

Automatinis stroboskopinis keitiklis

V. Kvedaras, R. Kvedaras, V. Zaveckas

Elektronikos fakultetas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Naugarduko g. 41, LT-03227, Vilnius, Lietuva, tel. +370 5 2744761, el. p. vygaudas.kvedaras@el.vtu.lt

Ivadas

Moksliniams tyrimams, sparčiųjų integrinių grandynų parametrus matuoti gamybos procese plačiai naudojami įvairūs stroboskopiniai keitikliai [1]. Kuriant automatizuotas matavimo sistemas, reikalingi automatiniai stroboskopiniai keitikliai, patys sinchronizuojantys keitiklį, nustatantys reikiamą tiriamojo laiko intervalo trukmę pakeistu laiko masteliu ir išmatuojantys šio signalo laiko parametrus. Labai aukštų dažnių dažniamačiuose naudojami automatinės sinchronizacijos keitikliai, analogiški stroboskopiniams keitikliams [2]. Tačiau šie keitikliai skirti aukštadažnio, artimo sinusiniam, signalo dažniui keisti ir išmatuoti. Darbuose [3 – 4] pasiūlytos keitiklių schemas leidžia sukurti automatinės sinchronizacijos stroboskopinius oscilografus, kuriais galima tyrinėti impulsinius signalus ir matuoti jų laiko parametrus. Tačiau tyrinėjant trumpus, palyginti žemo pasikartojančio dažnio impulsinius signalus, padidėja matavimų trukmė ir reikalavimai įėjimo signalo dažnio stabilumui, sumažėja matavimų tikslumas. Kai tiriamojo laiko intervalo trukmė yra t_{IN} , signalo pasikartojimo dažnis f_{IN} , o nustatyta tiriamojo intervalo vertė keitiklio išėjime T_{IS} , tada signalo pasikartojimo dažnis keitiklio išėjime

$$F_{IS} = \frac{T_{IS}}{t_{IN}} f_{IN}. \quad (1)$$

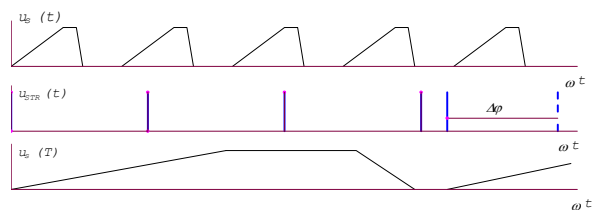
Kai $f_{IN} = 1$ MHz, $t_{IN} = 1$ ns, $T_{IS} = 1$ ms, gauname, kad $F_{IS} = 1$ Hz, o tai labai mažas dydis ir matavimo trukmė labai pailgėja, matavimas būna nestabilus, nes per tokį ilgą laiko tarpą gali pakisti įėjimo signalo ar stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažniai.

Darbe [5] pateikta automatinio stroboskopinio oscilografo schema leidžia padidinti matavimų tikslumą, sumažinti reikalavimus įėjimo signalo dažnio stabilumui ir gerokai sutrumpinti analizės trukmę. Schema įgalina įvertinti matuojamojo laiko intervalo trukmę ir pasibaigus tiriamajam laiko intervalui keitiklio išėjime, reikiamu kampu pakeisti stroboskopinio impulso fazę. Tada galima vėl pradėti keisti tiriamojo laiko intervalo laiko mastelį nuo jo pradžios (1 pav.). Šios priemonės leidžia sumažinti tiriamojo signalo pakeistu laiko masteliu dažnį, kuris tampa lygus

$$F_{IS} \approx \frac{1}{K_A T_{IS}}; \quad (2)$$

čia $K_A = (2...3)$ – atsargos koeficientas, užtikrinantis, kad keitiklis keistų pakankamą tiriamojo signalo dalį.

Išėjimo signalo dažnis tampa $F_{IS} \approx 300...500$ Hz, o tai leidžia sumažinti reikalavimus įėjimo signalo ir stroboskopinių impulsų dažnių stabilumui. Tačiau tokio oscilografo schema yra gana sudėtinga.



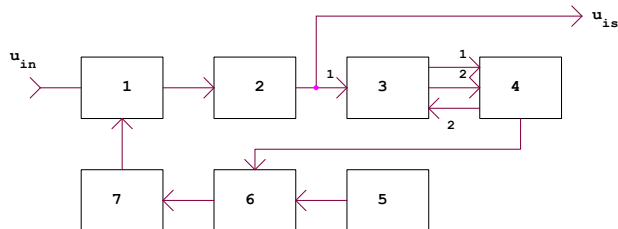
1 pav. Stroboskopinių impulsų fazės keitimo įtaka keitiklio išėjimo signalo pasikartojimo periodui

Šis darbas skirtas naujai, paprastesnei automatinio stroboskopinio keitiklio schemai sukurti ir iširti.

Keitiklio schema

Sukurta nauja automatinio stroboskopinio keitiklio schema, kurioje panaudoti mikroprocesorius ir kodu valdomas generatorius, pateikta 2 pav. Keitiklis veikia taip.

Kai keitiklio įėjime nėra įėjimo signalo arba stroboskopinių impulsų generatoriaus 7 generuojamų stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnis gerokai skiriasi nuo įėjimo signalo dažnio, stiprintuvo 2 išėjime



2 pav. Automatiškai sinchronizuojantis stroboskopinis keitiklis: 1 – stroboskopinis maišiklis, 2 – stiprintuvas, 3 – laiko normalizavimo blokas, 4 – mikroprocesorius, 5 – kvarcinis generatorius, 6 – kodu valdomas generatorius, 7 – stroboskopinių impulsų generatorius

nėra tiriamojo signalo pakeistu laiko masteliu. Tada laiko normalizavimo bloko 3 išėjime 1 generuojamas „log.0“ lygis, kuris perduodamas į mikroprocesoriaus 4 pirmąjį

įėjimą. Mikroprocesorius 4 įjungia sinchronizacijos paiešką ir į kodu valdomą generatorių 6 perduoda kodą, nustatantį generatorių 6 dažniui keisti. Po to mikroprocesorius 4 į generatorių 6 perduoda mažiausios dažnio vertės kodą ir jį nuosekliai didina. Įsijungus sinchronizacijos paieškai, įėjimo signalo ir stroboskopinio impulso, kuriuos formuoja stroboskopinių impulsų generatorius 7, tarpusavio padėtis yra atsitiktinė, o stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnis lygus generatoriaus 6 signalų pasikartojimo dažniui. Kintant iš mikroprocesoriaus 4 perduodamam kodui, kinta generatoriaus 6, o kartu ir stroboskopinių impulsų generatoriaus 7 generuojamų išėjimo signalų pasikartojimo dažnis. Dažnio kitimo žingsnis ir jo keitimo greitis yra parinkti taip, kad nustatant sinchronizaciją nebūtų „peršokama“ dažnių sritis, kurioje tenkinamos keitiklio sinchronizacijos sąlygos.

Nuosekliai didėdamas stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnis pasiekia tokį dydį, kai yra tenkinamos sinchronizacijos sąlygos ir keitiklio išėjime atsiranda tiriamasis signalas pakeistu laiko masteliu.

Atsiradus stiprintuvo 2 išėjimo signalui, blokas 3 generuoja „log.l“ lygį savo išėjime 1, kuris perjungia keitiklį iš sinchronizacijos paieškos į laiko intervalo normalizavimo režimą. Normalizavimo režimo metu kodas, perduodamas į generatorių 6, keičiamas gerokai mažesniu žingsniu taip, kad generatorių 6 ir 7 išėjimo signalų pasikartojimo dažniai būtų tokie, kuriems esant matuojamojo laiko intervalo trukmė taps lygi nustatytai (normalizuotai) trukmei T_i , o bloko 3 antrame išėjime bus gautas „log.l“ lygis. Nustatytas stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnio kodas n_{STR1} yra išimamas mikroprocesoriuje 4. Iš mikroprocesoriaus 4 į bloką 3 (2 įėjimą) perduodamas „log.l“ lygis. Bloke 3 du kartus padidinama nustatytos (normalizuotos) pakeisto tiriamojo laiko intervalo trukmės vertė ($2T_i$). Generatorių 6 ir 7 signalų pasikartojimo dažnis keičiamas taip, kad antrame bloko 3 išėjime vėl būtų generuotas „log.l“ lygis. Išimamas naujas nustatyto dažnio kodas n_{STR2} . Pagal dvi nustatytas generatoriaus 6 dažnių kodų vertes randama matuojamo intervalo trukmė:

$$N_i = \frac{2T_i(n_{STR1} - n_{STR2})}{n_{STR1}}; \quad (3)$$

čia T_i – nustatytos vertės (normalizuotoji) matuojamojo intervalo trukmė keitiklio išėjime, n_{STR1} , n_{STR2} – nustatytų stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnių kodai, kai keitiklio išėjime matuojamojo laiko intervalų trukmės lygios T_i ir $2T_i$.

Kai į keitiklio įėjimą yra perduodami palyginti žemo pasikartojimo dažnio ir trumpos trukmės impulsai, kaip matyti iš (1), pakeisto mastelio signalų pasikartojimo dažnis bus labai žemas (gali siekti vienetus ar dalis herco). Dėl to gali neleistinai pailgėti signalų analizės ir matavimo trukmės, padidėti matavimų paklaidos. To išvengiama naudojant generatoriaus 6 (pvz., AD9831, AD9861 ir pan.) galimybę kodu keisti generuojamo signalo fazę. Pagal nustatytus generatoriaus 6 signalų pasikartojimo dažnių kodus ir apskaičiuotą matuojamą trukmę apskaičiuojama reikiamo fazės posūkio kampo kodų vertė. Jos kodas perduodamas į generatorių 6 ir keičiama išėjimo signalo, o

kartu ir stroboskopinio impulso padėtis tiriamojo signalo atžvilgiu. Tai leidžia vėl pradėti keisti tiriamojo laiko intervalo mastelį iš pradžių (1 pav.). Taigi pauzės tarp dviejų tiriamųjų laiko intervalų mastelis nekeičiamas, kur kas dažniau matuojama tiriamojo laiko intervalo trukmė ir koreguojamas generatoriaus 6 dažnis, sumažėja matavimo paklaidos, keitiklio išėjime gaunamas aukštesnio pasikartojimo dažnio pakeisto mastelio tiriamasis laiko intervalas, jis stabilėsnis.

Kaip matyti, naudojant mikroprocesoriaus valdomą generatorių gerokai supaprastėja automatinio stroboskopinio keitiklio schema.

Keitiklio darbo analizė sinchronizacijos nustatymo metu

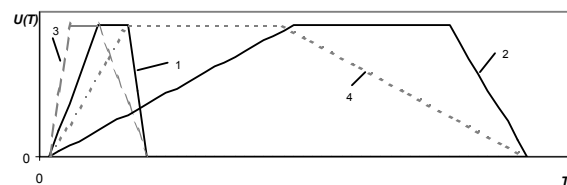
Keitiklis vykdyd automatinę sinchronizaciją visame įėjimo signalų pasikartojimo dažnių diapazone tada, kai stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnį galima keisti oktavos ribose, o jų dažnio kitimo greitis neviršys nustatyto dydžio [3].

Nuosekliai keičiant generatoriaus 6 dažnį nuo mažiausios jo vertės, signalo pakeistu laiko masteliu keitiklio išėjime nebus tol, kol nebus įvykdyta sąlyga

$$f_{IN} / m - f_{STR} < F_{Smaks}, \quad (4)$$

kur $m = 1, 2, 3, \dots$, F_{Smaks} – maksimalus dažnių skirtumas, kuriam esant blokas 3 dar išskiria tiriamąjį laiko intervalą. Toliau didinant generatoriaus 6 dažnį, pakeistas signalas keitiklio išėjime bus (3 pav.). Kai bus įvykdyta sąlyga

$$f_{IN} / m - f_{STR} < F_{Smin} < f_{STR} - f_{IN} / m, \quad (5)$$



3 pav. Keitiklio išėjimo signalo vaizdas, keičiant stroboskopinių impulsų dažnį: 1, 2 – kai $f_{IN} > f_{STR}$ (tiesioginis keitimas); 3, 4 – kai $f_{IN} < f_{STR}$ (atgalinis keitimas); 1, 3 – kai $F_s = F_{Smaks}$; 2, 4 – kai $F_s = F_{Smin}$

keitiklio išėjime signalo nebebus. Po to, iki bus įvykdyta sąlyga

$$f_{STR} - f_{IN} / m < F_{Smaks}, \quad (6)$$

laiko mastelis bus keičiamas atvirkščiai.

Sunkiausios sąlygos sinchronizacijos paieškai esti tada, kai įėjimo signalo dažnio f_{INmin} ir trukmės t_{Imin} vertės yra mažiausios galimos tokiam keitikliui.

Tarkim, kad keitiklio stiprintuvo 2 išėjime dar galima užfiksuoti išėjimo signalą, kada stroboskopinis impulsas p kartų sutampa su tiriamojo impulso akimirkinėmis vertėmis. Tada maksimalus stroboskopinis žingsnis

$$\Delta t_{maks} = \frac{t_{INmin}}{p}. \quad (7)$$

Kita vertus,

$$\Delta t_{maks} = \frac{f_{s \min} - f_{STR \min}}{f_{STR \min}^2} = \frac{\Delta F_{maks}}{f_{STR \min}^2}. \quad (8)$$

Iš (7) ir (8) gauname:

$$\Delta F_{maks} = 2\Delta t_{maks} f_{STR \min}^2 = \frac{2t_{IN \min} f_{STR \min}^2}{p}. \quad (9)$$

Maksimalus perderinimo žingsnis (9) padidintas du kartus, nes signalas keitiklio išėjime gaunamas, kai $f_s > f_{STR}$ (laiko mastelis keičiamas tiesiogiai) ir kai $f_s < f_{STR}$ (laiko mastelis keičiamas atvirkščiai) (3pav.).

Tarus, kad $f_{s \min} = 1$ MHz, $t_{IN \min} = 1$ ns, $p = 10$, gaunama $\Delta F_{maks} = 200$ Hz. Visų įėjimo signalų galimų pasikartojimo dažnių sinchronizacija užtikrinama, kai f_{STR} keičiama nuo 1 iki 2 MHz, o generatorius 6 perderinamas 200 Hz žingsniu bei nustatoma 5000 skirtingų stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnių verčių. Įėjimo signalų pasikartojimo dažniai f_{IN} gali būti bet kokie keitiklio darbo dažnių diapazone. Todėl visiškai galimi atvejai, kai f_{IN} labai mažai skirsis nuo nustatyto paieškos metu generatoriaus 6 signalų pasikartojimo dažnio f_{STR} , arba įėjimo signalų f_{IN} ir generatoriaus 6 signalų pasikartojimo dažnių vertės tenkins sąlygą (5). Tokiais atvejais transformacijos koeficientas taps labai didelės vertės ir gali tekti labai ilgai laukti, kol keitiklio išėjime atsiras pakeistas signalas arba signalo išvis nebus. Tariame, kad šių dažnių skirtumo vertė $\pm F_{\min}$ yra ribinė, o keitiklio sinchronizacija zonoje tarp $+F_{\min}$ ir $-F_{\min}$ gaunama generatoriaus 6 dažnį nustačius gretimų verčių $f_{(i-1)STR}$ ar $f_{(i+1)STR}$. Tada automatinė sinchronizacija visame tiriamųjų signalų pasikartojimo dažnių diapazone įvyks, kai

$$\Delta F_{maks} = \Delta t_{maks} f_{STR \min}^2 = \frac{t_{i \min} f_{STR \min}^2}{p}. \quad (10)$$

Minimali reikalinga skirtuminio dažnio išlaikymo trukmė lygi $2/\Delta F_{maks}$ (pusę diapazono apima nustatytas f_{iSTR} , kitą pusę $-f_{(i-1)STR}$ ar $f_{(i+1)STR}$), o maksimali kiekvieno nustatyto generatoriaus 6 dažnio išlaikymo trukmė

$$T_{i\delta} = \frac{2}{\Delta F_{maks}} = \frac{2p}{t_{i \min} f_{STR \min}^2}. \quad (11)$$

Tada, esant anksčiau nurodytoms įėjimo signalo vertėms gaunama $T_{i\delta} = 20$ ms. Įvertinus tai, kad šiuo atveju reikia perrinkti 10^4 skirtingų stroboskopinių impulsų dažnių, blogiausiu atveju gaunama automatinės sinchronizacijos nustatymo trukmė (mažiausi galimi įėjimo signalo pasikartojimo dažnis ir trukmė bei nepalankiausia pradinė įėjimo impulsų ir stroboskopinių impulsų tarpusavio padėtis)

$$T_{sin maks} = T_{i\delta} \frac{f_{STRd}}{\Delta F_{maks}} = \frac{2p^2 f_{STRd}}{t_{i \min}^2 f_{STR \min}^4}; \quad (12)$$

čia f_{STRd} – stroboskopinių impulsų perderinimo diapazonas.

Jeigu $f_{STRd} = f_{STR \min}$,

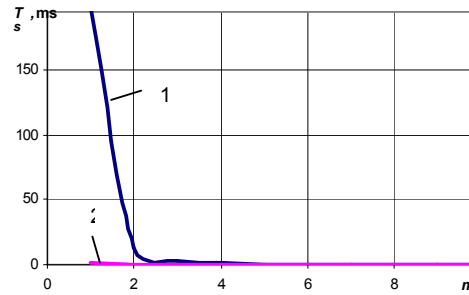
$$T_{sin maks} = \frac{2p^2}{t_{IN \min}^2 f_{STR \min}^3}. \quad (13)$$

Nagrinėjamu atveju gaunama $T_{sin maks} = 200$ s (4 pav.), o tai yra nepriimtina. Darbe [1] parodyta, kad, nustačius m kartų aukštesnį stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnį, stroboskopiniai keitikliai veikia dažninių imčių režimu. Šiuo atveju perdavus į įėjimą signalą, kurio pasikartojimo dažnis $f_{s \min}$, ir stroboskopinius impulsus, kurių dažnis $m f_{STR}$, ir $f_{s \min} \approx f_{STR}$, keitiklio išėjime gaunamas pakeistas signalas, kurio pasikartojimo dažnis toks, lyg įėjimo signalo pasikartojimo dažnis būtų $m f_{s \min}$. Tada iš (13) gauname:

$$T_{sin maks} = \frac{2p^2 f_{STRd}}{t_{i \min}^2 (m f_{STR \min})^3}. \quad (14)$$

Mūsų nagrinėtu atveju laikant, kad $m = 5$, t. y. nustačius sinchronizacijos metu stroboskopinių impulsų dažnį, keičiamą nuo 5 iki 6 MHz, automatinės sinchronizacijos trukmė $T_{sin maks} \leq 0,32$ s. Tai visiškai priimtinas dydis. Reikia pažymėti, kad perėjus į dažninių imčių režimą kyla nemaža problemų (mažėjant įėjimo signalų pasikartojimo dažniams f_s , mažėja keitiklio perdavimo koeficientas ir kt.), bet jos yra techniškai išsprendžiamos.

Automatinės sinchronizacijos paieška baigiama ir keitiklis pereina į sekimo režimą, kai keitiklio išėjime gaunamas įėjimo signalas pakeistu laiko masteliu. Darbo šiuo režimu metu matuojamas laiko intervalas keitiklio išėjime nustatomas lygus nustatytai trukmei ir matuojamas šis laiko intervalas.



4 pav. Maksimalios sinchronizacijos trukmės priklausomybė nuo stroboskopinių impulsų dažnio koeficiento m : 1 – kada įėjimo signalo pasikartojimo dažnis $f_{IN} = 1$ MHz; 2 – $f_{IN} = 50$ MHz

Keitiklio darbo analizė sekimo režimu

Sekimo režimu generatoriaus 6 išėjimo signalo pasikartojimo dažnis keičiamas taip, kad matuojamojo laiko intervalo trukmė pakeistu laiko masteliu taptų lygi pirmajai arba antrajai nustatytoms trukmėms. Kai generatorius 6 valdomas mikroprocesoriaus 4 kodu, jo dažnis keičiamas tam tikro dydžio žingsniais.

Kaip žinoma iš anksčiau nustatytų reikalavimų, esant mažiausios trukmės ir mažiausios galimos vertės pasikartojimo dažnio tiriamajam laiko intervalui, nustatomas mažiausios vertės skirtumas tarp įėjimo signalo

ir stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnių. Šiam atveju stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnio pakeitimas mažiausiu žingsniu sukels didžiausią laiko intervalų matavimo paklaidą.

Kai normalizuota laiko intervalo trukmė pakeistu masteliu yra lygi T_i , tada keitiklyje bus nustatytas toks stroboskopinių impulsų dažnis (tiriamąo signalo pasikartojimo dažnis pakeistu laiko masteliu), kad skirtumas tarp jų ir tiriamąo signalo pasikartojimo dažnio būtų lygus

$$F_{sk\ min} = \frac{f_{STR\ min}}{q} = \frac{t_{i\ min} f_{STR\ min}}{T_i}, \quad (15)$$

kur q – laiko mastelio transformacijos koeficientas.

Laikant, kad $T_i = 100 \mu s$, gaunama $F_{sk\ min} = 10$ Hz. Jeigu generatoriaus 6 (pvz., naudojant AD9861 tipo generatorių) perderinimo žingsnis 0,005 Hz, tai laiko mastelio nustatymo paklaida dėl dažnio nustatymo diskretiškumo bus $\pm 0,025 \%$ ir tokie generatoriaus dažnio nustatymo žingsniai yra priimtini. Buvo pagamintas ir iširtas tokio stroboskopinio keitiklio maketas. Maketas leido iki 10 kartų sutrumpinti laiko intervalų analizės trukmę. Nustatyta, kad reikalavimai tiriamąo signalo dažnio stabilumui, panaudojus sukurtą schemą, gerokai sumažėjo (nuo reikalaujamo santykinio dažnio nestabilumo 10^{-7} paprastiems automatiniams keitikliams iki 10^{-4} pasiūlytam keitikliui).

Išvados

1. Sukurtas stroboskopinis automatiškai sinchronizuojantis ir laiko mastelius nustatantis keitiklis, kuriuo

V. Kvedaras, R. Kvedaras, V. Zaveckas. Automatinis stroboskopinis keitiklis // Elektronika ir elektrotechnika.– Kaunas: Technologija, 2005. – Nr. 6(62).– P. 37–40.

Daugumai šiandieninių matavimų reikalingi automatiniai stroboskopiniai keitikliai, be operatoriaus pagalbos atliekantys automatinę sinchronizaciją, išmatuojantys tiriamąo laiko intervalo trukmę ir keitiklio išėjime tiriamąjį laiko intervalą nustatantys reikiamos trukmės. Darbe nagrinėjama sukurto automatinio keitiklio su valdomu generatoriumi schema. Generatoriaus išėjimo signalo pasikartojimo dažniai ir fazės keičiami kodu. Kodu keičiant valdomo generatoriaus, o kartu ir stroboskopinių impulsų pasikartojimo dažnį, vyksta keitiklio automatinė sinchronizacija ir nustatoma reikiama tiriamąo laiko intervalo trukmė, o pakeičiant generatoriaus išėjimo signalo fazę, pauzės tarp dviejų tiriamųjų laiko intervalų laiko mastelis nekeičiamas. Šie ypatumai leidžia keitikliu tirti didelės skverbties periodinius signalus. Nustatyti reikalavimai generatoriaus perderinimo žingsniui sinchronizavimo ir sekimo režimais. Il. 4, bibl. 5 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

V. Kvedaras, R. Kvedaras, V. Zaveckas. The Automatic Sampling Converter // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2005.– No. 6(62).– P. 37–40.

For today's measurement automatic sampling converters, without the help of the operator providing the automatic synchronization, measuring duration of a researched time interval and on an output of the converter duration of a researched interval of the set length are necessary. The circuit of the developed automatic converter using the controlled generator with a code by controlled frequencies and phases is investigated. By means of a code changing frequencies of the generator signal, and thus and sampling pulses, automatic synchronization and the set duration of a researched time interval is carried out, and having changed a phase of a target signal of the generator, the time scale of a pause between two researched time intervals will not be transformed. Requirements to a step of reorganization of frequency of recurrence sampling pulses in modes of search of synchronization and tracking are established. Il. 4, bibl. 5 (in Lithuanian; summaries in Lithuanian, English, and Russian.).

V. Кведарас, Р. Кведарас, В. Завяцкас. Автоматический стробоскопический преобразователь // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2005. – № 6(62). – С. 37–40.

Для сегодняшних измерений необходимы автоматические стробоскопические преобразователи, без помощи оператора обеспечивающие автоматическую синхронизацию, измеряющие длительность исследуемого временного интервала и на выходе преобразователя длительность исследуемого интервала заданной длины. В работе рассматривается схема разработанного преобразователя, использующая управляемый генератор, позволяющий кодом менять частоту и фазу выходного сигнала. При помощи кода изменяя частоты повторения генератора, а тем самым и стробимпульсов, осуществляется автоматическая синхронизация и заданная длительность исследуемого временного интервала, а изменив фазу выходного сигнала генератора, не преобразуется временной масштаб паузы между двумя исследуемыми временными интервалами. Установлены требования шагу перестройки частоты повторения стробимпульсов в режимах поиска синхронизации и слежения. Ил. 4, библи. 6 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).

galima matuoti palyginti žemų pasikartojimo dažnių ir mažų trukmių laiko intervalus. Sukurta schema leidžia nekeisti pauzės tarp dviejų impulsų laiko mastelio (t. y. „praleisti“ pauzę).

2. Naudojant mikroprocesorius ir kodu valdomus generatorius sukurta nauja automatiškai sinchronizuojančio keitiklio schema. Kodu valdomi generatoriai, leidžiantys kodu keisti išėjimo signalo pasikartojimo dažnį ir fazę, įgalino gerokai supaprastinti keitiklio schemą. Sukurtoje schemoje matuojama laiko intervalo vertė nustatoma mikroprocesoriuje, į jį perdavus tik loginius valdymo signalus. Sukurtoje schemoje galima atlikti paspartintą sinchronizacijos paiešką, pereinant į dažniųjų imčių darbo režimą paieškos metu.

Literatūra

1. **Найденев А.И.** Трансформация спектра наносекундных импульсов.– Москва: Сов.радио.– 1972.
2. **Short B.R., Grisell T.L., Cristal E.G.** Broadband fundamental frequency synthesis from 2 to 20 GHz – design of frequency synthesis subsystem in HP's 8370 and 70340 Series microwave signal generators // Hewlett-Packard Journal.– April 1993.
3. **Kvedaras V., Naidionov A.** Apie automatiškai stroboskopinių laiko intervalų matavimų sintezę // Radijo matavimai: VI moksl.-techn. konferencijos darbai.– Kaunas, 1975.–T.3.
4. **А.с. № 521521 (СССР)**Стробоскопический измеритель временных интервалов. /В. Кведарас, А. Найденев.
5. **А.с. № 1427999 (СССР)** Стробоскопический осциллограф. /В. Кведарас, Г. Лукшис.

Pateikta spaudai 2005 01 24