

2. Gdy jedna z tarcz ma więcej kresek niż druga, złożone tarcze mają strefy mniej i bardziej przezroczyste. Przy ruchu jednej z tarcz strefy te przesuwają się; im większa jest różnica w liczbie kresek, tym prędkość przesuwania się stref jest większa, ale też zmniejsza się różnica amplitud natężenia światła.

3. Gdy liczba kresek na obu tarczach jest jednakowa, ale rysy naniezione są nieco skośnie — złożone tarcze też mają ciemne i jasne strefy, ale inaczej rozłożone. Przy ruchu jednej tarczy strefy te przesuwają się. Jeśli kąt między kreskami jest mały to strefy są szerokie ale prędkość przesuwania nieduża, i przeciwnie.

W pierwszej metodzie przesunięcie tarczy o jedną działkę wywołuje jeden impuls wyjściowy, natomiast w metodach następnych impulsów tych może być kilka. Znane są metody nacinania kilkuset, a nawet ponad tysiąca kresek na jednym milimetrze, więc uzyskane dokładności mogą być bardzo duże.

6.4. ZESPOŁY WPROWADZANIA INFORMACJI

6.4.1. WPROWADZANIE SYGNAŁÓW DWUWARTOŚCIOWYCH

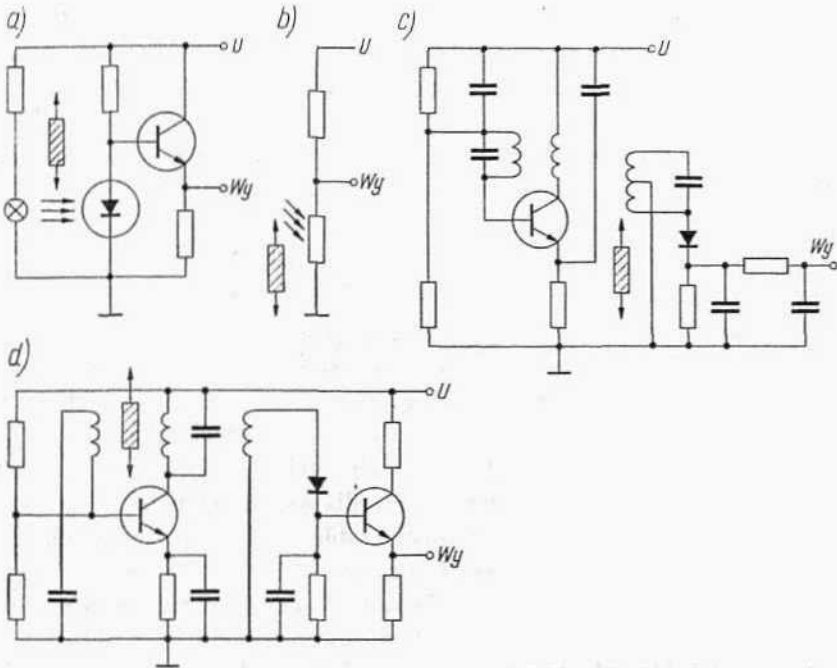
Sygnały wejściowe dwuwartościowe pochodzą zwykle od:

- 1) elementów logicznych innych urządzeń,
- 2) czujników bezstykowych,
- 3) zestyków (przycisków, łączników drogowych, przekaźników itp.).

W pierwszym przypadku mogą wystąpić dwa problemy:

- dopasowania sygnałów w przypadku gdy elementy (nadający i odbierający) nie są tego samego typu; zazwyczaj nie sprawia to trudności,
- walki z zakłóceniami, nakładającymi się na sygnał w linii transmisyjnej lub powstałymi na skutek odbić (niedopasowania) w linii. Wpływ zakłóceń można zmniejszyć przez prowadzenie linii w maksymalnej odległości od przewodów energetycznych i urządzeń komutatorowych (styczniki, silniki), ekranowanie, skręcanie, zmniejszanie impedancji wyjściowej nadajnika i wejściowej — odbiornika sygnałów, filtrowanie sygnału odebranego itp. Jeśli nadajnikiem i odbiornikiem sygnałów są szybkie układy scalone, już przy liniach o długości kilku metrów czas opóźnienia elementów jest porównywalny z czasem przejścia sygnału przez linię i dla uniknięcia odbić zniekształcających sygnał trzeba spełnić

warunki dopasowania w linii. W niektórych systemach układów scalonych występują specjalne elementy do współpracy z linią (nadajnik i odbiornik); jeśli ich brak, jako nadajnik stosuje się układ Darlingtona (o małej impedancji wyjściowej), a w elementach odbiorczych wejścia łączy się z masą diodami. Jeśli sygnał wejściowy pochodzi z elementów



Rys. 6-10. Czujniki dwustanowe przesunięcia optyczne (a,b) i indukcyjne (c,d)

innego typu niż odbiornik sygnału, dla zmniejszenia wpływu zakłóceń należy sygnał wzmacniać po stronie nadawczej i odpowiednio redukować po stronie odbiorczej.

Czujniki bezstykowe stosuje się w przypadkach, gdy niezawodność lub szybkość działania styków są niewystarczające, albo gdy chodzi o wykrywanie zmian wielkości elektrycznych (napięcie, natężenie, moc prądu elektrycznego). Specjalizowanych czujników (dla określonej wielkości fizycznej) jest wiele; czujniki uniwersalne zazwyczaj reagują na przesunięcie, zmieniające strumień świetlny lub magnetyczny. Przykłady takich

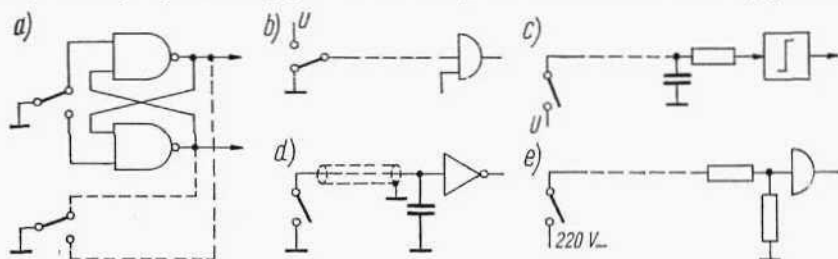
czujników przedstawiono na rys. 6-10. W *przetwornikach optycznych* oświetlenie fotoelementu (diody, tranzystora, rezystora) jest zmieniane przez wprowadzenie między ten element a źródło światła — nieprzezroczystej płytki (w wykonaniach miniaturowych) lub dowolnych przedmiotów. Sygnał z fotoelementu — po ewentualnym wzmocnieniu — jest formowany, zazwyczaj w układzie Schmitta. W *przetwornikach indukcyjnych* wprowadzenie płytki ekranującej między cewki generatora przerywa jego drgania. Sygnał wyjściowy jest wyprostowanym i odfiltrowanym sygnałem generatora. Opisane przetworniki dwustanowe (nazywane też *inicjatorami*) mogą być wykorzystane zamiast stykowych przycisków i łączników drogowych, po połączeniu płytki czujnika ze wskazówką miernika wychyłowego mogą sygnalizować przekroczenie wartości przez różne wielkości fizyczne itp.

Zestyki, mimo licznych wad, stanowią wciąż jeszcze najliczniejszą grupę elementów wprowadzania informacji dyskretnej w układach automatyki. W przypadku gdy przełączanie nie jest częste, mogą one spełniać swą rolę dobrze, a zastąpienie zwykłych zestyków hermetycznymi (kontakttronami) bardzo często wystarcza do zapewnienia właściwych cech eksploatacyjnych, przy niskim koszcie i dużej prostocie elementów.

Przy sterowaniu układów logicznych bezstykowych zestykami, oprócz problemu walki z zakłóceniami, typowego dla wszystkich połączeń między urządzeniami, dochodzi dodatkowy problem zabezpieczenia układu przed wpływem wibracji styków. Jest to szczególnie ważne, gdy impulsy generowane zestykiem mają być zliczane. Najlepszym zabezpieczeniem jest wykorzystanie przerzutnika, sterowanego zestykiem przełącznym (rys. 2-27e, 6-11a), ale duża rezystancja wejściowa elementów przerzutnika sprawia, że przy dłuższych połączeniach przewód bez sygnału staje się anteną, przechwytyującą zakłócenia; w przypadku układów scalonych powstają odbicia w linii, a prowadzenie dwóch przewodów jest kosztowne. W przypadku układów TTL lepsze jest przełączanie w obwodzie wyjściowym przerzutnika (linia przerywana na rys. 6-11a). Przy dłuższych liniach raczej wykorzystuje się jeden przewód, zabezpieczając odpowiednio formowanie sygnału w dalszych częściach układu. Kilka przykładów wejść stykowych do układu bezstykowego przedstawiono na rys. 6-11. W wersji b) przewód łączący ma zawsze określony sygnał wejściowy, w wersji c) zastosowano prosty filtr i element formujący. Układ d) wy-

korzysta specjalny odbiornik scalony sygnału i linię ekranowaną, natomiast w układzie e) zastosowano względnie wysokie napięcie wejściowe i dzielnik oporowy. Takie rozwiązanie jest niekiedy stosowane w układach przemysłowych również przy krótkich połączeniach, dla zwiększenia niezawodności działania zestyku.

W urządzeniach energetyki, kolejnictwa i innych dziedzin wykorzystujących wysokie napięcia i duże moce, jest często stawiany warunek, aby układy cyfrowe były oddzielone galwanicznie od źródeł sygnałów



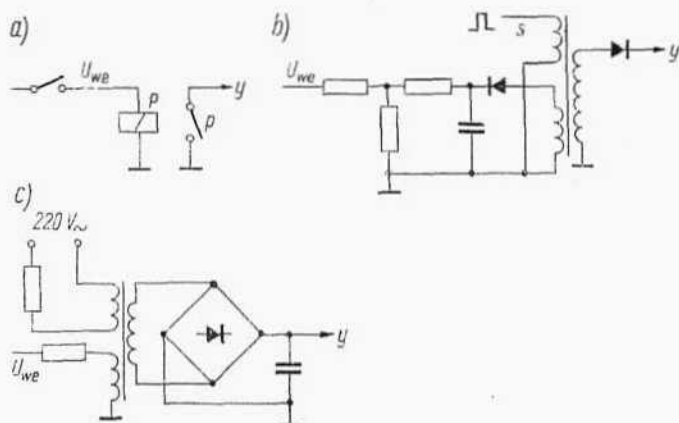
Rys. 6-11. Układy współpracy zestyków z elementami bezstykowymi

sterujących (a także odbiorników sygnałów wykonawczych). Najprostszym elementem seperującym jest przekaźnik, na ogół hermetyczny (rys. 6-12a). Często również są wykorzystywane transformatory, przenoszące sygnał impulsowy. Przykład nieco rozbudowanego układu jest pokazany na rys. 6-12b. Jeśli $U_{we} = 0$, to kondensator jest rozładowany i energia impulsu strobującego s (odczytującego wartość U_{we}) jest przechwytywana przez obwód ładowania kondensatora; sygnał wyjściowy y jest mały. Jeśli źródło napięcia U_{we} naładowało kondensator, energia impulsu strobującego jest przekazywana do obwodu wyjściowego i sygnał y jest duży. Rys. 6-12c obrazuje jeszcze inne rozwiązanie; wykorzystujące układ wzmacniacza magnetycznego¹⁾.

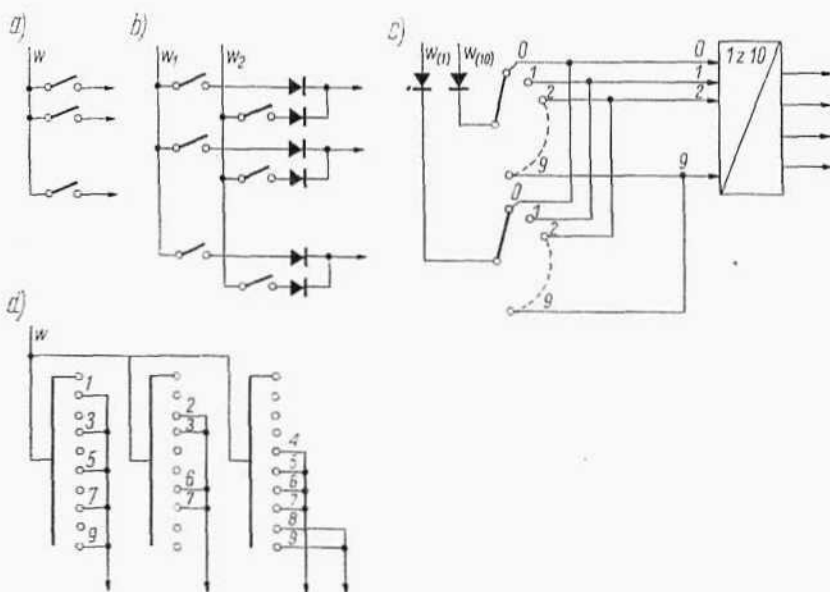
Wszystkie układy z rys. 6-12 działają przy dwóch wartościach napięcia wejściowego U_{we} , na ogół uzyskiwanego za pośrednictwem zestyku. W ostatnim rozwiązaniu zestyk może być również umieszczony w obwodzie prądu zmiennego.

Sygnały wejściowe dwuwartościowe są często wprowadzane do urządzenia w grupach, a wpisywanie następuje pod wpływem sygnału

¹⁾ W najnowszych układach stosuje się zazwyczaj zintegrowany układ oświetlacz-fototranzystor, zwany transoptorem.



Rys. 6-12. Układy z galwanicznym oddzieleniem obwodu wejściowego od wyjściowego



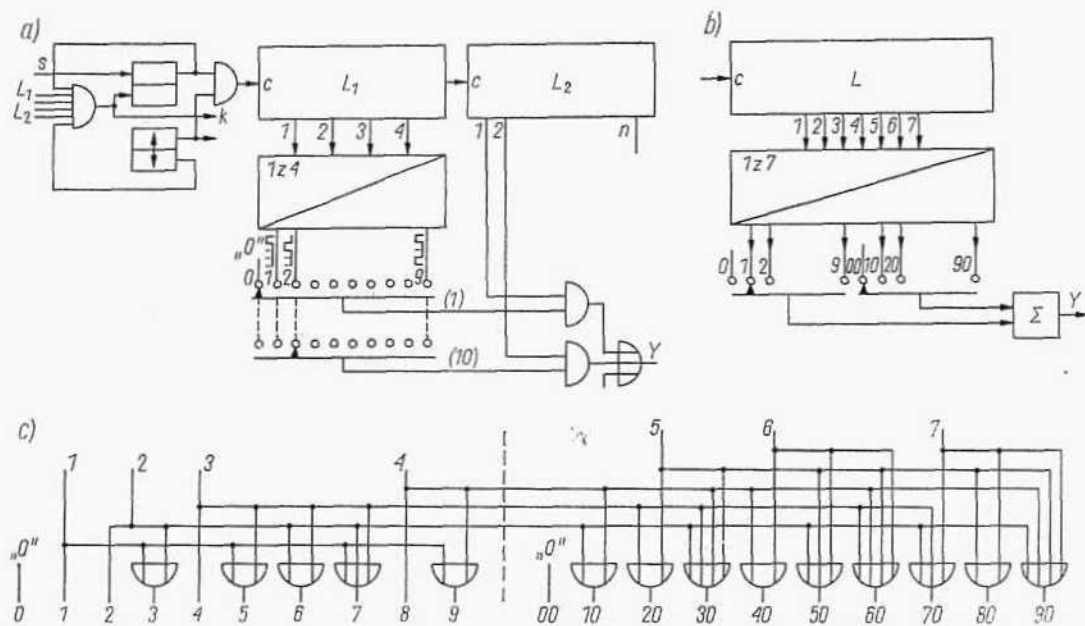
Rys. 6-13. Wprowadzanie stanu zestyków w postaci sygnałów dwójkowych równoległych

$w = 1$. Kilka układów wpisywania przedstawiono na rys. 6-13. W przypadku kilku grup, mogą one być wprowadzane do tego samego układu (np. kodera) szeregowo. Do separowania obwodów wykorzystuje się wówczas diody; jeśli sygnały w grupach mają wartości niezależne, każdy sygnał wymaga użycia jednej diody, jeśli natomiast sygnały w grupach mają kod „1 z n ”, wystarczy jedna dioda na grupę. Przy wpisywaniu liczb dziesiętnych najczęściej stosuje się przełączniki o kilku polach stykowych (rys. 6-13d), umożliwiające uzyskanie dowolnego równoległego kodu wyjściowego, bez dodatkowego kodera. Płaskie przełączniki, z cyframi na obwodzie tarczy ruchomej, zestawia się w pakiety, ułatwiające wpisywanie całych liczb dziesiętnych. Przez zastosowanie kilku diod liczbę pól stykowych można zmniejszyć (np. do dwóch — przy kodzie 8421).

Jeśli zachodzi potrzeba wprowadzania liczb dwójkowych szeregowo, można wykorzystać rozwiązania z rys. 6-14. W układzie *a* licznik L_1 wyznacza cztery takty i pracuje w kodzie „1 z 4” (jest to licznik pierścieniowy albo inny z dekodernem). Specjalny układ konwersji tego kodu (*c*) sprawia, że na poszczególnych pozycjach przełączników pojawiają się ciągi 4-bitowe, odpowiadające kolejnym liczbom dwójkowym. Przełączniki 10-pozycyjne są połączone równolegle. Jeśli tetrady wyjściowe mają być przekazywane również szeregowo, specjalny licznik L_2 wybiera kolejno wyjścia z przełączników. Układ zaczyna działać na rozkaz START (*s*) i zatrzymuje się po uzyskaniu odpowiedniego stanu przez liczniki L_1 i L_2 (sygnał KONIEC — *k*).

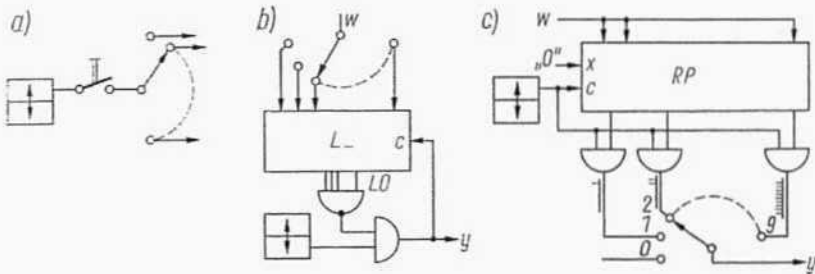
Układ z rys. 6-14b pracuje podobnie, ale tu nie powtarza się tetrad, lecz pozycjom przełączników przypisuje ciągi dwójkowe 7-bitowe. Pierwszy przełącznik wybiera jedności, drugi — dziesiątki (z zachowaniem wag 64-32-16-8-4-2-1), a szeregowy sumator, dodając obie otrzymane serie, generuje odpowiednią liczbę w naturalnym kodzie dwójkowym szeregowym. Liczbę dekad można powiększyć.

Stan liczników urządzenia cyfrowego niekiedy wygodnie jest ustawiać za pomocą sygnałów w kodzie unitarnym. W najprostszym układzie (rys. 6-15a) do odpowiedniego członu licznika dołącza się generator (względnie małej częstotliwości) i — obserwując wynik zliczania — przerywa się serię impulsów we właściwej chwili. W układzie z rys. 6-15b liczba jest wpisana równolegle do licznika odejmującego, który zatrzy-



Rys. 6-14. Wprowadzanie liczb dziesiętnych: a) w postaci szeregowych tetrad; b) w postaci kodu dwójkowego naturalnego; c) układ konwertera dla obydwu przypadków

muje się po dojściu do stanu 0 ($LO = 1$). W rozwiązaniu z rys. 6-15c sygnał $w = 1$ wpisuje do rejestru przesuwającego same jedynki, a generator szeregowo wpisuje zera. Na pierwszej pozycji rejestru stan 1 występuje tylko przez jeden takt, na drugiej — przez dwa takty itp. Na

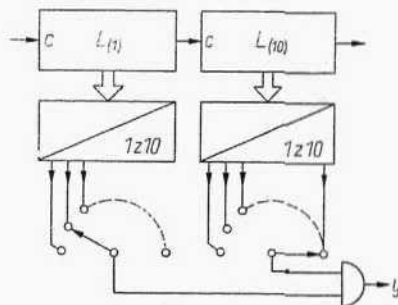


Rys. 6-15. Wprowadzanie liczb w kodzie unitarnym

odpowiednich pozycjach przełącznika powstają serie impulsów (od 0 do 9). Dalsze dekady można wybierać w taki sam sposób jak na rys. 6-14a. Do uzyskania serii z n impulsów można też wykorzystać dzielnik.

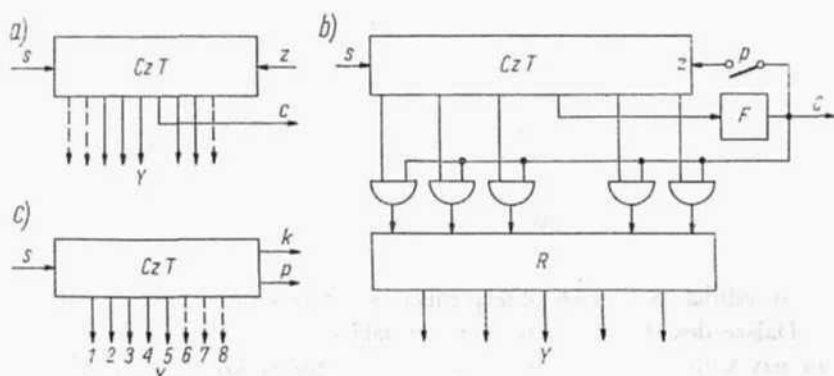
Jeśli zadanie polega nie na wpisywaniu liczby, lecz na wybraniu liczby (stanu) określonej blokami urządzenia, stosuje się układ z rys. 6-16.

Do wprowadzenia dużej ilości informacji jest najczęściej używany *czytnik taśmy* (papierowej). Urządzenie takie jest zazwyczaj przystoso-



Rys. 6-16. Sygnalizowanie wybranego stanu licznika

wane do odczytywania stanu dziurek na taśmach o 5 ... 8 ścieżkach. W prostszych i wolniejszych wykonaniach przesuw taśmy odbywa się za pośrednictwem elektromagnesu, który jest pobudzany impulsami napędu. W urządzeniach szybszych taśmę przesuwa silnik, a zewnętrzne sterowanie załącza sprzęgło albo hamulec taśmy. Impuls START ($s = 1$ — rys. 6-17a) ustawia przerzutnik wewnętrzny czytnika na ciągły przesuw; impuls ZATRZYMAĆ ($z = 1$) zeruje przerzutnik, włączając



Rys. 6-17. Czytnik taśm: a) oznaczenie prostej wersji; b) układ z rejestrem buforowym; c) oznaczenie wersji rozbudowanej

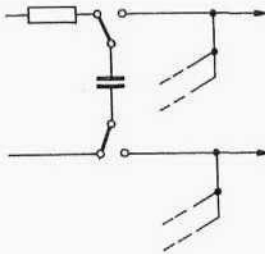
hamulec. Do strobowania sygnałów z dziurek informacyjnych jest wykorzystywany sygnał z dziurki prowadzącej c , który spełnia rolę sygnału taktującego układy odczytu (rys. 6-17b). Doprowadzenie impulsów c do wejścia z sprawia, że taśma po każdym impulsie s przesuwa się o jeden krok. W bardziej rozbudowanych czytnikach układy formowania sygnałów, kontroli taśmy, rejestr buforowy itp. są zawarte w układzie czytnika. Przesuw taśmy następuje na rozkaz START ($s = 1$ — rys. 6-17c), wpisanie danych do rejestru jest meldowane sygnałem KONIEC (lub GOTÓW), a zerwanie lub koniec taśmy — sygnałem $p = 1$ (oznaczenia s , k , p , z są tu przyjęte umownie, dla uproszczenia zapisu). Typowa prędkość przesuwania taśmy w produkowanych czytnikach wynosi 1000 rzędów na sekundę.

Do wprowadzania danych cyfrowych może być również stosowany dalekopis (p.6.5.2).

6.4.2. WPROWADZANIE SYGNAŁÓW CIĄGŁYCH

W opisywanych urządzeniach sygnały ciągłe są wprowadzane tylko wówczas, gdy wykorzystuje się je w przetwornikach analogowo-cyfrowych. Jeśli sygnałem ciągłym jest przesunięcie, każdy sygnał współpracuje z jednym przetwornikiem. Jeśli sygnał ciągły powstał przez modulację przebiegu elektrycznego, zazwyczaj jeden przetwornik obsługuje wiele sygnałów, dołączanych kolejno. To dołączanie jest realizowane przez układ kolektora, o cyfrowym wybieraniu adresu. W automatyce wyróżnia się dwa rodzaje napięciowych sygnałów ciągłych: małe i normalne.

Małe sygnały (mierzone w mV) pochodzą od termopar i innych czujników specjalnych. Do komutacji tych sygnałów stosuje się zestyki zwilżane rtęcią albo kontaktrony, a przetwornik musi spełniać kilka specjalnych wymagań; zazwyczaj jest to dokładny woltomierz cyfrowy.



Rys. 6-18. Komutacja napięć ciągłych

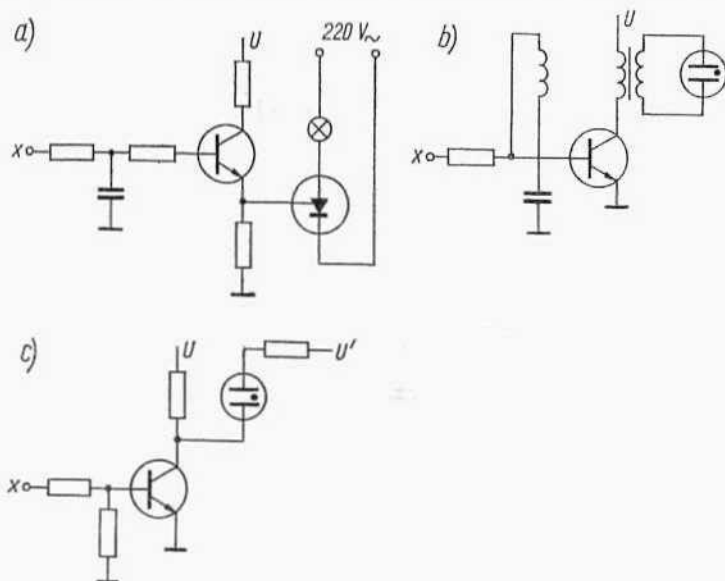
Normalne sygnały (mierzone w V) pochodzą od typowych czujników i przetworników pomiarowych. Do komutacji stosuje się elementy MOS, tranzystory albo kontaktrony.

Sygnał ciągły przed wprowadzeniem do komutatora jest filtrowany, a jego wielkość przystosowana do zakresu przetwornika (normalizowana). Niekiedy jest wymagane odseparowanie galwaniczne obwodów wejściowych do dalszych części urządzenia. Ciekawym rozwiązaniem tego problemu jest układ z rys. 6-18, w którym kondensator jest połączony ze źródłem sygnału, a w określonej chwili jest dołączany do wejścia przetwornika.

6.5. ZESPOŁY INDYKACJI I REJESTRACJI

6.5.1. WSKAŹNIKI CYFROWE

Wskaźnikami cyfr binarnych (sygnałów dwuwartościowych) są najczęściej żarówki i lampy jarzeniowe. Żarówki są zazwyczaj sterowane bezpośrednio przez elementy wzmacniające wchodzące w skład systemu albo za pośrednictwem dodatkowych tranzystorów. Żarówka dużej mocy



Rys. 6-19. Sterowanie lampami żarowymi i jarzeniowymi

może być sterowana przez tyrystor (rys. 6-19a). Lampy jarzeniowe są trwalsze, ale wymagają stosowania napięć zasilających wyższych niż 100 V. W układzie z rys. 6-19b napięcia takiego dostarcza generator sterowany (osobny dla każdej lampy). W najczęściej stosowanym układzie z dodatkowym napięciem zasilającym (rys. 6-19c) na lampie występuje napięcie U' , gdy tranzystor przewodzi, i $(U' - U)$, gdy nie przewodzi. Wartości napięć są tak dobrane, że ta zmiana wystarcza do zapłonu i gaszenia. Gdy napięcia U i U' mają ten sam znak, lampka świeci przy $x = 1$, gdy mają znaki przeciwne, lampka świeci przy $x = 0$ (gdyż wówczas jest $U' - U > U$).