

Sprawozdanie

Kontrolowana praca własna

Włącznik automatyczny

Mateusz Muszak
195999

Wrocław 2016

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Realizacja projektu	3
3. Projekt układu.....	4
3.1 Symulacja w programie LT Spice	4
3.2 Projekt płytki w programie Eagle	6
4. Pomiar układu.....	7
5. Wnioski	16
6. Załączniki	17
7. Oświadczenie.....	17

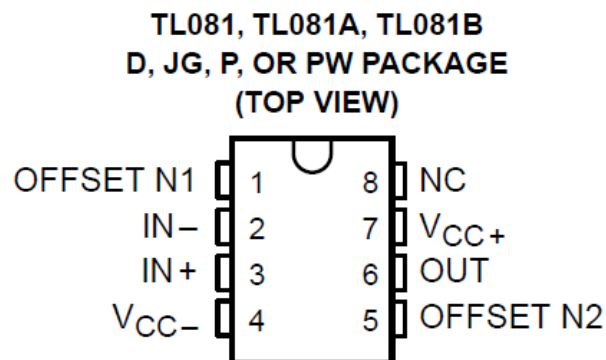
1. Wstęp

Projekt zakłada wykonanie wyłącznika sterowanego przyciskiem z układem zabezpieczającym obciążenie przed zbyt dużymi spadkami napięcia zasilania. Wyłącznik ten z założenia zasilany ma być bateryjnie i przeznaczony jest do układów niskonapięciowych (np. lampki namiotowe).

2. Realizacja projektu

Do wykonania układu konieczne było użycie komparatora, dwóch przerzutników typu D (w tej roli wykorzystałem układ 4013 zawierający dwa takie przerzutniki w jednym układzie scalonym) oraz tranzystora. W moim układzie wykorzystałem tranzystor bipolarny BC327-40, chociaż możliwe było także wykorzystanie tranzystora IRF9540 (tranzystor typu p-MOSFET). Tranzystor bipolarny wybrałem ze względu na cenę, która była korzystniejsza niż tranzystora polowego, jednak ta decyzja wpłynęła na obniżenie się maksymalnej możliwej obciążalności prądowej układu.

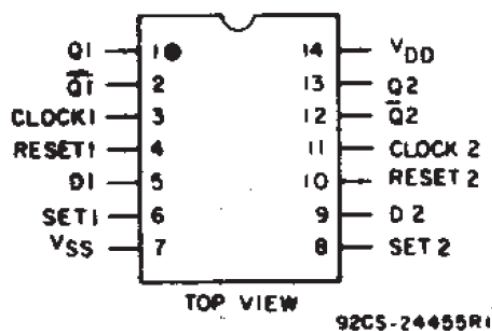
W roli komparatora wykorzystałem wzmacniacz operacyjny TL081, którego diagram wyprowadzeń przedstawiam poniżej.



Rys. 1 Schemat wyprowadzeń układu TL081

Największą zaletą, którą wziąłem pod uwagę przy projektowaniu układu była duża impedancja wejściowa (rzędu $10^{12} \Omega$) oraz minimalne napięcie zasilania wynoszące 3V, co powoduje, że całość może być zasilona już 2 bateriami AAA ($U_{bat}=1,5V$).

Niezbędnym elementem funkcjonalnym układu są także dwa przerzutniki typu D umieszczone w układzie 4013, którego schemat wyprowadzeń przedstawia rys. 2.



TERMINAL ASSIGNMENT

Rys. 2 Schemat wyprowadzeń układu 4013

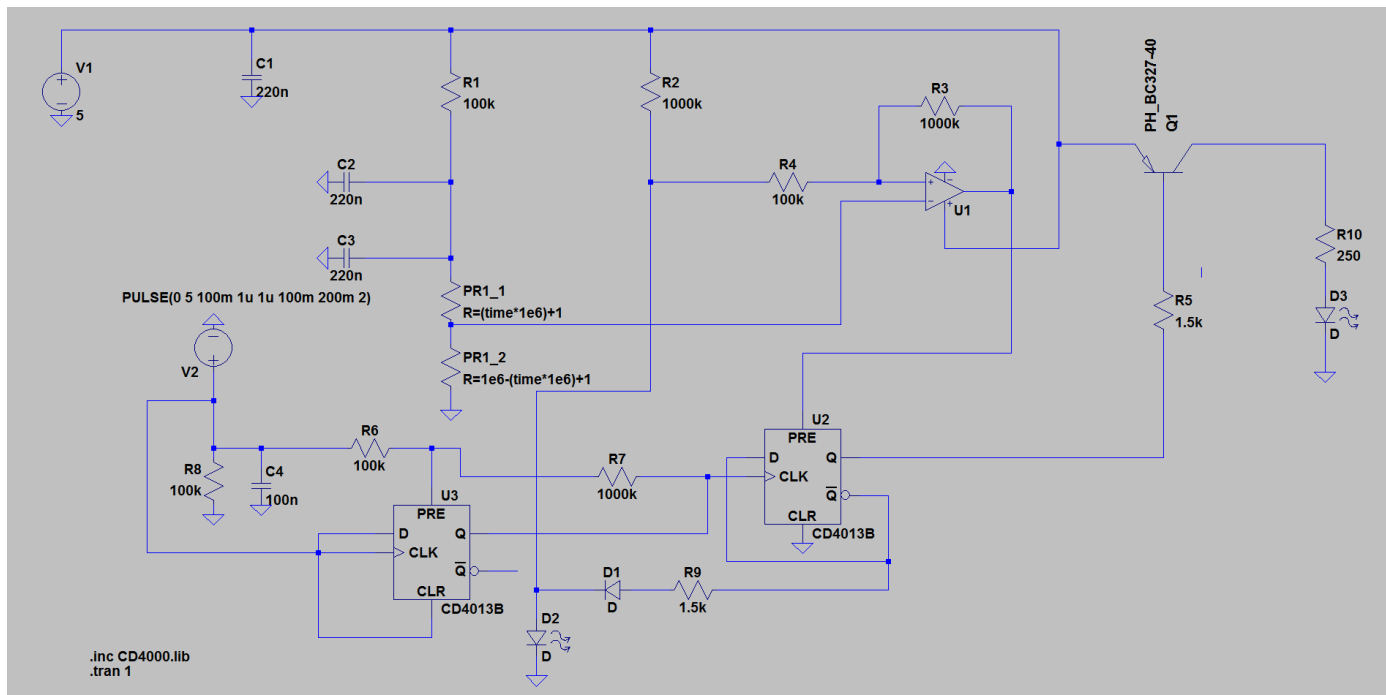
Mój wybór padł na ten układ głównie ze względu na jego kompaktowość (zawiera dwa przerzutniki w jednym układzie, dzięki czemu można zaoszczędzić miejsce na płytce obwodu drukowanego) oraz napięcie zasilania zgodne z napięciem zasilania wzmacniacza TL081, co pozwala umieścić oba te elementy w układzie bez konieczności zwiększania potrzebnego napięcia zasilającego całość.

Ostatnim użytym przeze mnie w projekcie elementem aktywnym jest tranzystor bipolarny BC327-40 pełniący rolę przełącznika pomiędzy zasilaniem a układem obciążającym.

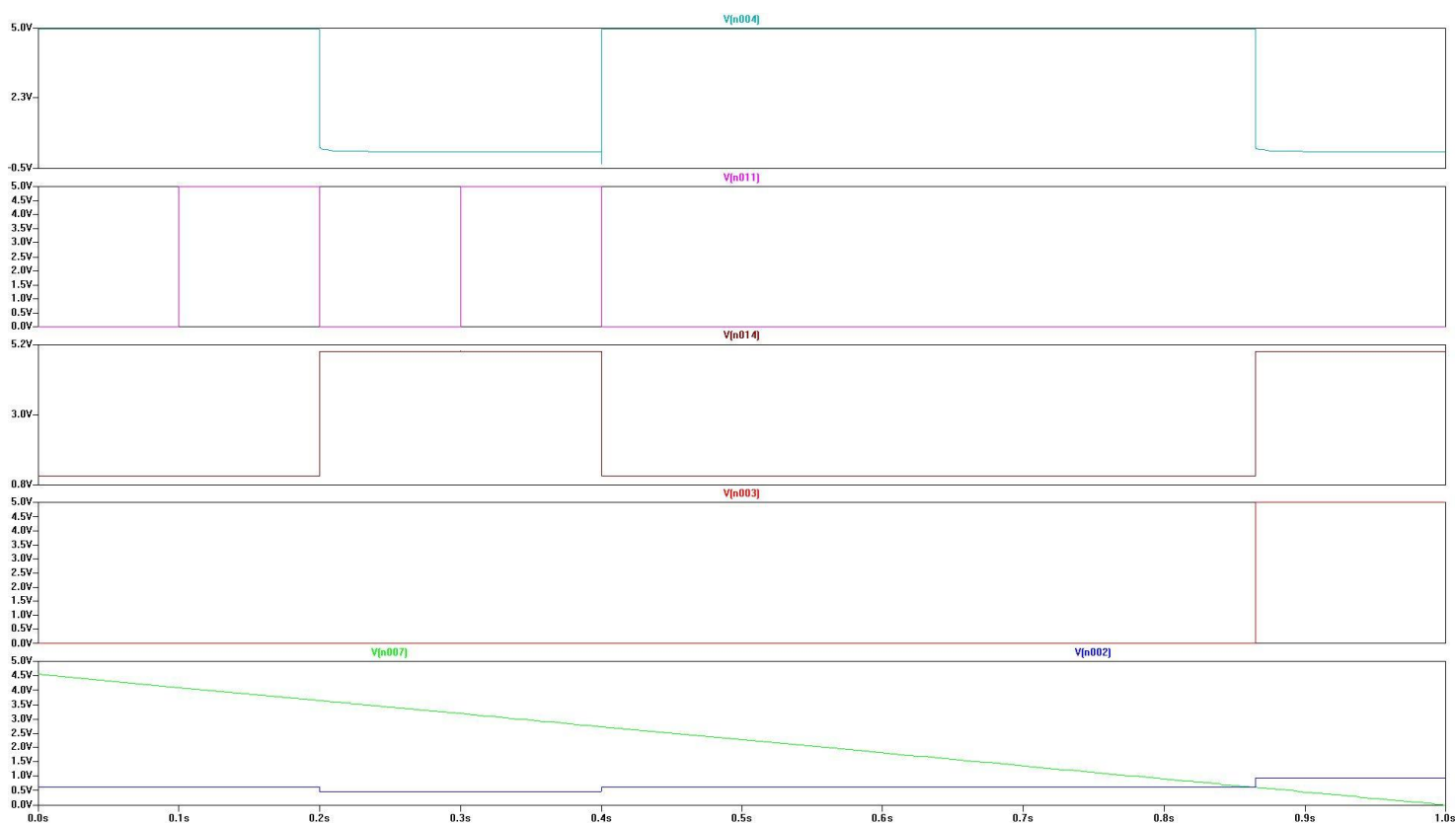
3. Projekt układu

3.1 Symulacja w programie LT Spice

Pierwszą czynnością wykonaną przeze mnie w celu wytworzenia działającego układu było zasymulowanie jego działania w programie LT Spice IV. Aby tego dokonać wykonałem schemat symulacji w sposób przedstawiony na rys. 3. Pozwoliło mi to ocenić prawidłowość projektu oraz przeanalizować zasadę jego działania, dzięki czemu mogłem określić swoje oczekiwania związane z funkcjonowaniem wykonywanego układu. Symulację początkową układu przedstawia rys. 4.



Rys. 3 Schemat symulacji LT Spice



Rys. 4 Wyniki symulacji układu w LT Spice IV

- V(n007) - spadek napięcia na potencjometrze wraz ze zwiększaniem jego rezystancji z punktu widzenia komparatora
- V(n002) - napięcie odniesienia podawane na wejście nieodwracające komparatora
- V(n003) - zmiana napięcia wyjściowego na komparatorze przy zbyt dużych spadkach napięcia wejściowego
- V(n014) - wyjście Q przerzutnika D sterującego bazą tranzystora
- V(n011) - symulacja wciskania przycisku
- V(n004) - zmiany napięcia kolektor- emiter tranzystora

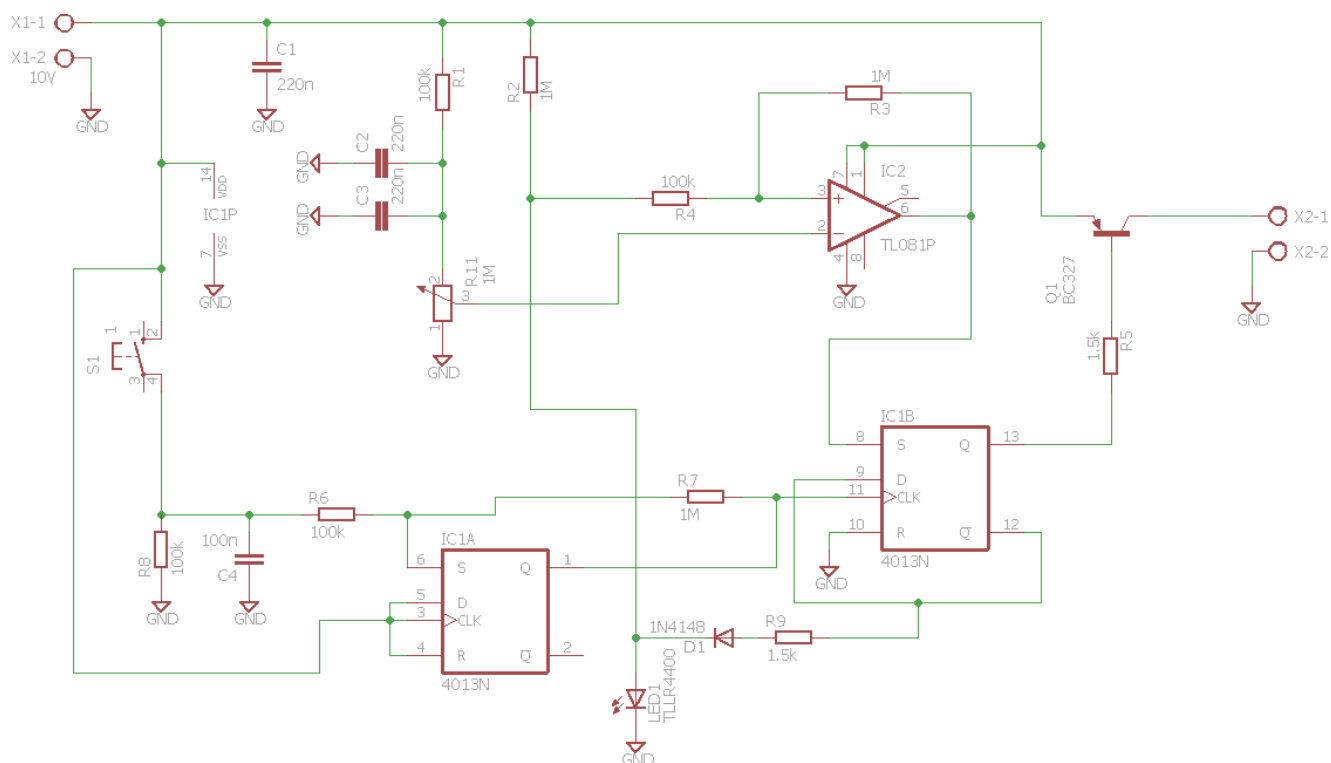
Można zatem zauważyć, że układ dzieli się na 2 części, ściśle ze sobą związane. Pierwszym z bloków układu jest para przerzutników D (w układzie 4013) oraz sterujący nimi przycisk. Pierwszy z przerzutników (oznaczony tu jako U3) ma za zadanie oczyszczać z zakłóceń impulsy dostarczane przez przycisk. Drugi z nich (oznaczony symbolem U2) działa na

zasadzie zatrzasku, blokując stan tranzystora będącego przełącznikiem dla układu obciążającego. Dzieje się tak dlatego, że przerzutnik ten reaguje na zbocze sygnału zegarowego (generowanego w tym wypadku przez wciskanie przycisku), a zwarcie ze sobą wyjścia negującego oraz wejścia powoduje każdorazową zmianę stanu na wyjściu Q przerzutnika przy wykryciu zbocza na sygnale zegarowym (czyli wciśnięcia przycisku).

Automatyczne sterowanie wyjściem zapewnia komparator oznaczony tu jako U1. Po podłączeniu zasilania ładują się kondensatory C2 i C3, co pozwala na obniżenie napięcia na wejściu odwracającym komparatora poniżej napięcia odniesienia i wysłanie krótkiego impulsu ustawiającego wyjście Q przerzutnika U2 w stan wysoki. Dzięki temu na bazę tranzystora BC327 wystawiony jest sygnał ustawiający tranzystor w stan odcięcia, dzięki czemu na obciążenie nie zostanie podane napięcie (nie popłynie tam także żaden prąd). Spowoduje to zabezpieczenie obciążenia przed ewentualnymi spadkami napięć przy podłączeniu wadliwie działającego zasilania (np. rozładowującej się baterii). Gdy kondensatory się naładują komparator zadziała jak zabezpieczenie przed spadkami napięć na wejściu układu automatycznie ustawiając wyjście Q przerzutnika w stan wysoki gdy tylko napięcie spadnie poniżej ustalonego dla danego obciążenia. Odbywa się to poprzez mierzenie różnicy w napięciu odniesienia a spadku napięcia na potencjometrze, którym można sterować czułością zaprojektowanego układu.

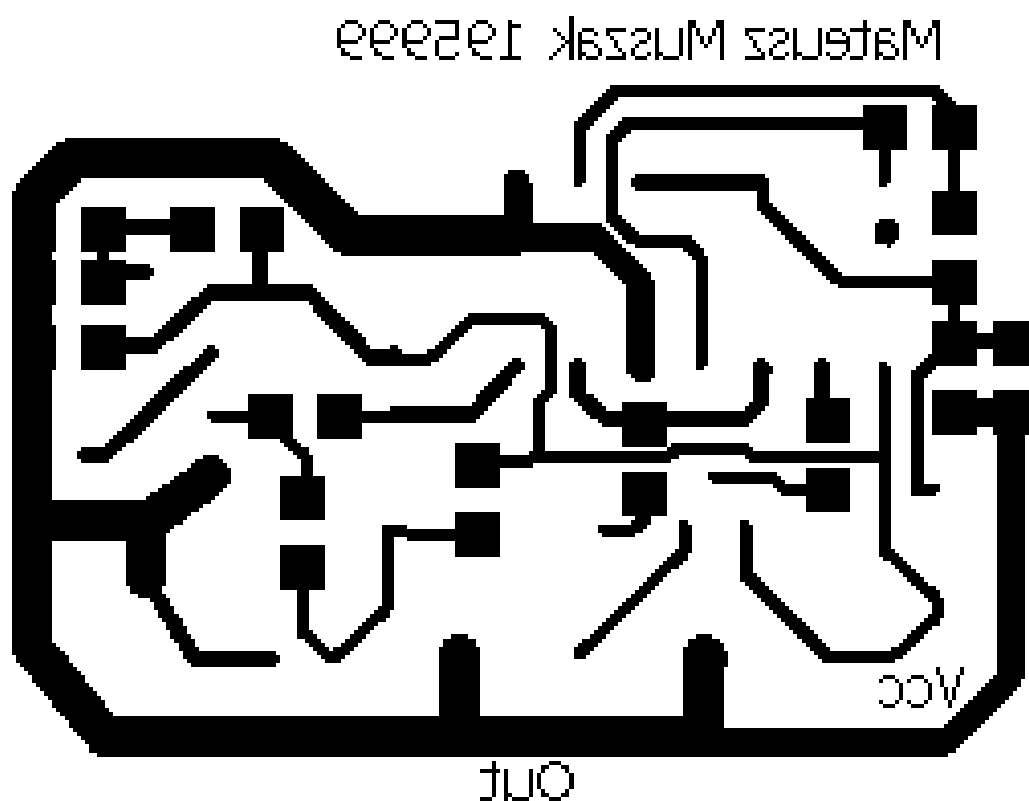
3.2 Projekt płytki w programie Eagle

Po wykonaniu symulacji w programie LT Spice zaprojektowałem w programie Eagle płytkę obwodu drukowanego, która miała stanowić sieć połączeń układu. Schemat w programie Eagle przedstawia rys. 5.



Rys. 5 Schemat układu w programie Eagle

Kolejnym krokiem było wykonanie projektu maski na płytce, przedstawia ją rys. 6.



Rys. 6 Projekt ścieżek na PCB

Następnie wytrawilem płytkę, przylutowałem elementy do właściwych im miejsc i przystąpiłem do wykonywania serii pomiarów.

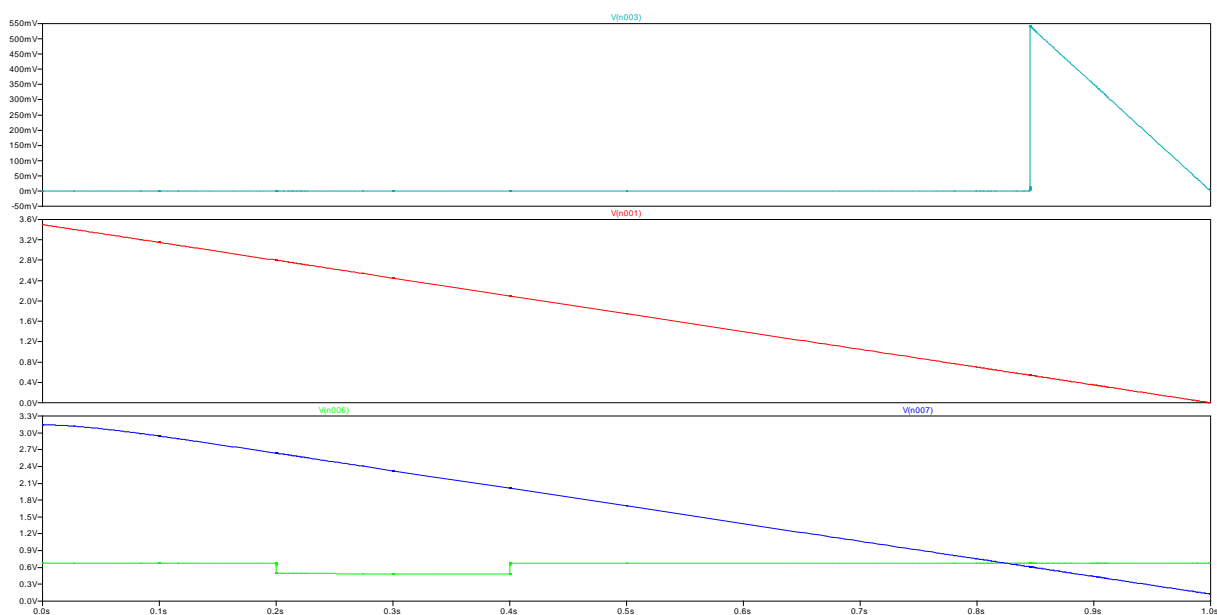
4. Pomiary układu

Poniższa tabela przedstawia wyniki pomiarów i obliczeń zależności rezystancji na potencjometrze od napięcia ustawiającego wyjście Q przerzutnika U2 w stan wysoki (powodujące przejście tranzystora w stan odcięcia).

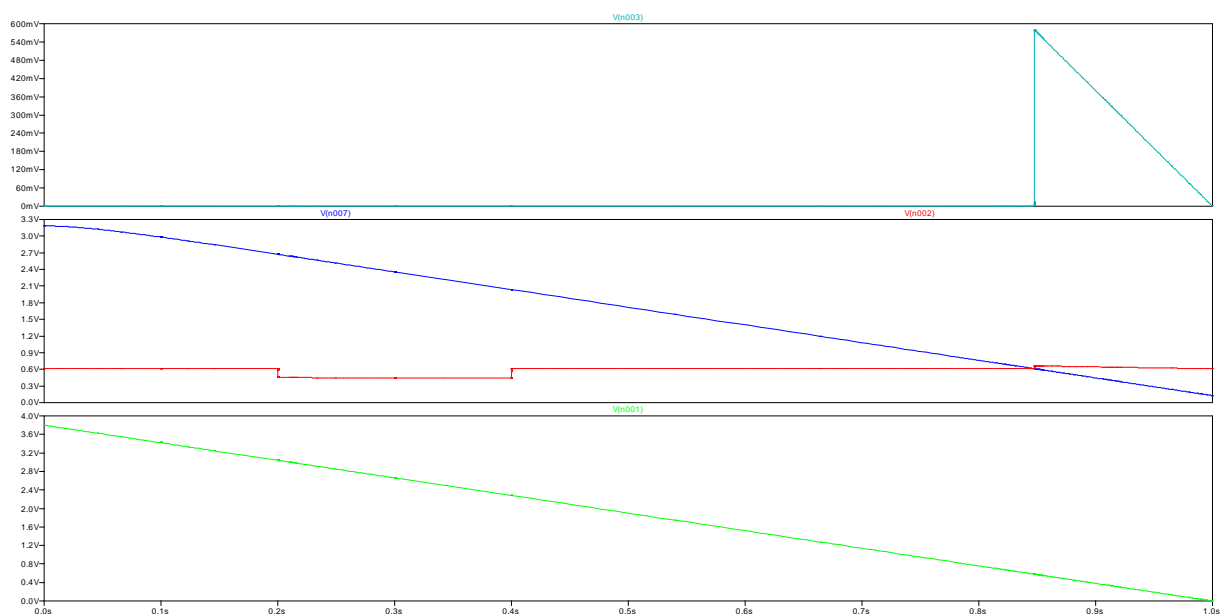
Tabela 1 Porównanie wartości spadku napięcia widzianego przez komparator do napięcia zasilania ustawiającego wyjście komparatora w stan wysoki oraz napięcia ustawiającego komparator w stan wysoki według symulacji w programie LT Spice IV

$U_{odc}[V]$	$I_{pot}[mA]$	$U_{pot}[V]$	$R_{pot}[k\Omega]$	$U_{wyj}[V]$	$U_{odc_spice}[mV]$
3,5	3,2E-06	0,04	12,571	3,49	542,97
3,8	3,5E-06	0,27	78,158	3,78	579,243
4,0	3,6E-06	0,40	110,00	3,98	596,757
4,2	3,8E-06	0,53	138,81	4,19	612,973
4,5	4,1E-06	0,63	154,00	4,48	612,973
4,8	4,4E-06	0,90	206,25	4,78	656,432
5,0	4,5E-06	1,03	226,60	4,98	670,27
5,2	4,7E-06	1,15	243,27	5,19	683,027
5,5	5,0E-06	1,33	266,00	5,48	698,649
5,8	5,3E-06	1,52	288,28	5,78	711,658
6,0	5,5E-06	1,63	298,83	5,98	723,432
6,5	5,9E-06	1,94	328,31	6,48	741,351
7,0	6,4E-06	2,25	353,57	6,98	760,541
7,5	6,8E-06	2,57	376,93	7,49	782,432
8,0	7,3E-06	2,88	396,00	7,97	787,027
8,5	7,7E-06	3,20	414,12	8,49	808,649

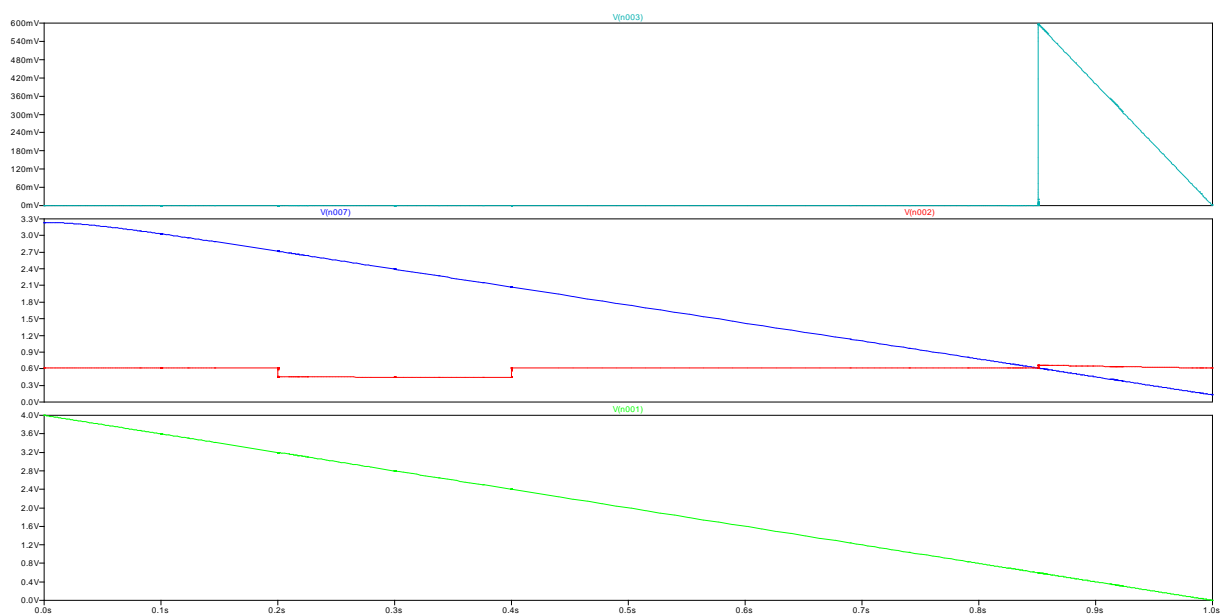
Można zatem zauważyć, że zmiana wartości rezystancji na potencjometrze zmienia wartość napięcia, dla którego układ przestaje przekazywać do obciążenia zasilanie, dzięki czemu możliwe jest zabezpieczenie tak zasilania (np. baterii) jak i układu obciążającego przed skutkami przeciążenia źródła. Problemem jest niezgodność tych wyników z symulacjami w programie LT Spice IV, który przedstawia te zależności w następujący sposób, przedstawiony na serii wykresów.



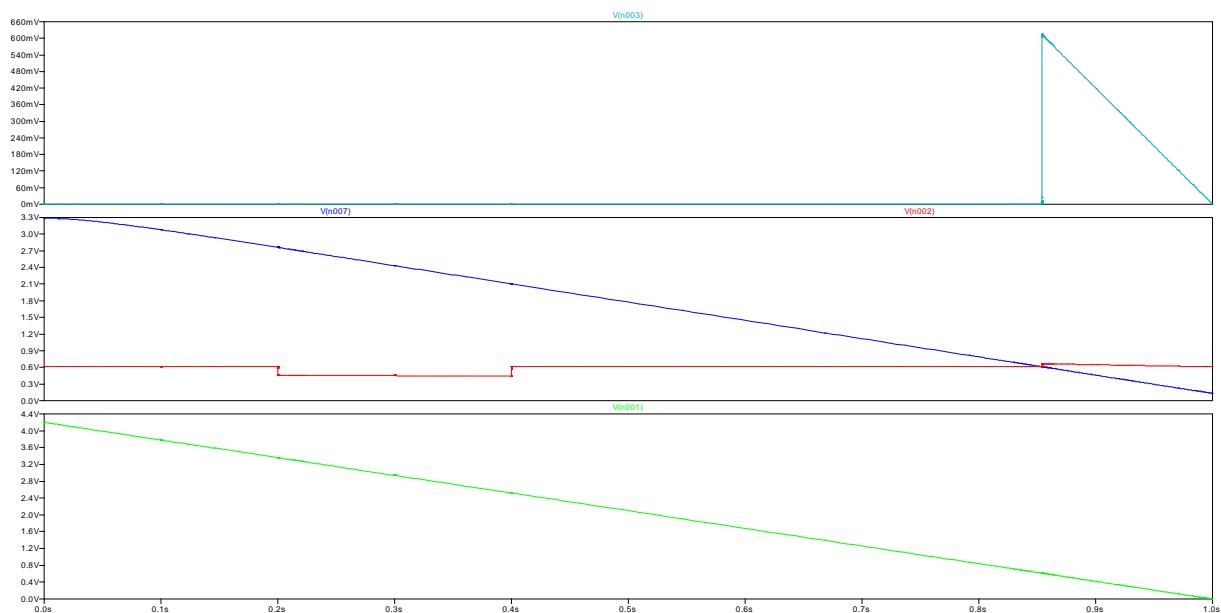
Rys. 7 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 3,5V



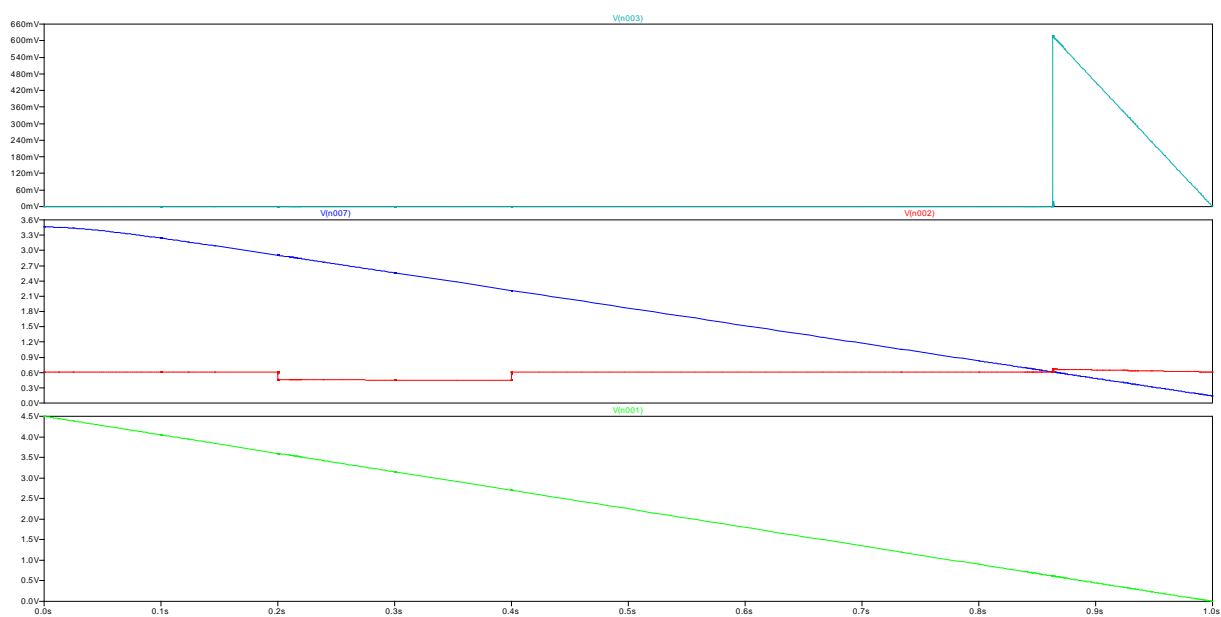
Rys. 8 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 3,8V



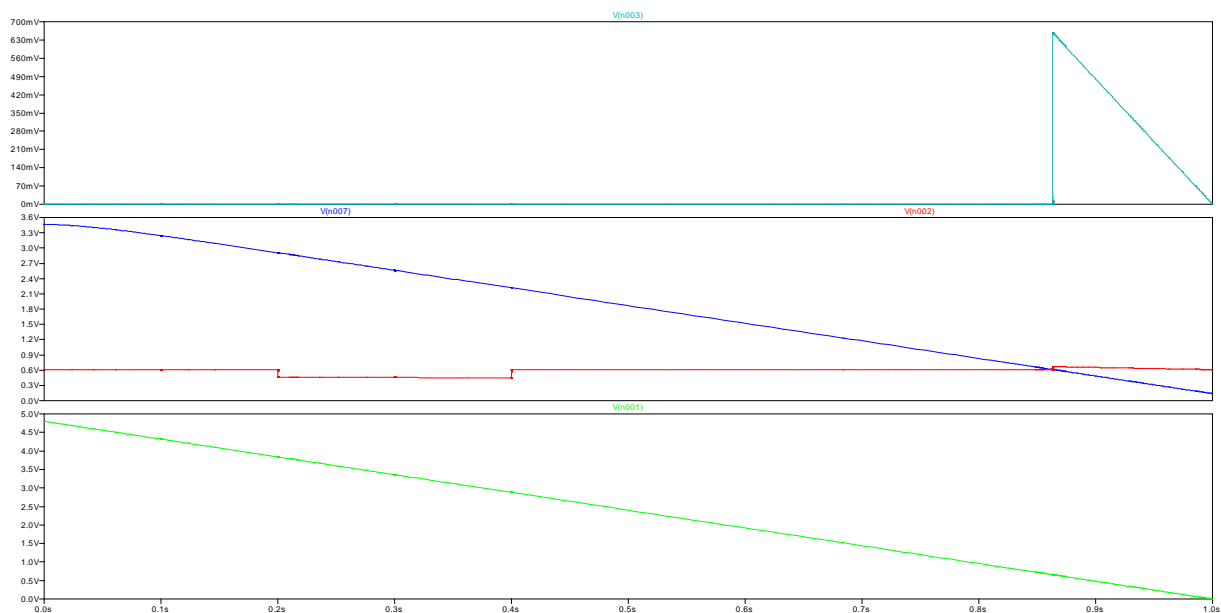
Rys. 9 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 4V



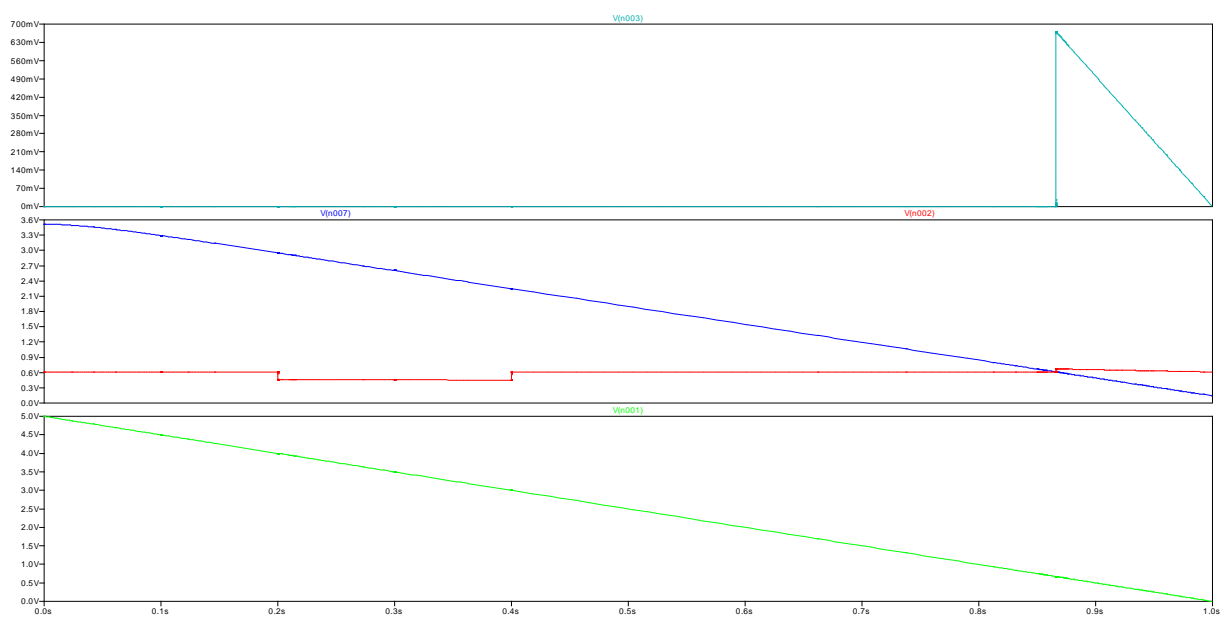
Rys. 10 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 4,2V



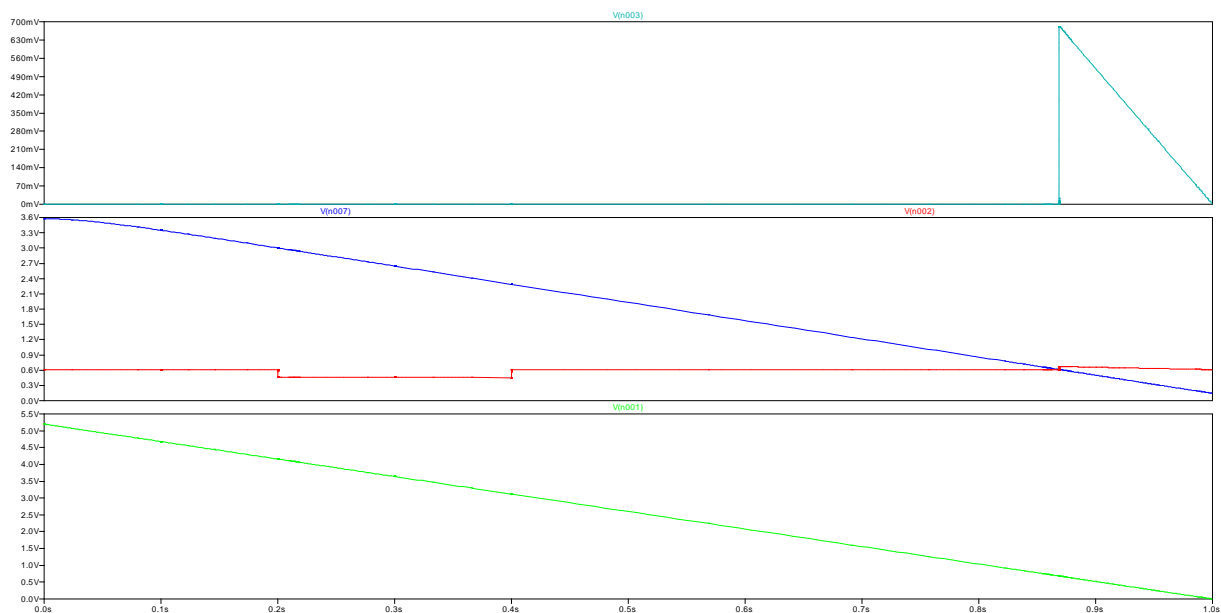
Rys. 11 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 4,5V



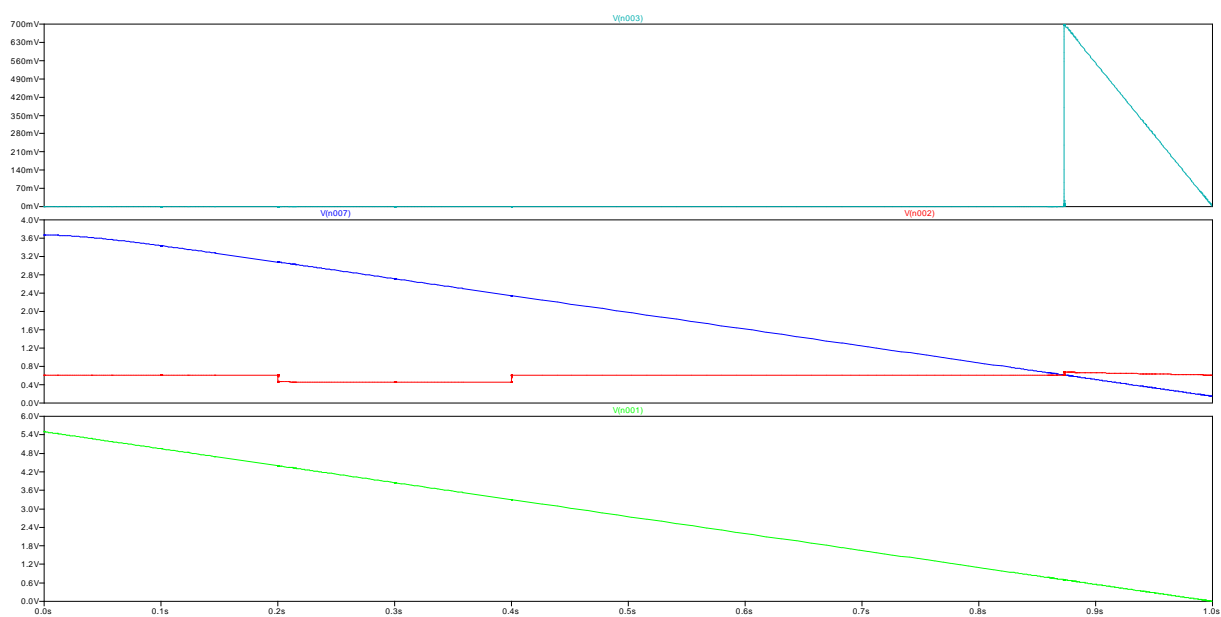
Rys. 12 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 4,8V



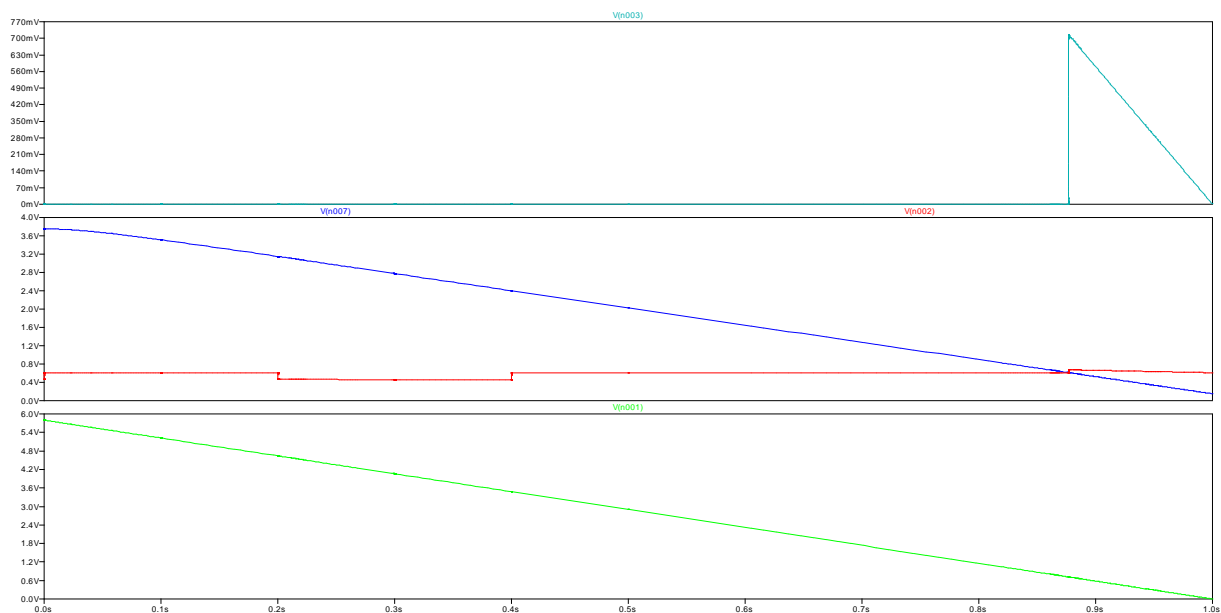
Rys. 13 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 5V



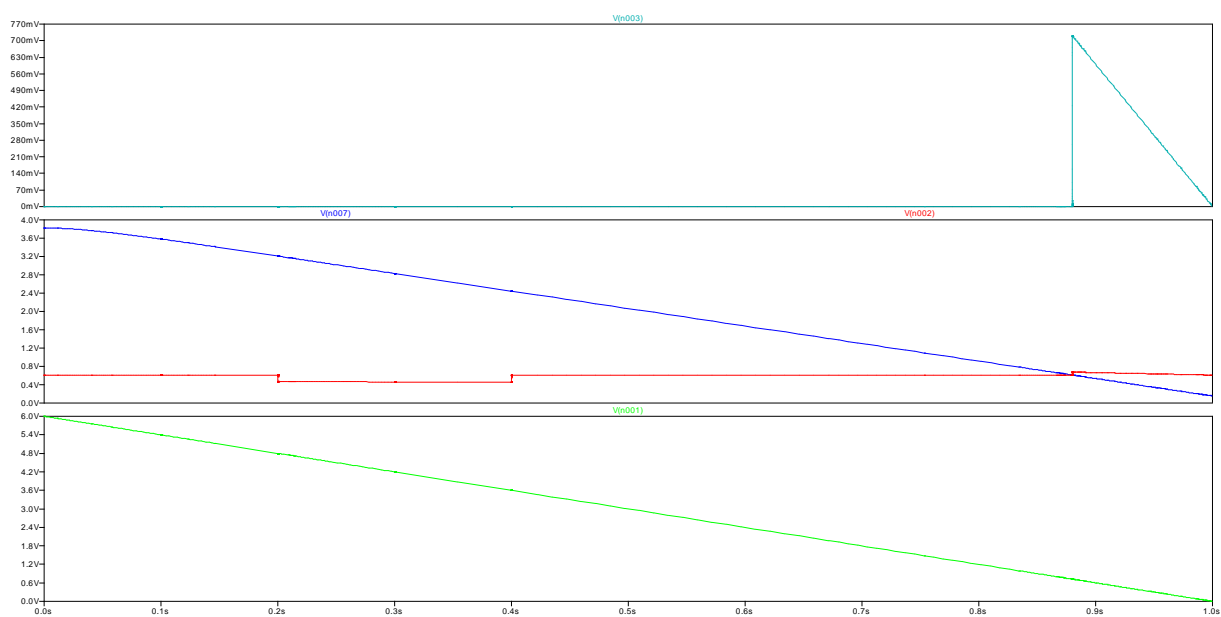
Rys. 14 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 5,2V



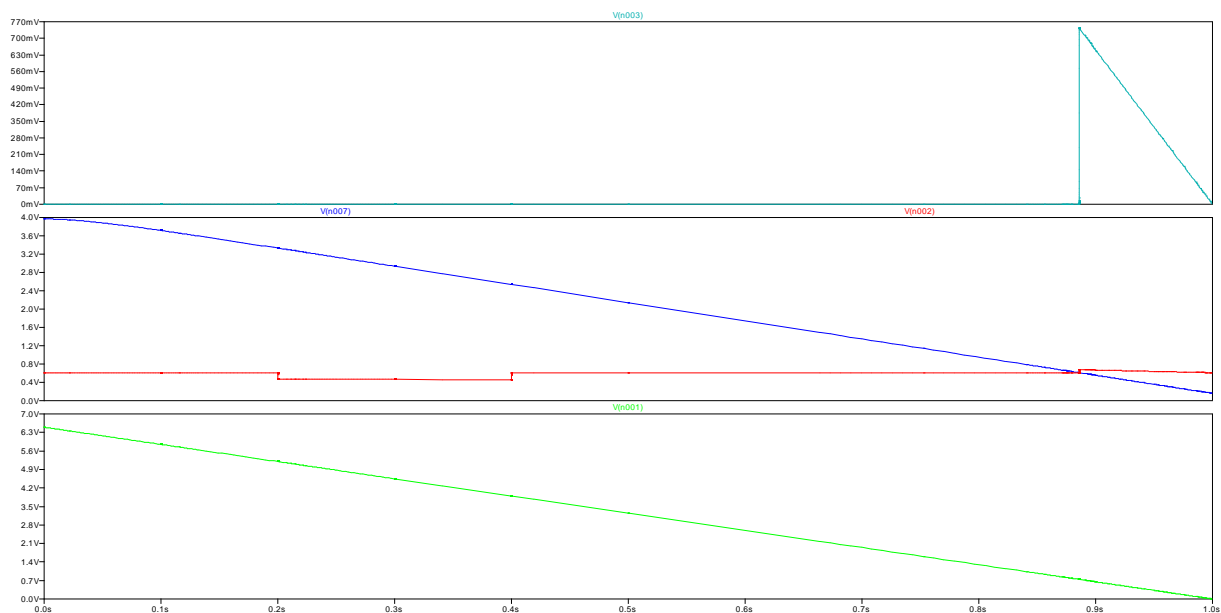
Rys. 15 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 5,5V



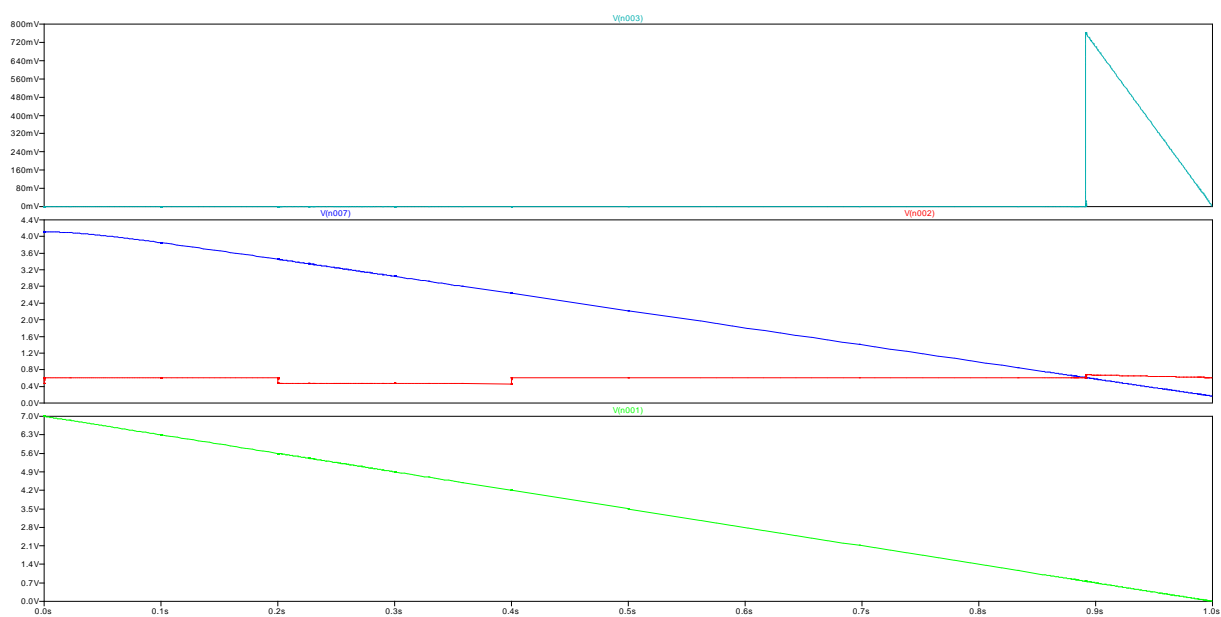
Rys. 16 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 5,8V



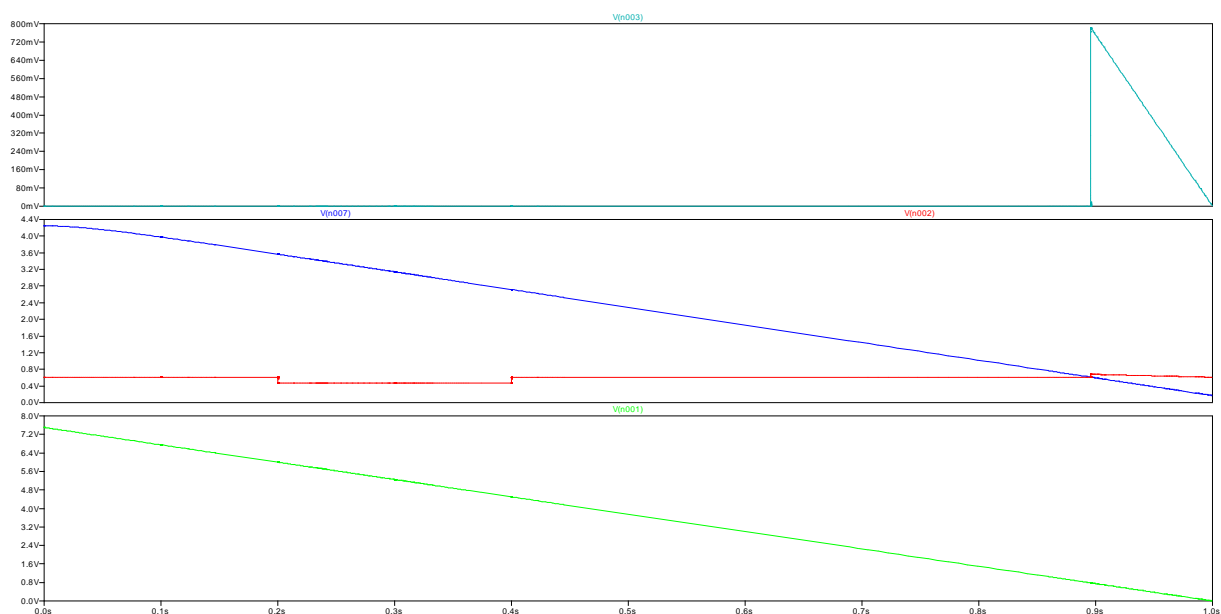
Rys. 17 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 6V



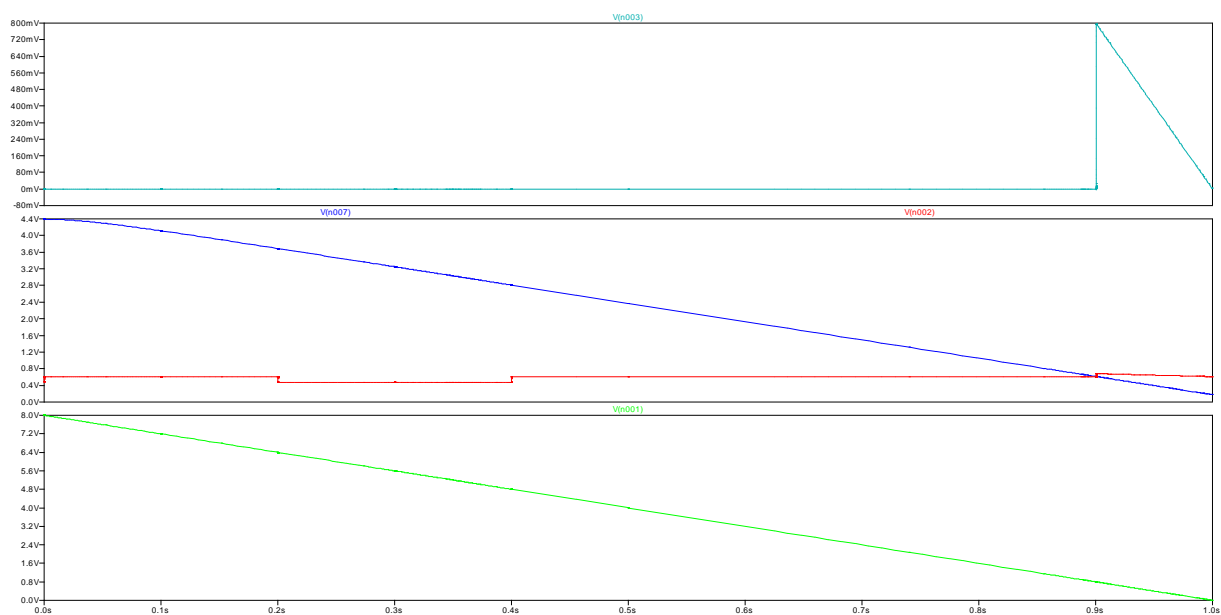
Rys. 18 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 6,5V



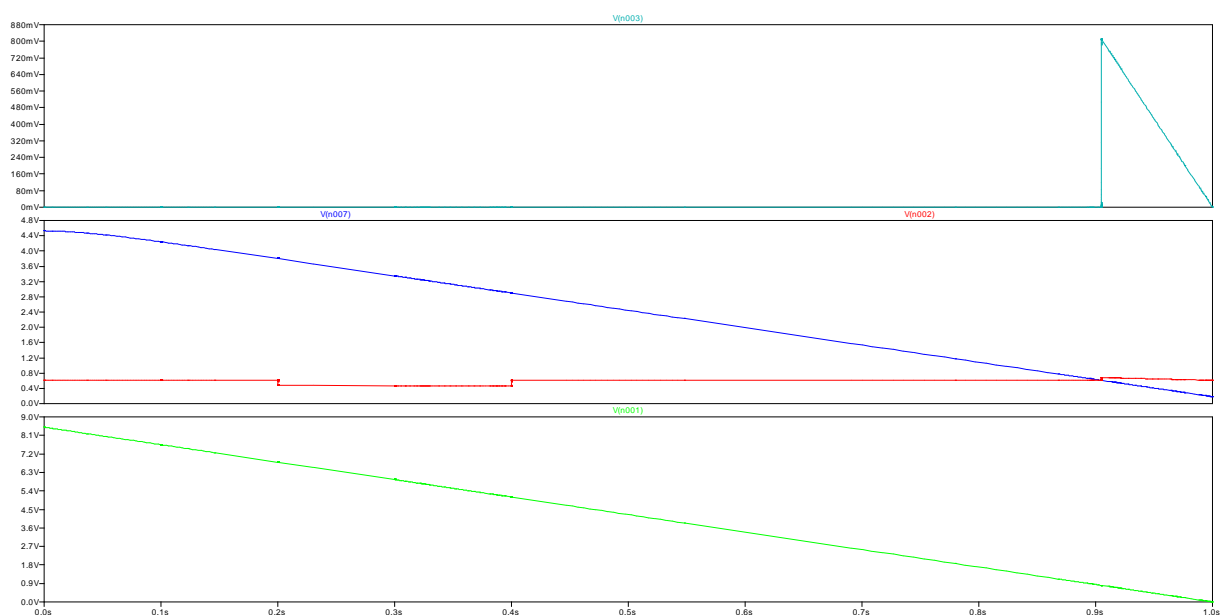
Rys. 19 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 7V



Rys. 20 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 7,5V



Rys. 21 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 8V



Rys. 22 Zależność spadku napięcia zasilania oraz różnicy ustawiającej wyjście komparatora zasymulowane w programie LT Spice IV dla napięcia od 8,5V

Drugim z pomiarów przeze mnie dokonanych był pomiar wartości napięcia na wyjściach układu 4013 dla zadanych napięć zasilania. Wyniki pomiaru przedstawia tabela 2.

$U_{zas} [V]$	$U_{LOW} [V]$	$U_{HIGH} [V]$
3,5	0,42	3,49
5	0,48	4,98
8	0,58	7,97

Tabela 2 Wartości napięcia stanów wysokiego i niskiego dla układu 4013

Widzimy więc, że napięcia stanów niskich różnią się nieznacznie, jednak cały czas oscylują wokół wartości 0,5V (co jest zgodne z oczekiwaniami), natomiast napięcia stanów wysokich są zbliżone do wartości napięcia zasilania. Nie jest to jednak zgodne z symulacjami w programie LT Spice, który za każdym razem jako stan wysoki wyjścia układu podaje wartość napięcia 5V.

5. Wnioski

Rzeczywisty układ różni się diametralnie od symulacji w programie LT Spice IV. Wyniki pomiarów a także sposób działania układu w rzeczywistości nie znalazły odzwierciedlenia w żadnej z podjętych symulacji, co pozwala mi uznać, że symulowanie działania projektów w LT Spice nie gwarantuje powodzenia w jego wykonaniu, co więcej, czasem działający projekt w programie Spice wprowadza projektanta w błąd, ponieważ rozwiązania, które warunkują poprawne uruchomienie się i wykonanie symulacji są niezgodne z działaniem układu w świecie rzeczywistym. Z tego powodu schemat symulacji w programie LT Spice różni się od schematu układu do projektu w programie Eagle, a większość z wykonanych symulacji nie jest zgodna co do wartości napięć i prądów w

odniesieniu do rzeczywistości. Największe rozbieżności zauważyłem w sposobie symulacji przez program LT Spice działania przerzutnika D (który według algorytmów programu jest niezależny od napięcia zasilania jeśli chodzi o napięcia stanów wyjściowych) oraz komparatora, który w rzeczywistości wystawia napięcie na wyjście dla zupełnie innych wartości napięć odniesienia i spadków napięć na potencjometrze niż ma to miejsce na symulacjach.

6. Załączniki

- 1) Karta uczestnictwa w zajęciach Laboratorium Otwartego

7. Oświadczenie

Oświadczam, że projekt został sprawdzony, jest kompletny i poprawny, spełnia wymagania projektowe oraz został wykonany samodzielnie.