

ПІДВИЩЕННЯ ЧАСТОТИ ВИХІДНИХ КОЛИВАНЬ ІНТЕГРАЛЬНИХ СИНТЕЗАТОРІВ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗУ

*Коцержинський Б. О., д.т.н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна*

Фірма «Analog Devices» — всесвітньо відома фірма по виробництву інтегральних синтезаторів прямого цифрового синтезу (ІСПЦС), яка підвищила їх тактову частоту до 2.5 ГГц, у паспортних даних своїх синтезаторів вказує також приклади їх можливого застосування. Серед них для перенесення спектра вихідного сигналу на більш високі частоти фірма пропонує такі способи:

- 1) вставити ІСПЦС у синтезатори з фазовим автопідстроюванням частоти (ФАПЧ),
- 2) перенести спектр на вищі частоти за рахунок змішування частот та квадратурного перетворення,
- 3) використати одне із зображень спектра (рис.1) за допомогою смугового фільтра та підсилювача.

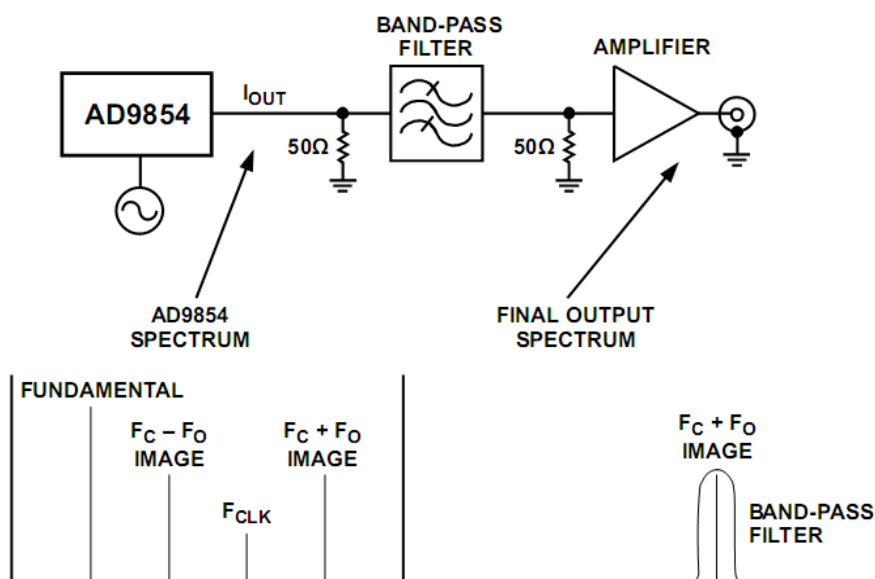


Рисунок 1. Зображення спектру для використання за допомогою смугового фільтра та підсилювача

У синтезаторах з ФАПЧ ІСПЦС використовуються як програмовані опорні та тактові генератори, дільники частоти у зворотному зв'язку. Змішування частот знайшло застосування у багатьох синтезаторах. Наприклад, у синтезаторах фірми *Spinnaker Microwave SMS-DU (Direct Digital Up-Convert Synthesizer)* частота вихідного сигналу за рахунок двократного

змішування частот підвищена до 26 ГГц при збереженні усіх властивостей прямого цифрового синтезу (ПЦС).

Підвищення частоти вихідних сигналів синтезаторів отримують також за рахунок погноження частоти. Блок складається із підсилювача, помножувача та смугового фільтру, частіше помноження у 2 та 3 рази. Можливо послідовне включення декількох блоків із додаванням вихідного підсилювача. Ефективність діодного подвоєння порядку 4–5%.

Пряме використання вищих частотних складових спектру вихідного сигналу частоти f цифро-аналогового перетворювача синтезатора має свої особливості. Найближчі складові: $f_s \pm f$, де f_s — частота дискретизації. Наприклад, якщо $f_1 = 5$ МГц та $f_s = 25$ МГц, то найближчі складові — з частотами 20 МГц і 30 МГц, тобто можливо підвищення частоти у 4,6 разів. Ефективність перетворення можна оцінити по спектру. Якщо рівень частотних складових описується функцією $\sin(x)/x$, де $x = \frac{\pi f}{f_s}$, то відповідні рівні основної частоти f_1 та частотної складової $f_2 = f_s + f_1$ будуть:

$$U_1 = \sin\left(\frac{\pi f_1}{f_s}\right) / \left(\frac{\pi f_1}{f_s}\right),$$

$$U_2 = \sin\left(\frac{\pi f_2}{f_s}\right) / \left(\frac{\pi f_2}{f_s}\right) = \sin\left(\pi \frac{f_s + f_1}{f_s}\right) / \left(\pi \frac{f_s + f_1}{f_s}\right)$$

Їх відношення k обернено пропорційно відношенню частот $k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{f_2}{f_1}$, бо $\sin\left(\pi \frac{f_s + f_1}{f_s}\right) = \sin\left(\pi + \pi \frac{f_1}{f_s}\right) = -\sin\left(\pi \frac{f_1}{f_s}\right)$.

Визначимо нормовану ефективність частотного перетворення p як квадрат відношення рівня вищої частотної складової до рівня основної гармоніки

$$p = \left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2 = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 = \left(\frac{1}{k}\right)^2$$

У табл. 1 представлена залежність рівня та ефективності спектральної складової від частоти.

Таблиця 1

Частота, МГц	5	20	30	45	55
Рівень	0.935	0.234	0.156	0.104	0.085
k-зростання частоти, рази	1	4	6	9	11
p	1	0.0625	0.0278	0.01234	0.008

Рівні та частоти вищих частотних складових спектру вихідного сигналу ІСПЦС частоти f залежать від частоти дискретизації f_s , тобто від кількості вибірок на період частоти вихідного сигналу. Номери вищих найближчих гармонік: $m-1$ та $m+1$, $m = \frac{1}{f} : \frac{1}{f_s} = \frac{f_s}{f}$ одночасно це є зростання частоти $k=m\pm 1$. Чим менше m , тим більше рівень $m\pm 1$ -ої гармоніки, але і менше зростання частоти. Чим більше m , тим більше зростання частоти, але менше рівень $m\pm 1$ -ої гармоніки.

Наприклад, $m=3$, рівні першої, другої ($m-1$) та четвертої ($m+1$) гармонік отримують відповідні значення: 0.413, 0.207, 0.103 при розкладанні гармонічного сигналу у ряд Фур'є.

Для $m=6$ відповідні рівні першої, п'ятої та сьомої гармонік: 0.827, 0.166, 0.118. Для конкретного завдання можна отримати компромісний варіант, змінюючи частоти f , f_s .

Ефективність збільшення частоти у 4 рази краще або одного порядку ефективності подвоєння частоти у помножувачах, цей спосіб не знайшов широкого вжитку у структурах промислових синтезаторів або генераторів через відсутність детального аналізу його переваг.

Анотація

Розглянуті рекомендації фірми «Analog Devices» стосовно використання ІСПЦС. Проаналізоване підвищення частоти за рахунок вибору високочастотних зображень спектру вихідного сигналу ІСПЦС. Причиною відсутності широкої реалізації цього способу у промислових синтезаторах може бути недостатній аналіз його переваг.

Ключові слова: інтегральні синтезатори прямого цифрового синтезу, підвищення частоти.

Аннотация

Рассмотрены рекомендации фирмы «Analog Devices» по использованию ИСПЦС. Проанализовано повышение частоты за счет выбора высокочастотного изображения спектра выходного сигнала ИСПЦС. Причиной отсутствия широкой реализации этого способа в промышленных синтезаторах может быть недостаточный анализ его преимуществ.

Ключевые слова: интегральные синтезаторы прямого цифрового синтеза, повышение частоты.

Abstract

The Analog Devices integral DDS synthesizer utilization suggestions were considered. The frequency increase by the choice of output signal spectrum high frequency image was analyzed. This method is not widely realized in industrial synthesizers because of insufficient advantages analyses.

Keywords: integral DDS synthesizer, frequency increasing.