

Zegar dekatronowy

PROJEKT
Z OKŁADKI



Opisów zegarów w EP było naprawdę wiele. Zbudowane na układach programowalnych lub mikrokontrolerach urzekają swymi możliwościami. Jakże blado pod tym względem wypada prezentowany zegar!

Poza liczeniem sekund, minut i godzin nie potrafi nic więcej. W drugą rocznicę mojej współpracy z EP opisuję prymitywny układ, zawierający 16 tranzystorów, 2 transoptory, 3 diody i...8 lamp... ale jakich!

Dekatronów!

Nie będę ukrywał, że artykuł pełni raczej funkcję dydaktyczną, bowiem dekatrony nie są łatwe do nabycia. Myślę jednak, że warto spojrzeć we fragment elektroniki cyfrowej lat 50. i 60. ubiegłego stulecia.

Rekomendacje: konstrukcja opracowana z myślą o fanach archaicznych, lecz niezwykle urokliwych rozwiązań lampowych.

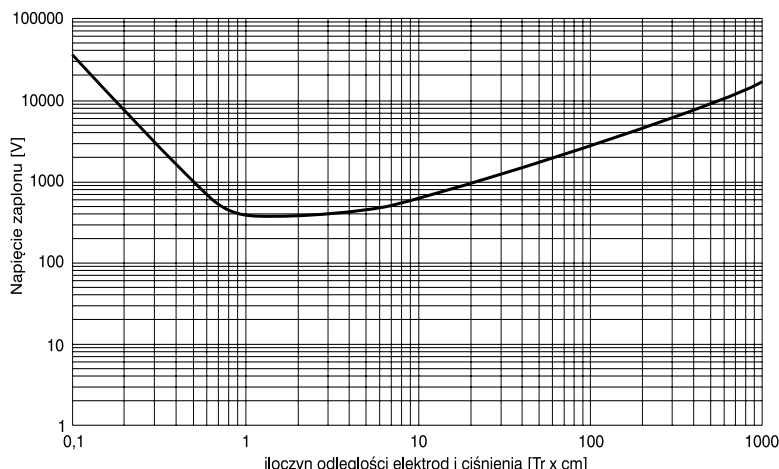
Dekatrony

O lampach liczących pisaliśmy już w EP9/03, o dekatronach wspominając jednym zdaniem. We wspomnianym artykule opisaliśmy za to dokładnie pewien rodzaj próżniowej lampy liczącej. Dekatrony są lampami gazowanymi, co upodabnia je do lamp Nixie. W odróżnieniu od nich, które służą jedynie jako wskaźniki, dekatrony są zintegrowanymi licznikami impulsów i wyświetlaczami jednocześnie.

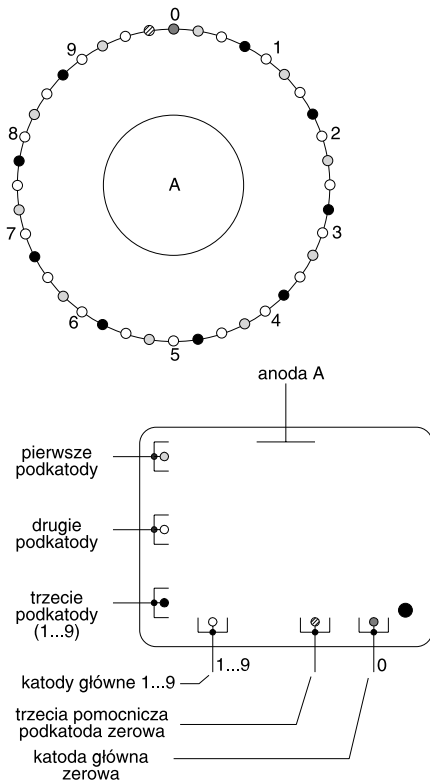
Dekatrony są wypełnione rozrzedzonym gazem, np. neonem, neonem z dodatkiem wodoru lub helem z dodatkiem wodoru. Podobnie jak lampę Nixie, czy zwykłą neonówkę dekatron należy „zapalić”. Uzyskuje się to przez podanie odpowiednio dużego napięcia do elektrod lampy. Do zapoczątkowania wyładowania jarzeniowego jest niezbędne, by w gazie między elektrodami powstało nieco jonów i elektronów. Są one tam zawsze, gdyż powstają podczas

jonizacji cząsteczek gazu przez promieniowanie naturalne. Niekiedy w celu obniżenia napięcia zapłonu do lampy dodawano niewielką ilość gazu promieniotwórczego, np. radonu (taki dodatek zwiększa koncentrację swobodnych jonów i elektronów). Powstałe jony i elektrony pod wpływem pola elektrycznego między elektrodami rozpędzają się i zderzają z molekułami gazu, wywołując jego lawinową jonizację i w konsekwencji zapłon.

Zjonizowany gaz świeci, przy czym kolor świecenia zależy od rodzaju gazu. Dla neonu jest to kolor pomarańczowo-czerwony, zaś dla helu z dodatkiem wodoru – liliowy. Aby napięcie zapłonu było możliwie małe, należy dobrać odpowiednie ciśnienie gazu i odległość między elektrodami. Ciśnienie nie może być za duże, gdyż jony i elektrony zbyt często zderzałyby się z molekułami gazu, nie będąc wystarczająco rozpędzone. Oznacza to, że miałyby zbyt małą energię kinetyczną, by wywołać jonizację gazu. Trzeba by było ją zwiększać przez zwiększenie natężenia pola elektrycznego między elektrodami (a więc należałoby zwiększyć napięcie lub zmniejszyć odległość między elektrodami), które musiałyby być bardzo duże. Obniżanie ciśnienia w lampie powoduje, że jony i elektrony zderzają się z atomami gazu rzadziej (dłuższa droga swobodna elektronów i jonów), za to uzyskują energię kinetyczną wystarczającą do jonizacji gazu przy niskim napięciu między elektrodami. Nadmierne zmniejszenie ciśnienia nie jest jednak korzystne, gdyż zmniejsza się prawdopodobień-



Rys. 1. Wykres Paschena dla wodoru



Rys. 2. Budowa dekatronu 40-pręcikowego

stwo uderzenia jonu lub elektronu w molekułę gazu. W celu uzyskania zapłonu trzeba by było znów zwiększać napięcie między elektrodami (lub zmniejszać odległość między nimi).

Z wykresów, zwanych krzywymi Paschena można łatwo odczytać, dla jakiego ciśnienia i odległości między elektrodami napięcie zapłonu będzie najniższe. Na osi odciętych znajduje się bowiem iloczyn ciśnienia p i odległości d między elektrodami (najczęściej podany w Tr·cm, 760 Tr (Torów)=760 mmHg=1013, 25 hPa), zaś na osi rzędnych znajduje się napięcie zapłonu. Na rys. 1 znajduje się wykres Paschena dla wodoru. Jak widać, optimum napięcia

zapłonu dla wodoru zachodzi dla $p \cdot d = 1...2$ Tr·cm. Dla neonu optimum takie zachodzi dla $p \cdot d = 2...2,5$ Tr·cm, przy czym korzystnie jest dodać do neonu domieszkę 0,5 % wodoru. Dzięki temu napięcie zapłonu z 240 V dla czystego neonu spada do 180 V dla mieszaniny neonu i wodoru.

W dekatronach odległości między elektrodami są niewielkie – około 2...3 mm. Znaczy to, że najmniejsze napięcie zapłonu uzyskaloby się przy ciśnieniu gazu około 7,5...12,5 Tr.

Istotnie, $7,5 \text{ Tr} \cdot 3 \text{ mm} = 2,25 \text{ Tr} \cdot \text{cm}$ (optimum $p \cdot d$). Aby jednak uzyskać dużą szybkość liczenia dobierano nieco inne ciśnienie gazu.

Po „zapaleniu” lampy gazowanej napięcie między elektrodami maleje od wartości napięcia zapłonu do tzw. napięcia pracy. Z kolei po wyłączeniu lampy nie gaśnie ona natychmiast. Gaśnięcie trwa tyle czasu, ile potrzeba na dejonizację gazu. Trwa to dość długo – nawet do 100 μs . Gdyby przed upływem tego czasu znów podać napięcie do elektrod lampy okaże się, że napięcie zapłonu jest niższe od napięcia zapłonu lampy całkowicie zgaszonej. Właśnie z tego zjawiska korzysta się w dekatronach, w których zapłon przenosi się z elektrody na elektrodę podczas zliczania impulsów. Dekatrony można podzielić na jednoimpulsowe, które do przeniesienia zapłonu wymagają jednego tylko impulsu sterującego oraz dwuimpulsowe, wymagające pary impulsów. W projekcie użyłem dekatronów obu rodzajów, toteż opiszę je bardziej szczegółowo.

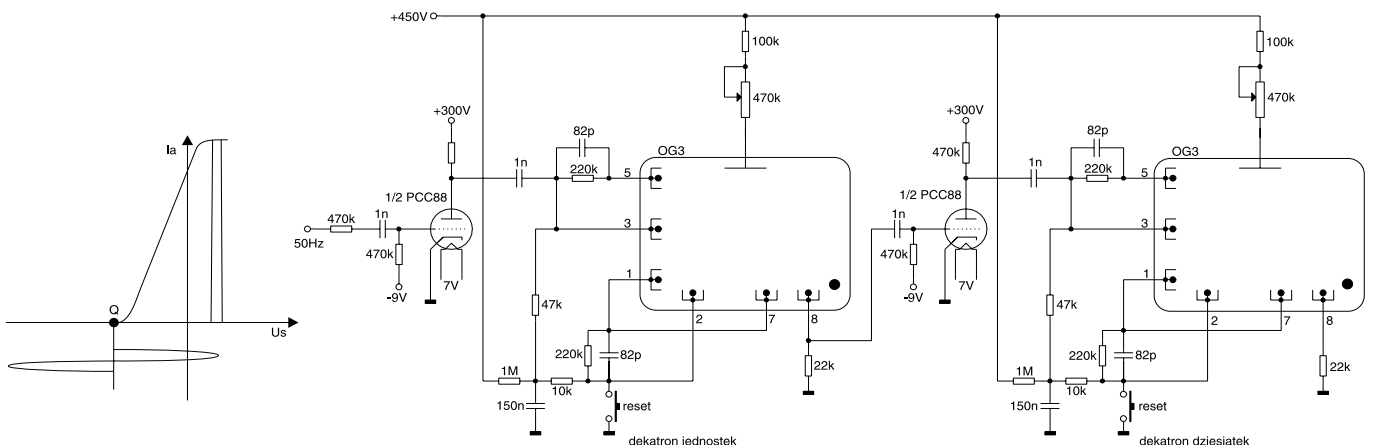
Dekatron jednoimpulsowy

Dekatron jednoimpulsowy 40-pręcikowy jest zbudowany tak, jak pokazano na rys. 2. Elektrody pręcikowe w ilości 40 sztuk są umiesz-

czony na obwodzie koła. W środku koła znajduje się anoda A. Elektrody pręcikowe są rozdzielone na dziesięć grup. W każdej z nich znajduje się katoda główna (oznaczone 0...9) oraz trzy katody pomocnicze (podkatody). Katody główne 1...9 (białe punkty na rys. 2) są połączone razem wewnątrz bańki – mają więc tylko jedno wyprowadzenie na cokole. Katoda główna zerowa 0 ma oddzielne wyprowadzenie. Znajdujące się zaraz za katodami głównymi pierwsze podkatody (szare punkty na rys. 2) są razem połączone wewnątrz bańki i mają jedno wspólne wyprowadzenie. Tak samo jest z drugimi podkatodami (białe punkty). Trzecie podkatody (czarne) są również połączone ze sobą i mają jedno wspólne wyprowadzenie poza trzecią podkatodą zerową, która ma oddzielne wyprowadzenie. Typowymi dekatronami jednoimpulsowymi są radzieckie lampy OG3 (OG3), które zastosowano w zegarze.

Jak pracuje taki dekatron w układzie licznika? Spójrzmy na rys. 3. Układ licznika modulo 100. Ten układ był pierwotnie pomyślany jako fragment prezentowanego zegara, jednak potem zrezygnowałem z użycia lamp próżniowych PCC88, jako elementów sprzęgających poszczególne dekatrony na rzecz tranzystorów.

Rozpatrzmy pracę pierwszego dekatronu. Z chwilą podania napięć zasilania, w tym napięcia zasilania dekatronów +450 V następuje zapłon pomiędzy anodą i jedną z katod głównych 1...9. Dzieje się tak dlatego, że przy zwartym wyłączniku reset te katody mają najniższy potencjał – potencjał masy. Potencjometr w obwodzie anody służy do ustawiania prądu lampy, tak by liczenie było stabilne przy jak najmniejszym prądzie lampy. Zapewnia



Rys. 3. Typowa aplikacja dakatronów połączonych w licznik do 100

to jej długą żywotność (czas życia dekatronów wynosi od 500 do 25000 godzin pracy).

Po rozwarciu na chwilę przycisku *reset* zapłon przenosi się na elektrodę o najniższym potencjale – katodę zerową 0, bowiem katody 1...9 uzyskują wtedy znaczny potencjał dodatni (podobnie jak wszystkie podkatody) ze źródła napięcia +450 V za pośrednictwem opornika 1 M Ω . Zapali się więc pręcik katody zerowej. Zwarcie z powrotem przycisku *reset* nie zmienia nic, gdyż ustaliło się napięcie pracy lampy między katodą zerową a anodą, mniejsze od napięcia zapłonu innych elektrod.

Jeżeli do siatki triody PCC88 doprowadzić napięcie zmienne 50 Hz o amplitudzie kilkudziesięciu woltów, wówczas na anodzie tej lampy będą powstawać impulsy napięcia zbliżone kształtem do impulsów prostokątnych. Dzieje się tak dlatego, że lampa „obcina” ujemną część sinusoidy oraz jej dodatni wierzchołek. Mała pojemność umieszczona w obwodzie anodowym powoduje zróżniczkowanie impulsów, tym samym do dekatronu zostają podane krótkie ujemne impulsy o amplitudzie stu kilkudziesięciu woltów i czasie trwania około 20...40 μ s. Tym samym pod wpływem pierwszego impulsu zapłon przeniesie się z katody zerowej na znajdującą się zaraz za nią pierwszą podkatodę pomocniczą. Dzieje się tak dlatego, że ta elektroda w chwili działania impulsu zegarowego ma najniższy potencjał i znajduje się w obszarze zjonizowanego gazu. Z chwilą wystąpienia zapłonu na pierwszej podkatozie następuje ładowanie się kondensatora 82 pF, przy czym biegun dodatni kondensatora znajduje się od strony pierwszej podkatody. Tym samym potencjał podkatody pierwszej wzrasta. Jednak podczas trwania zapłonu na pierwszej podkatozie, między nią a anodą ustala się napięcie pracy (stałe) to znaczy, że potencjał anody wzrasta wraz z potencjałem podkatody pierwszej. W pewnym momencie staje się on na tyle duży, że wyładowanie musi się przenieść między anodą a drugą podkatodę (jest połączona z ujemnym biegunem kondensatora 82 pF).

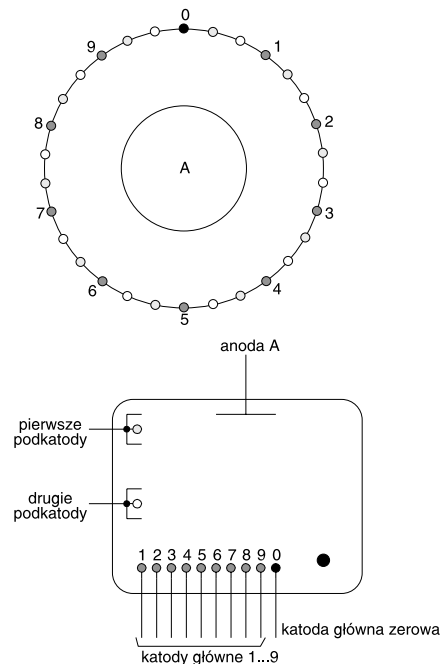
W momencie gdy impuls zegarowy zanika (ale przed nadejściem kolejnego impulsu) potencjały podkatody pierwszej i drugiej stają się rów-

ne (kondensator 82 pF rozładowuje się przez opornik 220 k Ω) i wynoszą około +40 V. Skutkiem tego jest przeskok zapłonu na trzecią podkatodę, mającą potencjał masy. W jej obwodzie znajduje się jednak drugi kondensator 82 pF i rezystor 220 k Ω . Następuje więc jego ładowanie, przy czym biegun dodatni tego kondensatora znajduje się po stronie podkatody trzeciej. Potencjał anody podąża (wzrasta) za zmianą potencjału podkatody i w pewnym momencie zapłon musi się przenieść na pierwszą katodę główną 1. Układ zliczył więc jeden impuls. Należy podkreślić, że przechodzenie zapłonu z jednej katody głównej na drugą zachodzi szybko. Tak więc w przerwach pomiędzy kolejnymi impulsami zegarowymi świecą praktycznie katody główne.

Ich świecenie jest dobrze widoczne przez szkło lampy. Tym samym odczyt stanu licznika dekatronowego realizuje się bezpośrednio, obserwując, która katoda główna aktualnie świeci. Nie jest to bardzo łatwe, gdyż licznik dekatronowy mający pojemność 10^n impulsów ma jakby n cyferblatów po dziesięć punktów świetlnych każdy. Kolejny impuls powoduje przejście zapłonu przez kolejne podkatody pomocnicze do drugiej katody głównej 2 itd.

Przy zliczeniu dziesiątego impulsu zapłon wróci na katodę główną zerową 0. Na rezystorze 22 k Ω w obwodzie tej katody pojawi się impuls, który po uformowaniu przez drugą triodę spowoduje zliczenie impulsu dziesiątek przez drugi dekatron. Po zliczeniu 100 impulsów oba dekatrony wskażą zero.

W układzie z rys. 3 trzecia podkatoda zerowa jest zwarta z trzecimi podkatozami 1...9. Niekiedy trzecia podkatoda zerowa jest włączona inaczej – ma oddzielny obwód z kondensatorem i rezystorem. Dzięki temu skraca się czas rejestracji dziesiątego impulsu zegarowego i następuje szybsze przestawienie następnej dekady. Kształt impulsów zegarowych jest dość krytyczny. Czas narastania impulsu musi wynosić 1...2 μ s, zaś jego opadanie musi trwać przynajmniej 20 μ s. Wymagany jest także pewien odstęp między kolejnymi impulsami zegarowymi. Z tego względu częstotliwość zliczania dekatronów jednoimpulsowych 40-pręcikowych dochodzi za ledwie do 20 kHz.



Rys. 4. Budowa dekatronu dwuimpulsowego

Dekatron dwuimpulsowy

Innym rodzajem dekatronu jest dwuimpulsowy dekatron 30-pręcikowy. Taki dekatron ma 30 pręcików umieszczonych w kole. Pośrodku koła znajduje się anoda A. Podobnie, jak w dekatronie jednoimpulsowym elektrody są podzielone na dziesięć grup. W każdej grupie znajduje się katoda główna oraz dwie podkatody. Najczęściej katody główne 1...9 są połączone razem wewnątrz lampy i mają jedno wyprowadzenie, zaś katoda 0 ma oddzielne wyprowadzenie.

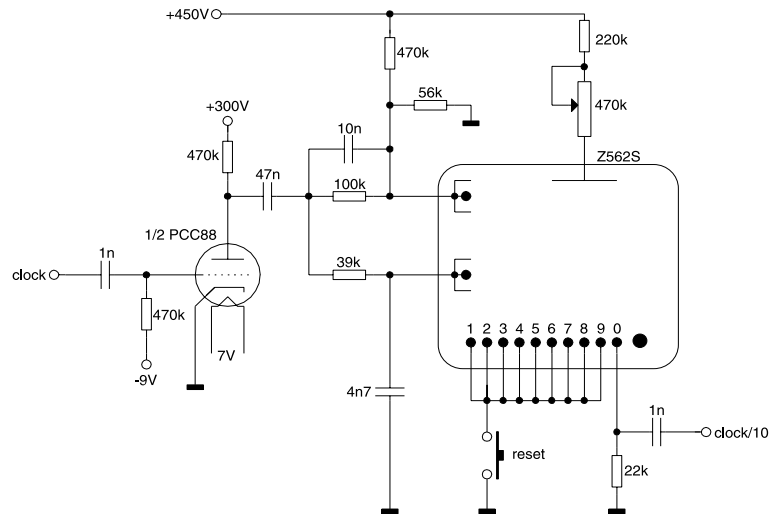
Niekiedy jednak dekatrony takie mają oddzielne wyprowadzenia dla każdej z katod głównych. Takie dekatrony nazywa się selektorami. Takie właśnie dekatrony, typu Z562S zostały użyte w projekcie. Schemat budowy i symbol elektryczny takiego dekatronu pokazano na **rys. 4**. Wszystkie pierwsze katody pomocnicze (podkatody) są ze sobą zwarte i mają jedno wspólne wyprowadzenie, podobnie zresztą jak podkatody drugie. Układ pracy dekatronu dwuimpulsowego w układzie licznika dziesiętnego pokazano na **rys. 5**.

Po włączeniu napięcia zasilania następuje zapłon lampy, przy czym wyładowanie ustala się między jedną z katod głównych 1...9 i anodą. Na podkatozach występuje napięcie około +60 V dzięki dzielnikowi oporowemu 470 k Ω i 56 k Ω . Napięcie to zależy od typu dekatronu i zawiera się w granicach +40...+80 V.

Wciśnięcie na chwilę przycisku *reset* spowoduje rozwarcie katod 1...9 i w efekcie przeniesienie zapłonu na katodę główną 0 – nastąpi skasowanie licznika i zapalenie pręcika wskazującego zero. Zwarcie przycisku nie zmienia warunków pracy i nadal „pali się” katoda 0. Jeśli do siatki triody doprowadzić impuls to zostanie on w lampie wzmocniony i odwrócony w fazie. Do pierwszej podkatody zaraz za katodą zerową zostanie więc doprowadzony impuls ujemny o amplitudzie stukilkudziesięciu woltów, który zwiększy różnicę potencjałów między anodą i podkatodą pierwszą i w związku z tym zapłon przeniesie się właśnie na podkatodę pierwszą. Zapłon następnie przechodzi na podkatodę drugą, gdyż pojawi się na niej opóźniony ujemny impuls zegarowy w stosunku do impulsu na podkatodzie pierwszej. Opóźnienie to wynika z istnienia stałej czasowej elementów 39 k Ω i 4,7 nF, tworzących obwód całkujący. Impuls zegarowy na podkatodzie drugiej wkrótce jednak znika i zapłon przenosi się na najbliższą elektrodę o najniższym potencjale – pierwszą katodę główną 1. Tym samym układ zliczył pierwszy impuls. Przy pojawieniu się kolejnego impulsu zegarowego nastąpi przejście zapłonu na drugą katodę główną 2. Po zliczeniu dziesięciu impulsów zapłon znów pojawia się na katodzie zerowej. Powstający na oporniku 22 k Ω impuls po ukształtowaniu i wzmocnieniu może sterować kolejną dekadę.

Z tego opisu widać, że do sterowania dekatronu dwuimpulsowego jest potrzebna para impulsów, przesuniętych w czasie. Układ pracy pokazany na **rys. 5** jest prosty, gdyż przesunięcie impulsów uzyskuje się za pomocą opornika i kondensatora. Takie układy nadają się jednak tylko do dość powolnego liczenia, gdyż impulsy na podkatodach mają kształt wykładniczy zamiast prostokątnego, który umożliwiłby najszybsze liczenie.

Z tego względu stosowano często wymyślne układy lampowe i tranzystorowe kształtujące impulsy. Ponieważ w latach 60. odpowiednie tranzystory wysokonapięciowe nie były łatwo dostępne, więc stosowano specjalne transformatory impulsowe, podwyższające amplitudę impulsów. Stosowano na ich rdzenie dobre materiały magnetyczne, dobrze pracujące przy dużych częstotliwościach,



Rys. 5. Typowa aplikacja dekatronu dwuimpulsowego

aby nie następowało zniekształcanie impulsów zegarowych. Dzięki temu dekatrony dwuimpulsowe 30-pręcikowe mogły liczyć z „zawrotną” szybkością 10 kHz.

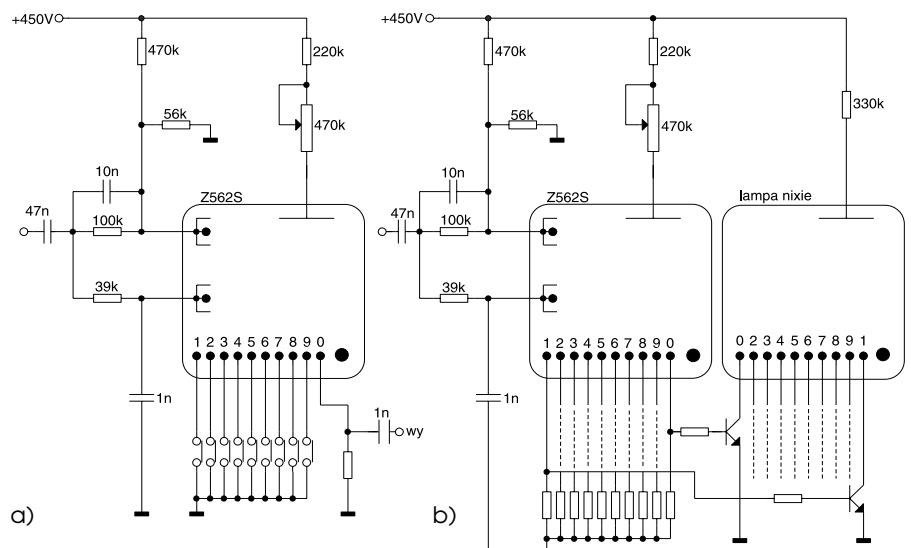
Warto zauważyć, że po zamianie miejscami połączeń podkatod dekatronu dwuimpulsowego układ zaczyna liczyć „w tył”. Jest zatem możliwa praca rewersyjna, umożliwiającą wykonanie odejmowania. Takiej możliwości nie miał ówczesny dekatron jednoimpulsowy. Realizacja układu, który umożliwiałby przełączanie rodzaju pracy z dodawania na odejmowanie nie należała do łatwych, gdyż konieczne było użycie dodatkowych lamp i kłopotliwych transformatorów.

Dekatron-selektor ma jednak możliwości, o których dotąd nie wspominaliśmy. Po pierwsze, w układzie z dekatronem-selektorem jest

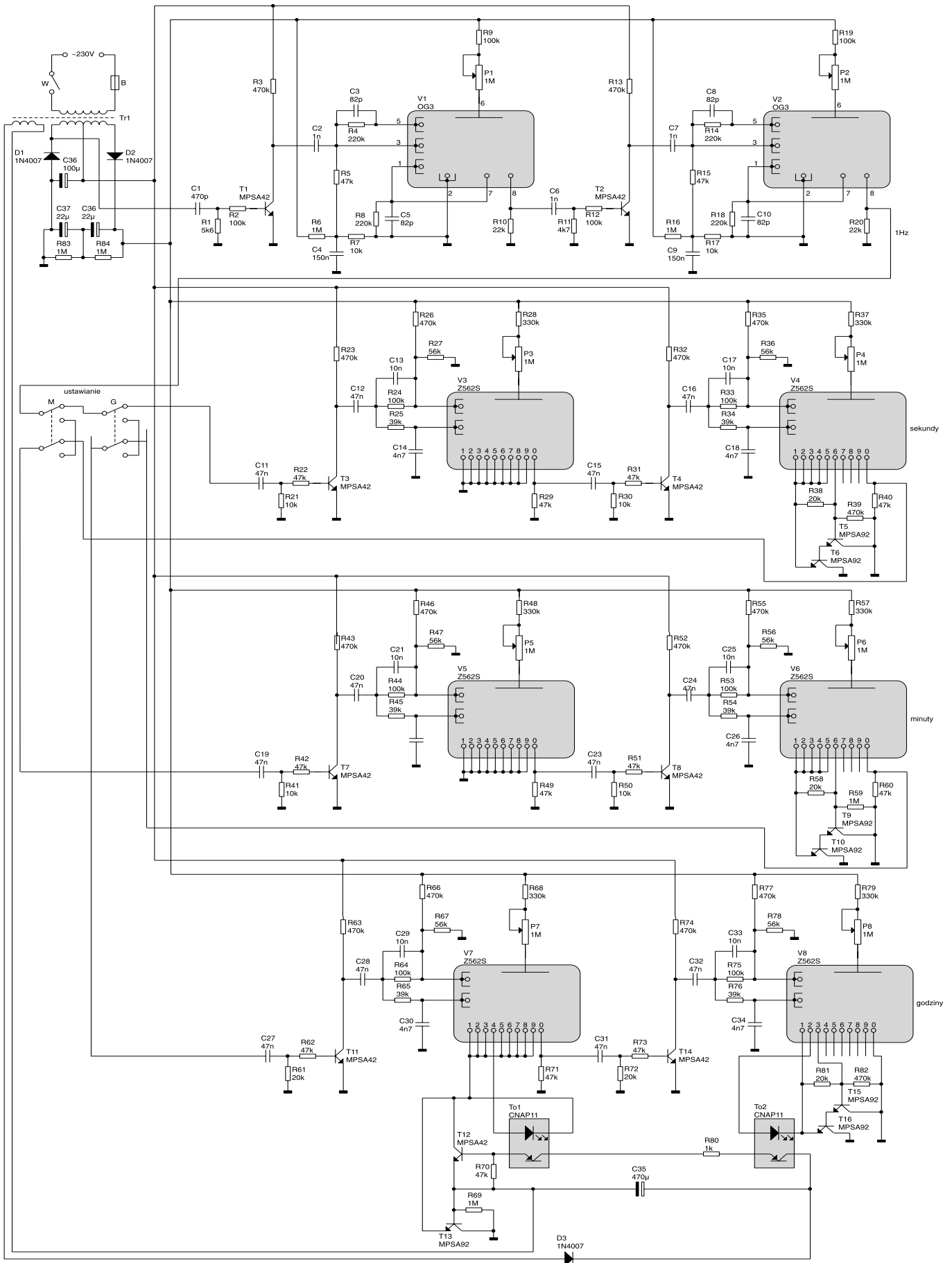
możliwe wpisanie dowolnej liczby do licznika. Wystarczy w tym celu rozewrzeć wszystkie katody główne poza wybraną katodą, reprezentującą liczbę, którą chcemy wpisać do licznika. Dzięki temu zapłon przeniesie się właśnie na tę katodę.

Po drugie, stan dekatronu-selektora można wyświetlić na innym wskaźniku (najczęściej używano wskaźników Nixie). Wystarczy w tym celu w obwód każdej katody głównej włączyć opornik, dodać prosty wzmacniacz tranzystorowy i podłączyć lampę Nixie. Te możliwości dekatronu-selektora pokazano na **rys. 6**.

Na **rys. 7** przedstawiono schemat wykonanej przeze mnie prostej maszyny liczącej z dekatronem-selektorem. Czytelnik z łatwością pojmie zasadę jej działania, jeśli przeczytał dokładnie przedstawione uprzednio



Rys. 6. Dekatron może pracować jako a) wskaźnik lub b) licznik – dekodery



Rys. 8. Schemat elektryczny zegara dekatronowego

WYKAZ ELEMENTÓW**Rezystory**

R1: 5,6kΩ/0,6W

R2, R9, R12, R19, R24, R33, R44,
R53, R64, R75: 100kΩ/0,6WR3, R13, R23, R26, R35, R39, R43,
R46, R52, R55, R63, R66, R74, R77,
R82: 470kΩ/0,6W

R4, R8, R14, R18: 220kΩ/0,6W

R5, R15, R22, R29, R31, R40, R42,
R49, R51, R60, R62, R70, R71,
R73: 47kΩ/0,6W

R6, R16, R59, R69, R83, R84: 1MΩ/0,6W

R7, R17, R21, R30, R41, R50: 10kΩ/0,6W

R10, R20: 22kΩ/0,6W

R11: 4,7kΩ/0,6W

R25, R34, R45, R54, R65, R76: 39kΩ/0,6W

R27, R36, R47, R56, R67, R78: 56kΩ/0,6W

R28, R37, R48, R57, R68, R79: 330kΩ/0,6W

R38, R58, R61, R72, R81: 20kΩ/0,6W

R80: 1kΩ/0,6W

Kondensatory

C1: 470 pF/630 V

C2, C6: 1nF/630V

C3, C5, C8, C10: 82pF/400V

C4, C9: 150nF/400V

C11, C12, C15, C16, C19, C20,

C23, C24, C27, C28, C32: 47nF/400V

C13, C17, C21, C25, C29, C33: 10nF/400V

C14, C18, C22, C26, C30, C34: 4,7nF/400V

C35: 470μF/16V

C36: 100μF/400V

C37, C38: 22μF/400V

Lampy

V1, V2: OG3 (OG3)

V3...V8: Z562S

Półprzewodniki

D1, D2, D3: 1N4007

T1...T4, T7, T8, T11, T12, T14: MPSA42

T5, T6, T9, T10, T13, T15, T16: MPSA 92

To1, To2: CNAP11 lub inny

Różne

1 włącznik dwubiegunowy jedno-

sekcyjny

2 przełączniki dwubiegunowe dwu-

sekcyjne

Bezpiecznik 500mA

8 podstawek pod lampy

Transformator TS40/4539

dziesiątek minut z lampą V6 i tranzystorami T9 i T10 jest zbudowany analogicznie jak licznik dziesiątek sekund. Z tego względu nie będzie szerzej omówiony.

Licznik godzin jest zbudowany z użyciem dekatronów V7 i V8. Jak

wiadomo, ten licznik musi liczyć modulo 24. Właśnie największy problem miałem z licznikiem godzin i długo trwało nim zrealizowałem dobrze działający układ skoku dobowego.

Jak widać, układ licznika jednostek godzin z lampą V7 jest w zasadzie licznikiem modulo 10, z tym, że w obwodzie katody 4 znajduje się świecąca dioda transoptora To1, zaś katody 1...9 są sterowane z tranzystorów T12 i T13.

Licznik dziesiątek godzin z lampą V8, tranzystorami T15, T16 i transoptorem To2 jest licznikiem modulo 3. Zasada jego budowy jest podobna do budowy licznika dziesiątek sekund. Podczas pracy licznika godzin może się palić katoda 0,1 i 2. Gdy zapala się katoda 2 wtedy zaświeca się dioda w transoptorze To2.

Załóżmy teraz, że następuje zmiana wskazania licznika godzin z 23 na 24. W tym momencie zaświecają się diody w obu transoptorach To1 i To2 i fototranzystory transoptorów zaczynają przewodzić. To z kolei powoduje włączenie tranzystora T12. Tranzystor T13 się wyłącza, zatem następuje odcięcie katod 1...9. W tych warunkach zapłon w dekatronie V7 przechodzi na katodę zerową. Generujący się na oporniku R71 impuls steruje za pośrednictwem tranzystora T14 dekatron dziesiątek godzin V8. Interpretuje on ten impuls jako kolejny, trzeci impuls dziesiątek godzin do zliczenia (godzina 30). Zapłon przechodzi więc na ułamek sekundy na katodę 3 lampy V8. W tym momencie tranzystory T15 i T16 wymuszają przejście zapłonu na katodę zerową lampy V8. Oznacza to, że stan licznika dziesiątek godzin zmienił się z 23 na 00.

Zdaję sobie sprawę, że ten sposób realizacji skoku dobowego może wydawać się współczesnemu elektronikowi niezwykle dziwaczny, jednak dekatron nie ma bezpośredniego wejścia *reset*...

Parę słów na temat ustawiania zegara. Do tego celu służą przełączniki M i G, które kierują impulsy sekundowe bezpośrednio do liczników minut (włącznik M) względnie godzin (włącznik G).

Wszystkie napięcia zasilania są uzyskiwane z produkowanego obecnie przez zakłady Zatra S.A. transformatora sieciowego TS40/4539. Z uzwojeń anodowych jest uzyskiwane napięcie +275 V dla tranzystorów T1, T2, T3, T4, T7, T8,

T11, T14, a także napięcie około +540 V dla dekatronów. Wysokie napięcia są prostowane za pomocą diod D1 i D2. Okazało się, że filtrowanie tych napięć za pomocą kondensatorów C36, C37 i C38 jest wystarczające. Napięcie dla transoptorów jest uzyskiwane z uzwojenia 9 V. Napięcie to jest prostowane za pomocą diody D3 i filtrowane w kondensatorze C35. Potencjometry P1...P8 służą do takiego ustawienia punktów pracy lamp, by poszczególne liczniki zliczały pewnie przy małych prądach anodowych lamp.

Uruchomienie

Uruchomienie zegara ogranicza się do odpowiedniego ustawienia tych potencjometrów i ustawienia prawidłowej godziny. Trzeba zacząć od ustawienia potencjometru P1, regulując go tak, by lampa V1 poprawnie liczyła impulsy. Potem kolejno reguluje się potencjometrami P2, P3 i P4. Następnie należy ustawić przełącznik M w pozycję ustawiania minut i przeprowadzić regulację potencjometrami P5 i P6. Po tej czynności należy przełącznik M ustawić w pierwotnej pozycji, zaś przełącznik G trzeba ustawić w pozycji nastawiania godzin i przeprowadzić regulację potencjometrami P7 i P8. Należy zwrócić szczególną uwagę, czy następuje poprawne przejście skoku dobowego. Gdyby którykolwiek z liczników nie chciał pracować należy spróbować zmniejszyć wartości R28, R37, R48, R57, R68, R79 (w zależności od tego, który z liczników sprawia kłopoty) do 330 kΩ. Gdyby to nie pomogło, należy zwiększyć pojemności C14, C18, C22, C26, C30, C34 do wartości 6,8 nF. Po uruchomieniu wszystkich liczników i regulacji potencjometrami można ustawić na zegarze prawidłową godzinę za pomocą przełączników M i G.

Obudowę zegara stanowi ocynkowana blacha stalowa grubości 1,5 mm, wygięta w „U” o długości 50 cm, szerokości 20 cm i wysokości 9 cm.

Błąd dobowy zegara okazał się nieduży. Po upływie tygodnia wskazanie zegara dekatronowego różniło się od wskazania zegara komputera o 3 sekundy. Należy to tłumaczyć dość dobrą stabilnością częstotliwości sieci – obecnie odchyłka częstotliwości jest dużo mniejsza od 0,5%.

Aleksander Zawada, EP
aleksander.zawada@ep.com.pl