

LABORATORIUM - ELEKTRONIKA
Przetwarzanie AC/CA (AD/DA)

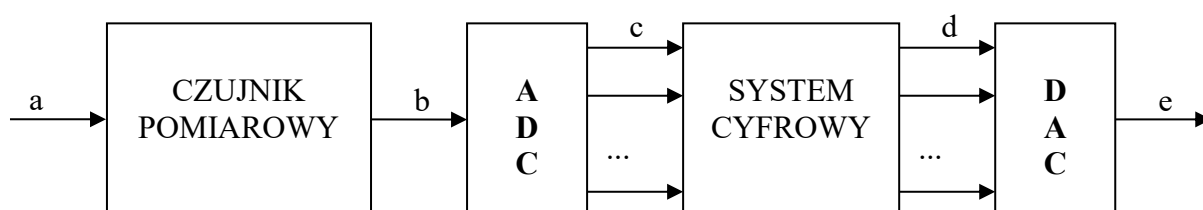
1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie zasad działania i użytkowania przetworników analogowo-cyfrowych i cyfrowo-analogowych.

2. Wstęp

Większość wielkości, z którymi się stykamy na co dzień jest z natury analogowych. Oznacza to, że w momencie ich pomiaru dysponujemy wielkością analogową, w elektronice jest to najczęściej napięcie w określony sposób odpowiadające zmierzonej wielkości fizycznej (np. temperaturze). Tymczasem większość układów obecnej generacji elektroniki jest cyfrowa. Wymusza to wprowadzenie do niemal każdego systemu układu przetwarzającego wejściową wielkość analogową na jej odpowiednik cyfrowy. Układ taki zwany jest przetwornikiem analogowo-cyfrowym (A/C) - ADC (*Analog to Digital Converter*). Często też po cyfrowym przetworzeniu wielkości w systemie chcemy ją przetworzyć z powrotem na postać analogową. Do tego celu wykorzystuje się układ przetwornika cyfrowo-analogowego (C/A) - DAC (*Digital to Analog Converter*).

Przykładowy schemat blokowy ilustrujący tę ideę pokazano na rysunku poniżej:



gdzie:

- a) wielkość wejściowa w swojej pierwotnej postaci (np. temperatura),
- b) wielkość a) po przetworzeniu do swojej reprezentacji elektrycznej (najczęściej napięcia),
- c) wielkość c) w swojej n-bitowej (zależnej od rozdzielczości przetwornika) postaci cyfrowej,
- d) n-bitowa wielkość c) po przetworzeniu w systemie,
- e) wielkość d) po przetworzeniu do postaci analogowej.

W n-bitowym przetworniku A/C pracującym w naturalnym kodzie dwójkowym znamionowe napięcie wejściowe $U_{in_{max}}$ (równe zakresowi pracy przetwornika, czyli różnicy napięć referencyjnych) jest dzielone na 2^n jednakowych przedziałów o szerokości:

$$\Delta U = \frac{U_{in_{max}}}{2^n}.$$

Na przykład w 8-bitowym przetworniku A/C (takim jak badany na zajęciach) wejściowe napięcie znamionowe jest dzielone na $2^8=256$ poziomów, czyli rozdzielczość przetwornika wynosi 0,4%. Dla porównania – przetwornik 16-bitowy dzieli to napięcie na $2^{16}=65536$ poziomów, więc jego rozdzielczość to 0,0015%. Całkowita dokładność przetwarzania jest określona nie tylko rozdzielczością, lecz też błędami niezrównoważenia, nieliniowości itp.

Analogicznie można potraktować rozdzielczość przetwornika C/A. Jest ona wyznaczona długością słowa wejściowego (jego liczbą bitów) w powiązaniu z zakresem napięcia wejściowego (różnicą napięć referencyjnych). Przykładowo w przetworniku C/A o wejściu ośmiobitowym (takim jak badany na zajęciach) w naturalnym kodzie dwójkowym sygnał wyjściowy ma 256 (czyli 2^8) poziomów, co dla wyjścia analogowego o zakresie 10V skutkuje rozdzielczością 39,0625 mV.

3. Kilka słów o programie MultiSIM

Program MultiSIM (dawniej Electronics Workbench) jest jednym z najpopularniejszych narzędzi do projektowania i analizy obwodów elektronicznych. Oprogramowanie to pozwala w prosty i intuicyjny sposób symulować, analizować oraz projektować układy wszelkiego rodzaju układy elektroniczne - analogowe i cyfrowe.

Aby zbudować dany układ w programie MultiSIM należy „poukładać” odpowiednio elementy i układy w oknie programu i je połączyć. Połączenia powstają w sposób bardzo prosty – wystarczy kliknąć w dwa punkty które chcemy ze sobą połączyć.

Elementy i układy potrzebne w budowanym układzie najprościej jest wstawić klikając w oknie program prawym przyciskiem myszy i wybierając „Place Component”. Pojawi się wtedy okno w którym można wybrać potrzebne komponenty. W przypadku układów budowanych podczas tego ćwiczenia można je znaleźć w następujących grupach:

- zasilanie, napięcia referencyjne, masy – **Sources** → **POWER_SOURCES**,
- sygnał zegarowy V_2 – **Sources** → **SIGNAL_VOLTAGE_SOURCES**,
- przetworniki ADC/VDAC - **Mixed** → **ADC_DAC**,
- woltomierz U_{OUT} – **Indicators** → **VOLTMETER**,
- wyświetlacz siedmiosegmentowy – **Indicators** → **HEX_DISPLAY**,
- urządzenia pomiarowe bardziej skomplikowane, jak np. potrzebny w tym ćwiczeniu oscyloskop (*Oscilloscope* – *XSC1*) czy generator (*Function Generator* – *XFG1*) są dostępne po prawej stronie okna programu.

Jeżeli dany komponent układu chcemy w jakiś sposób zmodyfikować, odwrócić itp., należy kliknąć nań prawym przyciskiem myszy – wszelkie potrzebne opcje są tam dostępne.

Jeżeli chcemy zmienić parametry działania jakiegoś układu trzeba kliknąć go dwukrotnie.

Gdy układ jest gotowy, wystarczy kliknąć widoczny u góry po prawej stronie okna programu „włącznik O/I” – zacznie się symulacja. Można też zamiast tego używać skrótu klawiaturowego – symulację startuje / zatrzymuje klawisz F5.

Dodatkowe uwagi:

- **należy pamiętać, że po każdej zmianie wartości (np. amplitudy lub częstotliwości sygnału wejściowego) należy ponownie uruchomić układ, żeby program w nowej symulacji uwzględnił wprowadzone zmiany,**
- *układu nie da się modyfikować gdy jest „włączony”, wszelkie zmiany w układzie da się wprowadzić dopiero gdy symulacja jest wyłączona,*
- *program numeruje wprowadzane komponenty w kolejności ich wstawiania, oczywiście numeracja nie ma żadnego wpływu na działanie układu :)*

WYJAŚNIENIE SKRÓTÓW:

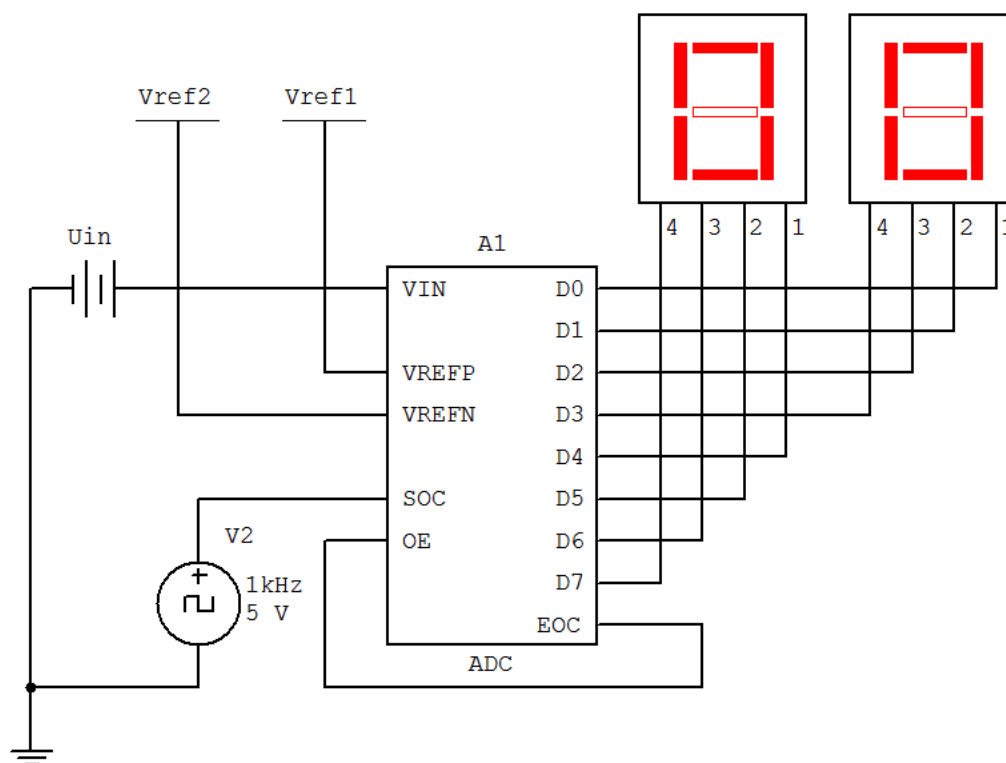
W przetwornikach ADC (Analog-to-Digital Converter) poniższe skróty odnoszą się do sygnałów sterujących i statusowych:

- **SOC (Start of Conversion)** – sygnał inicjujący rozpoczęcie konwersji analogowo-cyfrowej. Gdy SOC jest aktywny, przetwornik zaczyna przetwarzać napięcie wejściowe na wartość cyfrową.
- **EOC (End of Conversion)** – sygnał informujący, że konwersja została zakończona i wynik jest gotowy do odczytu. Zwykle jest to sygnał wyjściowy z ADC do mikrokontrolera lub innego układu sterującego.
- **OE (Output Enable)** – sygnał zezwalający na wystawienie danych na magistralę wyjściową. Gdy OE jest aktywny, cyfrowy wynik konwersji pojawia się na liniach danych ADC.

4. Przebieg ćwiczenia

4.1. Przetwornik AD

4.1.1. Stworzyć układ wg schematu:

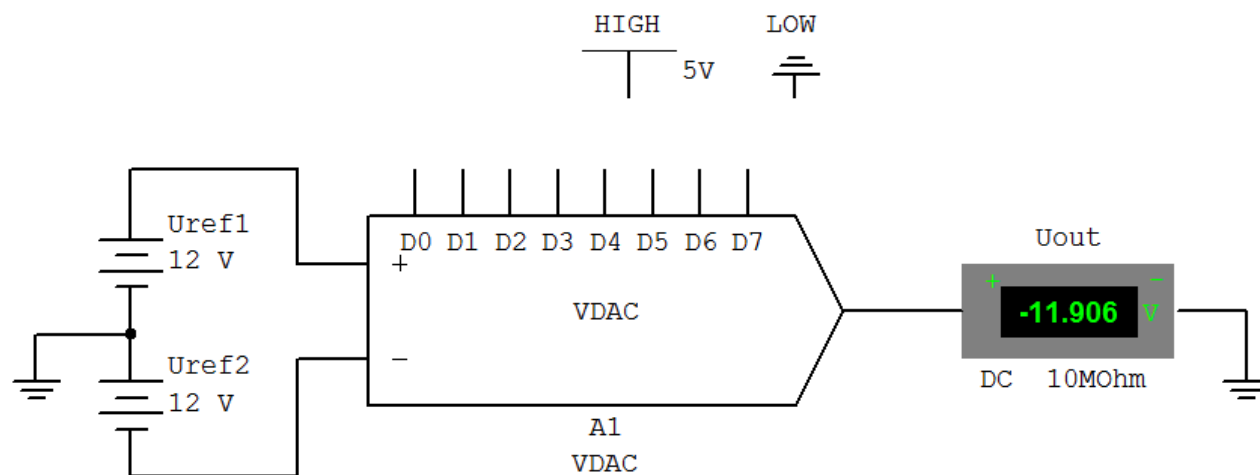


4.1.2. Ustawić parametry układu: $V_{ref1} = 12 \text{ [V]}$, $V_{ref2} = 0 \text{ [V]}$.

4.1.3. Zmieniając wartość U_{in} , wypełnić Tabelę 1 stanem wyjść przetwornika (binarnie, dziesiętnie i szesnastkowo).

4.2. Przetwornik DA

4.2.1. Stworzyć układ wg schematu:

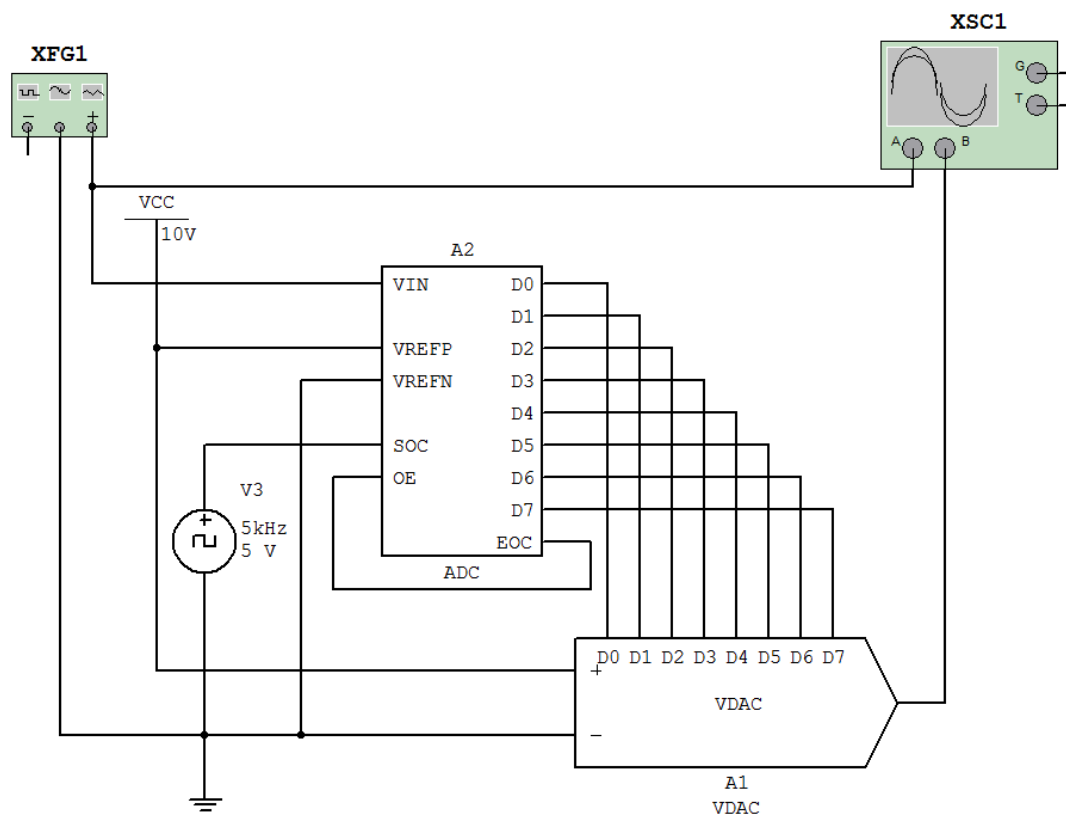


4.2.2. Wyznaczyć i umieścić w Tabeli 2 rozdzielczość przetwornika dla różnych wartości napięć odniesienia.

4.2.3. Następnie obliczyć rozdzielczości przetwornika dla innych jego „bitowości”.

4.3. Warunki prawidłowej (optymalnej) pracy przetworników AD i DA

4.3.1. Stworzyć układ wg schematu:



4.3.2. Parametry sygnału z generatora (XFG1): sygnał sinusoidalny, częstotliwość 500 Hz, reszta domyślnie.

4.3.3. Przeszkicować do protokołu nałożone na siebie kształty przebiegów wyjściowego i wyjściowego.

4.3.4. Zmienić kształt sygnału na sinusoidalny. Ponownie naszkicować do protokołu kształty przebiegów.

4.4. Wyjaśnić różnice w kształtach przebiegów wyjściowych i wejściowych pozyskanych w punktach 4.3.3 – 4.3.5.

Na ich podstawie, jak i na podstawie eksperymentów dodatkowych, uwzględniających zmiany częstotliwości taktowania układu (generator V3) i napięcia odniesienia Vcc, napisz, jakie są warunki właściwego przetwarzania AC/CA.

5. Literatura

- [1] Filipkowski A., „Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe”, WN-T, Warszawa 1978
- [2] Głocki W., Grabowski L., „Pracownia podstaw techniki cyfrowej”, WSiP, Warszawa 1998
- [3] Rusek M., Ćwirko R., Marciniak W., „Przewodnik po elektronice”, WN-T, Warszawa 1986
- [4] Tumański S., „Technika pomiarowa”, WN-T, Warszawa 2007
- [5] www.datasheetcatalog.com