

## Projekt z elektroniki analogowej 2

Numer projektu: 21

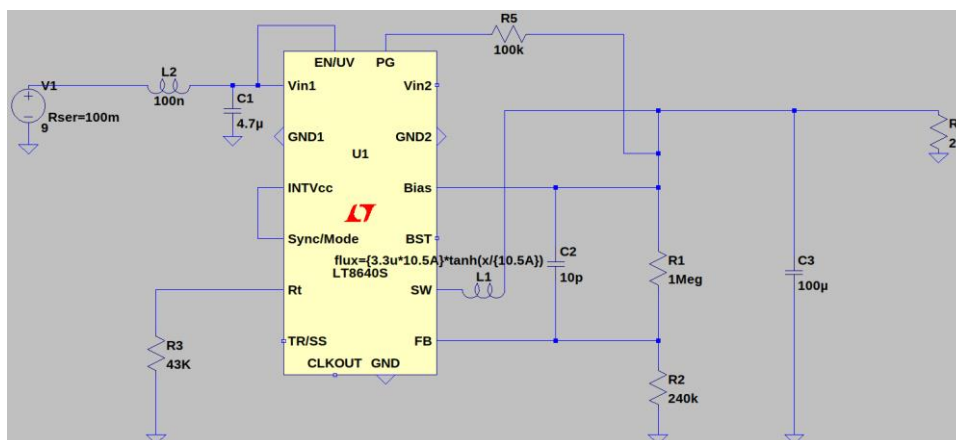
Wykonująca: Anna Maria Dzieżyk, nr albumu: 318 506

Spis treści:

1. Przetwornica dla sekcji cyfrowej – schemat i uzasadnienie wyboru elementów
2. Przetwornica dla sekcji analogowej 1 – schemat i uzasadnienie wyboru elementów
3. Przetwornica dla sekcji analogowej 2 – schemat i uzasadnienie wyboru elementów
4. Przetwornica dla sekcji analogowej 3 – schemat i uzasadnienie wyboru elementów
5. Działanie całego układu - schemat, wyniki symulacji pojedynczych sekcji i całego układu wnioski
6. Tabela z oznaczeniami producentów elementów użytych w całym układzie zasilającym

### Adnotacja 1. Przetwornica dla sekcji cyfrowej – schemat i uzasadnienie wyboru elementów

Schemat 1.: przetwornica obniżająca napięcie z 9V do 5V i dla max. prądu wyjściowego - 5A; sekcja cyfrowa – cel: osiągnięcie jak największej sprawności

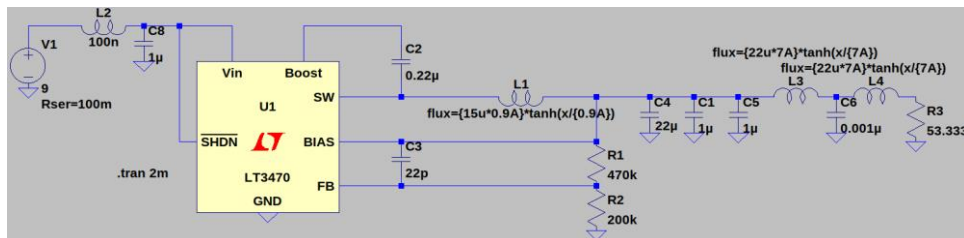


- Sterownik do przetwornicy impulsowej – LT8640S firmy Analog Devices; wybrałam ten układ, ponieważ jest prosty, stosowany do przetwornic, w których jest wymagana wysoka sprawność, wytrzymuje prądy do 6A przy napięciu wyjściowym 5V, napięcia wejściowe mogą się wahać aż do 40V.
- Cewka L1 – należy do szeregu E6, wytrzymuje prąd 10,5A, więc bez problemu wytrzymuje prąd wyjściowy - 5A; przy wyborze wszystkich cewek kierowałam się jak najwyższym prądem nasycenia przy względnie niskich oporach szeregowych i pojemnościach pasozytniczych
- Kondensatory C1, C2, C3 – odpowiednio - 4,7μF, 10pF, 100μF - głównym kryterium ich wyboru było wysokie napięcie pracy, nawet kosztem większych wartości indukcyjności i oporów pasozytniczych.
- Opory R1, R2, R3, R5 – odpowiednio - 1MΩ, 240kΩ, 43kΩ, 100kΩ; pierwsze dwa wybrane w celu dopasowania pożądanego napięcia na wyjściu, według wzorów w notach aplikacyjnych

w dokumentacji sterownika; trzeci opór wybrany dla najwyższej częstotliwości pracy sterownika; ostatni opór wybrany według noty aplikacyjnej producenta sterownika LT8640S.

## Adnotacja 2. Przetwornica dla sekcji analogowej 1 – schemat i uzasadnienie wyboru elementów

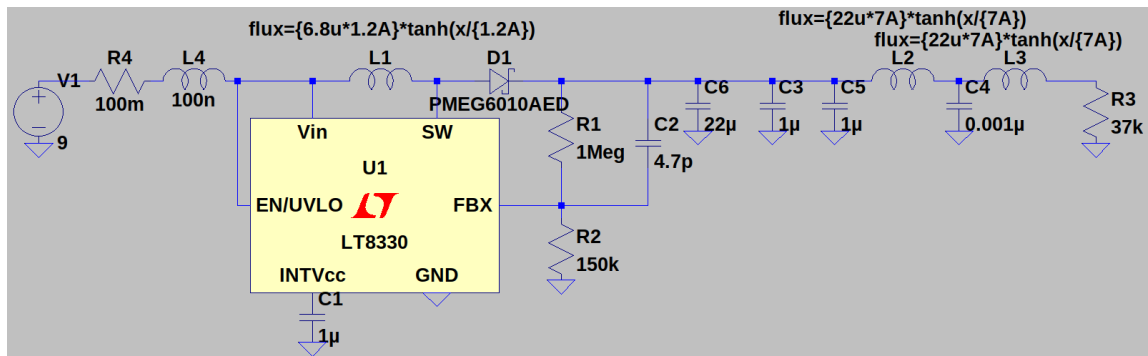
Schemat 2.: przetwornica obniżająca napięcie z 9V do 4V i dla max. prądu wyjściowego - 150mA; sekcja analogowa – cel: osiągnięcie jak najmniejszych tętnień napięcia na wyjściu



- Sterownik do przetwornicy impulsowej – LT3470 firmy Analog Devices; przy wyborze tego układu kierowałam się głównie szerokim spektrum napięcia wejściowego, “prostym” układem elementów pasywnych do implementacji przetwornicy i w typowym zastosowaniu pracuje na prądach  $\sim 200\text{mA}$ , a napięcia wyjściowe sięgają 5V i najczęściej tej wartości nie przekraczają;
- Cewka L1 - należy do szeregu E6, jest to dławik mocy, prąd nasycenia jest 6 razy większy niż zakładany maksymalny prąd wyjściowy, ponadto w kryteriach wyboru kierowałam się dedykowaniem go do przetwornic DC/DC;
- Cewki L3, L4 - należą do szeregu E6, są częścią filtra T, wartości jego elementów zostały dobrane tak, by tłumić sygnały powyżej 0,07MHz, tętnienia na wyjściu są bardzo niewielkie;
- Kondensatory C1-C8 – kryteria ich wyboru to kompromis między maksymalnym napięciem pracy, a minimalizacją elementów pasożytniczych; napięcia pracy tych kondensatorów zawierają się w przedziale 20V-50V, kondensator 0,22μF i 0,001μF są kondensatorami ceramicznymi, reszta to kondensatory tantalowe;
- Rezystory R1, R2 – dzielnik napięciowy, zastosowany, aby ustalić napięcie na wyjściu przetwornicy, wysokie opory rzędu setek kiloomów, w każdej przetwornicy zostały tak dobrane, by ograniczać tętnienia wyjściowe. Wszystkie rezystory wykorzystane w projekcie mają tolerancję równą 5% i mocy na poziomie 250 mW.

## Adnotacja 3. Przetwornica dla sekcji analogowej 2 – schemat i uzasadnienie wyboru elementów

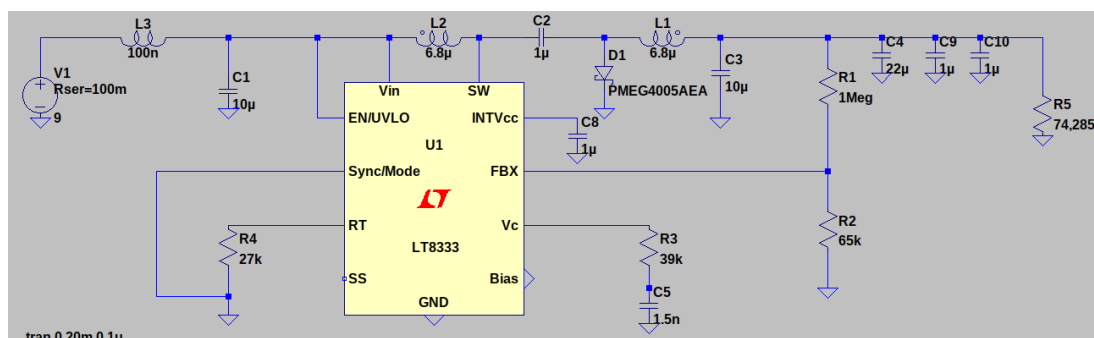
Schemat 3.: przetwornica podwyższająca napięcie z 9V do 13V i dla max. prądu wyjściowego - 350mA; sekcja analogowa – cel: osiągnięcie jak najmniejszych tętnień napięcia na wyjściu



- Sterownik do przetwornicy impulsowej – LT8330 firmy Analog Devices; wybór tego elementu podyktowany był głównie szerokim zakresem napięć wejściowych, wzmacnieniem aż do 48V oraz zasadniczo niskimi prądami wyjściowymi rzędu 135 mA;
- Dioda D1 – dioda Schottky’ego firmy Nexperia, jej oznaczenie katalogowe znajduje się na schemacie; wybrałam ją z biblioteki LTSpice, tak, by jej parametry były podobne do diody proponowanej do aplikacji przetwornicy podwyższającej napięcie.
- Cewki L1, L2, L3 - należą do szeregu E6, dobrane tak, by miały jak największe prądy nasycenia, w miarę wysokie prądy pracy, równe przynajmniej 0,9A, Cewki 22μF - są częścią filtru T, wartości jego elementów zostały dobrane tak, by tłumić sygnały powyżej 0,07MHz, więc zasadniczo tętnień na wyjściu jest bardzo mało i są niewielkie;
- Kondensatory C1 – C6 - należą do szeregu E6, dobrane tak, by miały jak najwyższe napięcia pracy, poza tym ich parametry dobrane zostały tak samo, jak w poprzednich przetwornicach;
- Rezystory R1, R2 – dobrane tak, by ustalić napięcie na wyjściu przetwornicy, według noty aplikacyjnej układu LT8330;

#### Adnotacja 4. Przetwornica dla sekcji analogowej 3 – schemat i uzasadnienie wyboru elementów

Schemat 4.: przetwornica odwracająca napięcie z 9V do - 13V i dla max. prądu wyjściowego - 350mA; sekcja analogowa – cel: osiągnięcie jak najmniejszych tętnień napięcia na wyjściu



- Sterownik do przetwornicy impulsowej – LT8333 firmy Analog Devices; wybrałam ten układ, ponieważ ma szeroki zakres napięć wejściowych, ale głównie dlatego, że pracując jako część przetwornicy odwracającej, oferuje napięcie odwrócone aż do -24V, przy niskich prądach wyjściowych, oczywiście na wyjściu układu zastosowany został filtr zmniejszający tętnienia;
- Dioda D1 – dioda Schottky’ego firmy Nexperia, jej oznaczenie katalogowe znajduje się na schemacie; wybrałam ją z biblioteki LTSpice, tak, by jej parametry były podobne do diody proponowanej do aplikacji przetwornicy odwracającej napięcie.

- Cewki L1, L2 - wybrałam je z biblioteki LTSpice, ponieważ akurat ich model był w niej dostępny, prądy nasycenia sięgają  $\sim 1A$ , więc jest to wystarczająco dużo dla naszego zastosowania; ponadto ich model jest wystarczająco podobny do tego, który jest proponowany w nocie aplikacyjnej układu LT8333;
- Kondensatory C1-C10 – dobrane ze względu na wysokie napięcia pracy, kondensator C2 wybrany został z biblioteki LTSpice, ponieważ ich model jest wystarczająco podobny do tego, który jest proponowany w nocie aplikacyjnej układu LT8333;
- Rezystory R1, R2 – dobrane tak, by ustalić napięcie na wyjściu przetwornicy, według noty aplikacyjnej układu LT8333;
- Rezystor R4 – dobrany tak, by ustalić częstotliwość pracy sterownika, wybrany według tabeli dostarczonej w nocie aplikacyjnej producenta układu LT8333, zależało mi na tym, by zmieścić tę częstotliwość w zakresie 1,5 MHz – 2 MHz;
- Rezystor R3 – dobrany tak, jak na proponowanej aplikacji sterownika dla układu odwracającego napięcie;

### *Adnotacja 5. Działanie całego układu - schemat, wyniki symulacji poszczególnych sekcji i całego układu, wnioski*

*Tabela 1.: Wyniki symulacji dla każdej sekcji niezależnie*

	Sekcja cyfrowa	Sekcja analogowa 1	Sekcja analogowa 2	Sekcja analogowa 3
Napięcie wyjściowe (teoretyczne)	5V	4V	13V	-13V
Teoretyczny max. pobór prądu na wyjściu	5A	150mA	350mA	350mA
Napięcie wyjściowe ( $I_{out} = \max$ )	5,0016V	4.1756V	12,227V	-13,025V
Napięcie wyjściowe ( $I_{out} = 0$ )	5.0115V	4.1753V	12,306V	-15,937V
Tętnienia napięcia wyjściowego ( $I_{out} = \frac{1}{2}I_{max}$ )	95,64mV (1,9%)	15,61mV (0,37%)	353,44mV (2,87%)	85,58mV (0.65%)
Tętnienia napięcia wejściowego ( $I_{out} = \frac{1}{2}I_{max}$ )	9.65V	482,65mV	7,78V	3,47V
Sprawność ( $I_{out} = \frac{1}{2}I_{max}$ )	91,53%	86,56%	95,01%	90,68%

#### *Komentarz, wnioski:*

Wątpliwości i obawy mogą budzić bardzo wysokie tętnienia napięć wejściowych w każdej przetwornicy osobno. Wszystkie elementy modelowane były według danych katalogowych rzeczywistych elementów tak, aby nie przekraczały maksymalnych parametrów każdego z użytych elementów. Prawdopodobną przyczyną wystąpienia tych błędów mogą być błędy symulacji, na przykład dla źródeł prądowych modelujących obciążenia, występują problemy takie, których nie ma dla rezystorów modelujących obciążenia.

Wyniki symulacji dla przetwornic z sekcji analogowej 1 i sekcji analogowej 3 są najbardziej zadowalające, ponieważ charakteryzują się najniższymi tętnieniami. Sekcja analogowa 2, niestety nie spełnia tych wymagań, ponieważ ma najwyższe wartości tętnień ze wszystkich przetwornic, mimo zastosowanych filtrów dolnoprzepustowych na wyjściu. Dobrym rozwiązaniem tego problemu byłoby przebudowanie tego układu, zastosowanie przetwornicy typu SEPIC, próbowałam

wielokrotnie zmieniać wartości i sposoby rozmieszczenia elementów, niestety nie przyniosło to bardziej wymiernych rezultatów - a zmiana sterownika to rozwiązanie, na które nie starczyło mi niestety czasu.

Schemat 5.: Cały układ zasilający

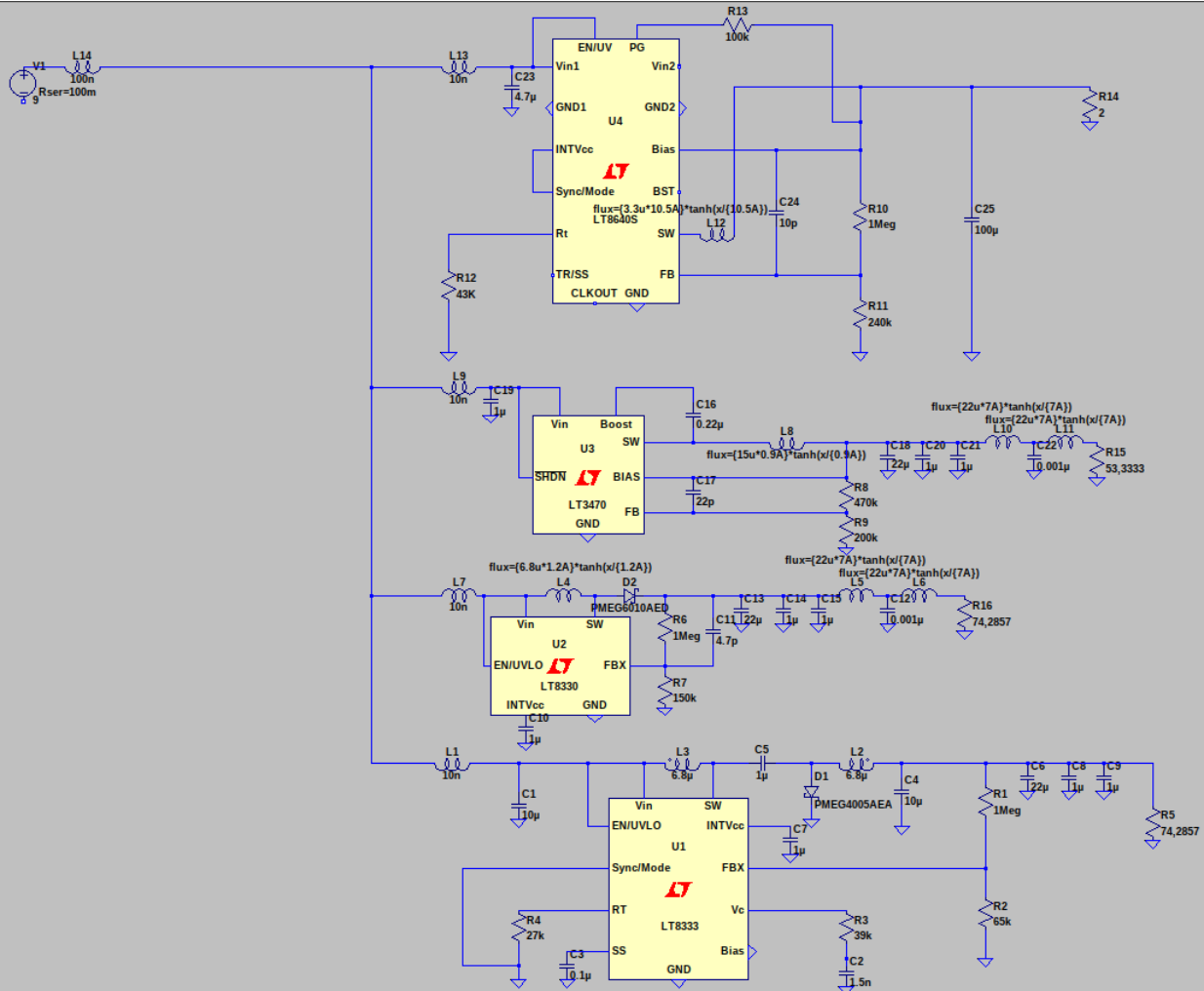


Tabela 2.: Wyniki symulacji dla całego układu

Tętnienia napięcia wejściowego ( $I_{out} = \frac{1}{2}I_{max}$ ) -

	Sekcja cyfrowa	Sekcja analogowa 1	Sekcja analogowa 2	Sekcja analogowa 3
Tętnienia napięcia wyjściowego ( $I_{out} = \frac{1}{2}I_{max}$ )	-	-	-	-

Komentarz: Z powodów mi nieznanych, symulacja nie chciała “ruszyć”, plik z układem został dodany do folderu na platformie moodle.

Adnotacja 6. Tabela z oznaczeniami producentów elementów

Tabela 3.: oznaczenia producentów elementów użytych w całym układzie zasilającym

<i>Wartość elementu</i>	<i>Oznaczenie producenta</i>	<i>Wartość elementu</i>	<i>Oznaczenie producenta</i>
4,7 $\mu$ F	593D475X9016A2TE3	6,8 $\mu$ H	MSS5131-682
100pF	CC-10 SR PASSIVES	DIODA	PMEG4005AEA
100 $\mu$ F	593D107X0020E2TE3	DIODA	PMEG6010AED
1 $\mu$ F	T494C105K050AT	1M $\Omega$	CFROW4J0105A50
0,22 $\mu$ F	TAJR224K020RNJ	240k $\Omega$	CFROW4J0244A50
22pF	CC-22 SR PASSIVES	43k $\Omega$	CFROW4J0433A50
22 $\mu$ F	593D226X9016B2TE3	100k $\Omega$	CFR0S2J0104A10
4,7pF	CC-4,7 SR PASSIVES	470k $\Omega$	CFROW4J0474A50
1nF	02013C102KAT2A	200k $\Omega$	CFROW4J0204A50
10 $\mu$ F	T510X106K050ATE090	150k $\Omega$	CFR0S2J0154A10
1,5nF	06031C152JAT2A	39k $\Omega$	CFROW4J0393A50
1 $\mu$ F	C3216X7RIC105K	27k $\Omega$	CFROW4J0273A50
0,1 $\mu$ F	TAJR104K020RNJ	65k $\Omega$	8-1676914-0
3,3 $\mu$ H	EXL1V0606-3R3-R	Stabilizator napięcia	LT8640S
15 $\mu$ H	DL16-15 FERROCORE	Stabilizator napięcia	LT3470
22 $\mu$ H	DL50-22 FERROCORE	Stabilizator napięcia	LT8330
6,8 $\mu$ H	DL16-6.8 FERROCORE	Stabilizator napięcia	LT8333