АЦП азійських виробників

Частина 1. Перетворювачі послідовного наближення

Едуард Лобач, технічний директор, РБТронік
E-mail: chip@rbtronic.com.ua

Представляємо до вашої уваги серію публікацій, присвячених азійським АЦП, їх ціновим і функціональним перевагам та обмеженням. У кожному матеріалі будуть детально розглянуті ті чи інші типи перетворювачів, конкретні моделі та їх виробники, а також відзначені нюанси застосування.

АЦП є досить складною аналоговою інтегральною схемою, і освоїти її виробництво здатний далеко не кожен виробник мікросхем. У світі вже давно існують виробники, що спеціалізуються на виготовленні АЦП, і протягом багатьох років наш ринок аналогової електроніки складався практично з продукції таких компаній. В останні роки ситуація кардинально змінилася: з одного боку, вітчизняні споживачі зіткнулися з деякими проблемами при закупівлі АЦП цих виробників, з іншого — вартість мікросхем істотно зросла. Тому вітчизняним виробникам електронних пристроїв знадобилися якісні альтернативи звичних аналого-цифрових перетворювачів, якими можуть стати мікросхеми китайського виробництва. І, як показала практика, якщо китайський АЦП повністю задовольняє технічним вимогам, то, як правило, він має значні переваги за вартістю зі збереженням якості.

Раніше інженерам була доступна продукція лише трьох-чотирьох азійських виробників, і розібратися в ній було нескладно навіть новачкові. Зараз на ринку присутні набагато більше китайських виробників компонентів для аналогового вимірювального каналу, причому їх асортимент і можливості давно вийшли за рамки того, що пропонують західні виробники мікросхем.

Попри таку кількість азійських виробників АЦП, орієнтуватися на мікросхеми першої-ліпшої фірми не слід. Хоча вироби багатьох з них і мають належну якість, далеко не всі виробники можуть забезпечити прийнятний рівень технічної підтримки, а також доступність своєї продукції. При цьому розробнику складно самостійно зорієнтуватися у великому переліку пропозицій китайських АЦП, тому ми в цій статті спробуємо допомогти їм у цьому.

Аналого-цифровий перетворювач послідовного наближення (SAR) (рис. 1) є одним із різновидів АЦП. Принцип його дії полягає в послідовному порівнянні вимірюваної напруги з декількома еталонними пороговими рівнями за допомогою компаратора:

У першому такті перетворення вхідний сигнал V_{IN} порівнюється з половиною опорної напруги V_{REF}, після чого в регістр SAR записується одиниця, якщо $V_{IN} \geq V_{DAC}$, або нуль, якщо $V_{IN} < V_{DAC}$. У наступному такті пороговий рівень змінюється залежно від результату попереднього порівняння: якщо $V_{IN} \geq V_{DAC}$, поріг збільшується на $V_{REF}/4$, якщо $V_{IN} < V_{DAC}$ — зменшується на $V_{REF}/4$. У кожному наступному такті перетворення діапазон порівняння буде звужуватися вдвічі ($V_{REF}/8$, $V_{REF}/16$ і так далі), в результаті чого напруга на виході ЦАП буде наближатися до вимірюваного значення. Очевидно, що для виконання N-розрядного перетворення потрібно N тактів, тому АЦП послідовного наближення характеризуються середньою швидкістю перетворення сигналу в цифровий код (оцифрування) — 100...1 000 кіловибірок в секунду. Точність їх перетворення обмежена точністю внутрішнього ЦАП і в більшості випадків становить 12...18 біт. Такі характеристики роблять АЦП типу SAR оптимальними для застосування у сфері

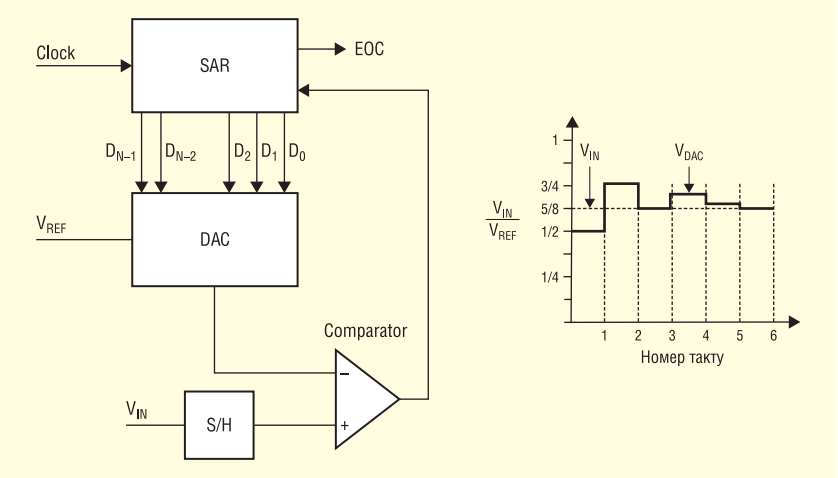


Рис. 1. АЦП послідовного наближення (SAR)

медицини, енергетики, обробки сигналів і випробувального обладнання.

Серед китайських виробників аналого-цифрові перетворювачі послідовного наближення представлені досить широко — на рисунку 2 показана лише невелика частина наявного асортименту.

Як можна побачити на рисунку 2, доступні як одноканальні, так і багатоканальні АЦП з будь-яким співвідношенням параметрів «розрядність/швидкість», характерних для SAR. Перелік виробників аналого-цифрових перетворювачів послідовного наближення наведено на рисунку 3.

Відзначимо, що безумовним лідером тут є компанія ZJW — в її арсеналі є АЦП з розрядністю від 12 до 20 біт, що дозволяють оцифровувати сигнали на швидкості до 2000 кВиб/с. Асортимент компанії представлений трьома сімействами мікросхем, а загальна кількість доступних моделей на цей час становить становить вже більше 30.

Крім того, хороший вибір перетворювачів з послідовним наближенням надають компанії Ruimeng (10...16 біт; 25...1000 квиб/с; 18 моделей) і SG Micro (12...16 біт; 250...2000 квиб/с; 30 моделей). Особливу увагу зверніть на виробників, які випускають АЦП з розрядністю 18 біт і вище. Можливість виготовлення подібних мікросхем свідчить про хороші технічні можливості виробника, а також про його технологічний і науковий потенціал, що побічно може виступати гарантією якості продукції таких компаній в цілому.

Однією з найцікавіших новинок серед азійських АЦП послідовного наближення є мікросхема ZJC2400-18 від компанії ZJW (рис. 4), що дозволяє оцифровувати сигнали зі швидкістю 2000 кіловиборок в секунду з роздільною здатністю 18 біт:

Графіки інтегральної та диференціальної нелінійності перетворювача, а також його частотна характеристика показані на рисунку 5.

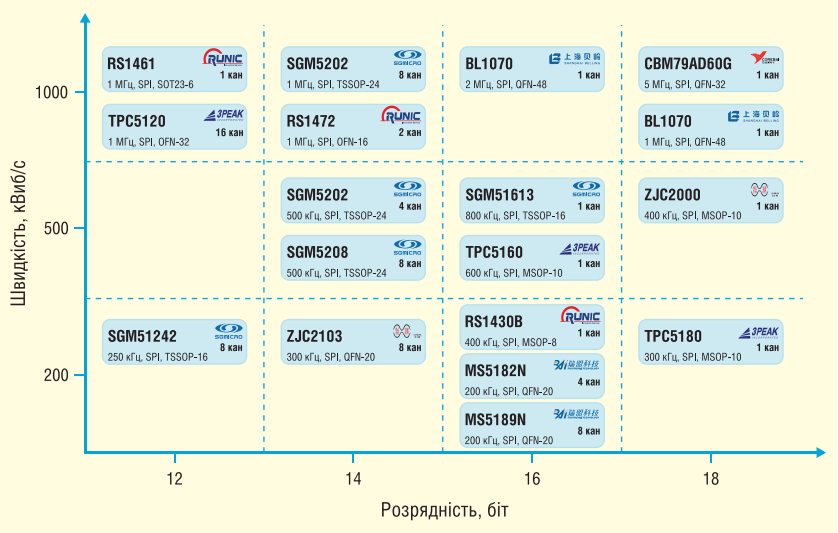


Рис. 2. Приклади популярних китайських АЦП послідовного наближення

	Runic	Ruimeng	3PEAK	Belling	Corebai	ZJW	SG Micro
≤12 біт	★	★	★	-	-	★	★
14...16 біт	★	★	★	★	-	★	★
≥18 біт	-	-	★	★	★	★	-
≤1МГц	★	★	★	★		★	★
>1МГц	-	-	-	★	★	★	★

Рис. 3. Виробники АЦП послідовного наближення

Особливості:

- роздільна здатність: 18 біт
- швидкість: до 2000 кВиб/с
- каналів: 1
- вхід: диференціальний
- INL: ±2.5 LSB (тип)
- DNL: ±0.5 LSB (тип)
- SNR: 100 дБ @ 1 кГц
- смуга (–3 дБ): 10 МГц
- живлення: +1.8
- інтерфейс: SPI; 4-WIRE (4-провідний)
- можливість каскадування кількох АЦП: є
- температура: –40…125 °C

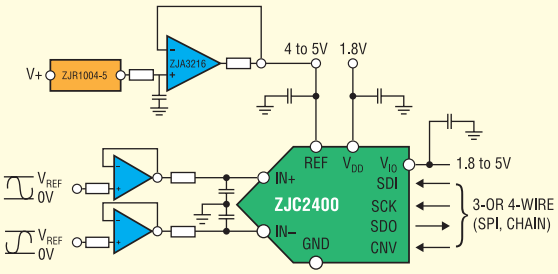


Рис. 4. АЦП ZJC2400-18

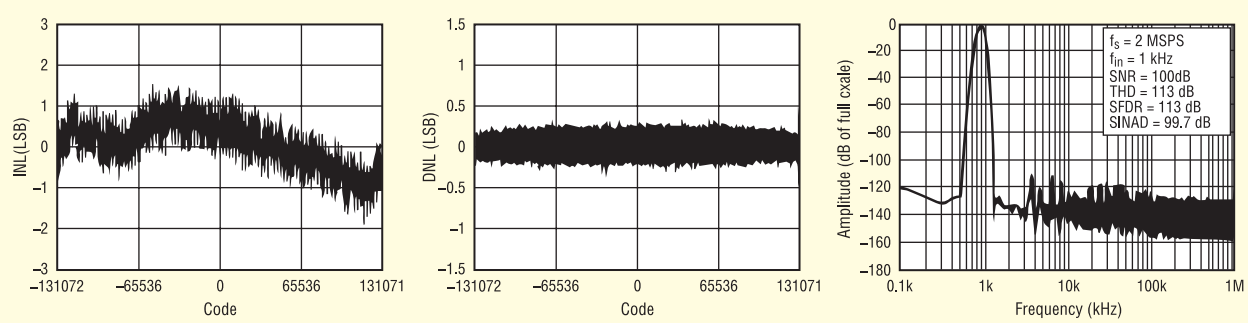


Рис. 5. Характеристики АЦП ZJC2400-18

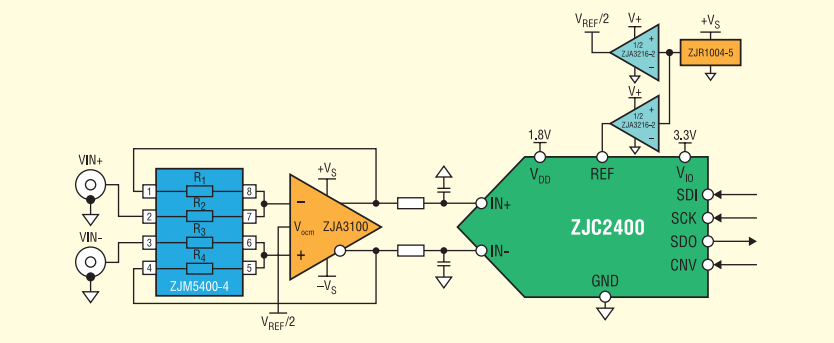


Рис. 6. Схема включення ZJC2400-18 у високошвидкісних системах збору даних з диференціальним входом

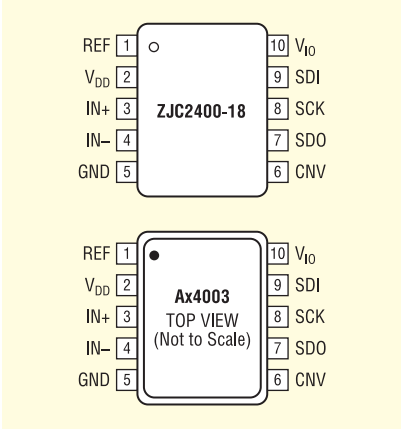


Рис. 7. Призначення виводів ZJC2400-18

Одне з можливих застосувань мікросхеми ZJC2400-18 — використання у високошвидкісних системах збору даних, що мають завадостійкий диференційний вхід. У цьому випадку схема включення АЦП, рекомендована виробником, показана на рисунку 6.

Мікросхема ZJC2400-18 випускається в корпусах MSOP-10 і DFN-10 (рис. 7) і має типове призначення виводів для цих корпусів. Зокрема, перетворювач ZJC2400-18 є сумісним з АЦП Ax4003 і в цілому позиціюється як його функціональний аналог (рис. 3). Однак, при заміні Ax4003 на ZJC2400-18 необхідно бути вкрай уважним, оскільки в азійської мікросхеми деякі характеристики досить сильно відрізняються (це стосується, наприклад, допустимого діапазону опорної напруги V_{REF}).

Ще одним цікавим перетворювачем послідовного наближення від компанії ZJW є ZJC2020 (рис. 8). Якщо в попередньому прикладі «родзинкою» мікросхеми була порівняно велика швидкість оцифрування даних, то перевагою розглянутого АЦП є висока роздільна здатність.

Графіки інтегральної та диференціальної нелінійності перетворювача, а також його частотна характеристика показані на рисунку 9.

Мікросхема ZJC2020 позиціюється виробником як сумісна з АЦП Ax4022, проте вона має відмінності в ряді параметрів і характеристик, тому необхідно уважно вивчати технічну документацію на відповідний перетворювач. Проте, дані мікросхеми мають схожий функціонал і мають призначення виводів, характерне для одноканальних АЦП в 10-контактних корпусах (рис. 10).

У зв'язку з цим в ряді випадків ZJC2020 може виступати як заміна Ax4022, хоча необхідно врахувати, що дані АЦП мають різні напруги живлення VDD (+5.0 і +1.8 В відповідно).

При розгляді аналого-цифрових перетворювачів не можна не відзначити компанію 3PEAK, яка має не такий широкий номенклатурний ряд SAR, як ZJW, проте в її асортименті присутній повний спектр електронних компонентів для аналогового каналу. Цей фактор у ряді випадків може виявитися вирішальним при побудові складних систем збору даних, тому має сенс розглянути популярні АЦП послідовного наближення від 3PEAK. До таких відносяться мікросхеми TPC5160 і TPC5161, що мають досить близькі електричні параметри й відрізняються типом вхідного сигналу (рис. 11, 12).

Як видно з наведених характеристик, розглянуті моделі перетворювачів схожі з мікросхемами Ax8863 і Ax8862, проте через відмінну від останніх напругу живлення не можуть виступати в як їх пряма заміна. При цьому слід врахову-

Особливості:

- роздільна здатність: 20 біт
- швидкість: до 350 кВиб/с
- каналів: 1
- вхід: диференціальний
- INL: ±2.5 LSB (тип)
- DNL: –0.5...+0.7 LSB (тип)
- SNR: 101.4 дБ @ 1 кГц
- смуга (–3 дБ): 6.5 МГц
- живлення: +4.75…+5.25 В
- інтерфейс: SPI; 4-WIRE (4-провідний)
- можливість каскадування кількох АЦП: є
- температура: –40…85 °C

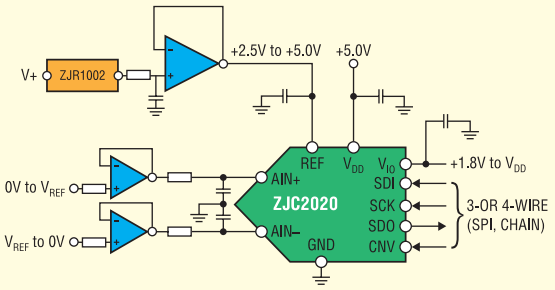


Рис. 8. АЦП ZJC2020

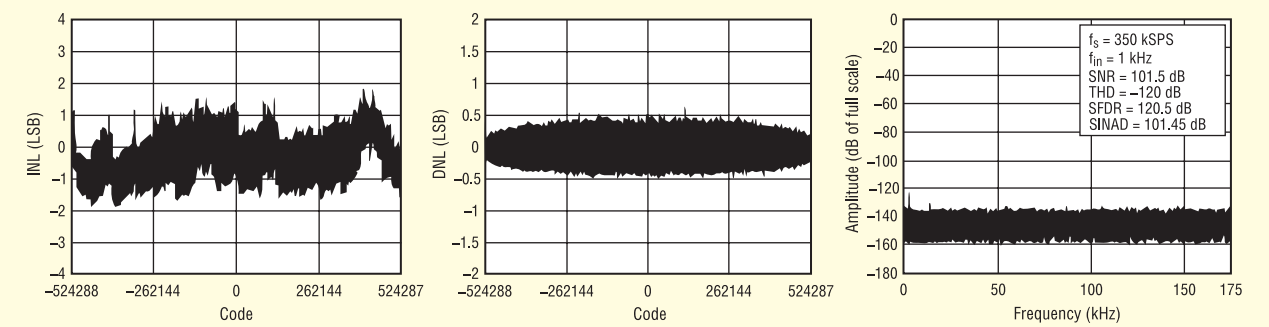


Рис. 9. Характеристики ZJC2020

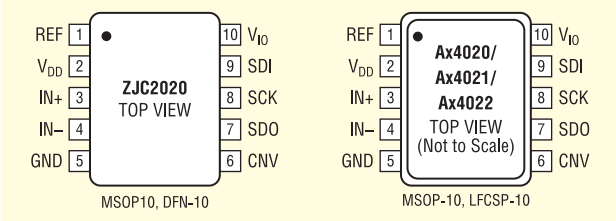


Рис. 10. Призначення виводів ZJC2020 і її аналогів

Особливості:
- роздільна здатність: 16 біт
- швидкість: до 600 кВиб/с
- каналів: 1
- вхід: диференціальний
- INL: ±1.0 LSB (тип)
- DNL: ±0.5 LSB (тип)
- SNR: 92 дБ @ 1 кГц
- смуга (–3 дБ): 20 МГц
- живлення: +4.5…+5.5 В
- інтерфейс: SPI; 4-WIRE (4-провідний)
- можливість каскадування кількох АЦП: є
- температура: –40…125 °C

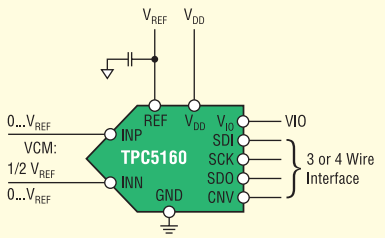


Рис. 11. АЦП TPC5160

Особливості:
- роздільна здатність: 16 біт
- швидкість: до 600 кВиб/с
- каналів: 1
- вхід: псевдо-диференціальний
- INL: ±1.5 LSB (тип)
- DNL: ±0.5 LSB (тип)
- SNR: 89.9 дБ @ 1 кГц
- смуга (–3 дБ): 20 МГц
- живлення: +4.5…+5.5 В
- інтерфейс: SPI; 4-WIRE (4-провідний)
- можливість каскадування кількох АЦП: є
- температура: –40…125 °C

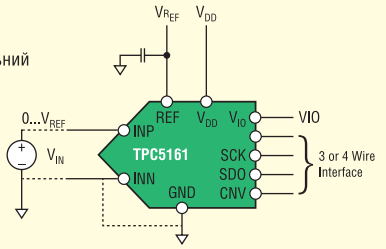


Рис. 12. TPC5161

вати, що TPC5160 і TPC5161 доступні в корпусі MSOP-10 і мають типову розпіновку (рис. 13).

За умови внесення певних змін в проєкт азійські АЦП можуть бути розглянуті як дешевша альтернатива Ax8863 і Ax8862.

Завершити розмову про АЦП послідовного наближення хотілося б мікросхемою RS1461 від компанії RUNIC (рис. 14).

Даний перетворювач має порівняно невелику роздільну здатність (12 біт), проте при цьому забезпечує досить високу швидкість оцифрування сигналу — 1MSPS. Для живлення RS1461 потрібна всього одна напруга, яка, до того ж, може

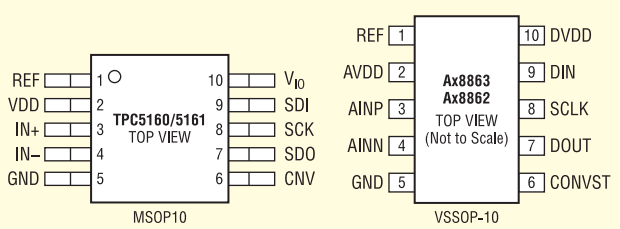
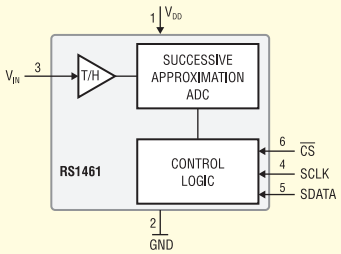


Рис. 13. Призначення виводів АЦП TPC5160/5161 і її аналогів

Особливості:
- роздільна здатність: 12 біт
- швидкість: до 1 000 кВиб/с
- каналів: 1
- вхід: несиметричний*
- INL: ±0.6LSB (тип)
- DNL: –03...+06 LSB (тип)
- SNR: 72 дБ @ 100 кГц
- смуга (–3 дБ): 10 МГц
- живлення: +2.7...+5.25 В
- інтерфейс: SPI
- можливість каскадування декількох АЦП: немає
- температура: –40...125 °C



* Тут і далі під несиметричним входом розуміється вхід типу «Single-Ended» (тобто із загальною «землею»).

Рис. 14. АЦП RS1461

лежати в досить широкому діапазоні (+2.7...+5.5 В). Це дозволяє спростити систему живлення пристрою, що буває важливо в нескладних системах збору даних (нехай навіть при цьому втрачається можливість сформувати опорну напругу АЦП за допомогою зовнішнього ДОНа (джерела опорної напруги). Крім того, перебуваючи приблизно в одному ціновому діапазоні з мікросхемами TPC5160 і TPC5161, розглянутий перетворювач має меншу інтегральну нелінійність (рис. 15).

Перетворювач RS1461 випускається в корпусі SOT-23-6 і позиціюється виробником як повнофункціональна заміна (*Drop-in replacement*) мікросхемі AxxS7476.

У наступній статті буде розглянуто Σ-Δ АЦП.

Додаткову інформацію щодо продукції, що була представлена в цій статті, можна отримати в ТОВ «РБТронік»:
тел.: +38 (096) 480-38-65, +38 (066) 173-26-79, +38 (063) 807-13-43,
відділ продажу:
sale@rbtronic.com.ua, sales@rbtronic.com.ua,
технічна консультація:
chip@rbtronic.com.ua, support@rbtronic.com.ua,
www.rbtronic.com.ua CN

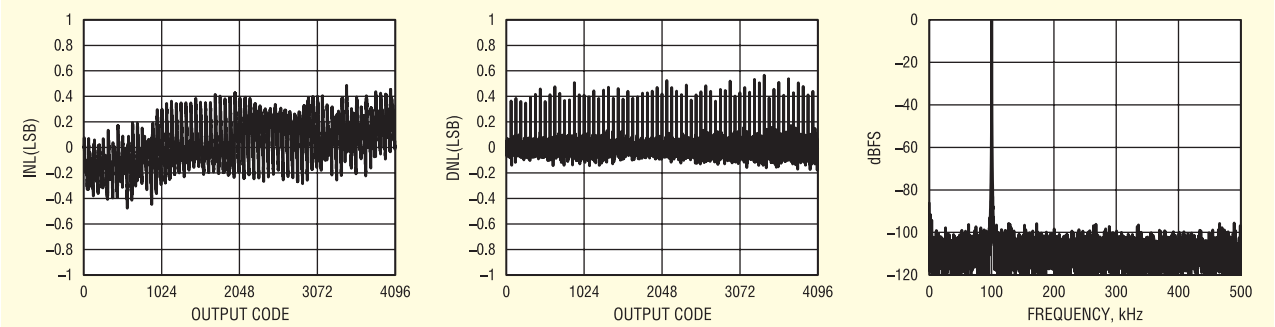


Рис. 15. Характеристики АЦП RS1461