

mgr inż. WALDEMAR OWCZAREK
dr inż. ANDRZEJ ZAKRZEWSKI

Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów MERA-PIAP

Warszawa

SYGNAŁ CYFROWY W SIECIACH LOKALNYCH IMPULSOWEGO SYSTEMU DYSTRYBUCJI CZASU

Artykuł omawia możliwe zakresy informacji przekazywanej w sieciach czasu oraz charakteryzuje impulsowy system przekazywania tej informacji. Szczegółowo przedstawia układ i działanie opracowanego w kraju cyfrowego systemu dystrybucji czasu.

1. Zakres informacji przekazywanej w sieciach czasu

Informacja o czasie znajduje zastosowanie we wszystkich dziedzinach zorganizowanej działalności człowieka. Różnorodność sposobów wykorzystywania tej informacji powoduje, że jej zakres, formy i metody przekazywania zmieniają się w zależności od potrzeb i technicznych możliwości realizacji. Odpowiednio różne są też środki przekazywania informacji, tworzące m. in. różne systemy sieci czasu. Sieć czasu, zgodnie z przyjętą definicją [4] *zespół środków technicznych służących do dystrybucji czasu na określonym obszarze*, jest systemem pomiarowo-informacyjnym, w którym informacja o czasie, pochodząca z centralnego (dla danej sieci) źródła, tzw. centrali czasu, jest przesyłana do urządzeń odbiorczych, przekazujących tę informację bezpośrednio jej użytkownikom. Przez pojęcie *użytkownicy informacji* należy rozumieć zarówno ludzi jak i wszelkiego rodzaju urządzenia automatyczne, o działaniu uzależnionym od czasu.

Istotną sprawą, zarówno dla użytkownika informacji, jak i dla systemu przekazywania sygnałów czasu, jest zakres informacji o czasie, przekazywanej użytkownikom i zakres tejże informacji zawartej w sygnale przesyłanym do urządzeń odbiorczych. Zakresy te nie muszą być identyczne. Pełna informacja o czasie, otrzymana przez użytkownika, może być sumą kilku informacji niepełnych, przekazanych mu z różnych źródeł lub różnymi drogami.

Informacja o czasie może być informacją o skali czasu, o rachubie czasu lub jednocześnie o skali i o rachubie czasu. Pierwsza informuje jedynie o upływie kolejnych, równych przedziałów czasu, druga określa chwilę przekazania informacji w odniesieniu do przyjętego punktu początkowego rachuby, wreszcie ostatnia łączy zakresy obu poprzednich, wyznaczając ściśle, w przyjętym systemie rachuby czasu, chwilę upływu kolejnych, równych przedziałów czasu.

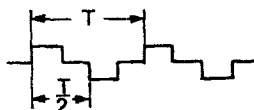
Najszersze i najbardziej wszechstronne zastosowanie praktyczne ma informacja o skali i rachubie czasu. Zakres zastosowań pozostałych rodzajów informacji o czasie jest na ogół ograniczony do ściśle określonych, wyspecjalizowanych zadań. Dlatego też informacja łączna przekazywana jest użytkownikom najczęściej. Ta też informacja z reguły przekazywana jest użytkownikom — ludziom. Wszystkie trzy zakresy mogą występować przy przekazywaniu informacji wewnątrz sieci czasu, z centrali czasu do urządzeń odbiorczych.

W lokalnych sieciach czasu o działaniu ciągłym*) regułą jest przekazywanie do urządzeń odbiorczych informacji o skali czasu, natomiast informacja o rachubie czasu może być przekazywana łącznie z informacją o skali czasu, bądź też odtwarzana dopiero w urządzeniu odbiorczym. O zastosowaniu jednego lub drugiego systemu decydują głównie względy techniczne lub techniczno-ekonomiczne.

Przekazanie do urządzenia odbiorczego określonego zakresu informacji o czasie wymaga zastosowania każdorazowo odpowiednich sygnałów, wysyłanych przez centralę czasu. Do przekazania informacji o skali czasu wystarczy dowolny, dostatecznie wyraźny, sygnał powtarzający się regularnie, w odstępach czasu równych jednostce realizowanej skali czasu. Jest rzeczą oczywistą, że dąży się przy tym do stosowania sygnałów możliwie prostych.

2. Charakterystyka głównych systemów przekazywania informacji w sieciach czasu

W powszechnie przyjętych systemach sieci czasu sygnałami przenoszącymi informację z centrali czasu do urządzenia odbiorczego są niemal wyłącznie impulsy elektryczne, z reguły prostokątne lub zbliżone do prostokątnych, przesyłane najczęściej drogą przewodową. Systemem tego typu jest np. przyjęty w Polsce jako podstawowy, elektryczny impulsowy system dystrybucji czasu (IDC) [5]. W systemie IDC podstawowymi sygnałami sterującymi są impulsy polaryzowane prądu stałego, o przebiegu prostokątnym i częstotliwościach $1/s$ i $1/min$. Okresy impulsów polaryzowanych wynoszą odpowiednio: $T_s = 2s$ i $T_{min} = 2min$ (rys. 1.).



Rys. 1. Przebieg impulsów polaryzowanych prostokątnych

Dwa kolejne impulsy, niezależnie od ich kierunku, wyznaczają jednostkę realizowanej skali czasu (równą $\frac{T}{2}$). Podstawą informacji o rachubie czasu jest zliczanie impulsów, poczynając od epoki ściśle wyznaczonej w przyjętej rachubie czasu. Zliczanie impulsów następuje bezpośrednio w urządzeniach odbiorczych, a wyznaczenie chwili początkowej zliczania i uzgodnienie jej z rachubą czasu musi być dokonane na podstawie dodatkowej informacji, przekazanej inną drogą. Przykładem może być wstępne nastawienie wskazań zegarów wtórnych według radiowego sygnału czasu. Można więc powiedzieć, że w systemach tego typu nośnikiem informacji o skali czasu jest częstotliwość sygnałów, zaś nośnikiem informacji o rachubie czasu — ich liczba przy niezależnym wyznaczeniu chwili początkowej.

Systemy opisanego typu odznaczają się prostotą formy sygnału i jego czytelnością oraz prostotą budowy i zasady działania urządzeń sterujących i odbiorczych. Natomiast ich istotną wadą jest to, że każde chwilowe zakłócenie w przekazywaniu sygnałów powoduje trwałe zniekształcenie informacji o rachubie czasu, przekazywanej przez urządzenie odbiorcze użytkownikom. Po ustaniu działania zakłócającego zniekształcenie informacji o rachubie czasu pozostaje, zachowując stałą różnicę w stosunku do informacji prawidłowej. Usunięcie zniekształcenia przekazywanej informacji wymaga interwencji obsługi konserwatorskiej. Na przykład zanik choćby tylko jednego impulsu sterującego powoduje odpowiednie opóźnienie wskazań zegarów wtórnych, które będą dalej działały, wskazując czas ze stałym błędem.

Trwałość zniekształcenia informacji o rachubie czasu, jako wynik chwilowego zakłócenia sygnału,

*) Przykładem przeciwnym mogą być systemy informacji o czasie działające nieregularnie (np. na żądanie) lub okresowo, przeznaczone do przekazywania wyłącznie informacji o rachubie czasu.

nie występuje w przypadku przekazywania do urządzeń odbiorczych informacji o rachubie czasu równocześnie z informacją o skali czasu. W dalszych rozważaniach pominięto istniejącą zawsze możliwość niepełnego wykorzystania przez urządzenie odbiorcze zawartych w sygnale informacji, ponieważ nie jest to charakterystyczne dla omawianych systemów. W przypadku przyjmowania przez urządzenie odbiorcze tylko informacji o skali czasu, sytuacja będzie identyczna jak opisana poprzednio.

Przy założeniu poprawnego działania samego urządzenia odbiorczego, informacja o rachubie czasu, przekazywana przez nie użytkownikom, będzie każdorazowo zgodna z informacją zawartą w odpowiednim sygnale, otrzymanym z centrali czasu, niezależnie od informacji przynoszonej przez sygnały sąsiednie. Dlatego też, w przypadku chwilowego zakłócenia sygnałów, informacja przekazana użytkownikowi w wyniku otrzymania sygnału zniekształconego, może bardzo znacznie odbiegać od prawidłowej. Jednakże otrzymanie kolejnego sygnału niosącego informację prawidłową, spowoduje, bez żadnych dodatkowych działań, przywrócenie przekazywania użytkownikom informacji prawidłowej. Niebezpieczeństwo stanowić może natomiast trudność wykrycia faktu chwilowych zakłóceń i stwierdzenie orzeczyny niewłaściwego działania użytkownika, wprowadzonego w błąd chwilową informacją fałszywą.

Do przekazania do urządzeń odbiorczych informacji o rachubie czasu konieczny jest sygnał, w którym zakodowana będzie odpowiednia, zmieniająca się z upływem czasu, informacja. W praktyce wypracowano te spełnia elektryczny system cyfrowy, gdzie nośnikiem informacji o czasie jest sekwencja impulsów lub stanów w określonym kodzie. Każda przesyłka informacji zawiera pełne dane odnośnie skali i rachuby czasu oraz dane kontrolne umożliwiające wykrycie w odbiorniku większości zniekształceń informacji powstałych na drodze nadajnik — odbiornik.

W większości przypadków urządzenia kontrolne odbiornika wykrywają przekłamania informacji. Na przykład w sieci czasu, złożonej z zegara pierwotnego wysyłającego informację o czasie w postaci cyfr i kilku cyfrowych zegarów wtórnych, fałszywa informacja może powodować m.in. wygaszenie wskaźników w zegarach wtórnych; pierwsza przesyłka informacji przychodząca bez zakłóceń powoduje wyświetlenie właściwego czasu.

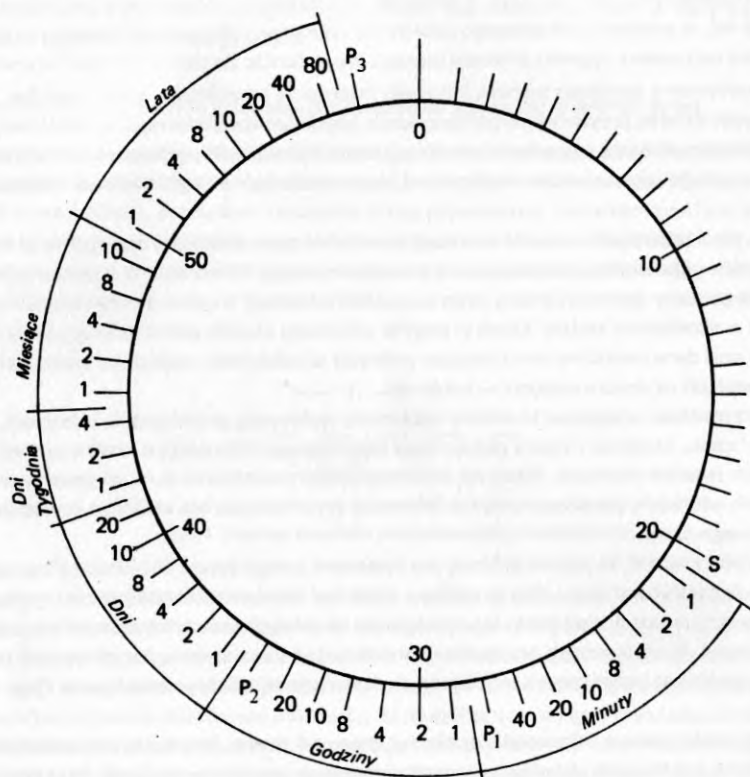
Oczywiście nie należy sądzić, że system cyfrowy jest systemem zastępującym dotychczas stosowany system impulsowy dystrybucji czasu. Oba te systemy mogą być stosowane niezależnie lub powiązane ze sobą w złożonych układach sieci czasu (np. występując na różnych liniach lub różnych stopniach tej samej sieci czasu). W konkretnych przypadkach wybór systemu uzależniony jest od potrzeb użytkowników informacji oraz technicznych możliwości zastosowania określonego rozwiązania i jego kosztów.

Cyfrowy system przekazywania informacji o czasie był znany od dawna, lecz dopiero powszechne zastosowanie w technice cyfrowych układów scalonych uczyniło go prostym w realizacji. Poza tym, dopóki sieci czasu były stosowane wyłącznie do przekazywania ludziom informacji za pośrednictwem zegarów wtórnych, nie było potrzeby wprowadzania systemu cyfrowego. Dopiero obecnie, gdy sieci czasu są coraz częściej bezpośrednio działającym elementem systemów rejestracji i przetwarzania danych oraz automatyki, a przy konstrukcji urządzeń dla tych systemów powszechnie stosuje się układy TTL, istnieją zarówno możliwości jak i potrzeba stosowania cyfrowego systemu dystrybucji czasu.

W RFN od 1973 r. działa sieć czasu, w której informacja o rachubie czasu (minuty, godziny, dni, tygodnie, miesiące, lata) przesyłana jest drogą radiową w postaci sygnałów cyfrowych w kodzie BCD.

W zastosowanym tam systemie, do przedstawienia stanów logicznych, posłużono się impulsami sekundowymi. Stanowi logicznemu 1 odpowiada impuls sekundowy o czasie trwania 0,2 s, a stanowi logicznemu 0 — impuls trwający 0,1 s. Dwudziesty impuls sekundowy ma zawsze przyporządkowaną wartość logiczną 1, czyli trwa 0,2 s i oznacza początek nadawania informacji (rys. 2). Impulsy sekundowe nr 28, 35 i 58 są impulsami kontrolnymi i uzupełniają do parzystej liczby impulsów o czasie trwania 0,2 s odpowiednio: impuls nr 28 — siedmiobitową informację o minutach, impuls nr 35 — sześciobito-

wą informację o godzinach, impuls nr 58 - pozostałą informację dwudziesto dwu bitową. Impuls sekundowy nr 59 nie jest wysyłany i oznacza koniec nadawania informacji. W minucie n jest wysyłana informacja o minucie $n+1$. W pamięci układu nadajnika odpowiednim miesiącom są przyporządkowane różne liczby dni z uwzględnieniem lat przestępnych, dlatego też układ w zasadzie nie wymaga korekcji.

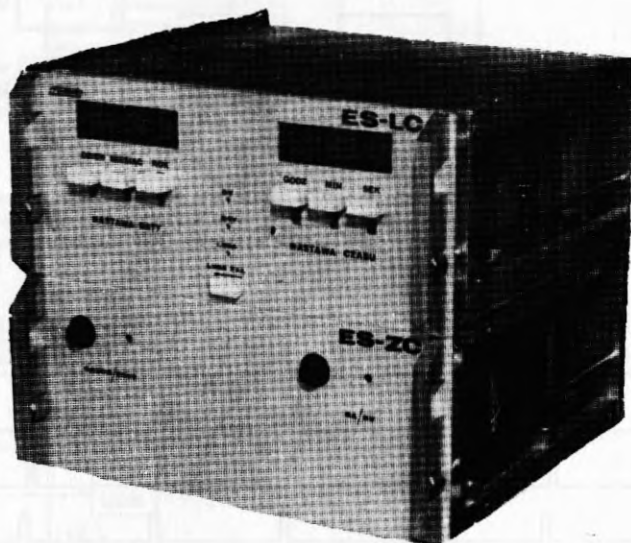


Rys. 2. Przyporządkowanie elementów informacji kolejnym impulsom według systemu DCF 77.

3. Krajowy system cyfrowy dystrybucji czasu

Prace nad cyfrowym systemem dystrybucji czasu podjęto również w Polsce. Wzięty w nich udział MERA-PIAP i OBRAUP MERA-POLTIK. Celem prac było rozszerzenie możliwości przyjętego w kraju systemu IDC przez stworzenie możliwości używania w sieci czasu sygnałów cyfrowych zawierających informację o rachubie czasu, niezależnie od sygnałów stosowanych dotychczas. Zadanie zrealizowano dokonując adaptacji centrali czasu Chronopuls ES. Centrala ta, wyposażona w jeden lub dwa zegary kwarcowe typu QS 3, zespoły kontrolno-sygnalizacyjne oraz bloki liniowe, była przeznaczona do sterowania urządzeń odbiorczych polaryzowanymi sygnałami prądu stałego, sekundowymi lub minutowymi. Adaptacja polegała na wyposażeniu centrali Chronopuls ES w dodatkowy, specjalnie opra-

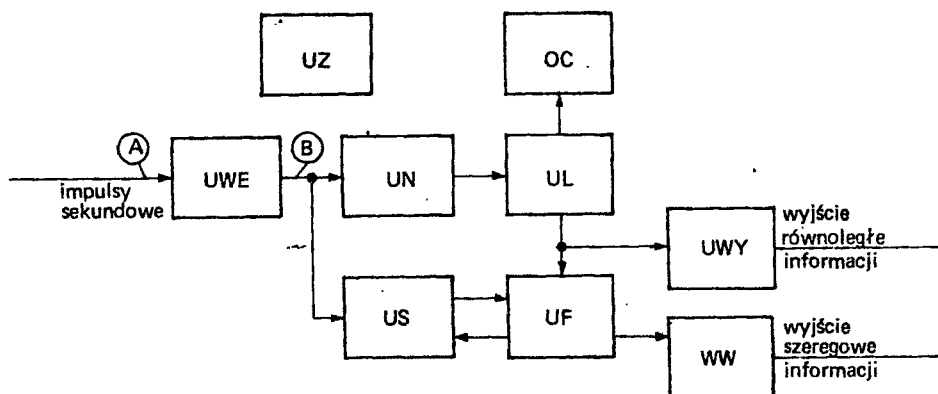
cowany zespół liniowy cyfrowy, którego zadaniem jest sterowanie liniami z cyfrowymi zegarami wtórnymi oraz zapewnienie współpracy centrali zegarowej z urządzeniami sterującymi i rejestrującymi, które wymagają sterowania współrzedną czasu w kodzie BCD. Blok realizuje zadanie oddzielenia galwanicznego linii od odbiorników. Informacja jest przesyłana z bloku cyfrowego liniowego do urządzeń odbiorczych po linii dwuprzewodowej, szeregowo, metodą start-stopową. Pełna informacja o rachubie czasu jest zawarta w sześciu przesyłkach podstawowych (bajtach) informacji i jest wysyłana w każdej jednostce czasu (sekundzie). Pojedyncza przesyłka zawiera w kolejności: bit startu, osiem bitów informacji, bit kontroli parzystości i dwa bity stopu, łącznie dwanaście elementów sygnału. W każdej przesyłce w bitach informacyjnych jest zakodowana informacja o dwóch cyfrach, przy czym pierwsza przesyłka zawiera informację o jednostkach i dziesiątkach sekund, a szósta — o jednostkach i dziesiątkach lat. Liniowy blok cyfrowy ma również standardowe wyjście TTL (układy z otwartym kolektorem na wyjściu) umożliwiające równoległe wyprowadzenie informacji o czasie, zapisanej w kodzie dwójkowo-dziesiętnym. Wyjście to jest przewidziane do sterowania urządzeń zainstalowanych w bezpośrednim sąsiedztwie centrali lub do współpracy z innymi blokami tej centrali, np. blokiem programowym. Na fotografii 1, przedstawiono prototyp liniowego zespołu cyfrowego. Jest on zbudowany z dwóch typowych bloków elektronicznej centrali zegarowej Chronopuls ES z określonym rozdziałem funkcji: blok zasilania i blok cyfrowy.



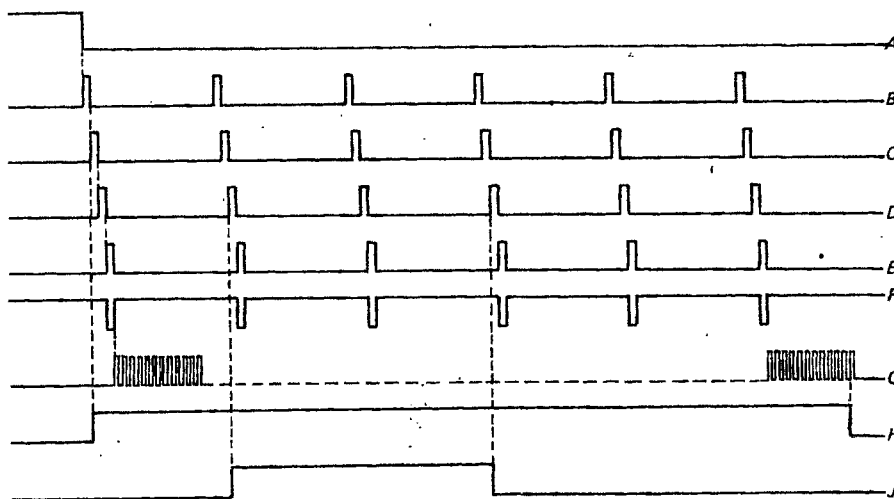
Fot. 1. Liniowy zespół cyfrowy centrali czasu Chronopuls ES.

Schemat blokowy, przedstawiony na rys. 3, objaśnia zasadę działania liniowego zespołu cyfrowego. Sygnałem sterującym liniowy blok cyfrowy jest ciąg impulsów sekundowych o poziomach TTL otrzymywanych z zegara pierwotnego centrali. W układzie wejściowym, w odpowiedzi na opadające zbocze impulsów sterujących (rys. 4, przebieg A), są generowane impulsy o bardzo krótkim czasie trwania (rys. 4, przebieg B). Impulsy te są podawane poprzez układ nastawy do układu liczącego, przy czym w trakcie normalnej pracy impulsy są podawane na pierwszy stopień liczący, a w przypadku ustawia-

nia daty lub czasu bezpośrednio na liczniki ustawianej wielkości (np. godzin), z pominięciem poprzednich stopni liczących (w danym przypadku sekund i minut). Na wyjściu układu liczącego otrzymujemy informację o dacie i czasie, zapisaną w kodzie równoległym BCD. Informacja ta jest podawana do układu formowania, gdzie następuje zmiana postaci informacji z równoległej na szeregową oraz formowanie jej w przesyłki. Zmianą postaci informacji oraz formowaniem przesyłek steruje układ US, uruchamiany każdorazowo impulsami sekundowymi z układu wejściowego. W każdej sekundzie jest wysyłana pełna informacja o dacie i czasie.



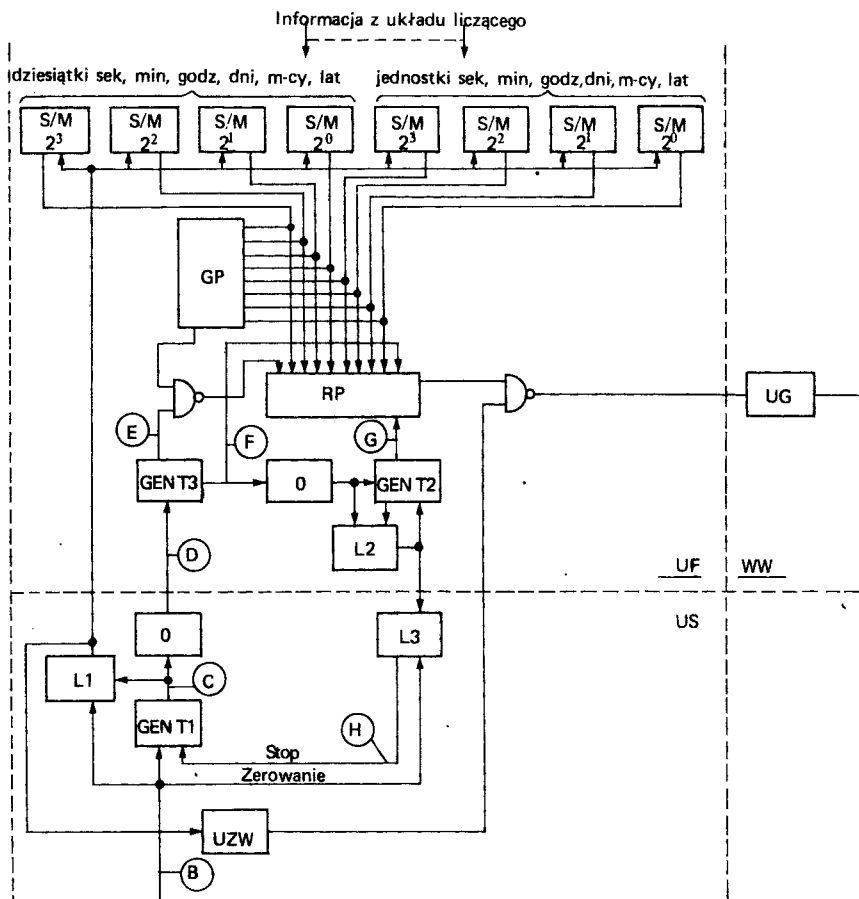
Rys. 3. Schemat blokowy liniowego zespołu cyfrowego: UZ — zasilacz 5 V, 5 A; OC — odczyt cyfrowy daty i czasu; UWE — układ wejściowy; UN — układ nastawy daty i czasu; UL — układ liczący; US — układ sterujący; UF — układ formowania przesyłek informacji; UWY — układ wyjściowy; WW — wzmacniacz wyjściowy



Rys. 4. Przebiegi czasowe sygnałów w wyznaczonych punktach układu

Liniowy blok cyfrowy wymaga comiesięcznej korekcji wskazań ze względu na różną liczbę dni w poszczególnych miesiącach. Korekcji automatycznej nie wprowadzono, gdyż zwiększyłoby to zarówno gabaryty urządzenia, jak i jego koszt, przy minimalnym zwiększeniu funkcjonalności bloku. Korekcja ręczna jest bardzo prosta.

Na rysunku 5 przedstawiono schemat ideowy układów: sterującego i formowania przesytek.



UF – układ formowania przesytek

US – układ sterujący

WW – wzmacniacz wyjściowy

S/M – sektor/multiplexer

O – opóźnienie

UG – układ realizujący galwaniczne oddzielenie linii od nadajnika

GP – generator parzystości

L3 – licznik przesytek

RP – rejestrator przesuwany

L1 – licznik adresowy

GEN T3 – generator impulsów startu

GEN T1 – generator taktujący T1

O – opóźnienie

UZW – układ realizujący zakaz wysyłania przesytek

GEN T2 – generator taktujący T2

L2 – licznik do 11

B C D E F G H – przebiegi wg rys. 4.

Rys. 5. Schemat ideowy układów: sterującego i formowania przesytek

Jak już powiedziano wyżej, sygnał z układu wejściowego jest podawany do układu liczącego, na którego wyjściu otrzymuje się informację o rachubie czasu w kodzie równoległym BCD oraz do układu logicznego sterującego formowaniem tej informacji w przesyłki. W układzie sterującym sygnał powoduje wyzerowanie licznika przesyłek oraz licznika adresowego, a także uruchomienie generatora taktującego T1 (rys. 4, przebieg C). Impulsy z generatora są zliczane w liczniku adresowym. Adres z wyjścia tego licznika jest podawany na selektory/multiplesery układu formującego. W tym czasie na wejściach informacyjnych selektorów multipleserów znajduje się już informacja z układu liczącego. W układzie formowania, ze względu na przyjętą metodę nadawania, informację zapisaną w kodzie równoległym BCD należy zamienić na informację szeregowo-równoległą. Dzięki temu do rejestru przesuwanego są podawane kolejno, w takt impulsów z generatora układu sterującego, sygnały mówiące o jednostkach i dziesiątkach sekund, minut, godzin, dni, miesięcy i lat. Aby zrealizować tę zmianę informacji, selektory/multiplesery układu formowania zostały podzielone na dwie grupy. Na wejścia informacyjne pierwszej grupy przychodzi informacja o jednostkach sekund, minut, godzin, dni, miesiący i lat, przy czym na dany selektor są podawane bity o tej samej wadze sześciu wyżej wymienionych cyfr. Analogicznie na wejścia informacyjne drugiej grupy selektorów/multipleserów jest podawana informacja o dziesiątkach sekund, minut, godzin, dni, miesięcy i lat w identycznym porządku jak dla grupy pierwszej. O tym, z którego wejścia informacja jest aktualnie przekazywana do rejestru przesuwanego decyduje adres z licznika adresowego. Gdy na wejściach równoległych rejestru przesuwanego znajduje się informacja o danych dwóch cyfrach, impuls z generatora impulsów startu powoduje jej wpisanie (rys. 4, przebieg E) do rejestru oraz uruchomienie generatora taktującego T2 (rys. 4, przebieg G). Zgodnie z impulsami taktującymi T2 informacja jest przesuwana w rejestrze i przekazywana do wzmacniacza wyjściowego. Impulsy taktujące są zliczane do 11 przez licznik, który po zakończeniu wysyłania pojedynczej przesyłki informacji blokuje generator taktujący T2. Ten proces powtarza się sześciokrotnie. Po wysłaniu szóstej przesyłki informacji licznik przesyłek (rys. 4, przebieg H) powoduje zablokowanie generatora T1 aż do przyjęcia na układ wejściowy następnego impulsu sekundo-owego. W układzie istnieje możliwość wysyłania tylko części informacji np. tylko informacji o minutach i godzinach. W tym przypadku układ zakazu wysyłania informacji blokuje nadajnik na czas wysyłania pierwszej, czwartej, piątej i szóstej przesyłki (rys. 4, przebieg I). Cały proces wysyłania pełnej informacji o czasie trwa nie więcej niż 70 ms, co stanowi mniej niż 1/10 podstawowej jednostki czasu (sekundy).

Opracowanie cyfrowego systemu dystrybucji czasu jest dużym krokiem naprzód na drodze wykorzystania możliwości technicznych, jakie stworzyła elektronizacja elementów sieci czasu. Jednocześnie zostały w nim w pełni wykorzystane zalety blokowej budowy central Chronopuls. Forma niezależnych bloków cyfrowych pozwala na tworzenie w jednej sieci czasu dowolnych kombinacji linii cyfrowych i klasycznych, a tym samym na pełne wykorzystanie zalet obu systemów, w zależności od każdorazowych potrzeb. Dalszy rozwój sieci czasu będzie zależał głównie od zapewnienia odpowiednio szerokiego asortymentu różnorodnych urządzeń odbiorczych, przystosowanych do impulsowego, bądź też do cyfrowego systemu sterowania.

Literatura

- [1] Becker G., Hetzel P.: Kodiert Zeitinformation über den Zeitmarken — und Normalfrequenzsender DCF 77. Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Chronometrie E.V. 24, 1973.

- [2] Hetzel P.: Die technischen Einrichtungen zur Steuerung des Zeitsignal — und Normalfrequenzsenders DCF 77. Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Chronometrie E.V. nr 27, 1976.
- [3] Masłocha S.: Urządzenia sieci czasu POLMATIK-METROCHRON. Pomiary, Automatyka, Kontrola, nr 6, 1979.
- [4] PN-66/N-02051. Metrologia. Metrologia czasu (Chronometria). Nazwy i określenia.
- [5] PN-71/M-54630. Krajowy System Automatyki i Pomiarów. Elektryczny system impulsowy dystrybucji czasu. Podstawowe parametry.
- [6] Schlegel M.: Ein Versuch mit kodierter Zeitübertragung über UKW — Rundfunksender. Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Chronometrie E.V. 28, 1977.
- [7] Szpolanskij W.A.: Chronometrija. Maszynostrojenije, Moskwa 1974.
- [8] Wonnay J.R.: Die kodierte Zeitübertragung nach DCF 77. Jahrbuch der deutschen Gesellschaft für Chronometrie E.V. 26, 1976.
- [9] Zakrzewski A.: Urządzenia sieci czasu POLMATIK-METROCHRON, Pomiary, Automatyka, Kontrola. nr 11, 1975.
- [10] Zakrzewski A.: Problematyka sieci czasu na tle światowego stanu tej dziedziny w zakresie teorii i praktyki. Biuletyn MERA-PIAP, nr 2(59), 1976.