



URZĄD
PATENTOWY
PRL

Patent dodatkowy
do patentu nr

Int. Cl.³ G01R 19/00
G01R 19/25

Zgłoszono: 29.12.77 (P. 203482)

Pierwszeństwo: 31.12.76 Węgry

Zgłoszenie ogłoszono: 14.08.78

Opis patentowy opublikowano: 30.07.1983



Twórcy wynalazku: Róbert Brósz, György Eppeldauer, János Schanda,
Márta Urhegyi

Uprawniony z patentu: Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Fizikai Kutató
Intézet, Budapest (Węgry)

Miernik prądu zwarcowego o odczycie cyfrowym

Przedmiotem wynalazku jest miernik prądu zwarcowego o odczycie cyfrowym do pomiaru fotoprądu elementów światłoczułych.

Pomiar prądu zwarcowego za pomocą miernika prądu o niewielkiej rezystancji wewnętrznej ma w miernictwie bardzo duże znaczenie. Dotyczy to zwłaszcza pomiarów fotoprądu elementów światłoczułych, ponieważ liniowy charakter pracy elementów światłoczułych w szerokim zakresie umożliwia pomiar jedynie za pomocą mierników prądu zwarcowego. Znane są sposoby kompensacji stosowane przy pomiarze prądu zwarcowego, w których mierzony prąd kompensowany jest albo automatycznie jak na przykład w kompensatorze prądu ze wzmacniaczem operacyjnym, jak przedstawiono w Arch, Mess, Ind. Messtechn. 417, 237 (1970), albo ręcznie. W tym rozwiązaniu sygnał wyjściowy jest uzyskiwany w postaci elektrycznego sygnału analogowego lub w postaci sygnału cyfrowego przy zastosowaniu przetwornika (na przykład przetwornika napięcie-częstotliwość).

Tego rodzaju przetworniki przedstawione są w książce Tietze-Schenka „Układy analogowe i cyfrowe”, str. 511-513 (Műszaki Könyvtár, Budapest, 1974). Jednak obecnie nawet najbardziej przydatny do automatycznej kompensacji sposób, to znaczy kompensacja prądu przy użyciu wzmacniacza operacyjnego, nie jest pozbawiona błędów punktu zerowego, wywołanego nie idealnymi właściwościami wzmacniacza i zmianami, wpływającymi na jego pracę (na przykład zmianę impedancji układów na wejściu, zmianę temperatury itd). Ten błąd zdecydowanie ogranicza dokładność pomiarów prądu, względnie powoduje przy analogowo-cyfrowym przetwarzaniu sygnału osłabianie rozdzielczości odczytu cyfrowego i zmniejszenie ilości przedstawionych cyfr lub dodatkowe błędy. Przetwarzanie elektrycznych sygnałów analogowych jest również możliwe tylko z ograniczoną dokładnością, a przyczyną tego są przede wszystkim nieidealne właściwości układów analogowych przetwornika.

Numeryczne zobrazowanie sygnału przetworzonego na sygnał cyfrowy dokonywane jest zwykle za pomocą układu zasilania wskaźnika, zawierającego układ zliczający ciągłe sygnały, pamięć cyfrową, układ dekodujący oraz wskaźnik cyfrowy. Przy pracy impulsowej stosuje się również układy zasilania, w których numeryczne kody rozłożone w czasie pojawiają się na takich samych przewodach dla zapisu kodu (co jest przedstawione na przykład w katalogu Hewlett Packard Solid State Display and Optoelectronics Desingers Catalog, Juli 1973, s. 95-96). W tym rozwiązaniu przed wspólnym układem dekodującym są włączone cyfrowe rejestry przesuwające, sterowane sekwencyjnie przez generator zegarowy. Służą one również jako elementy pamięciowe. Każdy z rejestrów następuje po wybierającym jeden z dwu elementów selektorze danych, gwarantując dzięki temu właściwe wprowadzenie informacji. Układ dekodujący przetwarza cyfrowe

sygnały wejściowe w kodzie BCD na siedmiosegmentowy kod wskaźnika. Pozycje regulowane są za pomocą innego rejestru przesuwającego, sterowanego z generatora taktującego, który jest przy tych pozycjach dopasowany poprzez układy zasilania do wskaźnika cyfrowego. Z uwagi na to, że zapisywanych jest wiele cyfr w kodzie BCD i że w czasie trwania okresu sprawdzania mogą się zmienić wyniki pomiaru, przed omawianym układem muszą być włączone pamięć rejestrująca kod bieżący, licznik impulsów w kodzie BCD i układ multipleksorowy, przetwarzający wprowadzone informacje równoległe na informacje szeregowo zgodnie z cyframi. Układ ten jest dopasowywany poprzez odpowiednie układy z generatorem zegarowym źródła danych, dla cyfrowego wskazania przy wprowadzaniu danych. Jak widać, poprawa jakości uzyskana została w tym przypadku poprzez zastosowanie skomplikowanego, pracującego impulsowo układu.

Według wynalazku wejście miernika prądu jest doprowadzone przez pierwszy element przełączający do wejścia wzmacniacza operacyjnego układu całkowitego. Wejście wzmacniacza operacyjnego jest dołączone z jednej strony przez drugi element przełączający działający w fazie przeciwnej do pierwszego elementu przełączającego oraz przez pierwszy rezystor połączony z drugim elementem przełączającym szeregowo oraz z drugiej strony przez drugi rezystor i przez połączony z nim szeregowo kondensator do punktu uziemienia. Wspólny punkt drugiego rezystora i kondensatora jest doprowadzony do wyjścia wzmacniacza operacyjnego przez trzeci element przełączający działający w fazie przeciwnej do pierwszego elementu przełączającego.

Generator impulsów odniesienia zawiera źródło odniesienia oraz multiwibrator bistabilny, zasilany z generatora impulsów taktujących. Wejście sterujące multiwibratora bistabilnego połączone jest z wyjściem elementu porównującego oraz źródło odniesienia jest połączone z wejściem wzmacniacza operacyjnego przez czwarty element przełączający sterowany wyjściem multiwibratora bistabilnego.

Miernik zawiera dołączony do generatora impulsów taktujących licznik, którego wyjście wysyłające sygnał przy osiągnięciu określonej z góry, nastawionej wartości jest połączone z układem sterowania współdziałaniem pierwszego, drugiego i trzeciego elementu przełączającego.

Licznik impulsów cyfrowych połączony jest przez element kombinacyjny z generatorem impulsów odniesienia, i wejście sterujące elementu kombinacyjnego dołączone jest do wyjścia licznika.

Wyjście licznika impulsów połączone jest z obwodem o układzie impulsowym, sterującym wskaźnikiem cyfrowym, zawierającym układ pamięciowy sterowany wspólnie z pierwszym, drugim i trzecim elementem przełączającym, multipleksor połączony z układem pamięciowym, adresowany przez wyjście dalszego licznika doprowadzonego do wyjścia generatora impulsów taktujących, oraz pierwszy przetwornik kodu, którego wyjście jest dołączone do cyfrowego wskaźnika. Wyjście dalszego licznika włączonego na wyjściu generatora impulsów taktujących doprowadzone jest poprzez drugi przetwornik kodu do wejścia sterującego pojącją wskaźnika cyfrowego.

Do wyjścia wygaszającego cyfry pierwszego przetwornika kodu przyłączony jest układ zabezpieczający z elementem porównującym poziom sygnałów. Wyjście układu zabezpieczającego połączone jest z wyjściem wzmacniacza operacyjnego. Korzystnie pierwszym, drugim i trzecim elementem przełączającym są tranzystory polowe. Między trzecim elementem przełączającym a kondensatorem włączony jest wzmacniacz.

Zaletą miernika według wynalazku jest umożliwienie dokładniejszego pomiaru prądu przy znacznie prostszej budowie i zmniejszonym poborze mocy a także zwiększonej niezawodności.

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładach wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy miernika prądu zwarcowego o odczycie cyfrowym, fig. 2 — schemat blokowy miernika ilorazowego oraz fig. 3 — przebiegi sygnałów, ilustrujące zasadę działania miernika przedstawionego na fig. 2.

W mierniku prądu zwarcowego o odczycie cyfrowym z fig. 1 prąd pomiarowy dochodzi z wejścia I poprzez element przełączający K1 do wejścia odwracającego wzmacniacza operacyjnego E. Okres kompensacyjny, służący do usuwania błędu punktu zerowego, następuje przed okresem pomiarowym. W tym momencie element przełączający K3 jest na rysunku w pozycji otwartej, przy czym gdy element K3 jest w pozycji zamkniętej, dołącza on do wejścia wzmacniacza operacyjnego rezystor R1, dzięki czemu całkowita rezystancja na wejściu nie zmienia się w stosunku do rezystancji okresu pomiarowego. Na wyjściu wzmacniacza operacyjnego E występuje napięcie przyłożone przez element przełączający K4, określone przez działający w okresie ustalania punktu zerowego rezystor R2 jako rezystor sprzężenia zwrotnego i równe napięciu błędu punktu zerowego okresu pomiarowego, oraz magazynowane przez włączony również poprzez element przełączający K4 kondensator C2 o pojemności zapobiegającej zasadniczemu obniżeniu poziomu sygnału kompensującego w okresie pomiarowym.

Napięcie błędu punktu zerowego nie osiąga nigdy w czasie trwania okresu kompensacji w wyniku tej kompensacji takiego poziomu, by element porównujący C mógł spowodować przełączenie i tym sposobem powstał impuls punktu zerowego. W okresie pomiarowym elementy przełączające K3 i K4 są otwarte, a elementy przełączające K1 i K2 są zamknięte. Na wyjście wzmacniacza operacyjnego E włącza się kondensa-

tor. Jeżeli napięcie na wyjściu wzmacniacza operacyjnego E, wytwarzane przez prąd wejściowy, osiągnie poziom napięcia elementu porównującego C, spowoduje to jego przełączenie i przerzutnik B w generatorze impulsów odniesienia jest gotowy do włączenia poprzez wyjście Q1 źródła odniesienia U_r z elementem przełączającym K5 na czas trwania impulsu taktującego z generatora Q impulsów taktujących poprzez rezystor R3 na wejście wzmacniacza operacyjnego E, gdzie od sygnału pomiarowego odjęty zostanie również sygnał zależny od ładunku kondensatora C2 za pomocą rezystora R2 użytego po otwarciu elementu przełączającego K4 jako elementu sumującego.

Ze względu na okres ustalania punktu zerowego, czynności przełączania przebiegają bez dodatkowych błędów częstotliwościowych, z częstotliwością proporcjonalną do prądu pomiarowego, a w okresie pomiarowym na kondensatorze C1 uzyskana zostaje równowaga ładunku. Zliczanie impulsów pojawiających się na wyjściu Q1 generatora R impulsów odniesienia w okresie pomiarowym sterowane jest sygnałem z generatora Q, dzielonym przez liczniki S1 i S2, doprowadzonym na wejściu elementu kombinacyjnego I E'S. Łatwo zauważyć, że miernik prądu jest nieczuły na wahania częstotliwości generatora Q. Elementy przełączające K1, K2, K3, K4 sterowane są również sygnałem wyjściowym licznika S2 poprzez blok sterowania K przełączaniem. Impulsy powstających w ten sposób ciągów impulsów, proporcjonalnych do prądu wejściowego i powtarzających się okresowo są zliczane przez licznik S3 i wprowadzane do układu pamięciowego ST, sterowanego poprzez wyjście licznika impulsów S2. Wyniki pomiaru otrzymywane na wyjściu układu pamięciowego ST w kodzie równoległym (w przypadku licznika BCD w kodzie BCD), przekształcane są w układzie multipleksera M (obejmującym przykładowo układ wybierający jeden element z czterech danych) na kod równoległy cyfrowo.

Korzystne jest doprowadzanie do układu multipleksera M oprócz cyfr ilustrujących wynik pomiaru również i numerycznego kodu wartości pomocniczej L, na przykład przy regulacji czułości za pomocą przełącznika czułości przełączane są również kody i możliwe jest na przykład zapisywanie wykładnika potęgi o podstawie dziesięć. Adresowanie układu multipleksera M w omawianym przykładzie wykonania dokonywane jest przez licznik S1 zliczający do pięciu. W zależności od kodu na wyjściu licznika S1, przetwornik kodu A2 określa pozycje cyfrowego wskaźnika D (w tym przykładzie po przemianie dziesiętno-dwójkowej). Sygnał wyjściowy układu multipleksera M jest transkodowany przez przetwornik kodu A1 zgodnie z kodem cyfrowego wskaźnika D. W tym układzie licznik S1 zlicza do pięciu i przy zapisywaniu czterech cyfr układ multipleksera M sterowany jest ostatnimi dwoma bitami, a przetwornik A2 ostatnimi trzema bitami kodu wyjściowego licznika S1.

Cyfrowy wskaźnik D może być w tym samym punkcie zaciemniony dzięki układowi zabezpieczającemu F, również wtedy, gdy jest brak sygnału taktującego z powodu uszkodzenia lub jakiegokolwiek czynnika zakłócającego. W takim przypadku przestaje obowiązywać równowaga ładunku na kondensatorze C1, sygnał wyjściowy wzmacniacza operacyjnego E wzrasta aż do nasycenia, powodując przerzucenie elementu porównującego poziom sygnałów układu zabezpieczającego F, przyłączonego do wzmacniacza operacyjnego F. W takim przypadku zaciemnienie jest korzystnym rozwiązaniem, ponieważ przy zastosowaniu wskaźnika z diodami świecącymi, diody te zasilane impulsowo nie świecą, w rezultacie czego nie występuje niebezpieczeństwo przeciążenia prądowego, mogące doprowadzić do uszkodzenia elementów.

Przedstawiony w przykładzie wykonania na fig. 1 układ może być wykorzystany, po uzupełnieniu go w rezystory wstępne, również do pomiarów napięć.

Przedstawiony na fig. 2 miernik prądu zwarcowego o odczycie cyfrowym według wynalazku może być rozbudowany do układu miernika ilorazowego poprzez dwukrotne wykonanie układu całkowitego, wytwarzającego ciąg impulsów z sygnału wejściowego, dołączonego do niego elementu porównującego i generatora impulsów odniesienia wraz z włączającymi elementy pasywne, pracującymi w układzie przeciwsobnym, parami elementów przełączających, ze wspólnym generatorem impulsów taktujących.

Miernik ilorazowy zawiera na wejściu dwa połączenia analogiczne do połączenia na wejściu miernika z fig. 1. Elementy pierwszego połączenia zawierają dołączone do wejścia I1 elementy przełączające K11, K21, K31, K41, K51, kondensatory C11, C21, rezystory R11, R21, R31 oraz wzmacniacz operacyjny E1 połączony z elementem porównującym C1, przerzutnikiem B1 posiadającym wyjście Q11 i generatorem Q a także źródło odniesienia V_r . Elementy drugiego połączenia zawierają dołączone do wejścia I2 elementy przełączające K12, K22, K32, K42, K52 kondensatory C12, C22, rezystory R12, R22, R32 oraz wzmacniacz operacyjny E2 połączony z elementem porównującym C2, przerzutnikiem B2 posiadającym wyjście Q12 i generatorem Q. Elementy te odpowiadają odpowiednim elementom z fig. 1 oznaczonym podobnie, w takim samym połączeniu przy czym pierwsze połączenie ma dodatkowy wskaźnik „1”, a drugie połączenie ma dodatkowy wskaźnik „2”, przy czym generator Q i źródło odniesienia V_r są oznaczone bez zmian i wspólne dla obu połączeń.

Blok sterowania **K** przełączaniem jest włączony tutaj między pierwsze i drugie połączenie od jednej strony oraz do multiwibratora **T3** oraz dzielnika impulsów **PP** od drugiej strony. Dzielnik impulsów **DD** jest dołączony również do przerzutnika **B2** oraz do elementu czasowego **T1** dołączonego do elementu czasowego **T2** i układu napięciowego **ST**. Element czasowy **T2** jest dołączony do multiwibratora **T3**, który jest również dołączony do licznika impulsów **S3** dołączonego poprzez układ napięciowy **ST** do wskaźnika **Z**.

Przedział obliczania licznika **S3** ciągów impulsów wyjściowych pierwszej gałęzi jest czasowo tak synchronizowany z ciągiem impulsów wyjściowych drugiej gałęzi, podzielonych przez dzielnik impulsów **DD**, że wynik przechowywany jest w układzie pamięciowym **ST** na wejściu układów wskaźnika **Z**, ze sterowanym na wyjściu dzielnika impulsów **DD** elementem czasowym o krótkim czasie przełączania, na przykład multiwibratorem monostabilnym. Multiwibrator **T3**, ustalający okres ustalania punktu zerowego oraz zerujący dzielnik impulsów **DD** i licznik impulsów **S3** zaczyna działać dopiero po czasie opóźnienia elementu czasowego **T2**, dzięki czemu ustalenie punktu zerowego nastąpi z całą pewnością dopiero po zarejestrowaniu wyniku.

Przebiegi czasowe miernika z fig. 2, są przedstawione na fig. 3. W przykładowo przyjętym wykonaniu dzielnikiem impulsów **DD** jest licznik o podziale równym 1000, pracującym w kodzie BCD, w wyniku czego mogą być wyprowadzone impulsy z odpowiadającym tej figurze współczynnikiem z wyjścia kodowego 800 dzielnika impulsów **DD**, którego działanie oparte jest na tym, że tylne zbocze impulsu (w ujemnym zakresie) wypada równocześnie z tysięcznym zliczaniem. Z tego powodu miernik ten może mierzyć ilorazy do maksimum 0,999. Rozwiązanie to ma tę zaletę, że umożliwia pomiar ilorazu jednocześnie utworzonych, przeciętnych wartości licznika i mianownika. Dzięki takim samym i tym samym elementom składowym (na przykład kondensatorem **C11** i **C12**), jest to przykładowe rozwiązanie nieczułe na zmiany zewnętrzne. Poza tym przez zredukowanie sygnału mianownika nie zwiększa się błąd tworzenia ilorazu, ponieważ zmniejszenie to wyraża się nie przez zmniejszenie typowego poziomu sygnału, lecz przez zwiększenie przedziału pomiarowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Miernik prądu zwarciovego o odczynie cyfrowym, zawierający układ całkowujący ze wzmacniaczem operacyjnym połączonym z wejściem miernika prądu zwarciovego, element porównujący powiązany z wyjściem układu całkowującego, generator impulsów odniesienia połączony przez swoje wejście sterujące z wyjściem elementu porównującego oraz cyfrowy licznik impulsów, gdzie wyjście odniesienia generatora impulsów odniesienia jest połączone z wejściem wzmacniacza operacyjnego, **znamienny tym**, że wejście (I) miernika prądu jest doprowadzone przez pierwszy element przełączający (**K1**) do wejścia wzmacniacza operacyjnego (**E**) układu całkowującego, a wejście wzmacniacza operacyjnego (**E**) jest dołączone z jednej strony przez drugi element przełączający (**K3**) działający w fazie przeciwnej do pierwszego elementu przełączającego (**K1**) oraz przez pierwszy rezystor (**R1**) połączony z drugim elementem przełączającym (**K3**) szeregowo oraz z drugiej strony przez drugi rezystor (**R2**) i przez połączony z nim szeregowo kondensator (**C2**) do punktu uziemienia, przy czym wspólny punkt drugiego rezystora (**R2**) i kondensatora (**C2**) jest doprowadzony do wyjścia wzmacniacza operacyjnego (**E**) przez trzeci element przełączający (**K4**) działający w fazie przeciwnej do pierwszego elementu przełączającego (**K1**).

2. Miernik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że generator (**R**) impulsów odniesienia zawiera źródło odniesienia (**Ur**) oraz multiwibrator bistabilny (**B**) zasilany z generatora (**Q**) impulsów taktujących, gdzie wejście sterujące multiwibratora bistabilnego (**B**) połączone jest z wyjściem elementu porównującego (**C**) oraz źródło odniesienia (**Ur**) jest połączone z wejściem wzmacniacza operacyjnego (**E**) przez czwarty element przełączający (**K5**) sterowany przez wyjście multiwibratora bistabilnego (**B**).

3. Miernik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że zawiera dołączony do generatora (**Q**) impulsów taktujących licznik (**S2**), którego wyjście wysyłające sygnał przy osiągnięciu określonej z góry, nastawionej wartości jest połączone z układem (**K**) sterowania współdziałaniem pierwszego, drugiego i trzeciego elementu przełączającego (**K1**, **K2**, **K4**) oraz licznik (**S3**) impulsów cyfrowych połączony jest przez element kombinacyjny (**ES**) z generatorem (**R**) impulsów odniesienia i wejście sterujące elementu kombinacyjnego (**ES**) dołączona jest do wyjścia licznika (**S2**).

4. Miernik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wyjście licznika (**S3**) impulsów połączone jest z obwodem o układzie impulsowym, sterującym cyfrowym wskaźnikiem (**D**), zawierającym układ pamięciowy (**ST**), sterowany wspólnie z pierwszym, drugim i trzecim elementem przełączającym (**K1**, **K3**, **K4**), multiplexer (**M**) połączony z układem pamięciowym (**ST**), adresowany przez wyjście licznika (**S1**) doprowadzonego do wyjścia generatora (**Q**) impulsów taktujących, oraz pierwszy przetwornik kodu (**A1**) którego wyjście jest dołączone do cyfrowego wskaźnika (**D**), przy czym wyjście licznika (**S1**) włączonego na wyjściu generatora

(Q) impulsów taktujących doprowadzone jest poprzez drugi przetwornik kodu (A2) do wejścia sterującego pozycją cyfrowego wskaźnika (D).

5. Miernik według zastrz. 4. **znamienny tym**, że do wyjścia wygaszającego cyfry pierwszego przetwornika kodu (A1) przyłączony jest układ zabezpieczający (F) z elementem porównującym poziom sygnałów i wejście układu zabezpieczającego (F) połączone jest z wyjściem wzmacniacza operacyjnego (E).

6. Miernik według zastrz. 1. **znamienny tym**, że pierwszym, drugim i trzecim elementem przełączającym (K1, K3, K4) są tranzystory polowe.

7. Miernik według zastrz. 1. **znamienny tym**, że między trzecim elementem przełączającym (K4) a kondensatorem (C2) włączony jest wzmacniacz.

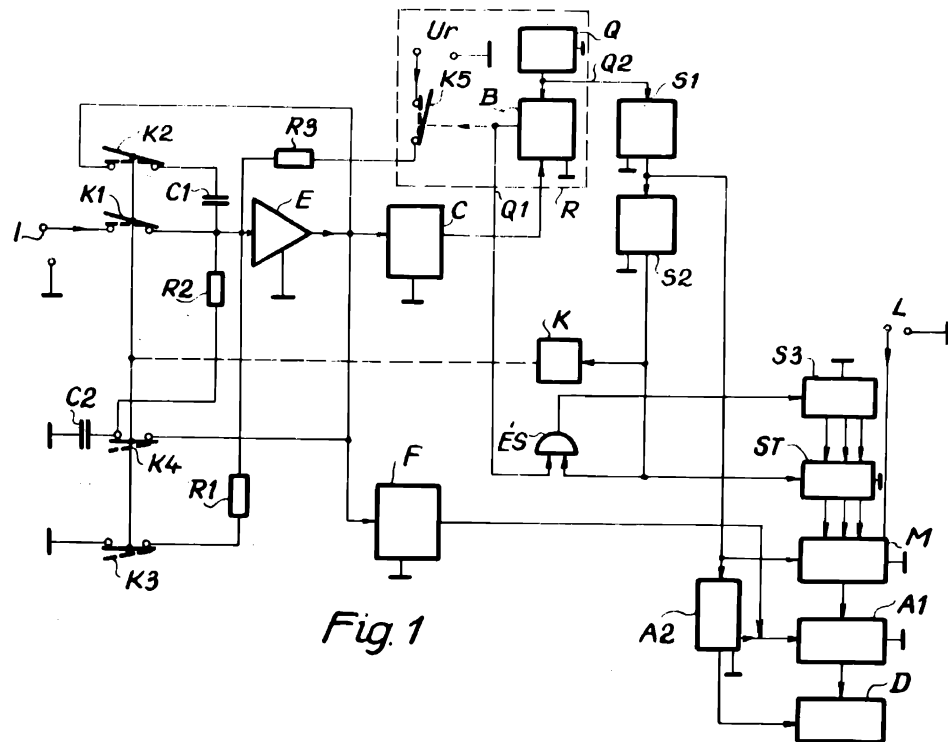


Fig. 1

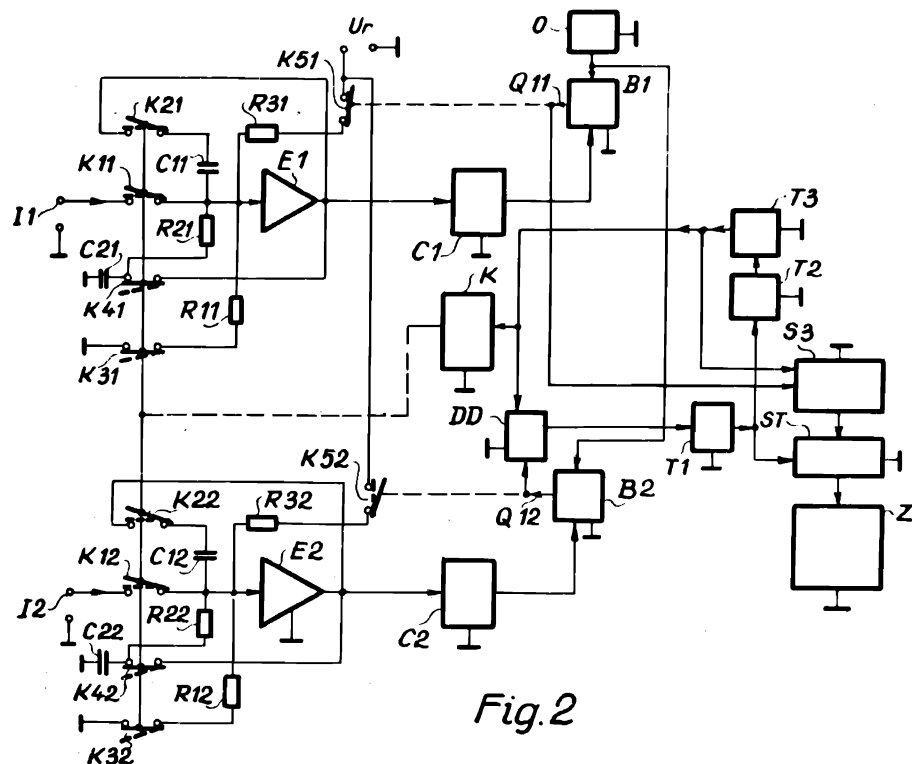
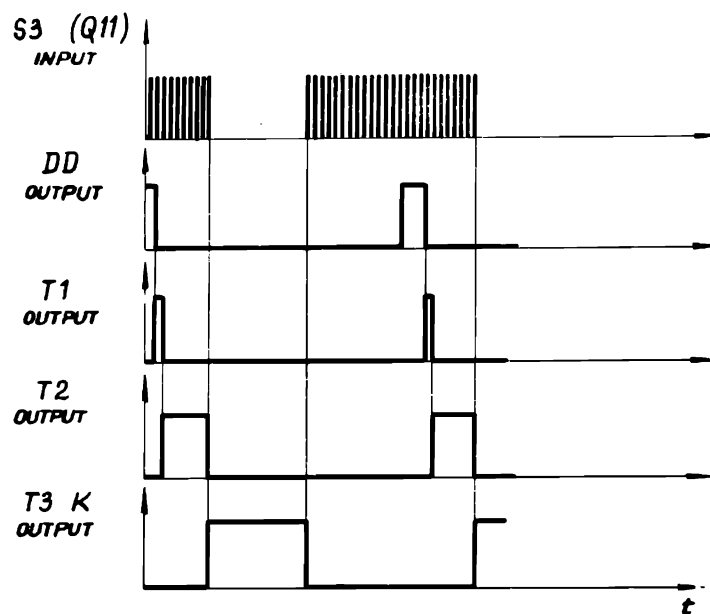


Fig. 2

*Fig.3*