



Technology with Vision

EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

B. Stojin, B. Perko, P. Kržič

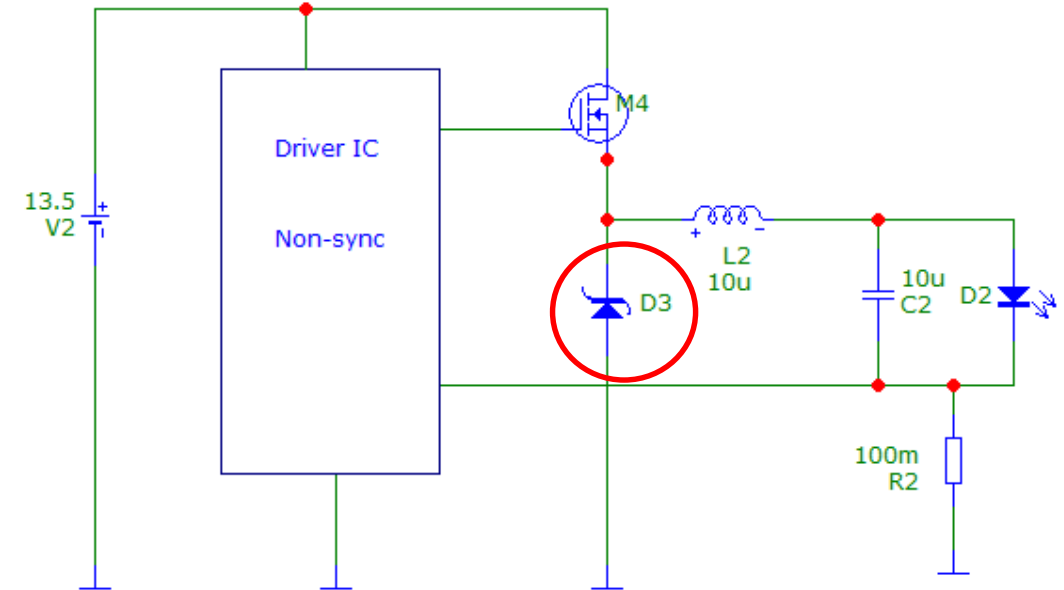
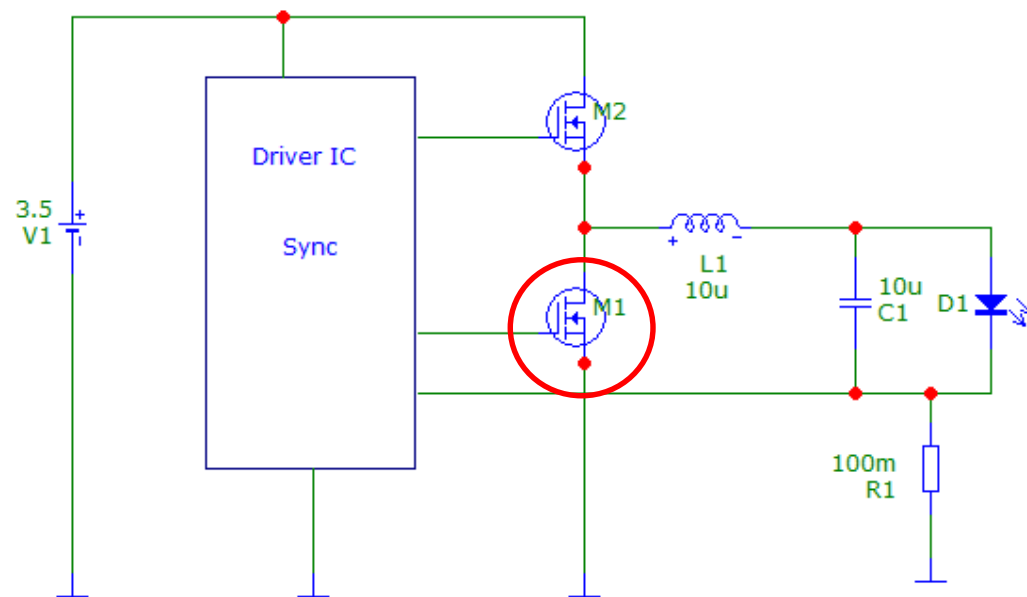
16.02.2020, HSS Ljubljana



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- Sinhroni in običajni stikalni napajalnik



- Kdaj uporabiti enega ali drugega?

EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- Kaj bo bremenilo naš napajalnik?
- Pled $\approx 20W$
- $P_{D3} = (1-D) * I_{D3} * U_{D3} = 0,7 * 6 A * 0,4 V = 1,68 W$
- $P_{M1} = (1-D) * I_{M1}^2 * R_{DSon} = 0,7 * 36 A^2 * 0,02 \Omega = 0,5 W$
- Manjkajo še prevodne izgube M2, dinamične izgube

M1 in M2 izgube na merilnem uporu R1,
izgube na zaščiti proti obrnjeni polariteti.

Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Values	
Operating Temperature ²⁾	T_{op}	min. max.	-40 °C 125 °C
Storage Temperature	T_{stg}	min. max.	-40 °C 125 °C
Junction Temperature	T_j	max.	150 °C
Junction Temperature for short time applications [*]	T_j	max.	175 °C
Forward Current $T_s = 25\text{ °C}$	I_F	min. max.	100 mA 6600 mA

Characteristics

$I_F = 6000\text{ mA}; T_s = 25\text{ °C}$

Parameter	Symbol	Values	
Chromaticity Coordinate ⁴⁾	C_x	typ.	0.32
	C_y	typ.	0.33
Viewing angle at 50% I_v	2ϕ	typ.	120 °
Forward Voltage ⁵⁾ $I_F = 6000\text{ mA}$	V_F	min. typ. max.	3.00 V 3.35 V 3.75 V

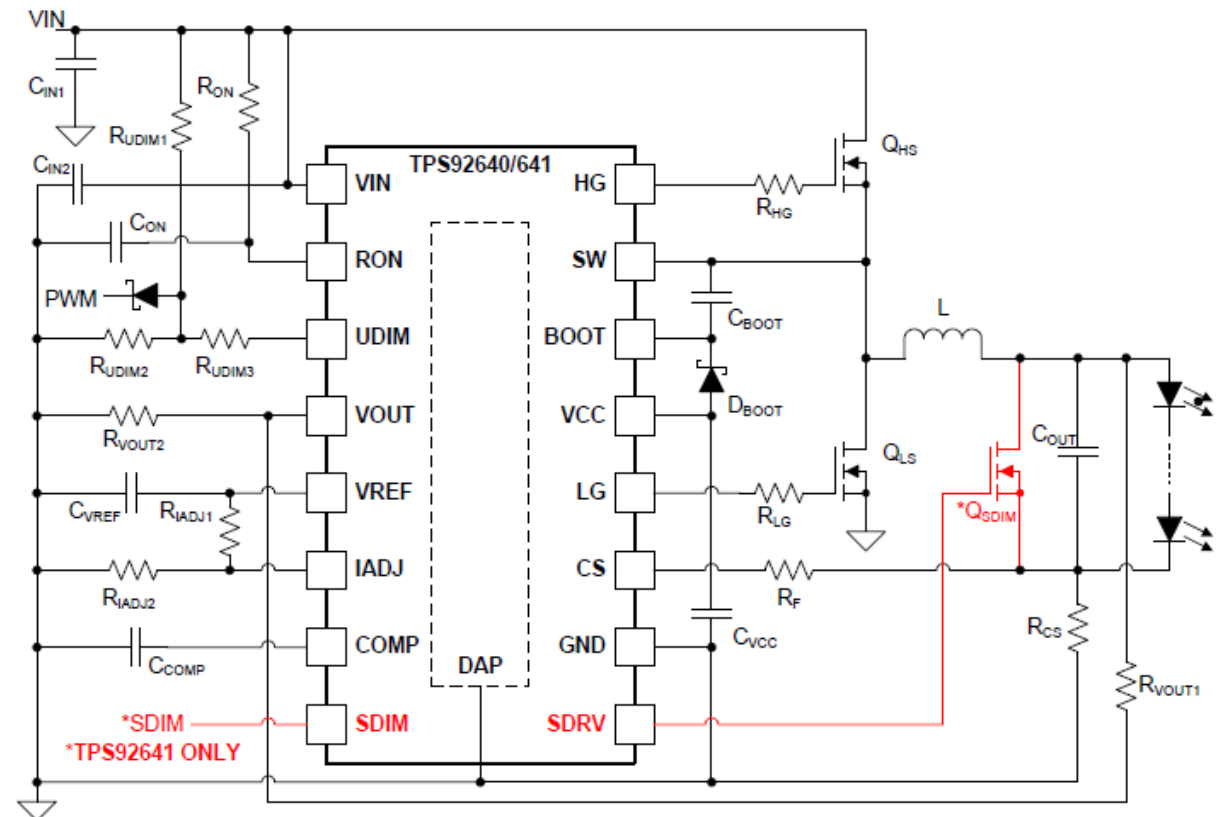


EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- Izbrano integrirano vezje:
 - Programirljiv in konstanten ON čas
 - 2x N-MOSFET
 - „charge pump“ za zgornji N-MOSFET
 - vhodni PI filter
 - zaščita proti obrnjeni polariteti

Typical Application Diagram



EMC delavnica 2020

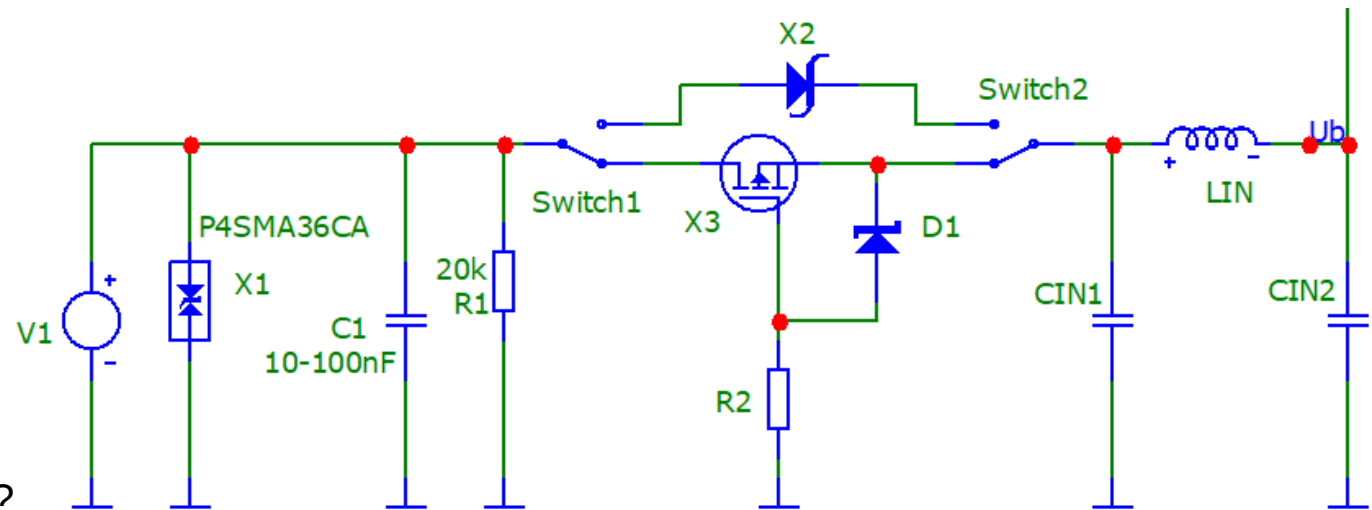
Sinhroni stikalni napajalniki

- Vhodna zaščita proti:
 - pulzom previsoke napetosti 36V „supressor“ dioda
 - elektrostatični razelektritvi na priključne sponke
 - Toku puščanja

- Zaščita proti obrnjeni polariteti z:

- Diodo
- P-kanalnim MOSFET-om
- Zakaj sta v vezju zener dioda in upor?

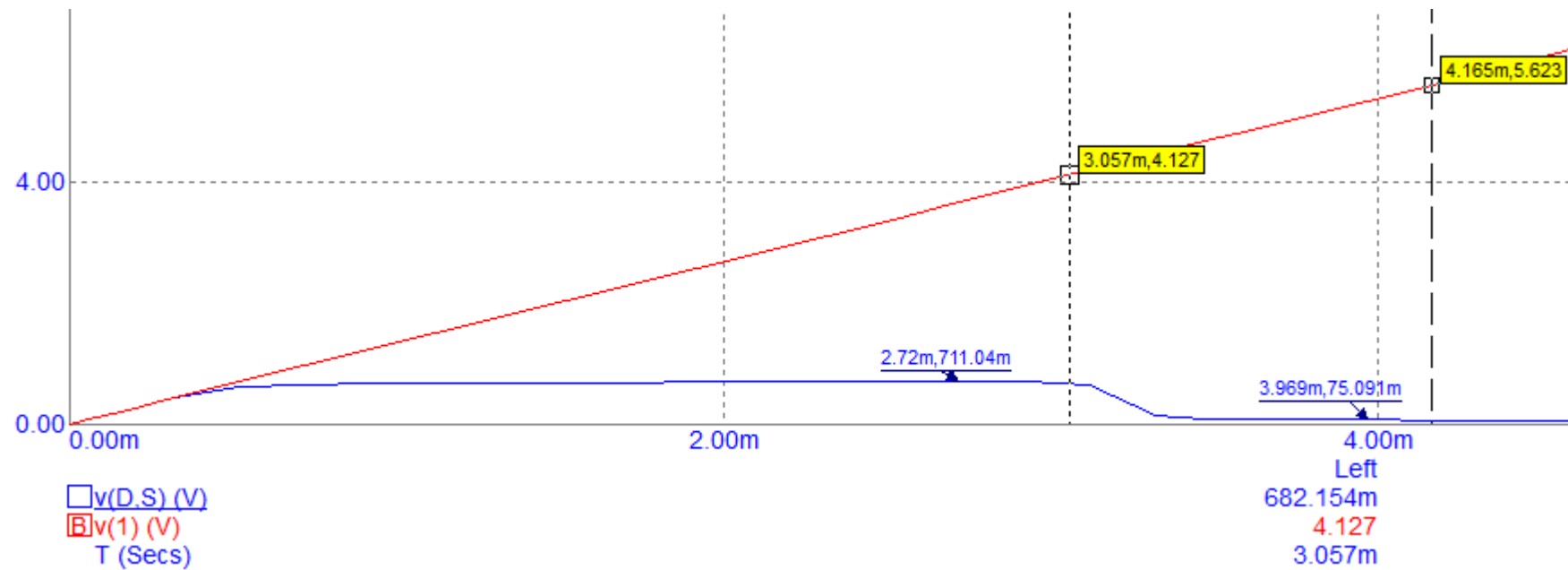
- Vhodni PI filter



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

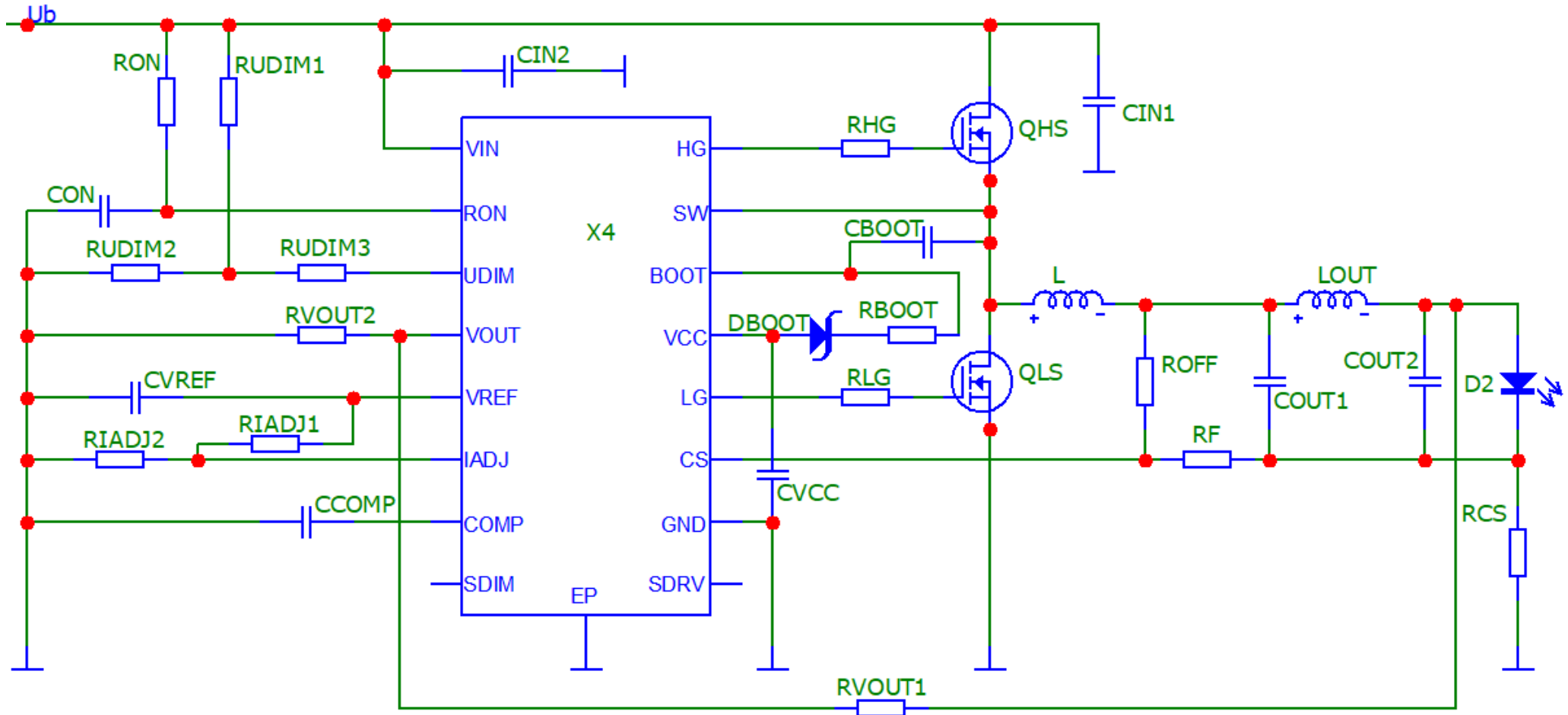
- Zaščita proti obrnjeni napajalni napetosti s P-kanalnim MOSFET-om:



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

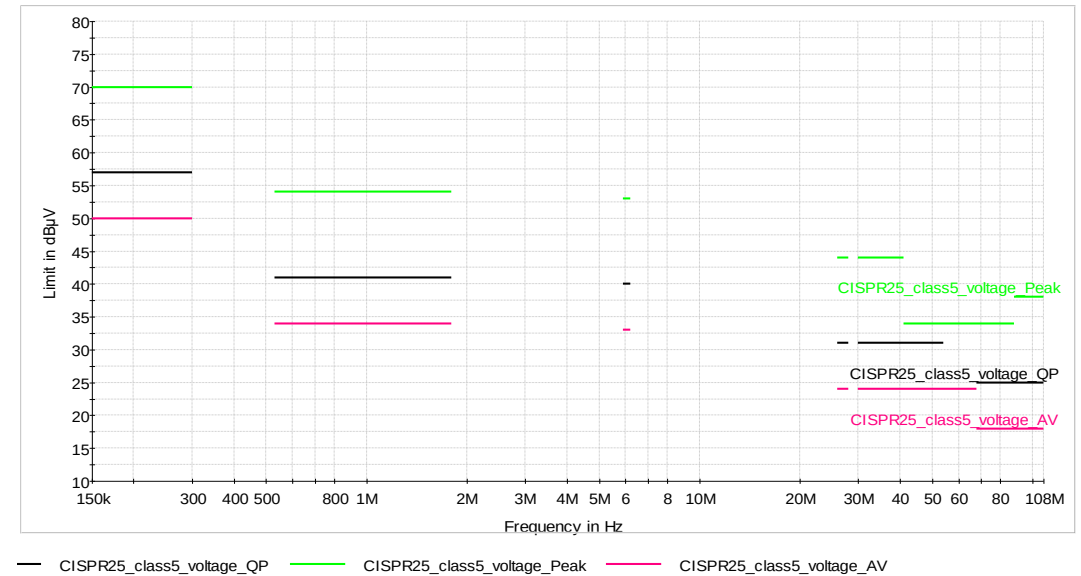
- Glavni del shematike:



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- Izbira delovne frekvence:
 - Ustreznost zahtevam CISPR25
 - 300kHz-530kHz
 - 1,8MHz-5,9MHz
 - Maksimalna delovna frekvenca krmilnika: 1MHz
 - Konstanten T_{ON} , T_{OFF} se spreminja z vhodno napetostjo
 - Vsi EMC testi se izvajajo pri nominalni napetosti 13,5V



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- $U_{LED} = 3,4V$; $U_{RCS} = 0,06V \rightarrow U_{out} = 3,5V$
- $D = V_{out}/n * V_{in} = 3,5 V / 0,9 * 13,5V = 0,288$
- $R_{VOUT1} = R_{VOUT2} * V_{OUT} / 2,5 V - R_{VOUT2} = 10 \text{ kohm} * 3,5 V / 2,5 V - 10 \text{ kohm} = 4 \text{ kohm}$ (za R_{VOUT2} izberemo 10kohm)
- $R_{ON} = (R_{VOUT1} + R_{VOUT2}) / R_{VOUT2} * C_{ON} * f_{SW} = 14 \text{ kohm} / (10 \text{ kohm} * 1 \text{ nF} * 400 \text{ kHz}) = 3,5 \text{ kohm}$
- $R_{IADJ1} = 2,4 \text{ kohm}$, $R_{IADJ2} = 590 \text{ ohm}$, da dobimo $U_{IADJ} = 3V * 590 \text{ ohm} / 2,990 \text{ kohm} = 0,59 V$
- $U_{CS} = 60 \text{ mV}$, $U_{IADJ} = 0,6 V$ (krmilnik napetost 0,6 V interno deli z 10)
- $R_{CS} = 60 \text{ mV} / 6 A = 10 \text{ mohm}$ (2x SMD 1206 20 mohm vzporedno zaradi moči)

EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- $C_{VREF} = 100\text{nF}$
- $C_{COMP} = 100 - 470 \text{ nF}$
- $R_{UDIM1} = 20 \text{ kohm}$
- $R_{UDIM2} = 1,276 \text{ V} * R_{UDIM1} / (V_{TURN_ON} - 1,276 \text{ V}) = 1,276 \text{ V} * 20 \text{ kohm} / (7 \text{ V} - 1,276 \text{ V}) = 4,45 \text{ kohm}; (4,42 \text{ kohm})$
- $R_{UDIM3} = (V_{HYS} / 21\mu\text{A} - R_{UDIM1}) * R_{UDIM2} / (R_{UDIM1} + R_{UDIM2}) =$
 $= (1 \text{ V} / 21 \mu\text{A} - 20 \text{ kohm}) * 4,45 \text{ kohm} / 24,45 \text{ kohm} = 5,026 \text{ kohm}; (4,99 \text{ kohm}; \text{ pri } 1\text{V histereze})$
- $C_{VCC} = 2,2\mu\text{F} - 3,3\mu\text{F}$
- $C_{BOOT} = 100\text{nF}$

EMC delavnica 2020

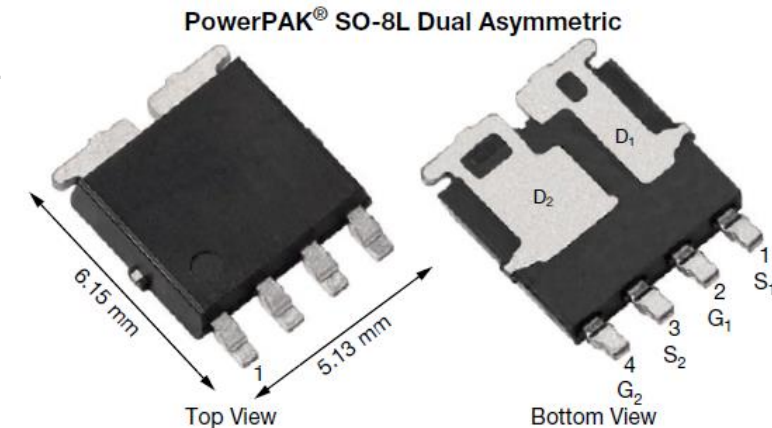
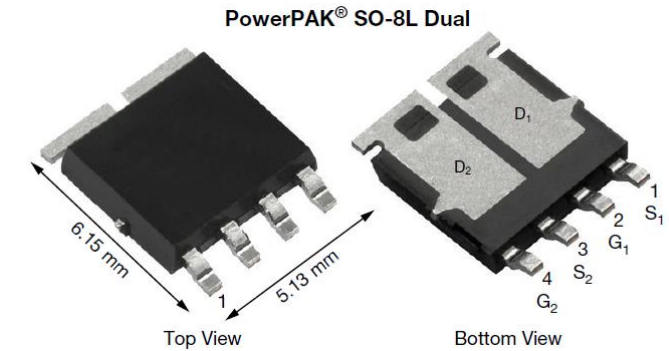
Sinhroni stikalni napajalniki

- Izbira tuljave:
 - $L = (13,5 \text{ V} - 3,5 \text{ V}) * 0,288 / (0,6 \text{ A} * 400 \text{ kHz}) = 12\mu\text{H}$ (10% ripple tok)
 - $L = (13,5 \text{ V} - 3,5 \text{ V}) * 0,288 / (1,2 \text{ A} * 400 \text{ kHz}) = 6\mu\text{H}$ (20% ripple tok)
 - $L = (13,5 \text{ V} - 3,5 \text{ V}) * 0,288 / (2 \text{ A} * 400 \text{ kHz}) = 3,6\mu\text{H}$ (30% ripple tok)
- Nabor tuljav, ki po velikosti ustrezajo v odprtino v hladilniku:
 - <https://www.we-online.com/catalog/en/WE-LHMI/>
 - uporabite največje ohišje 1365, primerne induktivnosti za naše vezje so 4,7 μH -15 μH
- Lahko izberete tudi katero drugo, vendar ne višje kot 7,5 mm

EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

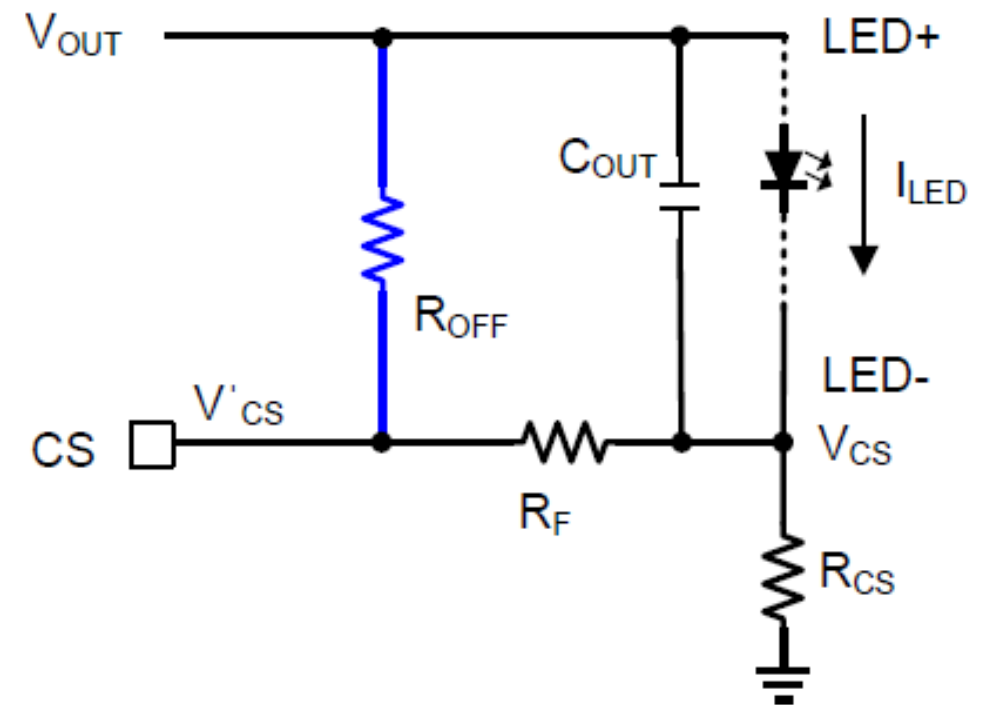
- Izbira MOSFET-a :
 - Naj bo „logic level“ $U_{gs(th)} < 3\text{ V}$
 - 2x v enem ohišju
 - $R_{DS(ON)}$ in Q_{charge} naj bosta čim manjša
- Primer1: BUK9K8R7-40E Dual N-channel 40 V, 9.4 mΩ logic level MOSFET
 - Ohišje: LFPAK56D (Dual Power-SO8)
- Primer2: SQJ244EP Asymmetric dual N-channel 40V logic level MOSFET



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

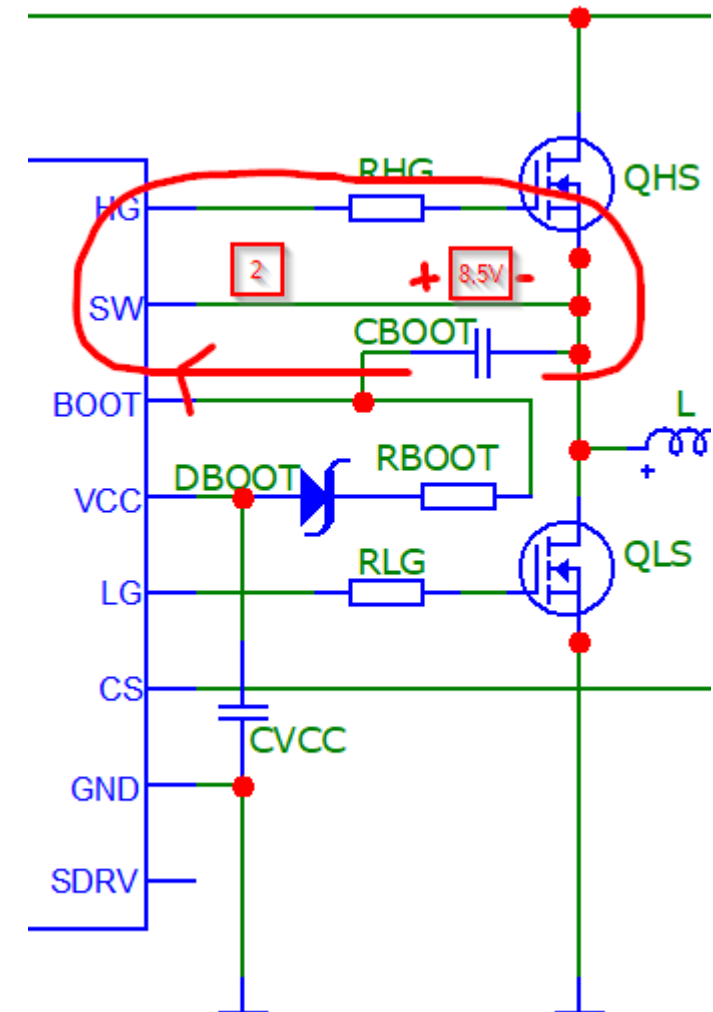
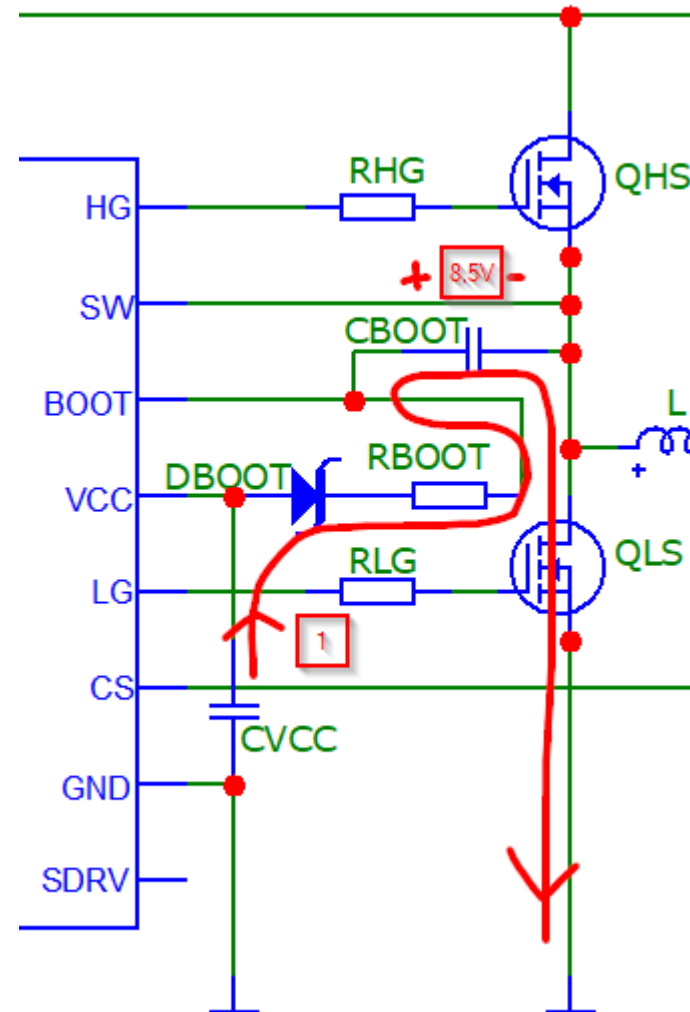
- Izračun za upora R_F in R_{OFF}
 - V_{CS} ima „offset“ 10mV
 - Ker so LED-ice nelinearno breme potrebujemo R_{OFF} in R_F , da ob vklopu presežemo to vrednost
 - $R_F \gg R_{CS}$; izberemo vrednost $R_F = 1 \text{ ohm}$;
 - $R_{OFF} = (3,5 \text{ V} - 60 \text{ mV}) / 10 \text{ mA} = 344 \text{ ohm}$; $R_{OFF} = 330 \text{ ohm}$



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

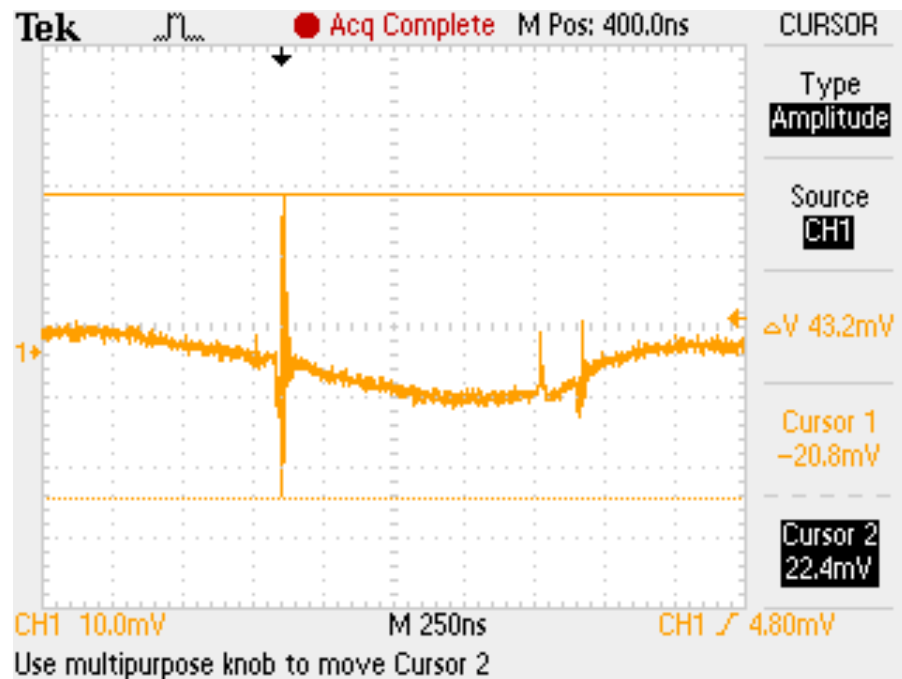
- Cikla „BOOT“ kondenzatorja:



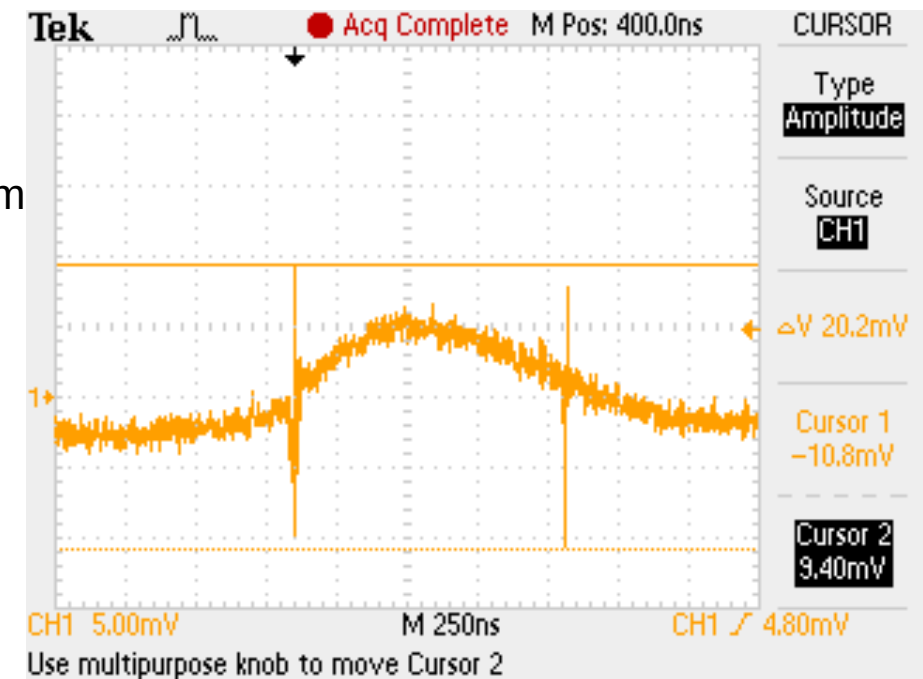
EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- Pri „Charge pump“ kondenzatorju C_{BOOT} priporočam upor R_{BOOT} v seriji, da zmanjšujemo polnilne sunke toka
 - Vrednost izberemo v območju med 1 - 5 ohm
 - V primeru prevelike vrednosti vam vezje ne bo delovalo (C_{BOOT} se ne napolni)



Brez upora → Z uporom



EMC delavnica 2020

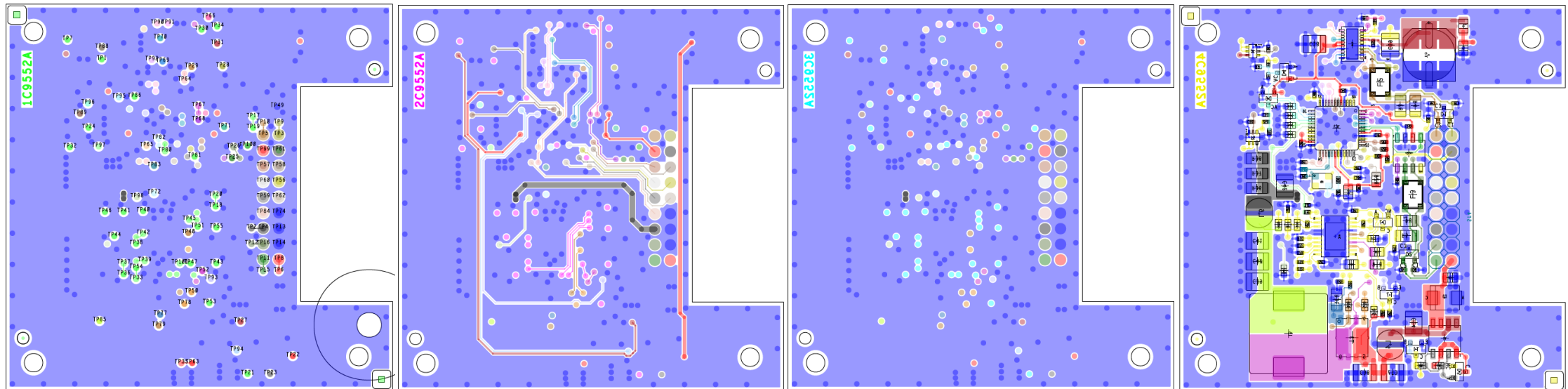
Sinhroni stikalni napajalniki

- Tiskana vezja driverja naj bodo 4 slojna
- Te sloje izkoristite in pripravite čim boljši layout tako bo izseval, kar se da malo motenj pri meritvah brez hladilnika, ki driver PCB-ju služi kot EMI ščit proti izsevanim motnjam
- 4 sloje lahko izkoristite :
 - med 2 sloja GND potenciala ujamete linije, ki oddajajo veliko motenj (velik dV/dt ali dI/dt)
 - ločite mase med seboj „nemiren“ in „miren“ GND potencial, skupaj jih spojite v točki, kjer imate postavljene vhodne / izhodne filtre
 - Vmesni sloj bakra lahko porabite tudi kot hladilno površino za katero izmed obremenjenih komponent

EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

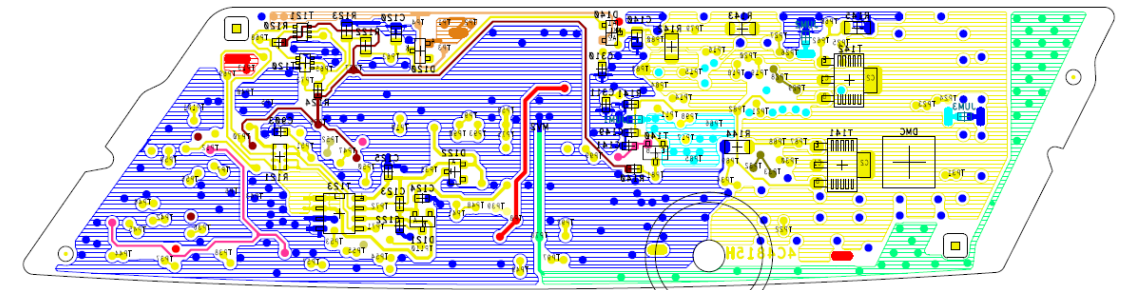
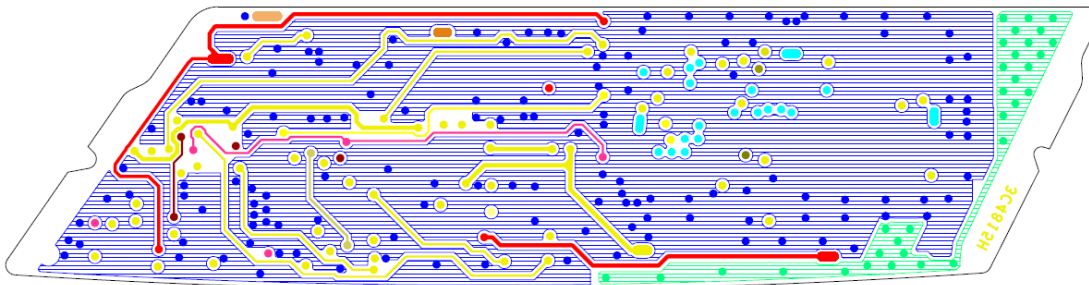
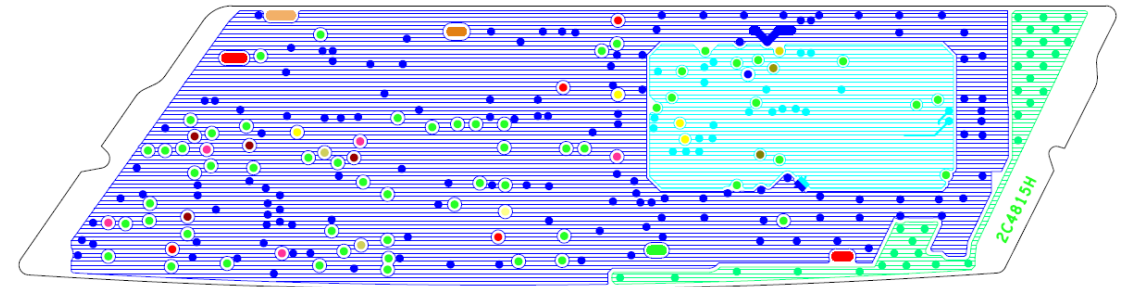
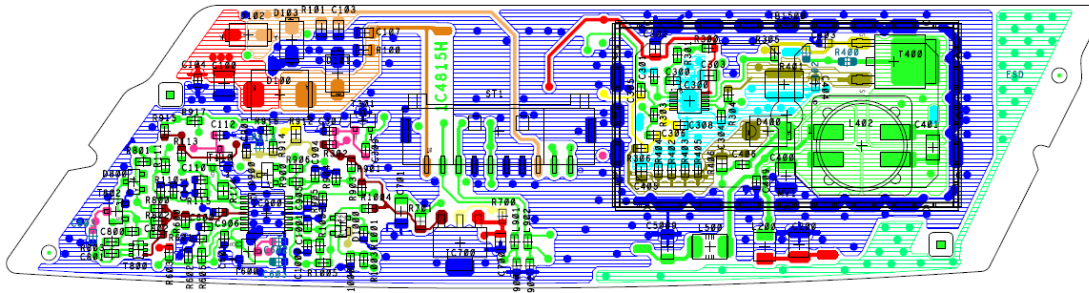
- Primer neizkoriščenih 4 slojev:



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

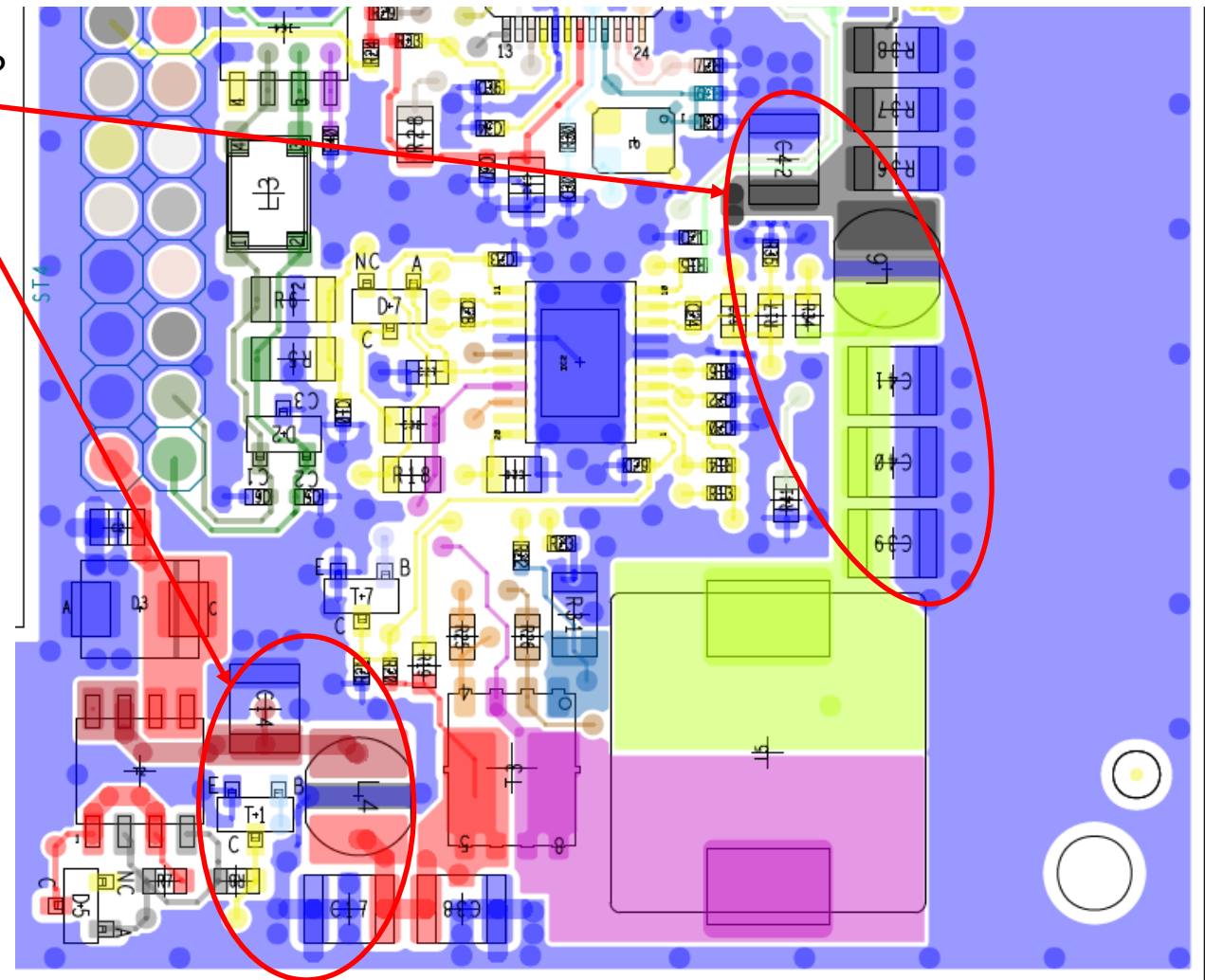
- Primer bolj izkoriščenih 4 slojev:



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

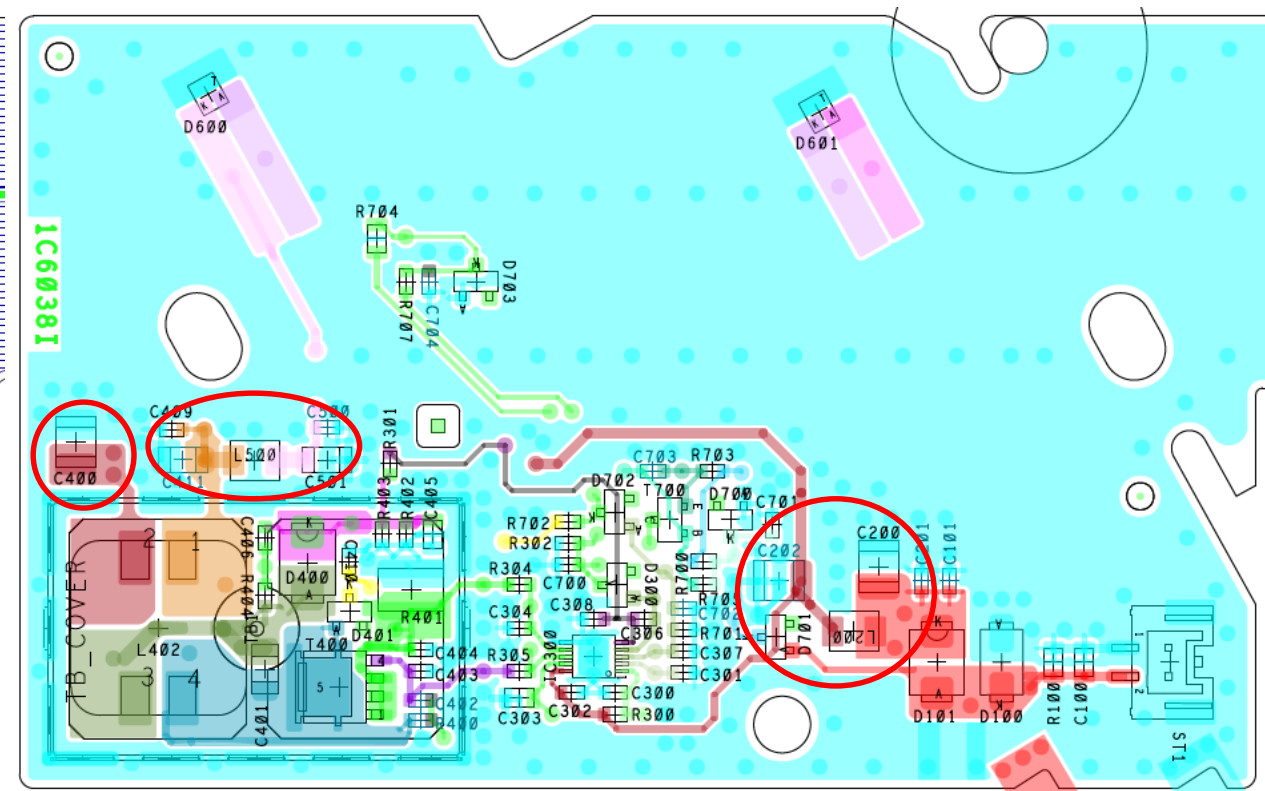
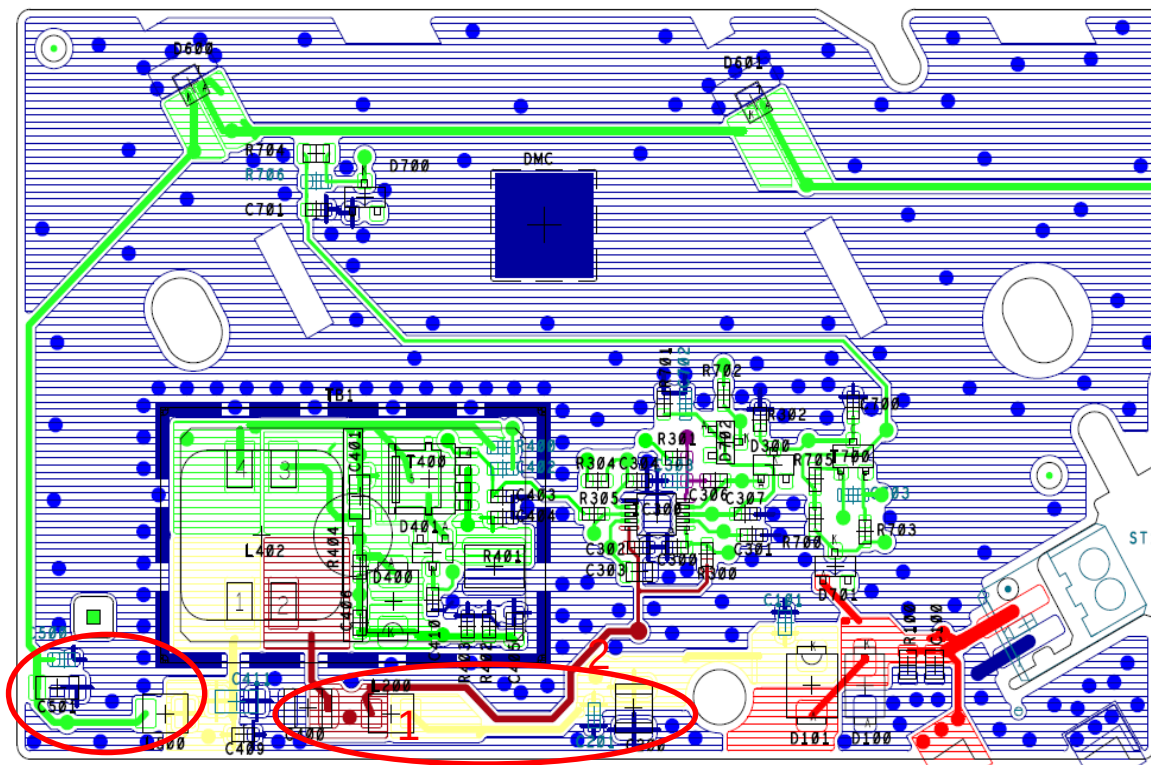
- Ali je vhodni/izhodni filter primerno pozicioniran?



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- Kam postaviti vhodne in izhodne filtre brez uporabe EMI ščita?

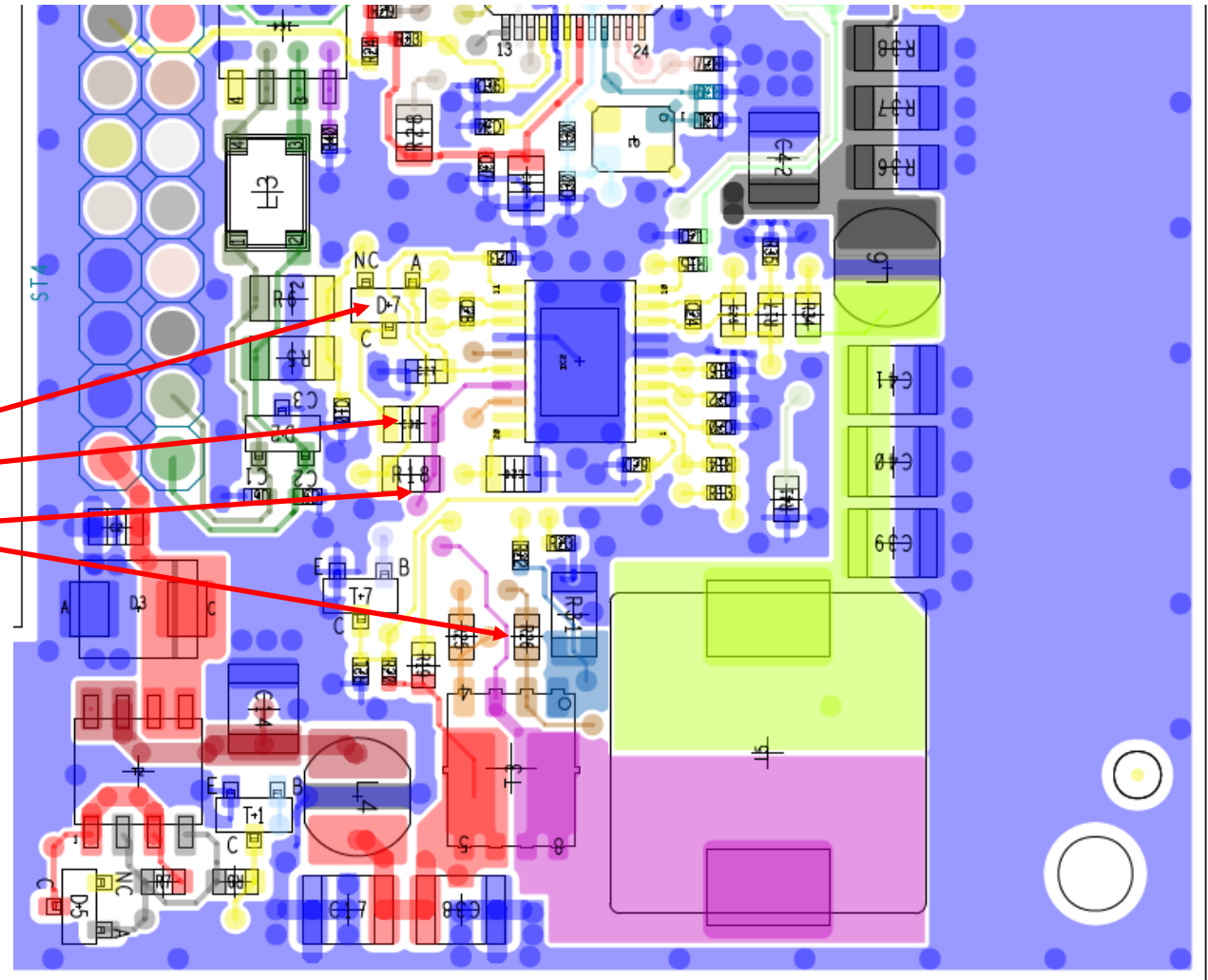


EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- Kako veliko prostora zavzema določeno vezje?
- Ali se ga da realizirati bolj kompaktno?
- Izbira manjših komponent?
- Kje vse po vezju je razpeljan

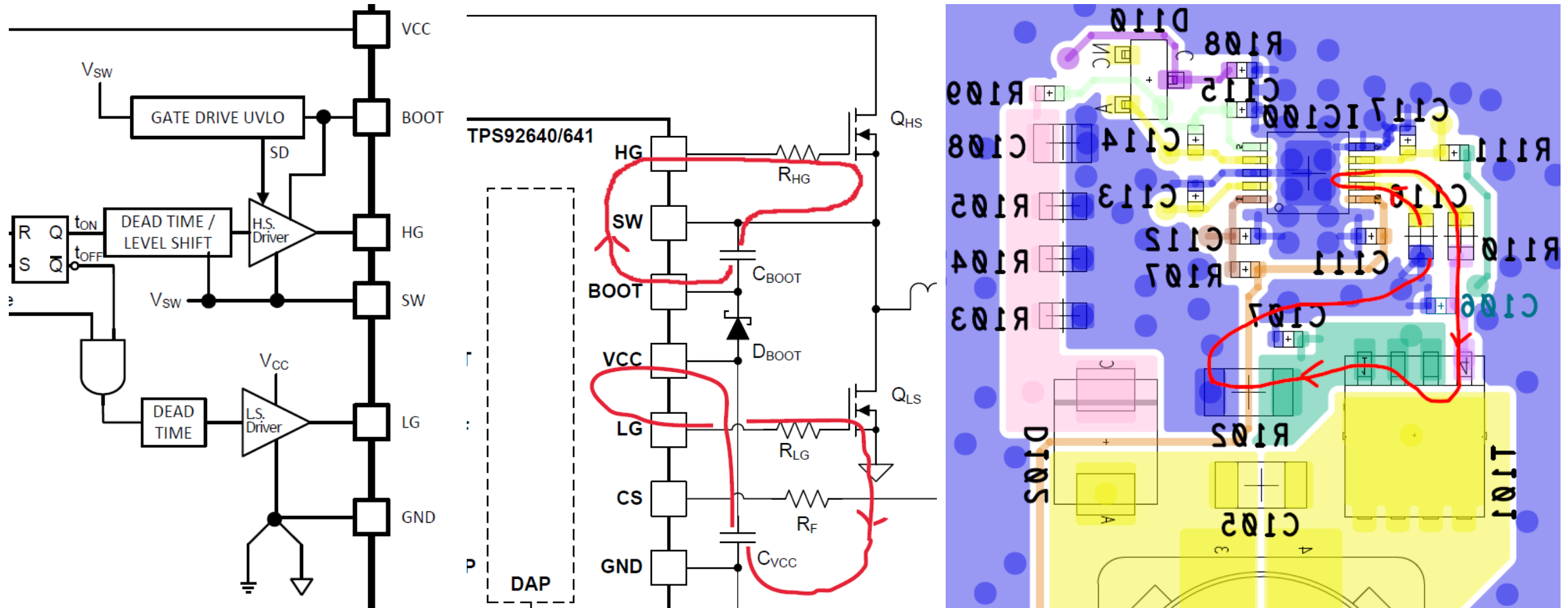
„BOOT“ kondenzator, dioda in SW potencial



EMC delavnica 2020

Sinhroni stikalni napajalniki

- Z uporabo vseh 4 slojev izdelajte čim manjše zanke visokofrekvenčnih tokovnih zank:





Technology with Vision

Hvala za pozornost!