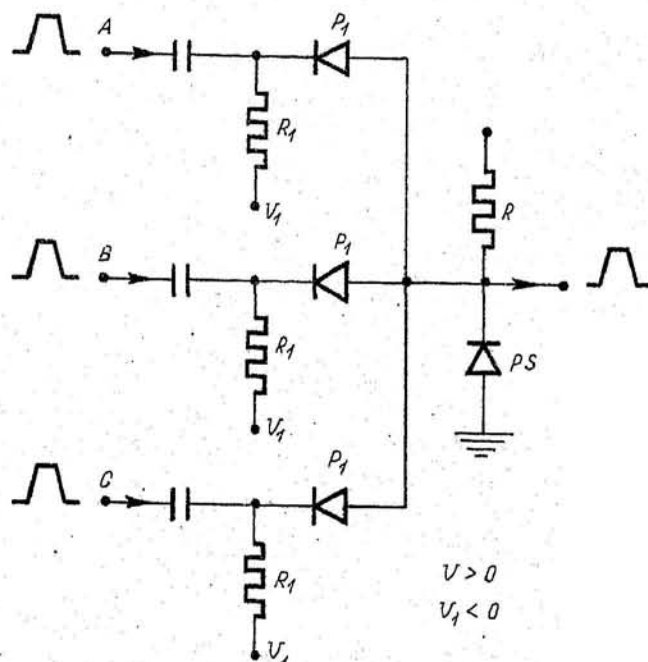
płynie prąd w kierunku przewodzenia. W stanie spoczynku napięcie na wyjściu jest lekko ujemne. Gdy impulsy zjawiają się na jednym lub na dwóch wejściach, to powstające przy tym impulsy zakłócające zostają zwarte przez prostownik PS. Gdy impulsy dodatnie zjawiają się jednocześnie na wszystkich trzech wejściach, to napięcie U_1 , polaryzujące prostownik PS, zostaje odcięte i na wyjściu zjawia się impuls roboczy. Opór prostownika PS w kierunku zaporowym powinien być duży w porównaniu z oporem R .



Rys. 3-17. Schemat zasadniczy prostownikowego spójnika "i", trójargumentowego

Na rysunku 3-19 pokazany jest schemat układu realizującego funktor wyrażenia \overline{AB} . Na schemacie tym prostokąty z napisami $\tau/4$ i $\tau/8$ oznaczają układy opóźniające o jedną czwartą, względnie o jedną ósmą czasu trwania impulsu sterującego. Wyjście jest uziemione poprzez prostownik stabilizujący P4. W stanie spoczynku przez prostownik ten przepływa prąd ze źródła U_2 , wobec czego potencjał wyjścia jest lekko ujemny.

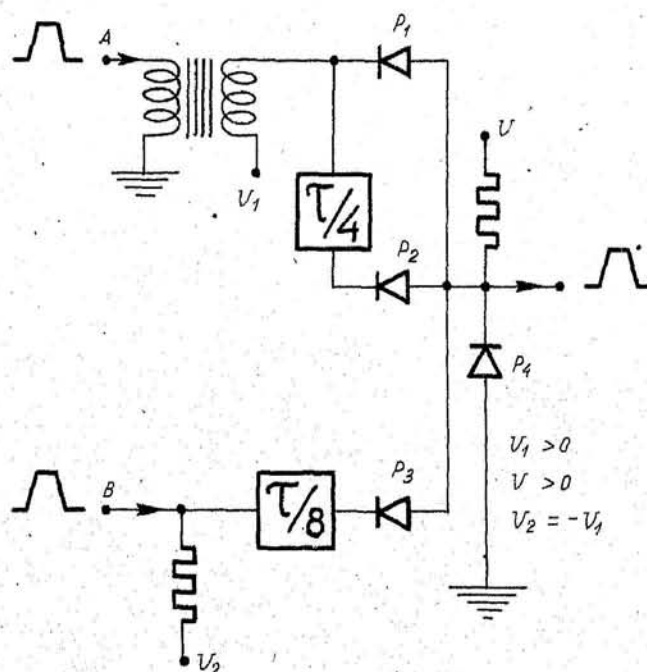
Jeśli na wejściu B zjawi się impuls, to potencjał na wyjściu zacznie wzrastać, nie przekraczając jednakże wartości U_1 , gdyż wyjście poprzez prostowniki P1 i P2 oraz wtórne uzwojenie transformatora jest dołączone do potencjału U_1 . W ten sposób impulsy przykładane tylko na wejście B zjawiają się na wyjściu, jako impulsy robocze.



Rys. 3-18. Schemat prostownikowego spójnika "i", trójargumentowego, stabilizowanego

Znak impulsów przykładanych do wejścia A jest odwracany przez transformator. Jeśli zatem na wejściu A zjawi się impuls dodatni, spolaryzuje on prostownik P4 w kierunku przewodzenia, wobec czego potencjał wyjścia nie będzie mógł przyjąć wartości znacznie różniącej się od potencjału ziemi. W ten sposób dodatni impuls na wejściu A nie tylko nie powoduje impulsu roboczego na wyjściu, ale uniemożliwia powstanie jego również w przypadku, gdy impulsy dodatnie są przykładane jednocześnie do wejść A i B. O takim działaniu mówimy, że impulsy przykładane na wejście A blokują impulsy zjawiające się na wejściu B i nazywamy impulsy na wejściu A blokującymi, impulsy na wejściu B - blokowanymi.

Każdy impuls blokowany zostaje opóźniony o jedną ósmą swego czasu trwania, każdy zaś impuls blokujący przechodzi dwiema drogami: bez opóźnienia i z opóźnieniem o jedną czwartą swego czasu trwania. W ten sposób impuls blokujący zjawia się na wyjściu przed blokowanym, kończy się zaś po nim, co zabezpiecza od powstawania krótkotrwałych impulsów zakłócających, które mogłyby wynikać z niezupełnego synchronizmu lub różnych długości impulsów przychodzących na zaciski A i B.

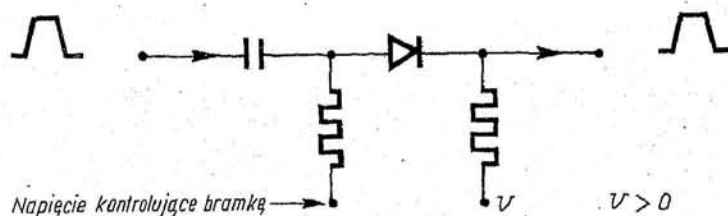


Rys. 3-19. Schemat prostownikowego spójnika wyrażenia AB

Jeśli zacisk B dołączyć na stałe do generatora sterującego, to na wyjściu zjawia się impuls roboczy, gdy na wejściu A brak jest impulsu, na wyjściu zaś brak jest impulsu roboczego, gdy zjawia się impuls na wejściu A. Przy takim połączeniu opisany układ stanowi realizację funktora negacji.

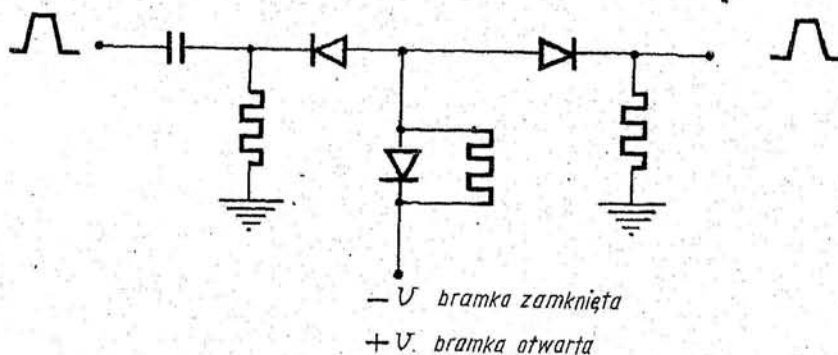
Na rysunku 3-20 pokazany jest schemat bramki prostownikowej. Jeśli napięcie kontrolujące jest równe zero, to prostownik jest spolaryzowany w kierunku

zaporowym i impulsy przykładane na wejście nie wywołują impulsów roboczych na wyjściu. Jeśli napięcie kontrolujące bramkę jest równe napięciu polaryzującemu U , to impuls sterujący przyłożony na wejście przechodzi przez układ z pewnym, jednakże, tłumieniem.



Rys. 3-20. Schemat bramki prostownikowej

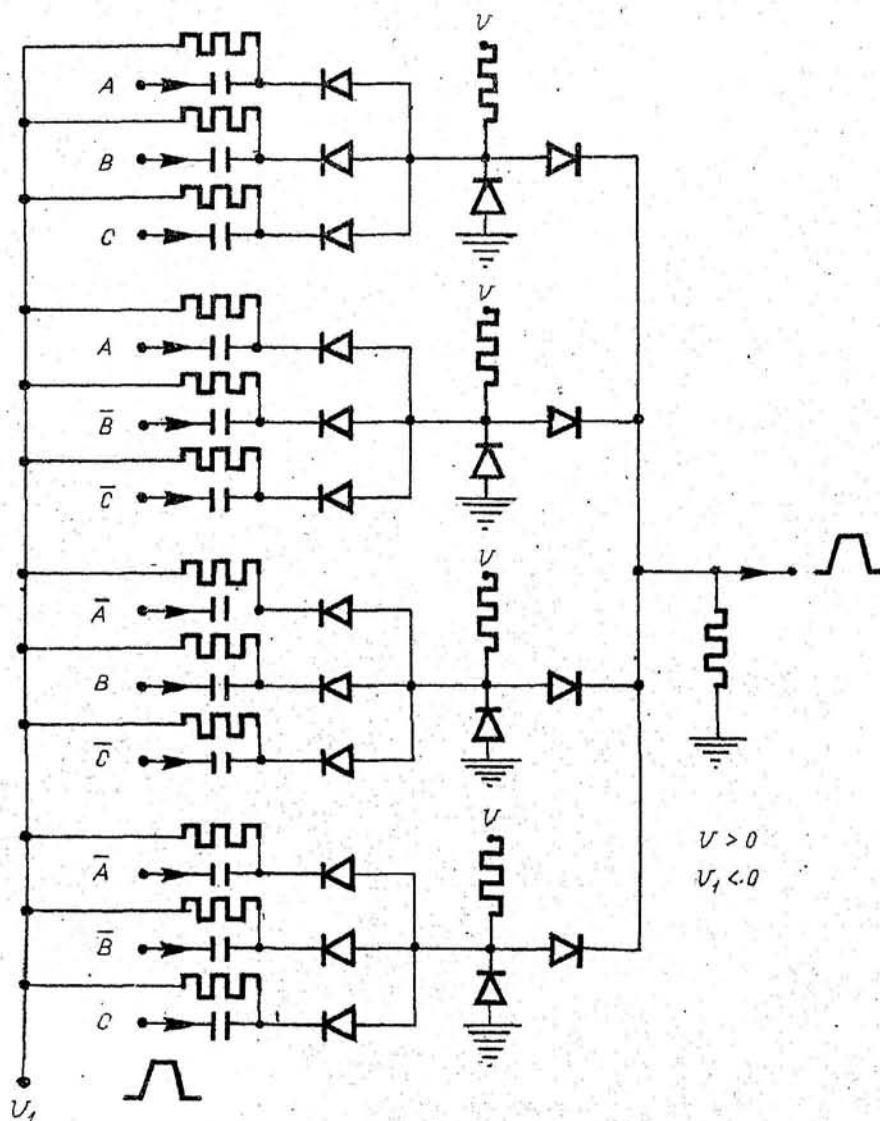
Większy stosunek tłumienia impulsu wejściowego przy bramce zamkniętej do tłumienia przy bramce otwartej uzyskuje się w układzie o schemacie pokazanym na rys. 3-21. Jeśli bramka jest zamknięta, to



Rys. 3-21. Schemat bramki prostownikowej

źródło polaryzujące jest ujemne względem ziemi, prostowniki w gałęzi szeregowej mają duży opór, prostownik zaś w gałęzi równoległej ma mały opór. Jeśli bramka jest otwarta, to źródło polaryzujące jest dodatnie względem ziemi, prostowniki w gałęzi szeregowej mają mały opór, w gałęzi zaś równoległej - duży. W okresie otwarcia bramki prąd płynący przez prostownik w gałęzi równoległej jest nieznaczny i niewystarczający do spolaryzowania prostowników w gałęzi

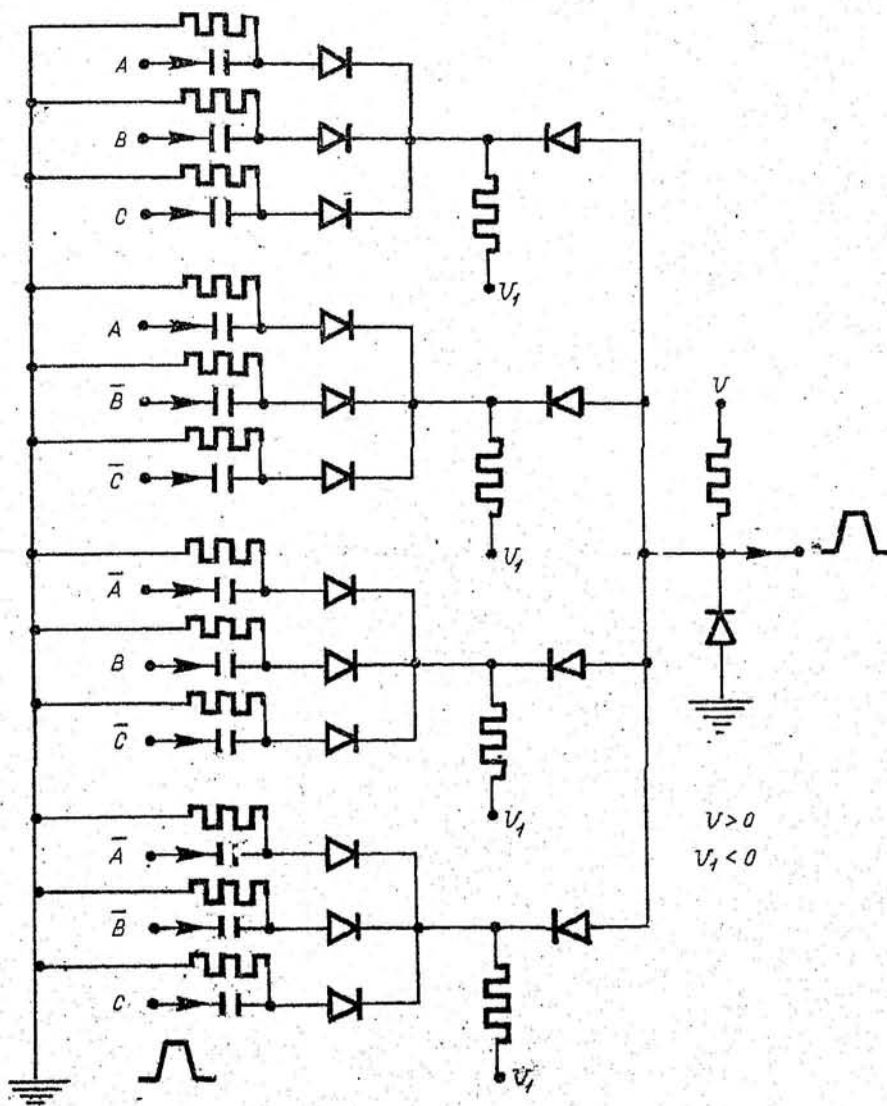
szeregową. Z tego względu w gałęzi równoległej umieszcza się równolegle do prostownika opór o wartości mniejszej od oporu prostownika w kierunku zaporowym.



Rys. 3-22. Schemat pewnego spójnika prostownikowego o postaci kanonicznej

Spójniki różnych typów można łączyć ze sobą dla otrzymania układów realizujących funktory bardziej

skomplikowanych wyrażeń. W przypadku realizacji wyrażeń o postaci kanonicznej stosujemy na wejściach spójniki "i", których wyjścia łączymy z kolei za po-



Rys. 3-23. Schemat pewnego spójnika prostownikowego o postaci parakanonicznej

mocą spójnika "lub"; w przypadku realizacji wyrażenia o postaci parakanonicznej postępujemy odwrotnie. Na rysunku 3-22 pokazany jest schemat układu zawierają-

cego cztery spójniki "i" oraz jeden spójnik "lub" i realizującego funktor wyrażenia $ABC \vee \overline{A} \overline{B} \overline{C} \vee \overline{A} \overline{B} C \vee \overline{A} B \overline{C}$. Na rysunku 3-23 pokazany jest schemat układu, zawierającego cztery spójniki "lub" oraz jeden spójnik "i" i realizującego funktor wyrażenia $(A \vee B \vee C)(\overline{A} \vee \overline{B} \vee \overline{C})(\overline{A} \vee B \vee \overline{C})(\overline{A} \vee \overline{B} \vee C)$. W obu schematach pominięte zostały człony wstępne potrzebne dla realizacji negacji, tzn. dla otrzymania wyrażeń \overline{A} , \overline{B} , \overline{C} . Do tego celu można wykorzystać układy z rysunku 332-4 łącząc wejście z generatorem sterującym, tzn. kładąc $\vdash \overline{B} = V$. Ponieważ $\vdash AV = A$ na wyjściu otrzymuje się \overline{A} , zatem układ realizuje wówczas funktor negacji.

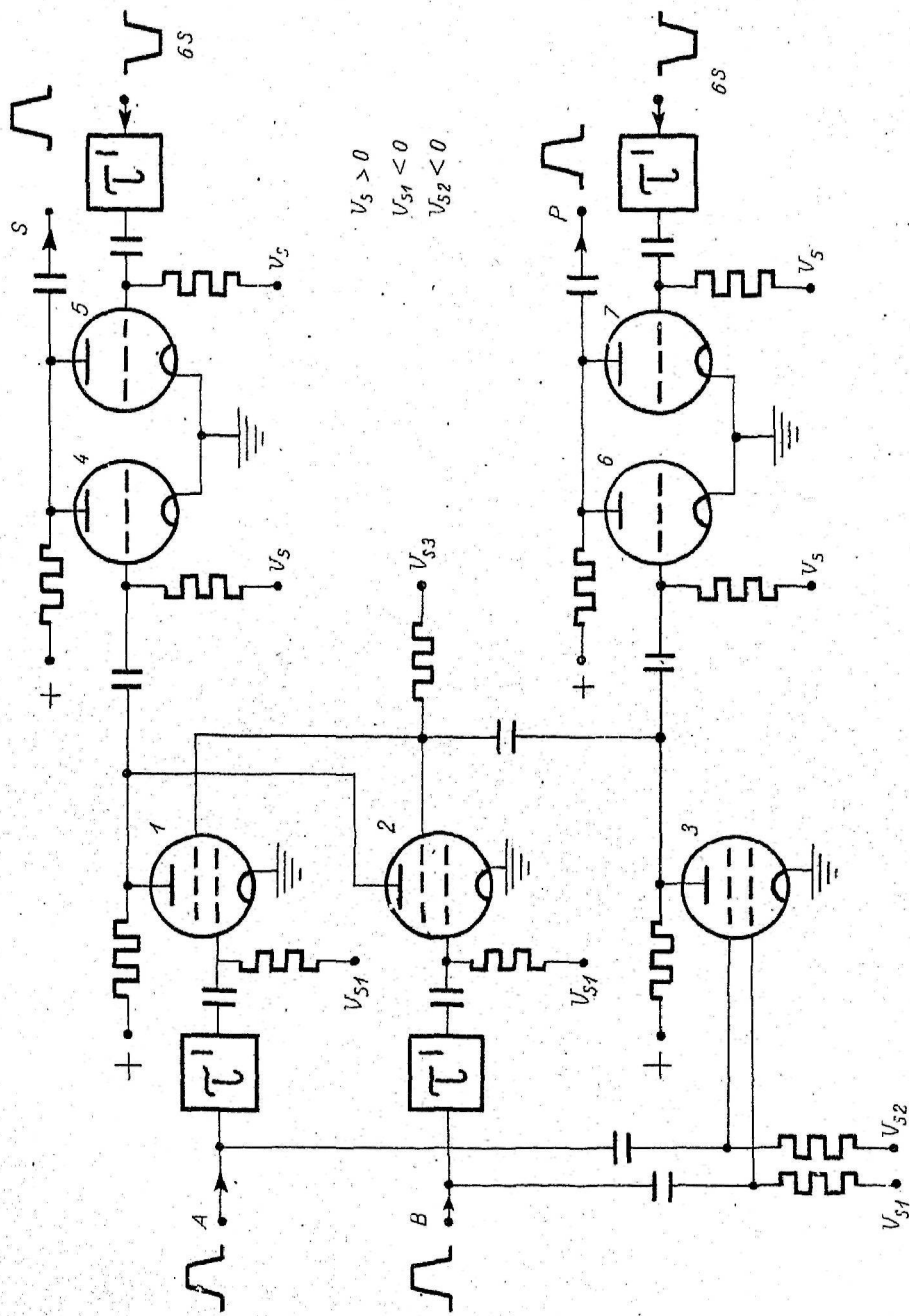
Rzeczywiste układy realizujące funkcje są znacznie bardziej skomplikowane od pokazanych, ze względu na konieczność uwzględnienia wzmacniaczy kompensujących tłumienie wprowadzane przez spójniki.

34. Sumatory binarne

Mając do dyspozycji potrzebne spójniki możemy już łatwo budować elementarne sumatory binarne, tzn. takie układy, że, jeśli na ich wejściach są przykładowe impulsy stanowiące elektryczne przedstawienie jednocyfrowych liczb w układzie binarnym, na wyjściu powstają impulsy robocze stanowiące elektryczne przedstawienie sumy tych liczb oraz wartości przeniesień na wyższe miejsca znakowe. Z tych sumatorów możemy z kolei budować sumatory wielocyfrowe, tzn. takie układy, które mogą realizować dodawanie wielocyfrowych liczb w układzie binarnym.

Sumatory wielocyfrowe mogą być szeregowo lub równoległe. W sumatorach szeregowych dodawanie liczb na poszczególnych miejscach znakowych odbywa się kolejno, w sumatorach równoległych dodawanie rozpoczyna się jednocześnie na wszystkich miejscach znakowych. Sumatory szeregowo są prostsze, ale dodawanie w nich trwa dłużej, w sumatorach równoległych dodawanie trwa krócej, ale wyposażenie ich jest znacznie większe.

Sumator jednocyfrowy powinien realizować alternatywę wyłączającą dla sumy i koniunkcję dla przeniesienia. Sumator taki można zestawić ze spójników, np. w sposób wskazany na rysunku 1-16c, rozwiązanie



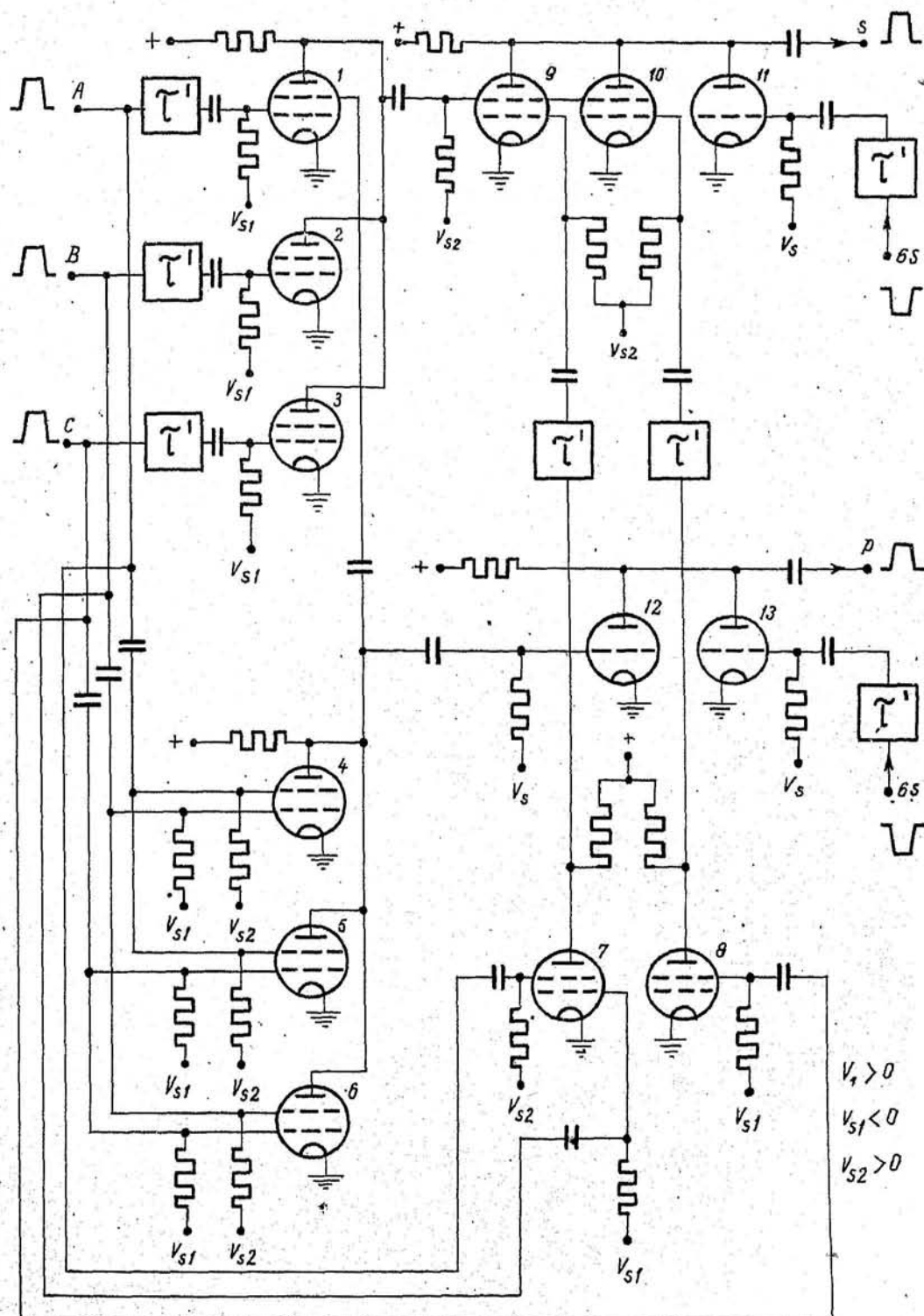
Rys. 3-24. Schemat lampowego sumatora binarnego, dwuskładnikowego

takie nie jest, jednakże, w przypadku spójników lampowych najekonomiczniejsze. Zazwyczaj stosuje się tu układ, którego schemat pokazany jest na rys. 3-24. Sumatora tego nie można nawet interpretować jako kombinacji spójników, tzn. nie można go przedstawić w postaci schematu blokowego przy użyciu symboli z rys. 1-10.

W układzie tym anody lamp 1 i 2 są zasilane poprzez wspólny opór. Początkowe punkty pracy każdej z tych lamp są na początkach dolnych zakrzywień charakterystyk, wobec czego gdyby nie było lampy 3, to na siatce lampy 4 byłaby realizowana alternatywa zdań A i B z odwróconym jednakże znakiem impulsów. Początkowe potencjały siatek lampy 3 są tak dobrane, że prąd płynie przez lampę tylko wówczas, gdy impulsy dodatnie zostają przyłożone jednocześnie do obu siatek. Zatem lampa 3 realizuje koniunkcję A i B z jednoczesnym odwróceniem znaku. Ponieważ obwód anodowy lampy 3 jest sprzężony poprzez kondensator z drugimi siatkami lamp 1 i 2, to jednoczesne zjawienie się impulsów roboczych na wejściach A i B spowoduje odcięcie prądu anodowego lamp 1 i 2. Układy opóźniające mają na celu opóźnienie dojścia impulsów roboczych do siatek wewnętrznych tak, aby odcięcie na siatkach zewnętrznych nastąpiło wcześniej. Gdyby tych układów opóźniających nie było, to, na skutek skończonego czasu przechodzenia impulsów przez lampę 3, impulsy blokujące na siatkach zewnętrznych lamp 1 i 2 zjawiałyby się później, niż impulsy sterujące przykładane bezpośrednio do siatek wewnętrznych. Powodowałoby to powstawanie na siatce lampy 4 krótkotrwałych impulsów zakłócających na początku impulsów sterujących. Dla uniknięcia zaś impulsów zakłócających, które mogłyby powstawać przy końcu impulsów sterujących, impulsy blokujące powinny być nieco dłuższe od sterujących.

Lampy 4 i 5, połączone w układzie spójnika "i", mają za zadanie powtórny zmianę znaku impulsu oraz skorygowanie jego kształtu. To samo zadanie spełniają lampy 6 i 7 dla impulsu przeniesienia powstającego w lampie 3.

Na rysunku 3-25 pokazany jest schemat sumatora lampowego trójakładnikowego, który realizuje na zacisku S cyfrę sumy na tym samym miejscu znakowym, na zacisku zaś P - wartość przeniesienia na najbliższe



Rys. 3-25. Schemat lampowego sumatora binarnego, trójskładnikowego

wyższe miejsce znakowe. W języku rachunku zdań na zacisku S realizuje się funktor wyrażenia

$$ABC \vee \bar{A}\bar{B}C \vee \bar{A}B\bar{C} \vee A\bar{B}\bar{C}, \quad (3.1)$$

na zacisku zaś P - funktor wyrażenia $AB \vee AC \vee BC$.

Ten ostatni realizuje się - z odwróconym znakiem impulsów - w lampach 4, 5 i 6. Lampy 12 i 13 - połączone w układzie spójnika "lub" - mają za zadanie, podobnie jak lampy 6 i 7 w sumatorze dwuskładnikowym, odwrócenie znaków impulsów oraz ich ukształtowanie.

Realizacja funktora sumy jest bardziej skomplikowana. Gdyby nie było lamp 4, 5 i 6, to lampy 1, 2 i 3 tworzyłyby trójargumentowy spójnik "lub", zatem na siatce lampy 9 byłaby realizowana alternatywa $A \vee B \vee C$, czyli w postaci kanonicznej

$$ABC \vee \bar{A}\bar{B}C \vee \bar{A}B\bar{C} \vee A\bar{B}\bar{C} \vee \bar{A}\bar{B}C \vee \bar{A}B\bar{C} \vee A\bar{B}\bar{C} \quad (3.2)$$

Z porównania z kanonicznym wyrażeniem sumy wynika, że zbędne są tu wyrazy $\bar{A}\bar{B}C$, $\bar{A}B\bar{C}$ i $A\bar{B}\bar{C}$. Do ich "skreślenia", czyli dla niedopuszczenia do powstawania impulsów roboczych na wspólnym wyjściu z lamp 1, 2 i 3, gdy impulsy sterujące zjawiają się na dwóch spośród trzech wejść A, B i C, służą lampy 4, 5 i 6, realizujące funktor $AB \vee AC \vee BC$.

Wiemy z rozdziału 118, że funktor ten jest inferencyjnie równoważny funktorowi

$$ABC \vee \bar{A}\bar{B}C \vee \bar{A}B\bar{C} \vee A\bar{B}\bar{C}. \quad (3.3)$$

Wspólne wyjście z lamp 4, 5 i 6 jest dołączone do zewnętrznych siatek lamp 1, 2 i 3. Ponieważ lampy 4, 5 i 6 odwracają znak impulsów, więc nie dopuszczają one do powstawania impulsów roboczych na wspólnym wyjściu z lamp 1, 2 i 3 dla tych kombinacji impulsów na wejściach A, B i C, dla których wyrażenie (3.3) jest prawdziwe.

Z porównania wyrażeń (3.2) i (3.3) wynika, że na siatce lampy 9 zostaje zrealizowany funktor

$$\bar{A}\bar{B}C \vee \bar{A}B\bar{C} \vee A\bar{B}\bar{C}. \quad (3.4)$$

Z kolei z porównania wyrażeń (3.1) i (3.4) wynika, że lampy 4, 5 i 6 uniemożliwiają realizację jednego

potrzebnego wyrażu kanonicznego w (34.1), mianowicie wyrażu ABC. Dla restytucji tego wyrażu służą lampy 7 i 8, z których każda stanowi spójnik "i". Potencjały początkowe siatek lamp 9, 10 i 11 są tak dobrane, że lampy przewodzą. Zatem występowanie impulsów ujemnych, bądź na siatkach zewnętrznych, bądź na siatkach wewnętrznych obu lamp 9 i 10 powoduje ich odcięcie i wystąpienie impulsu dodatniego na wyjściu S.

Funkcjonowanie opisanych sumatorów, dwuskładnikowego i trójskładnikowego, nie da się wyrazić w języku rachunku zdań ze względów następujących. Istotnym szczegółem działania każdego z tych sumatorów jest występowanie na siatkach niektórych lamp impulsów ujemnych, mających na celu przeciwdziałanie impulsom roboczym dodatnim, występującym w kombinacjach, którym nie odpowiadają impulsy robocze na wyjściu. Dotyczy to zewnętrznych siatek lamp 1 i 2 w sumatorze dwuskładnikowym oraz zewnętrznych siatek lamp 1, 2 i 3 w sumatorze trójskładnikowym.

Poprzednio przypisaliśmy wystąpieniu impulsu w pewnym punkcie układu wartość logiczną "prawda", zaś brakowi impulsu - wartość logiczną "fałsz", zatem w ramach dwuwartościowego rachunku zdań nie mamy środków do odróżniania impulsów dodatnich od impulsów ujemnych. Tym samym za pomocą tego rachunku nie możemy opisać działania żadnego z wymienionych sumatorów.

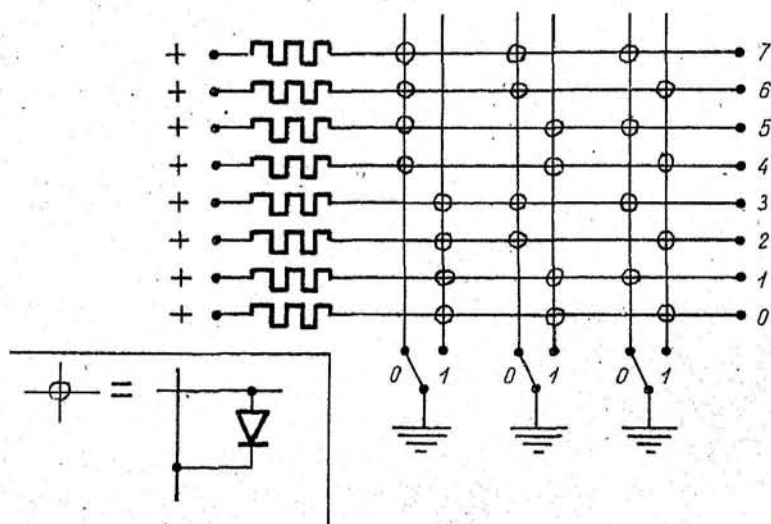
Omówione w tym rozdziale sumatory binarne nie są sumatorami akumulującymi.

35. Przełączniki prostownikowe

W toku pracy maszyny liczącej zachodzi potrzeba łączenia różnych układów lub organów maszyny w różnych kombinacjach. Czas przełączania z jednej kombinacji na drugą musi być współmierny z podstawowym okresem pracy maszyny, wobec czego przełączniki mechaniczne do użycia w maszynach lampowych nie nadają się.

Szybkodziałające przełączniki, nadające się do pracy w maszynach lampowych, wygodnie jest uważać za urządzenia rozrządzące, określające drogi, po których

mają przechodzić bądź impulsy, bądź pewne robocze potencjały stałe. Każdy przełącznik tego typu musi mieć trzy grupy zacisków: zaciski wejściowe, zaciski wyjściowe i zaciski, które będziemy nazywali kontrolnymi. Do zacisków kontrolnych są przykładane potencjały kontrolne, które wyznaczają - bądź dla impulsów, bądź dla potencjałów roboczych - drogi od zacisków wejściowych do zacisków wyjściowych. Powszechnie zastosowanie znalazły tu przełączniki budowane przy użyciu prostowników.

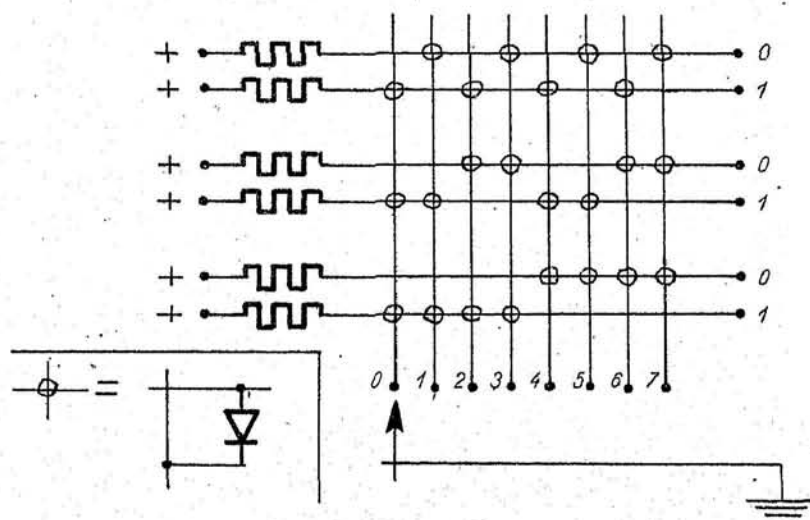


Rys. 3-26. Schemat przełącznika prostownikowego $2^n/2^n/2n$ dla $n = 3$.

Na rysunku 3-26 pokazany jest schemat przełącznika prostownikowego typu $2^n/2^n/2n$, tzn. takiego, który ma 2^n zacisków wejściowych, 2^n zacisków wyjściowych i $2n$ zacisków kontrolnych. Dla przykładu obrano $n=3$; wyrysowanie schematu podobnego przełącznika dla innej wartości n nie przedstawia żadnej trudności.

W pokazanym układzie na wszystkie 2^n wejść są przyłożone robocze dodatnie potencjały stałe, ale spośród tych potencjałów do wyjścia dociera tylko jeden, jako roboczy, pozostałe zaś - jako potencjały zakłócające.

W dolnej części rysunku 3-27 pokazane są trzy dwubiegunowe przełączniki doprowadzające potencjał ziemi do zacisków kontrolnych. Łatwo stwierdzić, że w wyrysowanych położeniach tych przełączników potencjał roboczy istnieje tylko na zacisku wyjściowym 0. Na pozostałych zaciskach istnieją natomiast niewielkie potencjały zakłócające, które są tym mniejsze im większy jest stosunek każdego z oporów na wejściu do oporu każdego z prostowników w kierunku przewodzenia.

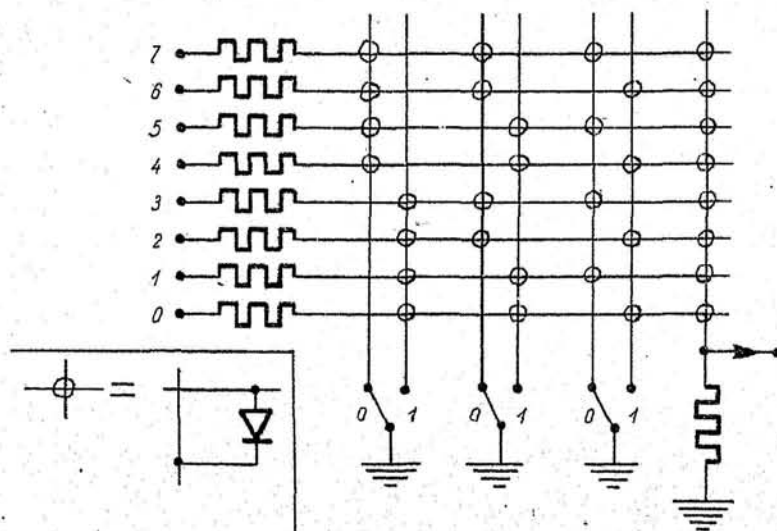


Rys. 3-27. Schemat zasadniczy przełącznika prostownikowego $2n/2n/2^n$ dla $n = 3$

Każda para zacisków kontrolnych jest oznaczona cyframi 0 i 1. Schemat przełącznika jest ułożony w taki sposób, że cyfry zacisków kontrolnych o potencjale ziemi stanowią zawsze zapis w systemie dwójkowym numeru tego jedyne go zacisku wyjściowego, na którym panuje potencjał roboczy.

Na rysunku 3-27 pokazany jest schemat przełącznika $2n/2n/2^n$ dla przypadku $n=3$. Przełącznik ten stanowi pewnego rodzaju odwrócenie poprzedniego. W nim na zaciskach wejściowych panują stale pewne potencjały dodatnie, a na wyjściu potencjał roboczy istnieje tylko na tych zaciskach, których numery czytane od dołu do góry stanowią zapis binarny numeru uziemionego zacisku kontrolnego.

Na rysunku 3-28 pokazany jest schemat przełącznika służącego do selekcji impulsów przychodzących na zaciski wejściowe. Na zacisku wyjściowym może zjawić się tylko ten impuls, który został przyłożony na zacisk wejściowy o numerze określonym w układzie dwójkowym przez numery uziemionych zacisków kontrolnych.



Rys. 3-28. Schemat przełącznika prostownikowego $2^n/1/2n$

We wszystkich trzech wymienionych schematach pokazano dla uproszczenia przełączniki, które uziemniają zaciski kontrolne, jako przełączniki mechaniczne. W rzeczywistości uziemianie odbywa się za pomocą układów lampowych. Pełny schemat przełącznika typu $2^n/2^n/2n$ dla przypadku $n=3$ pokazany jest na rys. 3-29.

Dolna część rysunku zawiera trzy przerzutniki, w których normalnie przewodzą lewe lampy. Wówczas spośród trzech par lamp wyrysowanych w górnym rzędzie, dodatnio spolaryzowane są siatki lewych lamp, ujemnie – prawych. Wobec tego opory przestrzeni anoda-katoda każdej z prawych lamp są bardzo duże i potencjał na wyjściu 0 ma pełną wartość roboczą. Pozostałe zaciski wyjściowe w opisywanym stanie przełącznika są uziemione, każdy co najmniej przez jedną z lewych lamp o niewielkim oporze przestrzeni anoda-katoda.

Jeśli na wejściach A, B, C do przerzutników zjawia się ujemne impulsy sterujące, to nastąpią przerzuty; w wyniku których potencjał roboczy zjawia się na innym zacisku wyjściowym, ale zawsze tylko na jednym. Powrót do położenia początkowego następuje przez przyłożenie ujemnego impulsu kasującego jednocześnie na siatki wszystkich trzech prawych lamp przerzutników.

Warunek, który należy spełnić, aby potencjały zakłócające na wyjściach były dostatecznie małe, jest tu ostrzejszy, niż poprzednio. Każdy z oporów na wejściu powinien być w tym przypadku znacznie większy od sumy oporu prostownika w kierunku przewodzenia i oporu przestrzeni anoda-katoda w lampie o dodatnio spolaryzowanej siatce.

Schemat na rys. 3-29 można uważać za rozszerzenie schematu zasadniczego z rys. 3-26. W podobny sposób można rozszerzyć schematy z rysunków 3-27 i 3-28.