

Ćwiczenie V

Układy sterowania dynamiką – limiter podstawowe cechy i pomiary

Wprowadzenie

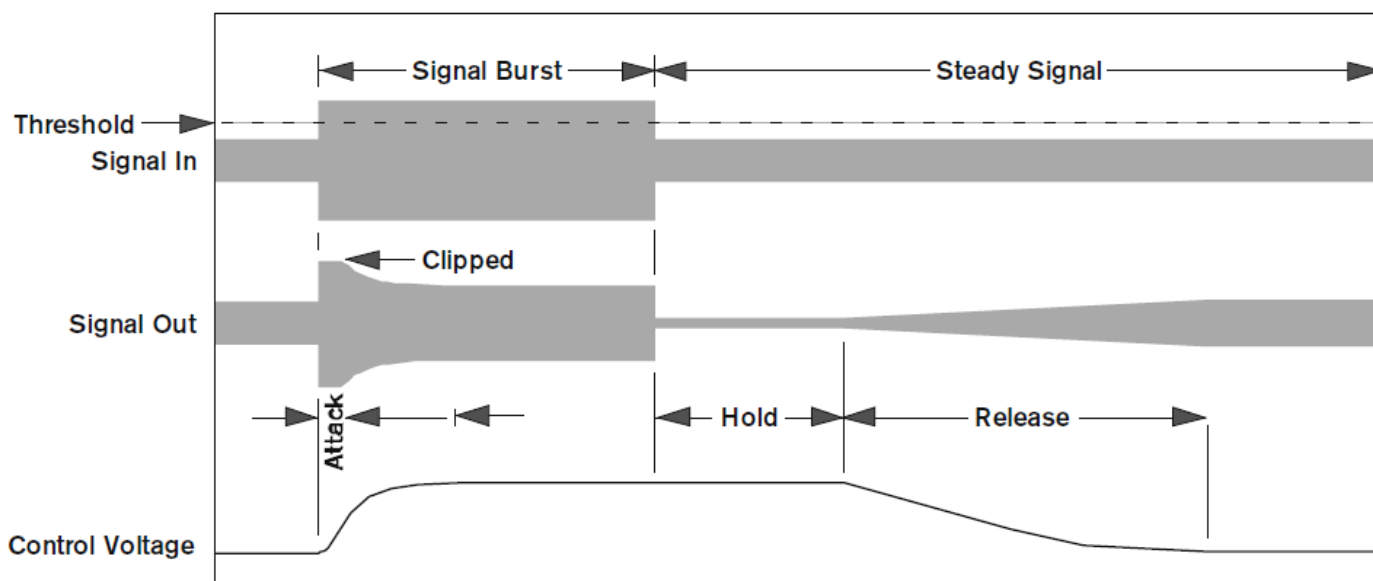
Ćwiczenie obrazuje najważniejsze cechy cyfrowych systemów sterowania dynamiką na przykładzie limitera stosowanego w profesjonalnych systemach audio, a szczególnie:

- Pokazuje jak w poprawny sposób wykonywać pomiary systemów dynamicznych:
 - Jak przeprowadzić pomiary czasów Attack i Release
 - Jak zbadać zniekształcenia w stanie statycznym
 - Jak dokonać pomiarów nieliniowości w funkcji częstotliwości i właściwie je zinterpretować
- Daje pogląd na sposób realizacji cyfrowego limitera
- Uwrażliwia na występowanie zniekształceń sygnału wynikające z niedokładnego pomiaru wartości chwilowej obwiedni lub RMS w typowych algorytmach układów sterowania dynamiką

Rozważania techniczne

1. Pojęcia związane z dynamiką – fazy dynamiczne sygnału

Na poniższym rysunku przedstawiono fazy działania typowego systemu sterowania dynamiką systemu i jego reakcję na sygnał „burst” pozwalający na oszacowanie stałych czasowych systemu.



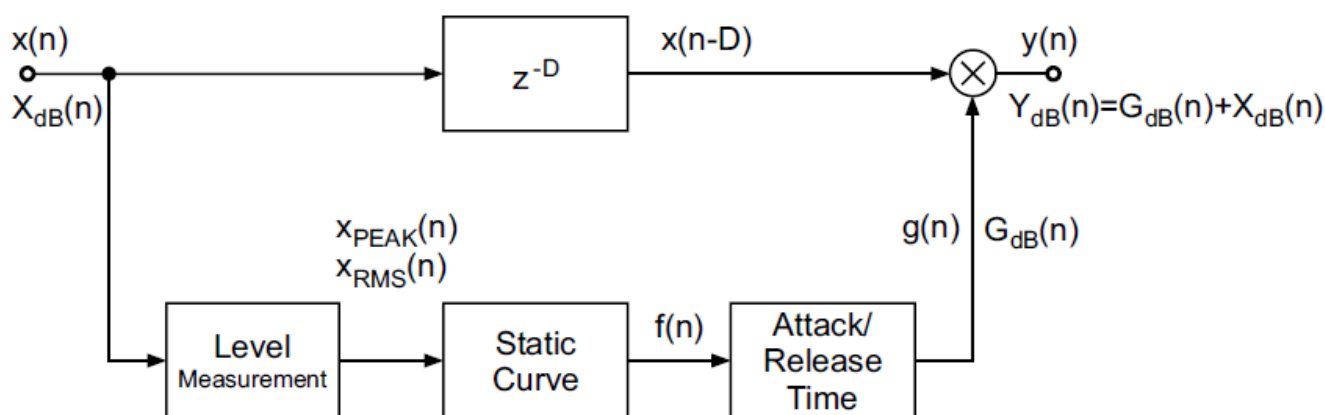
Rys. 1 Fazy dynamiczne sygnału i reakcja systemu sterowania dynamiką (Control Voltage odpowiada funkcji wyliczonej obwiedni)

Poniżej (rys. 2) przedstawiono schemat blokowy systemu wraz z blokiem pomiaru wartości szczytowej (rys. 3) wykorzystywanego w algorytmie limitera. Blok ten służy do określenia funkcji przejścia tzn. w przypadku limitera wartość wzmocnienia jest odwrotnie proporcjonalna do wartości obwiedni – patrz rysunek 4.

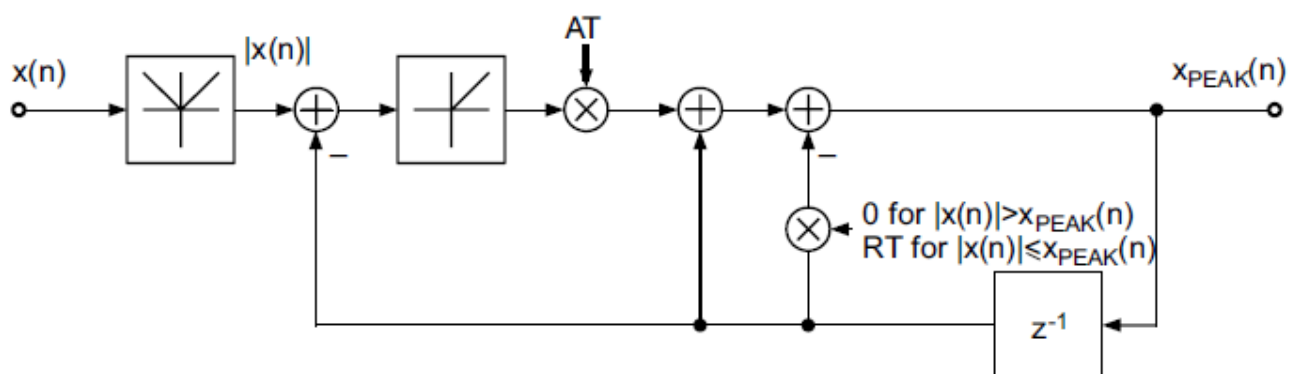
Ćwiczenie V
Układy sterowania dynamiką – limiter podstawowe cechy i pomiary

$$y(n) = g(n) \cdot x(n - D).$$

$$Y_{dB}(n) = X_{dB}(n) + G_{dB}(n).$$



Rys. 2 Schemat blokowy typowego układu sterowania dynamiką – układ jest prostym linowym systemem adaptacyjnym w którym adaptacji podlega parametr wzmacnienia ($g(n)$) w zależności od amplitudy sygnału wejściowego.



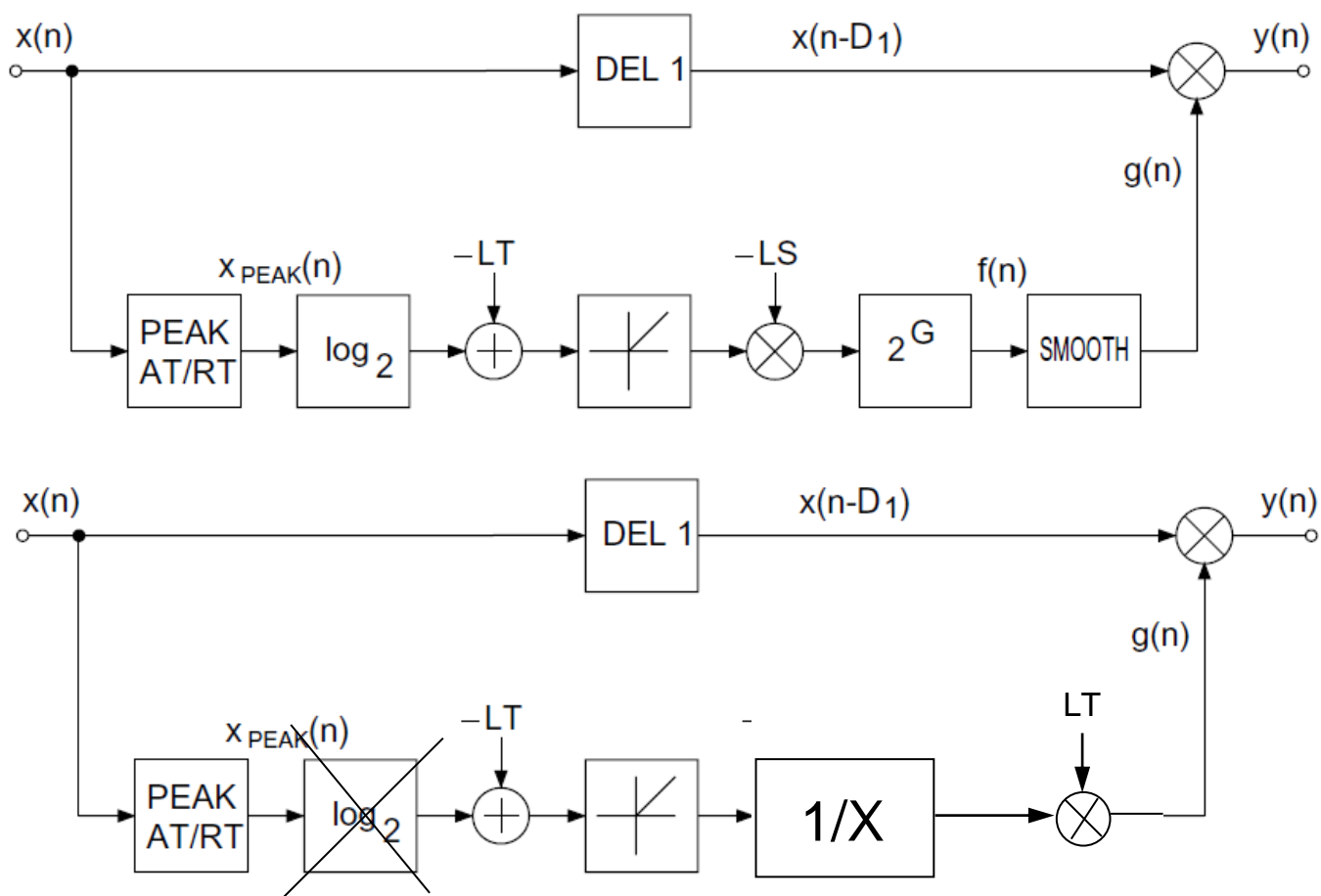
Pomiar wartości szczytowej

$$AT = 1 - \exp\left(\frac{-2.2T_S}{t_a/1000}\right), \quad (1.1)$$

$$RT = 1 - \exp\left(\frac{-2.2T_S}{t_r/1000}\right), \quad (1.2)$$

Rys. 3 Schemat układu do pomiaru wartości szczytowej (obwiedni) wykorzystujący stałe czasowe „attack” i „release” zgodnie z rysunkiem 1.

Ćwiczenie V
Układy sterowania dynamiką – limiter podstawowe cechy i pomiary



Rys. 4 Schemat realizacji limitera (powyżej) oraz jego uproszczenie dla tzw. „infinite limiter” czyli ogranicznika amplitudy zastosowanego w module MWL. LT (limiter threshold) – to próg limitera a LS (limiter slope) to nachylenie limitera.

Badany moduł zawiera w sobie limiter którego schemat blokowy zawiera rysunek 4 wraz z pomiarem obwiedni (wartości szczytowej) za pomocą algorytmu przedstawionego na rysunku 3. Wartość poziomu sygnału wyjściowego opisuje wzór:

$$U_{wy}(n) = g(n) \cdot U_{we}(n) \quad (1.3)$$

Gdzie $g(n)$ jest chwilowym wzmocnieniem zależnym od progu limitera „LT” i wyliczonej wartości $X_{PEAK}(n)$:

$$g(n) = \begin{cases} 1, & \text{dla } X_{PEAK}(n) \leq LT \\ \frac{LT}{X_{PEAK}(n)}, & \text{dla } X_{PEAK}(n) > LT \end{cases} \quad (1.4)$$

Uwaga!!! $X_{PEAK}(n)$ jest liczone z uwzględnieniem stałych czasowych t_a i t_r co zapobiega nagłym zmianom wzmocnienia, które mogą objawiać się jako trzaski w konsekwencji otrzymujemy system o płynnie zmieniającym się wzmocnieniu.

Ćwiczenie V

Układy sterowania dynamiką – limiter podstawowe cechy i pomiary

Wykonanie ćwiczenia

Cześć I. Kalibracja dla pomiarów dynamicznych.

1. Do lewego wejścia XLR modułu MWL znajdującego się na ścianie tylnej doprowadzić sygnał wyjściowy z modułu pomiarowego EMU.
2. Wyjście lewe XLR modułu MWL znajdujące się na ścianie tylnej podłączyć do wejścia liniowego modułu pomiarowego EMU.
3. Podłączyć oscyloskop kablem BNC do gniazda „Wejście AINL+”
4. Należy ustawić maksymalny (!) poziom wyjściowy interfejsu pomiarowego EMU 0404 dla właściwego wystawienia limitera. Odczytać poziom wyjściowy na oscyloskopie i obliczyć poziom w dBu w przy podłączonym (obciążonym) interfejsie E-MU modułem MWL. Wyłączyć kalibrację i ustawić poziom sygnału wejściowego (zmniejszyć czułość potencjometrem wejściowym) na $\pm 50\%FS$. Następnie dokonać kalibracji z oznaczonym poziomem wejściowym zmierzonym na oscyloskopie.
5. W menu „Limiter” określić poziom (regulując próg limitera) dla którego sygnał zaczyna być tłumiony i pojawiają się znaczące zniekształcenia harmoniczne. W ten sposób określamy poziom sygnału w dBFS dla modułu MWL i przetwornika A/C – Uwaga !!! +6dB progu limitera odpowiada 0dBFS!!!! Zmierzony poziom 0dBFS wykorzystać do określenia DR (SNR) modułu MWL (wraz z wynikami z poprzednich zajęć laboratoryjnych).

Cześć II. Pomiary zniekształceń nieliniowych limitera w module MWL.

1. Dla układu podłączonego i skalibrowanego jak w części pierwszej wykonać następujące pomiary we wszystkich opcjach dynamicznych – wolny, średni i szybki (razem 27 pomiarów!):
 - a. THD, THD+N dla progu limitera -6dB, -12dB, -24dB dla częstotliwości 1kHz
 - b. THD, THD+N dla progu limitera -6dB, -12dB, -24dB dla częstotliwości 100Hz
 - c. THD, THD+N dla progu limitera -6dB, -12dB, -24dB dla częstotliwości 5kHz
2. Korzystając z wbudowanej funkcji SpectraPLUS dokonać pomiaru THD+N w funkcji częstotliwości dla różnych nastaw dynamicznych i poziomów limitera -12dB i 24dB (w sumie 6 pomiarów). Wyniki w postaci zrzutów ekranu zamieścić w sprawozdaniu. Uwaga!!! W opcjach pomiaru THD+N vs Freq wybierz „Frequency step size” 1/3 lub 1/6 oktawy

Cześć III. Pomiary dynamiczne – obserwacje czasów attack i relase

Pomiary należy przeprowadzić dla sygnału jak na rysunku 1. Program spectraPLUS nie dysponuje takim generatorem¹, stąd pomiary wykonujemy w dwóch częściach (oczywiście dla wszystkich trzech nastaw dynamicznych):

1. „Attack time” – ustawiamy generator na funkcję „Tone Burst” o częstotliwości 1kHz czasie trwania 1sekundy i cyklu 10sekund. Dokonujemy pomiarów dla progu -12dB, -24dB. Zarejestrować przebiegi czasowe (zrzuty ekranu) – oszacować czas ataku
2. „Relase time” – ustawiamy generator na funkcję „Level Sweep” o częstotliwości 1kHz czasie trwania przynajmniej 50sekund realizującego zmianę wzmocnienia od -20dB do 0dB. Dokonujemy pomiarów dla progu -12dB, -24dB. Zarejestrować przebiegi czasowe (zrzuty ekranu) – oszacować czas zwolnienia.

¹ ostatecznie taki sygnał można wygenerować np. w Matlabie i zapisać do pliku wave i zastosować jako „user defined” generator

Ćwiczenie V
Układy sterowania dynamiką – limiter podstawowe cechy i pomiary

Pytania (odpowiedzi w sprawozdaniu):

1. Dlaczego używając limitera jesteśmy w stanie zmierzyć poziom 100%FS (0dBFS) badanego systemu?
2. Jak zmierzyć zakres dynamiczny modułu MWL? Ile on wynosi?
3. Dlaczego poziom zniekształceń THD zależy od częstotliwości, nastaw dynamicznych oraz od progu limitera? Skomentuj zależność THD+N w funkcji częstotliwości.
4. Dlaczego zarejestrowane czasy ataku i zwolnienia zależą od poziomu limitowania? Jak oszacować rzeczywiste czasy t_a i t_r dla modułu pomiaru wartości szczytowej (pamiętaj, że badamy sygnał zgodnie wyjściowy ze wzorami (1.3) i (1.4) a czasy dotyczą liczenia obwiedni $X_{PEAK}(n)$)
5. Skomentuj wyniki pomiarowe – podaj jakie słyszalne efekty powoduje zbyt długi czas ataku lub zwolnienia.

Literatura:

- [1]. Wykład
- [2]. Udo Zölzer: „Digital Audio Signal Processing”, Wiley 2008
- [3]. Udo Zölzer: „DAFX – Digital Audio Effects”, Wiley 2002
- [4]. Rane Note 141 „Good dynamics processing”, Rane Corporation 1998
- [5]. „Basic Compressor/Limiter Design” – THAT Corporation Application Note 100A
- [6]. „The Mathematics of Log-Based Dynamic Processors” - THAT Corporation Application Note 101A