

Ćw. 7 Przetworniki A/C i C/A

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadami przetwarzania sygnałów analogowych na cyfrowe i cyfrowych na analogowe poprzez zbadanie przetworników A/C i C/A oraz pomiar ich charakterystyk i podstawowych parametrów. Druga część ćwiczenia polega na badaniu toru przetwarzania A/C-C/A.

2. Wymagane informacje

Typy sygnałów (analogowe, cyfrowe), podstawowe pojęcia dotyczące przetworników (przetwarzanie, kwantowanie, błąd kwantowania, LSB).

3. Wprowadzenie teoretyczne

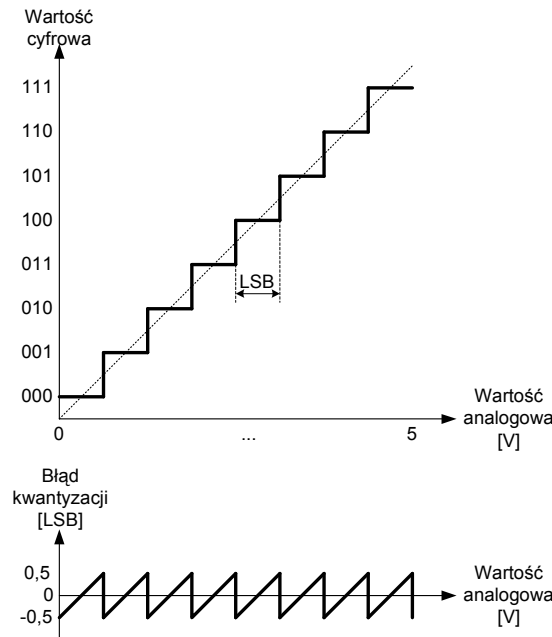
Sygnały elektroniczne mogą występować w postaci analogowej bądź cyfrowej (czyli ich wartość jest zakodowana w postaci binarnej – jako ciąg „0” i „1”). Niski stan logiczny sygnału cyfrowego („0”) zwykle jest reprezentowany jako niskie napięcie (ok. 0 V), natomiast wysoki stan logiczny („1”) to wysokie napięcie (zwykle ok. napięcia zasilania). Pojedyncze „0” lub „1” w postaci cyfrowej to 1 bit.

Aby zamienić sygnał o postaci analogowej na cyfrowy konieczna jest jego kwantyzacja czyli podzielenie na przedziały napięć odpowiadające danej wartości logicznej. Tab.1 pokazuje przykładowe wartości analogowe i odpowiadające im 4-bitowe wartości cyfrowe.

Tabela 1. Przykład kwantowania sygnału analogowego.

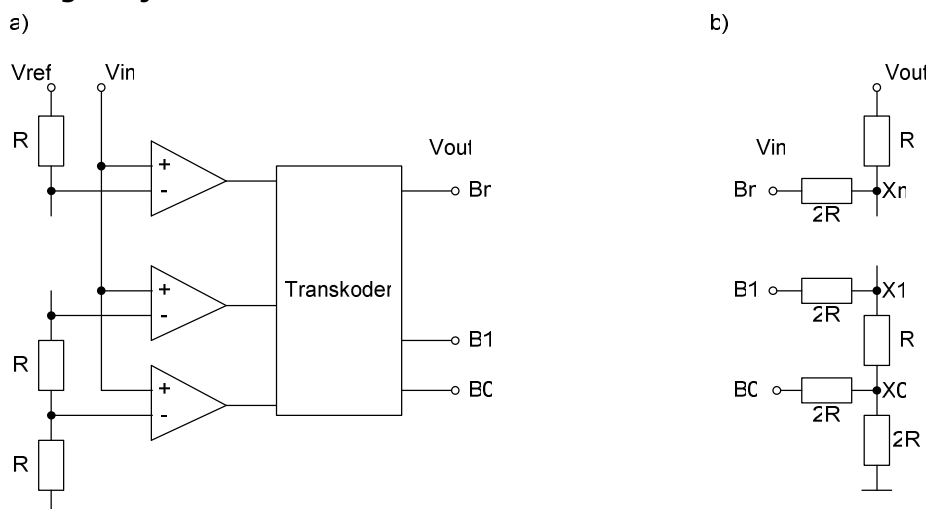
| Wartość analogowa [V] | Wartość cyfrowa |
|-----------------------|-----------------|
| 0,00 ÷ 0,31 | 0000 |
| 0,32 ÷ 0,62 | 0001 |
| 0,63 ÷ 0,93 | 0010 |
| ... | ... |
| 4,69 ÷ 5,00 | 1111 |

Różnica pomiędzy wartością sygnału analogowego a odpowiadającą mu wartością binarną to błąd kwantowania. Przedział odpowiadający najmniejszej zmianie napięcia możliwej do rozpoznania przez przetwornik to LSB (ang. – *Least Significant Bit*). Pojęcia te wyjaśnia Rys.1.



Rys.1. Przykładowa charakterystyka przetwarzania i błędu kwantyzacji.

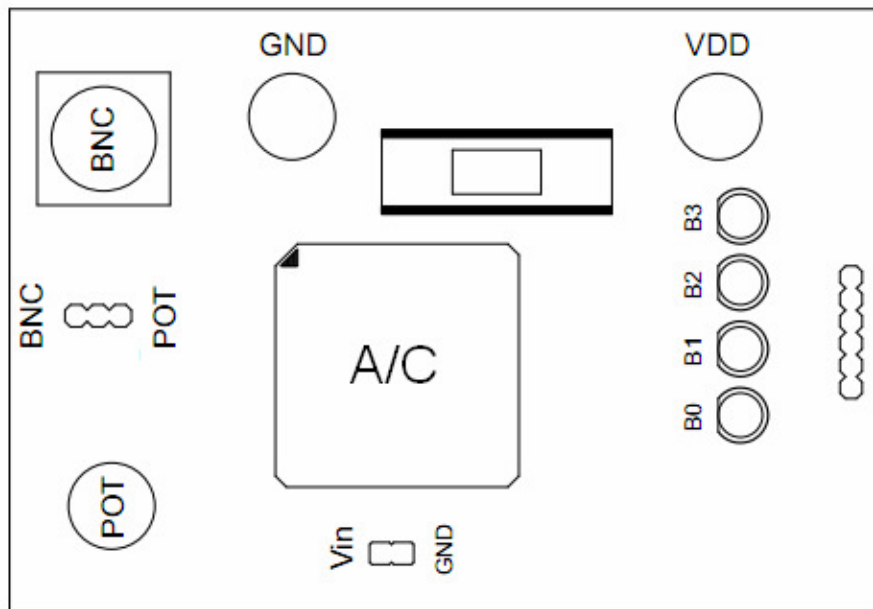
Istnieją różne metody konstrukcji przetworników analogowo-cyfrowych (A/C) i cyfrowo-analogowych (C/A). Najprostszy przetwornik A/C to przetwornik z bezpośrednim porównaniem napięć (Rys.2a) (przetwornik typu „flash”). Szereg komparatorów porównuje napięcie wejściowe z napięciami referencyjnymi wytworzonymi na drabince rezystorowej. Otrzymany wynik jest w postaci kodu linijkowego (w stanie wysokim jest k z n wyjść komparatorów). Ze względu na niedogodność korzystania z takiego kodu konieczne jest zamienienie tej liczby na inną postać (np. naturalny kod binarny). Najprostszą realizacją przetwornika cyfrowo-analogowego (C/A) jest drabinka R-2R (Rys.2b). Rezystancja widziana z każdego z węzłów „X” drabinki jest równa $2R$. Ze względu na ten fakt na każdym kolejnym stopniu odłoży się napięcie dwa razy większe od poprzedniego (lub wcale, gdy na wej. B_x jest 0). Ostatecznie ich suma, na wyj. V_{OUT} , da sygnał w postaci analogowej.



Rys.2. Przykłady realizacji przetwornika A/C (a – przetwornik flash) i C/A (b – R-2R).

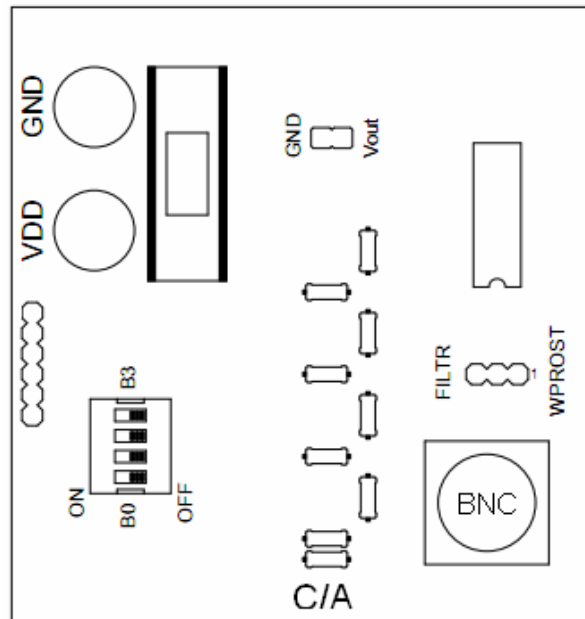
4. Budowa układu pomiarowego

Pierwszy układ pomiarowy to przetwornik 4-bitowy A/C typu „flash” zrealizowany jako układ scalony. Należy go zasilić napięciem 3,3 V. W tym celu należy podpiąć kable typu „banan” z zasilacza laboratoryjnego do gniazd VDD („+”) i GND („-”). Przed podłączeniem kabli zasilających do układu należy sprawdzić poprawność ustawienia napięcia zasilającego zasilacza miernikiem. Sygnał wejściowy może zostać podany z generatora funkcyjnego na wejście BNC lub z potencjometru (POT). Wybór źródła sygnału wejściowego następuje poprzez odpowiednie ustawienie przełącznika suwakowego BNC-POT. Sygnał ten steruje przetwornikiem A/C i można go zmierzyć miernikiem na pinie Vin. Sygnał wyjściowy po przetworzeniu należy obserwować na diodach LED oznaczonych B0 (najmłodszy bit) do B3 (najstarszy bit). Jeśli dioda się świeci oznacza to pojawienie się logicznej „1” natomiast brak świecenia to „0”.



Rys.3. Układ z przetwornikiem A/C.

Drugi układ pomiarowy to przetwornik C/A zrealizowany jako 4-bitowa drabinka R-2R. Należy go również zasilić napięciem 3,3 V a kable typu „banan” podpiąć do gniazd VDD i GND. Stan wejściowy można ustawić przełącznikami B0-B3. Pozycja ON oznacza logiczne „1” natomiast OFF to „0”. Ustawione sygnały cyfrowe podawane są na przetwornik C/A. Sygnał wyjściowy można zmierzyć miernikiem na pinie Vout lub obejrzeć na oscyloskopie podpinając go do gniazda BNC. Sygnał wyjściowy (gniazdo BNC) podawany jest bądź wprost z przetwornika bądź po przefiltrowaniu pasywnym filtrem dolnoprzepustowym. Wyboru, jaki sygnał zostanie podany na wyjście BNC dokonuje się poprzez odpowiednie ustawienie suwaka WPROST-FILTR.



Rys.4. Układ z przetwornikiem C/A.

Możliwe jest połączenie obu układów tworząc tor przetwarzania A/C-C/A. W takim przypadku wystarczające jest zasilanie tylko jednej płytki, a przełączniki na wejściu przetwornika C/A powinny się znaleźć w pozycji OFF.

5. Wykonanie ćwiczenia

5.1. Badanie przetwornika A/C

W tej części ćwiczenia zbierana będzie charakterystyka przetwornika A/C. Przed wykonaniem pomiarów należy ustawić na zasilaczu laboratoryjnym napięcie 3,3 V. Miernikiem sprawdzić wartość ustawionego napięcia a następnie kablami typu „banan” połączyć gniazdo „+” zasilacza z gniazdem VDD płytki oraz gniazdo „-” zasilacza z gniazdem GND płytki. Suwak powinien znajdować się w pozycji POT.

Pomiary polegają na zmianie napięcia wejściowego przetwornika w zakresie od 0 do 3,3 V za pomocą potencjometru. Należy obserwować zmiany świecenia diod LED. Napięcia V_{in} , przy których następują zmiany stanu wyjściowego (zapalenie/zgaśnięcie się diody) zanotować w protokole pomiarowym. Na podstawie tych pomiarów należy, w sprawozdaniu, wykreślić charakterystykę przetwarzania i błędu kwantyzacji oraz oszacować wartość LSB.

5.2. Badanie przetwornika C/A

Płytkę z przetwornikiem zasilić napięciem 3,3 V łącząc kablami „bananowymi” zasilacz z płytką podobnie jak w poprzednim punkcie.

Dokonując pomiarów należy zmieniając stan przełączników B0-B3 na wejściu układu od wartości 0000 przez 0001, 0010, 0011 itd. do 1111 mierzyć wartość napięcia V_{out} uzyskaną na wyjściu przetwornika. Wyniki należy zanotować i wykreślić charakterystykę przetwornika, oszacować wartość LSB.

5.3. Badanie toru przetwarzania A/C-C/A

Przed połączeniem układów ustawić wszystkie przełączniki na wejściu przetwornika C/A na stan OFF. Kable zasilające należy podpiąć tylko do jednej płytki testowej. Na generatorze ustawić sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1 kHz, amplitudzie 0,5 V i składowej stałej 1,5 V. Suwak na płytce z przetwornikiem A/C powinien być ustawiony w pozycji BNC, natomiast na płytce z przetwornikiem C/A w pozycji WPROST. Sygnał z generatora podpiąć kablem BNC do wejścia płytki A/C, natomiast wyjście płytki C/A podpiąć kablem BNC do oscyloskopu.

Po sprawdzeniu ustawień przez prowadzącego połączyć ze sobą obie płytki.

Na oscyloskopie obserwować zarówno sygnał wejściowy, jak i wyjściowy. Przerysować (lub zapisać) przebiegi z oscyloskopu. Porównać je i opisać w jaki sposób przetwarzanie sygnału wpłynęło na jego kształt.

W następnej części ćwiczenia przełączyć suwak na płytce C/A do pozycji FILTR. Zaobserwować co stało się z kształtem sygnału po odfiltrowaniu wyższych częstotliwości. Uzyskany przebieg umieścić w sprawozdaniu.

6. Opracowanie wyników

W sprawozdaniu z ćwiczenia należy:

- narysować schematy badanych układów,
- umieścić zebrane charakterystyki przetworników A/C i C/A,
- umieścić uzyskane przebiegi oscyloskopowe sygnałów na wejściu i wyjściu toru przetwarzania A/C-C/A zarówno bez filtracji sygnału wyjściowego jak i po przefiltrowaniu,
- wyciągnąć wnioski.

7. Literatura

- [1] „Elementy i układy elektroniczne. Część 2.”, pod red. S. Kuty, Wydawnictwa AGH, Kraków 2000, Rozdział 9 „Przetworniki AC-CA” (s. 295-355)
- [2] U. Tietze, Ch. Schenk „Układy półprzewodnikowe”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996, Rozdział 23 „Przetworniki C/A i A/C” (s. 482-511)
- [3] P. Horowitz, W. Hill „Sztuka elektroniki. Część 2.”, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1995, Rozdziały 9.15-9.23 (s. 161-186)