

# Концепция «PoL-converter»

*Коновалов Алексей*



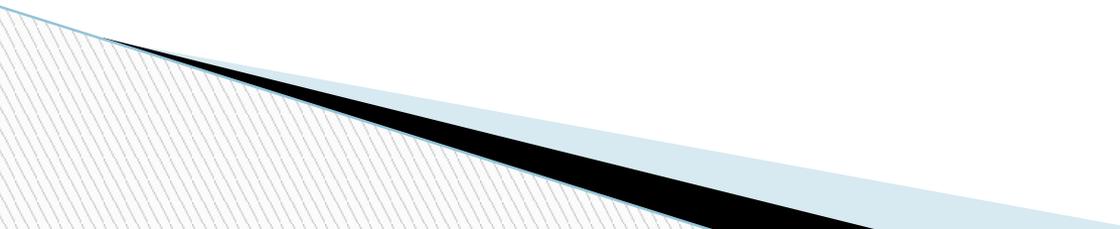
## Цель :

- Разработать концепцию и провести основные расчёты PoL-преобразователя с шиной PMBus и с максимальной выходной мощностью 55 Вт.

## Исходные характеристики:

- Входное напряжение 12 В (9-18 В)
- Выходное напряжение 3,3 В
- Максимальный выходной ток 16,7 А
- Частота преобразования 2 МГц

## Исходно предлагаемые электронные компоненты:

- Контроллер TPS40400 Texas Instruments
  - Драйвер LMG1210 Texas Instruments
  - Силовые ключи Half-Bridge сборка GaN-FETs
  - Дроссель XAR7030-161ME Coilcraft
- 

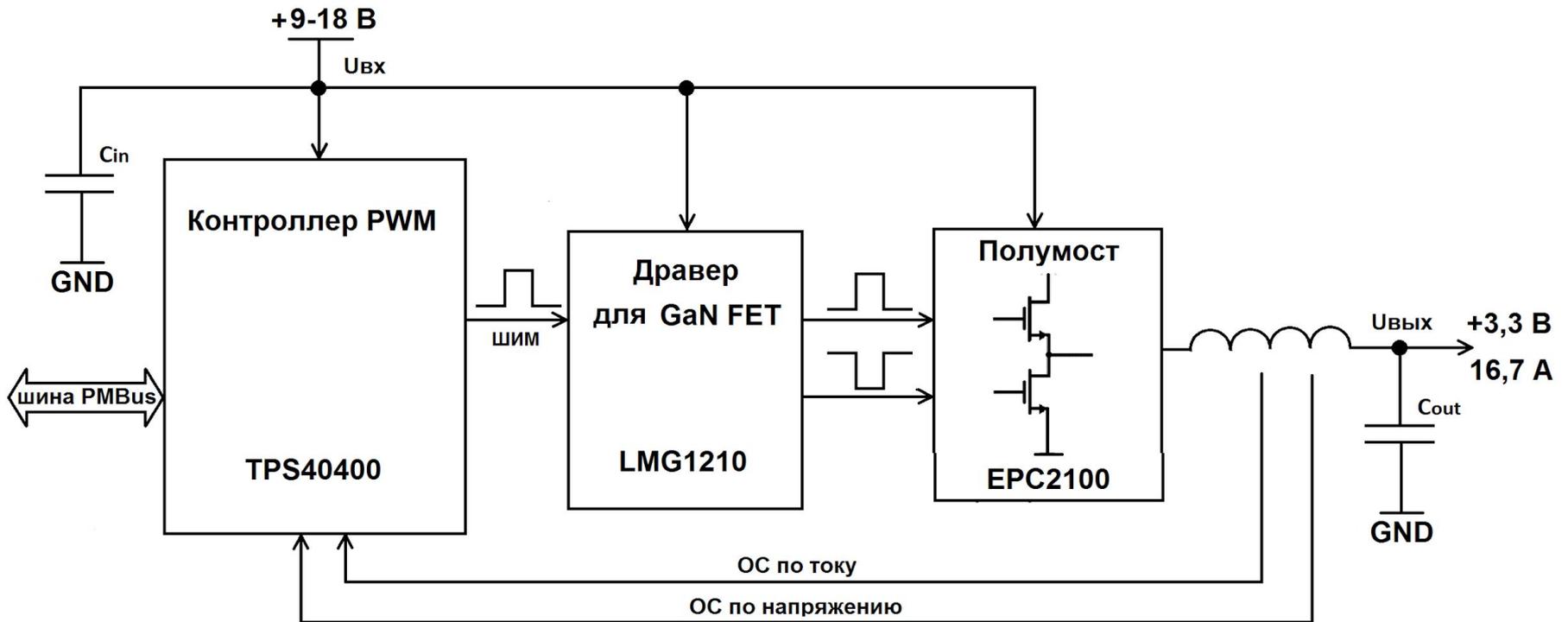
# Параметры транзисторов

В преобразователе был выбран GAN(нитрид-галлиевый) полумостовой транзистор EPC2100.

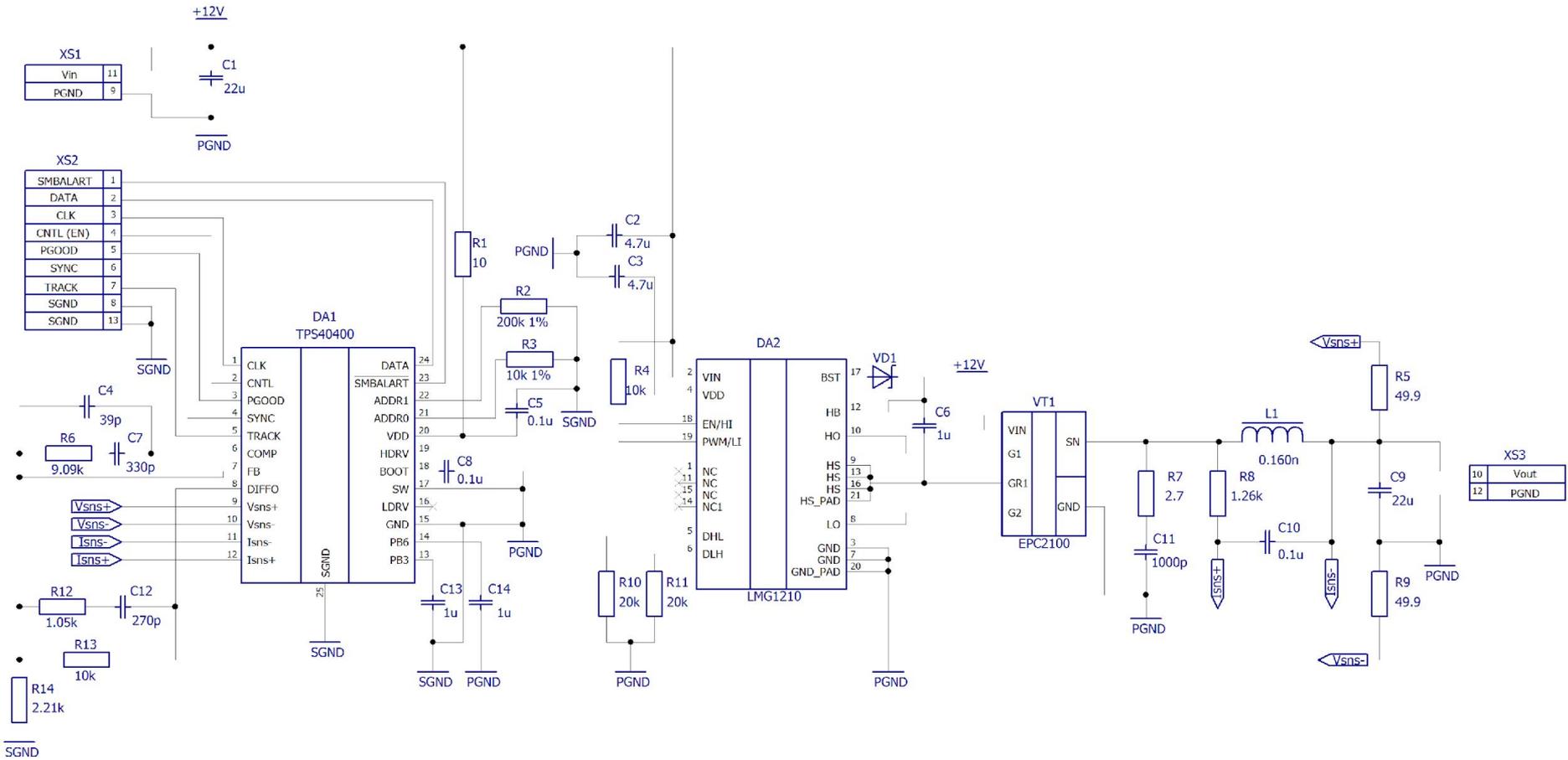
Таблица 1 — Основные параметры транзистора EPC2100

Параметры	Значения	
	Верхний транзистор Q1	Нижний транзистор Q2
Vds (напряжение стока-истока)	30 В	30 В
Id (непрерывный ток стока)	10 А	40А
Vgs (напряжение затвор-исток)	6 В	6 В
TJ_MAX (макс. рабочая температура)	+150 °C	+150 °C
Rds(on) (сопротивление открытого транзистора)	8,2 мОм	2,1 мОм
Qg (емкость затвора)	4,9 нФ	19нФ

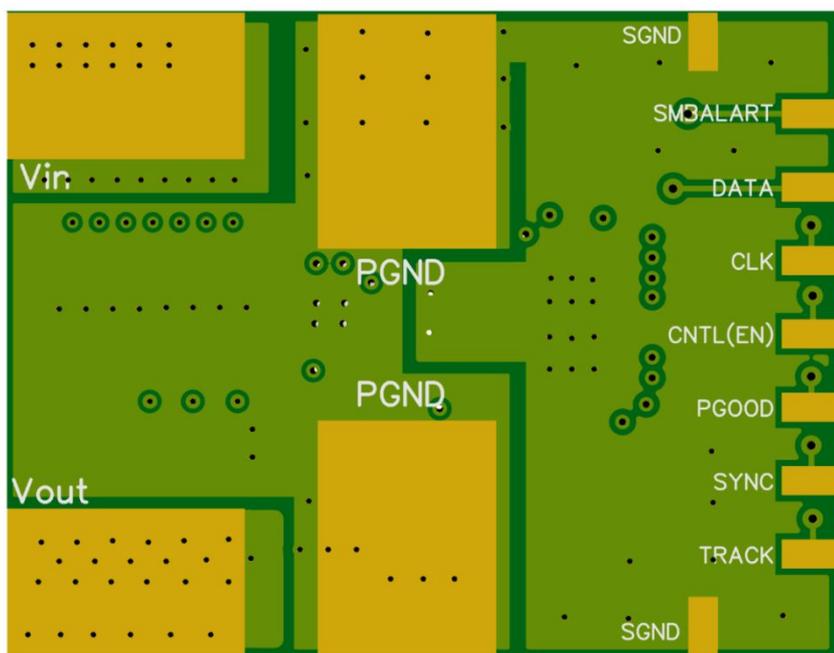
# Структурная схема



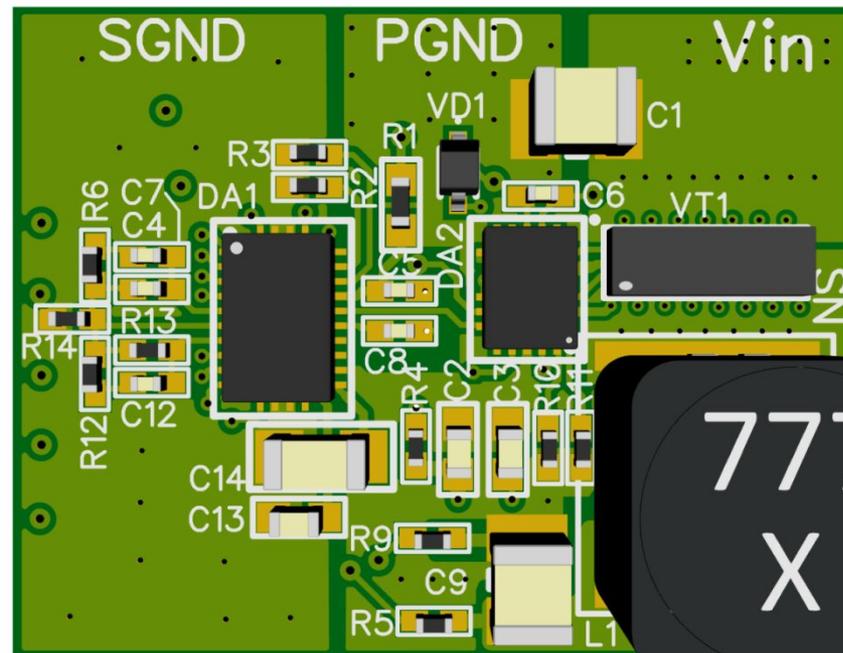
# Электрическая принципиальная схема



# Печатная плата



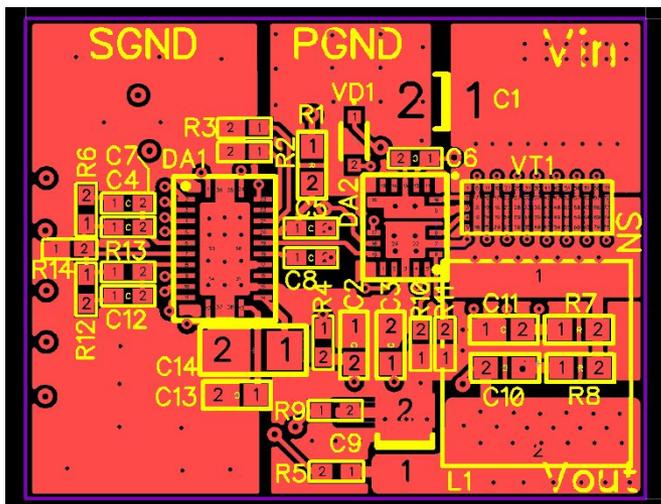
Вид снизу



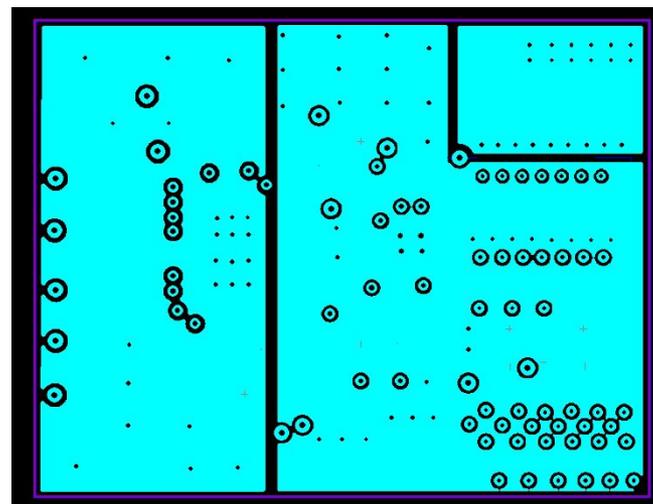
Вид сверху



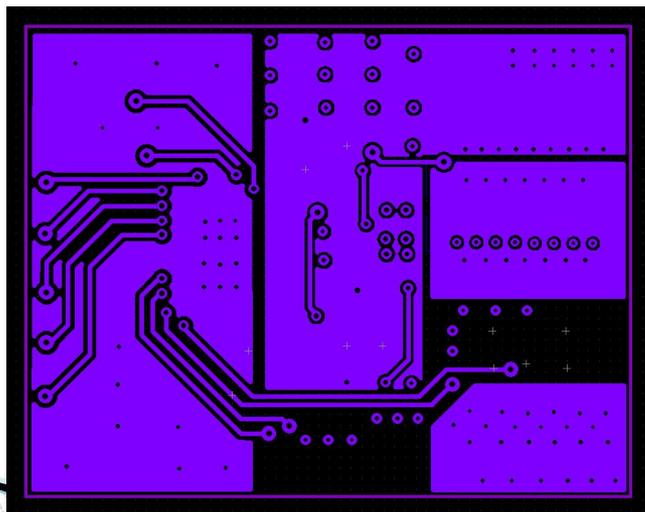
# Слой печатной платы



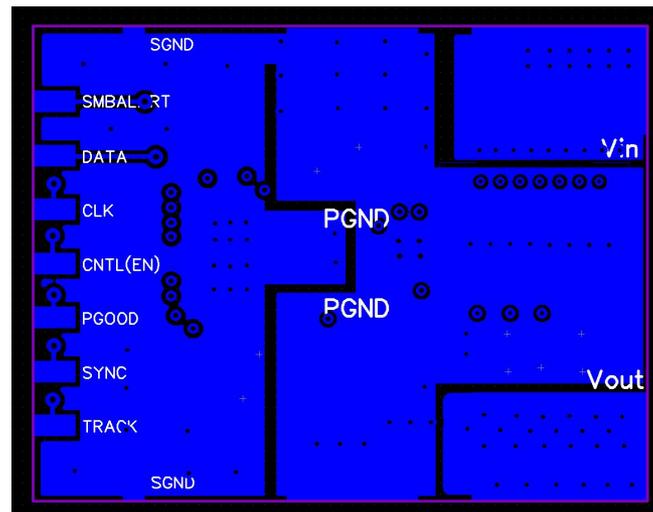
TOP



INT1



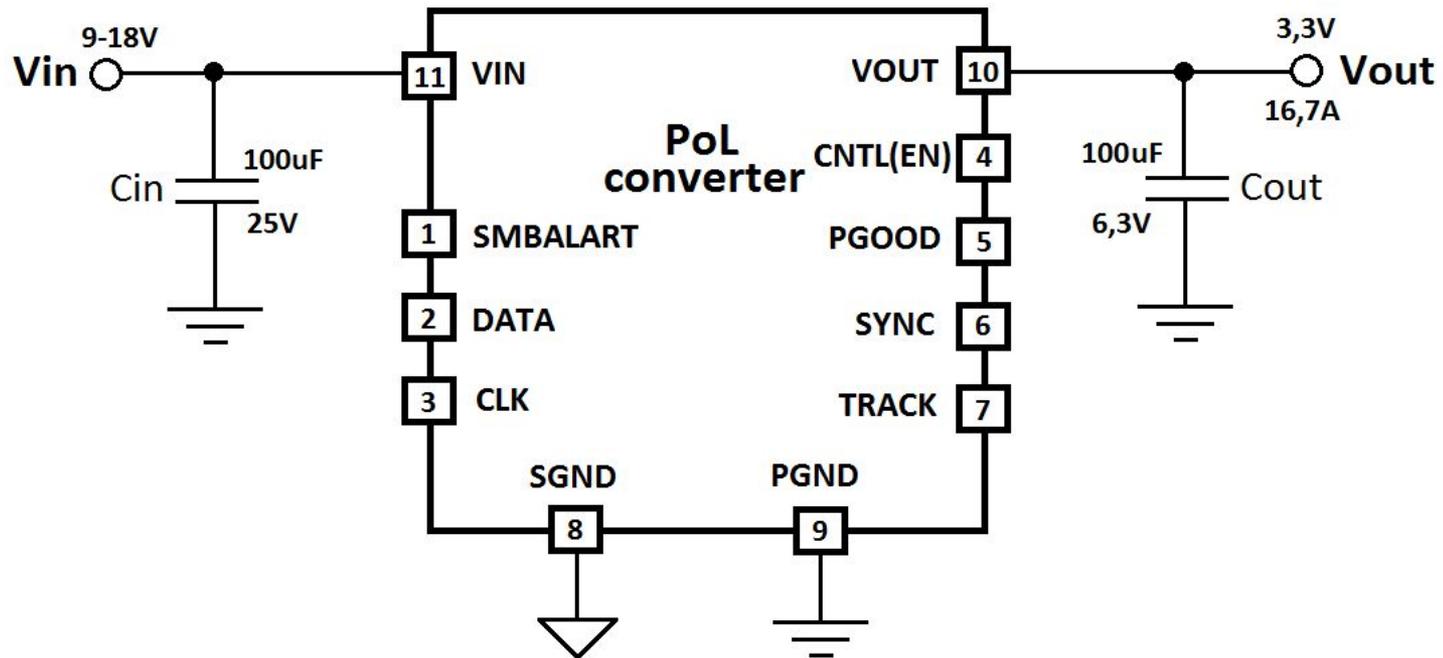
INT2



BOT

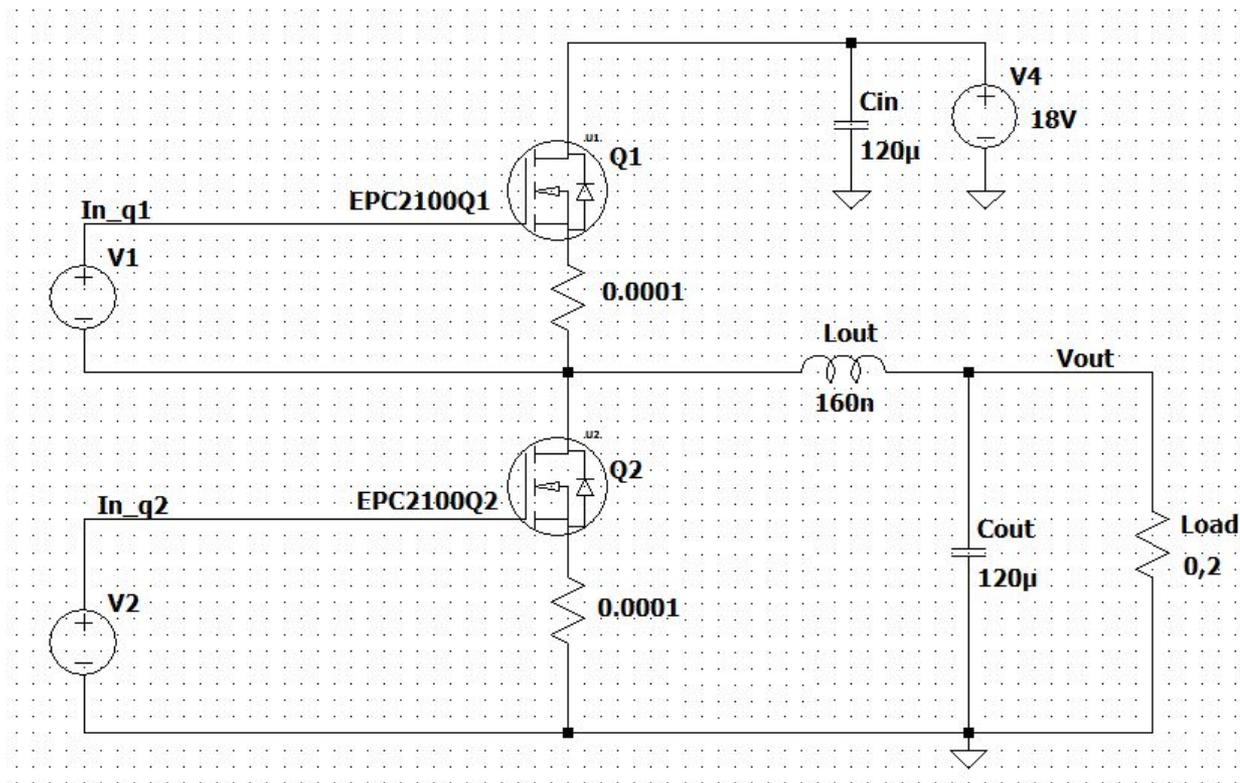
# Условно-графическое изображение PoL-converter

При установке PoL-converter на печатную плату, необходимо разместить входной конденсатор  $C_{in}$  емкостью не менее 100мкФ (25В), и выходной конденсатор  $C_{out}$  емкостью 100мкФ (6.3В).

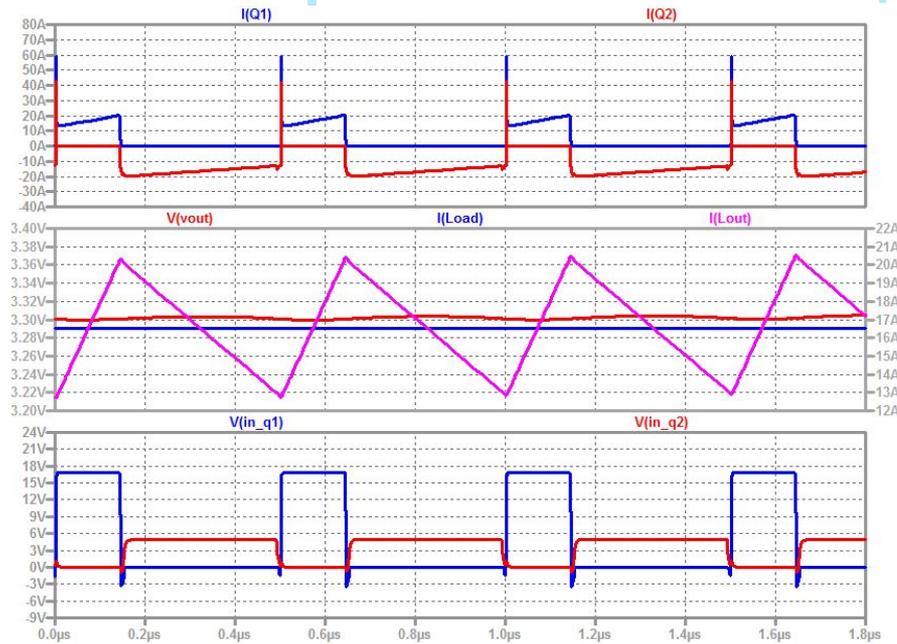


# Моделирование выходного каскада

В программе LTspice промоделирован выходной каскад понижающего преобразователя. Для полумостовой сборки EPC2100 использовалась spice-модель, скачанная с сайта производителя.



# Осциллограммы входных и выходных сигналов при изменении входного напряжения



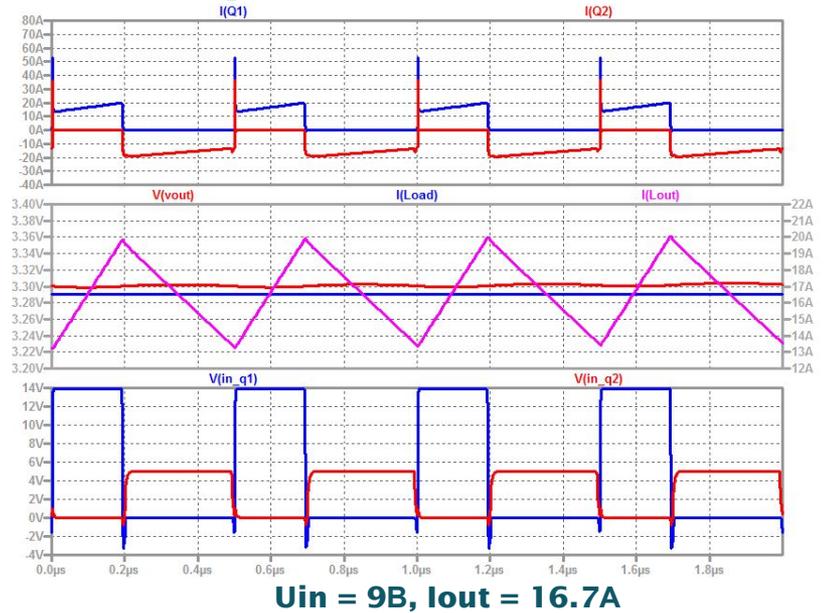
**U<sub>in</sub> = 12В, I<sub>out</sub> = 16.7А**

Таблица 2 – Параметры моделируемых сигналов

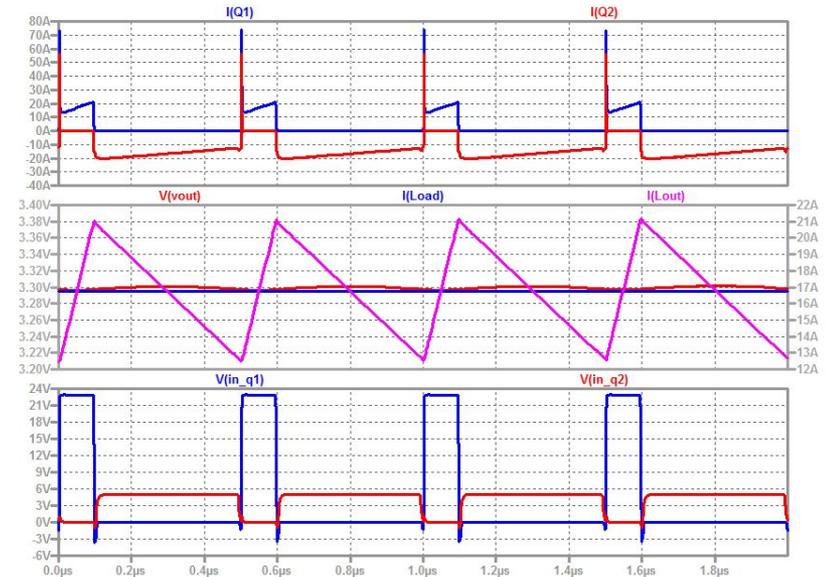
U <sub>IN</sub>	T <sub>ON(Q1)</sub>	D	ΔI <sub> RIPPLE</sub>	I <sub>OUT</sub>	U <sub>OUT</sub>	I <sub>PEAK_</sub>
9 В	189,5 нс	37,9 %	6,5 А	16,7 А	3,3 В	55 А
12 В	141 нс	28,2 %	7,5 А	16,7 А	3,3 В	60 А
18 В	92,4 нс	18,5 %	8,5 А	16,7 А	3,3 В	74 А
18 В	83 нс	16,6 %	4,2 А	0,1 А	3,3 В	34 А

Таблица 3 – Параметры рассчитанных сигналов

U <sub>IN</sub>	T <sub>ON(Q1)</sub>	D
9 В	183,3 нс	36,7 %
12 В	137,5 нс	27,5 %
18 В	91,67 нс	18,3 %



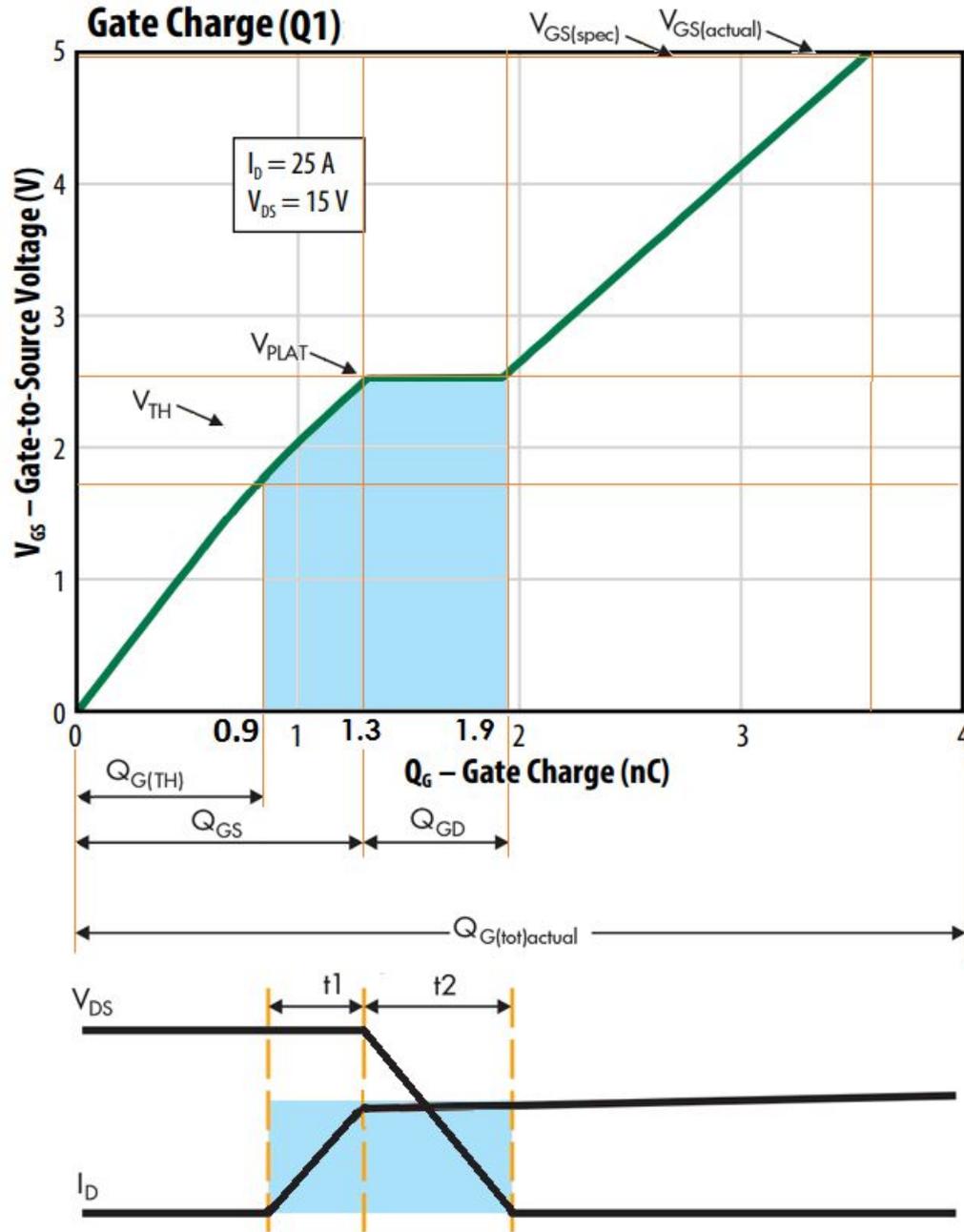
**U<sub>in</sub> = 9В, I<sub>out</sub> = 16.7А**



**U<sub>in</sub> = 18В, I<sub>out</sub> = 16.7А**

# Расчет мощности транзистора Q1

Gate Charge (Q1)



Исходные данные:

$$V_{in} := 18 \text{ B}$$

$$V_{out} := 3,3 \text{ B}$$

$$I_{out} := 16,7 \text{ A}$$

$$f_{sw} := 2000000 \text{ Гц}$$

$$I_{g_r} := 1,58 \text{ A}$$

$$I_{g_f} := 3,1 \text{ A}$$

$$R_{ds\_on\_1} := 0,0082 \text{ Ом}$$

$$Q_{g\_1} := 4,9 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$Q_{gs\_1} := 1,3 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$Q_{gd\_1} := 0,6 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$Q_{g\_th\_1} := 0,9 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$C_{oss\_1} := 435 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

Заряд переключения:

$$Q_{g\_sw\_1} := (Q_{gd\_1} + Q_{gs\_1}) - Q_{g\_th\_1} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

Время включения:

$$t_{r\_1} := \frac{Q_{g\_sw\_1}}{I_{g_r}} = 6,33 \cdot 10^{-10} \text{ с}$$

Время выключения:

$$t_{f\_1} := \frac{Q_{g\_sw\_1}}{I_{g_f}} = 3,23 \cdot 10^{-10} \text{ с}$$

Потери на переключениях:

$$P_{sw\_1} := \frac{V_{in} \cdot I_{out}}{2} \cdot f_{sw} \cdot (t_{r\_1} + t_{f\_1}) = 0,29 \text{ Вт}$$

Потери в верхнем драйвере:

$$P_{g\_1} := Q_{g\_1} \cdot V_{dd} \cdot f_{sw} = 0,05 \text{ Вт}$$

Потери проводимости:

$$P_{ds\_q1} := \frac{V_{out}}{V_{in}} \cdot I_{out}^2 \cdot R_{ds\_on\_1} = 0,42 \text{ Вт}$$

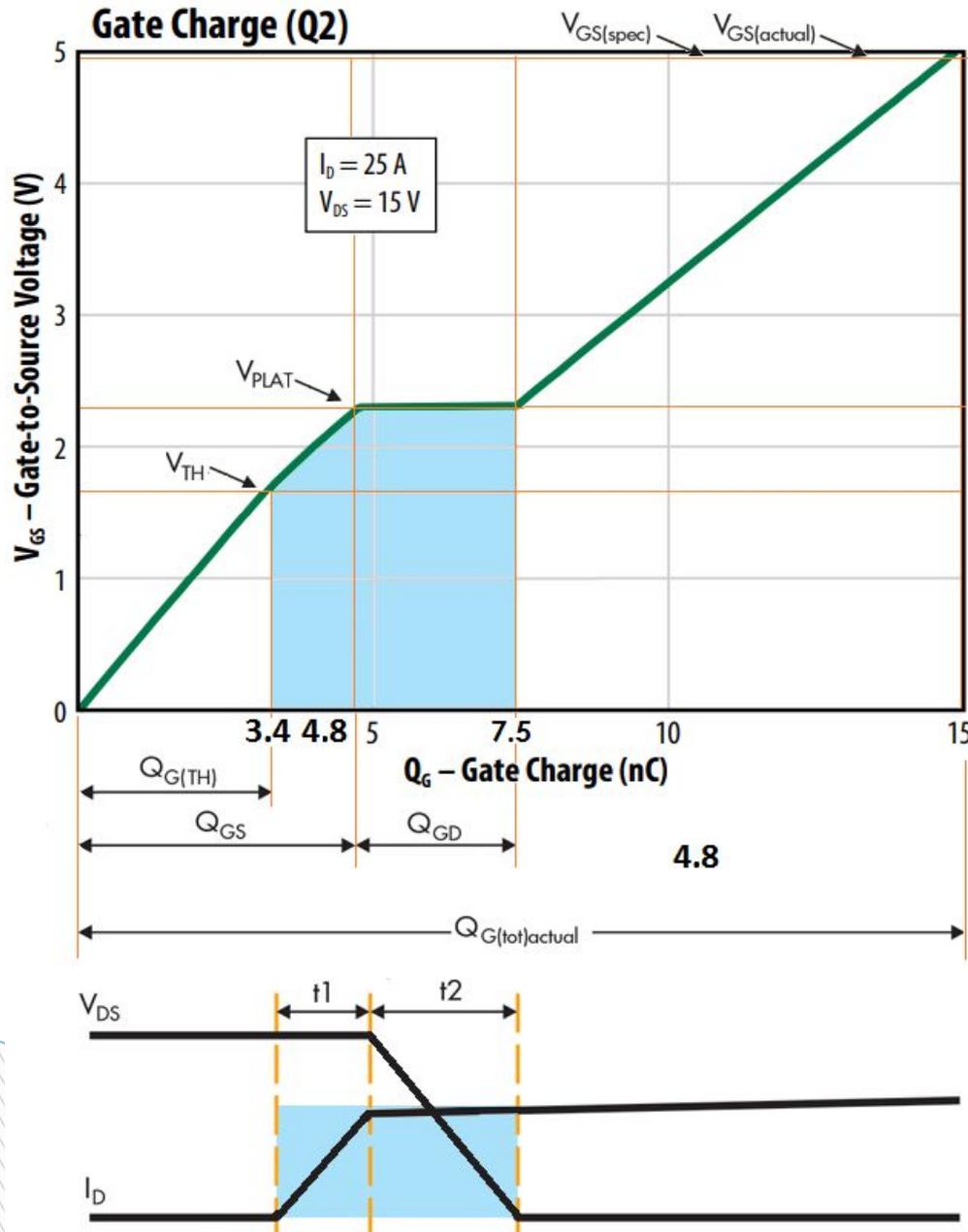
Потери на выходной емкости транзистора:

$$P_{oss1} := \frac{4}{3} \cdot \frac{(C_{oss\_1}) \cdot V_{in}^2 \cdot f_{sw}}{2} = 0,19 \text{ Вт}$$

Общие потери на верхнем транзисторе:

$$P_{q1} := P_{sw\_1} + P_{g\_1} + P_{ds\_q1} + P_{oss1} = 0,94 \text{ Вт}$$

# Расчет мощности транзистора Q2



Исходные данные:

$$V_{in} := 18 \text{ B}$$

$$V_{out} := 3,3 \text{ B}$$

$$I_{out} := 16,7 \text{ A}$$

$$f_{sw} := 2000000 \text{ Гц}$$

$$I_{q_r} := 1,58 \text{ A}$$

$$I_{q_f} := 3,1 \text{ A}$$

$$R_{ds\_on\_2} := 0,0021 \text{ Ом}$$

$$Q_{g\_2} := 19 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$Q_{gs\_2} := 4,8 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$Q_{gd\_2} := 2,7 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$Q_{g\_th\_2} := 3,4 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

$$V_{sd\_2} := 2,3 \text{ B}$$

Заряд переключения:

$$Q_{g\_sw\_2} := (Q_{gd\_2} + Q_{gs\_2}) - Q_{g\_th\_2} = 4,1 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$$

Время включения:

$$t_{r\_2} := \frac{Q_{g\_sw\_2}}{I_{q_r}} = 2,59 \cdot 10^{-9} \text{ с}$$

Время выключения:

$$t_{f\_2} := \frac{Q_{g\_sw\_2}}{I_{q_f}} = 1,32 \cdot 10^{-9} \text{ с}$$

Потери на переключениях:

$$P_{sw\_2} := 0 \text{ Вт}$$

Потери в нижнем драйвере:

$$P_{g\_2} := Q_{g\_2} \cdot V_{dd} \cdot f_{sw} = 0,19 \text{ Вт}$$

Потери проводимости:

$$P_{ds\_q2} := \left(1 - \frac{V_{out}}{V_{in}}\right) \cdot I_{out}^2 \cdot R_{ds\_on\_2} = 0,48 \text{ Вт}$$

Потери на выходной емкости транзистора:

$$P_{oss2} := 0 \text{ Вт}$$

Потери на встроенном диоде:

$$P_{diode} := V_{sd\_2} \cdot I_{out} \cdot f_{sw} \cdot (t_{r\_2} + t_{f\_2}) = 0,3 \text{ Вт}$$

Общие потери на верхнем транзисторе:

$$P_{q2} := P_{g\_2} + P_{ds\_q2} + P_{diode} = 0,97 \text{ Вт}$$

# Полученные результаты

## Таблица 4 – Результаты расчетов транзисторов

	Транзистор Q1					Транзистор Q2						
	Pds	Psw	Pgate	Pcoss	Pq1	Pds	Pdiod	Pgate	Psw	Pout	P_q2	P_all
Мощность, Вт	0.42	0.29	0.05	0.19	0.94	0.42	0.03	0.19	0	0	0.97	1.91

## Таблица 5 – Результаты моделирования LTspice

	Pc in rms	Pc out rms	P l rms	P q1	P q2	P all
Мощность, Вт	0.001	0.007	0.393	1.59	1.33	3.3

## Таблица 6 – Результаты расчетов

	Pc in rms	Pc out rms	P l rms	P q1	P q2	P all
Мощность, Вт	0.11	0.02	0.93	0.94	0.97	3.16

## Таблица 7 – КПД при различном входном напряжении

	Uin=9 В	Uin=12 В	Uin=18 В
КПД	92.93%	93.05%	92.98%

