

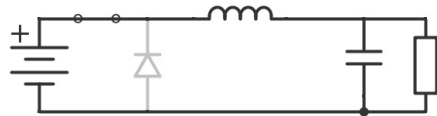


Feszültség hullámosság csökkentése polimer kondenzátor használatával

Az integrált áramkörök táplálásához szükséges egyenfeszültséget leggyakrabban DC-DC konverterekkel állítják elő, mivel ezek a lineáris feszültség-szabályozóknál jobb hatásfokúak, kisebb fogyasztásúak. Azonban a nagyfrekvenciás kapcsolás a kimeneten feszültség-hullámosságot (ripple) és a zajt okoz, melyek szűréséről gondoskodni kell, a táplált rendszerek működésének zavartalan biztosítása érdekében. Legkézenfekvőbb megoldás a szűrőkondenzátorok használata, melyek ideális jellemzőit részletesen tárgyaljuk írásunkban. A DC-DC átalakítók kimeneti ripple feszültségének csökkentése alacsony soros ellenállású kondenzátorok használatát igényli, erre az egyik legjobb megoldás a polimer kondenzátor, melynek a többi alacsony ESR-al rendelkező technológiával szembeni előnyeit a Panasonic PosCap, SP-Cap és OsCon sorozatainak keresztül mutatjuk be.

A DC-DC átalakítók működése, a Ripple feszültség keletkezése

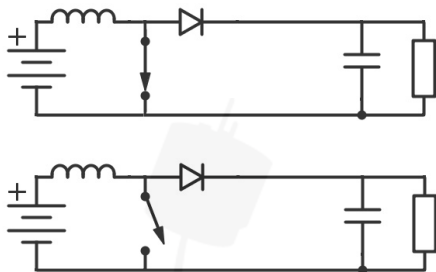
A bemeneti feszültségnél (V_{in}) a kimeneten alacsonyabb feszültséget (V_{out}) előállító DC/DC konvertereket „step-down”, vagy „buck” konvertereknek nevezi a szakirodalom. A működési elvük az első ábrán látható ideális áramkör segítségével értelmezhető.



Az áramköri képen látható kapcsoló reprezentálja azt a komponenst, ami a telep folyamatos le- és visszakapcsolásáról gondoskodik, és ami valójában egy MOSFET vagy egy IGBT. Az induktivitás az energia tárolására szolgál, a telep bekapcsolása utáni tranziens a mágneses mező felépülése folytán feszültségessést indukál, mely a terhelésre jutó feszültséget csökkenti. Ha a kapcsoló a tér felépülésének befejeződése előtt újra kinyit, a kimenetre jutó feszültség folyamatosan a telep feszültsége alatt marad. Ebben a

pillanatban a flyback dióda kinyit, újra zárt áramkör jön létre, az induktivitás mágneses terében tárolt energia újra elektromos energiává alakul és áramot hajt át a terhelésen. Addig, amíg a kikapcsolt állapot rövidebb, mint a tekercs mágneses mezejének leépülési ideje, a terhelésen az induktivitás folyamatos áramot hajt át, a kimeneti feszültség átlagértéke pedig a bemeneti feszültség értéke alatt marad.

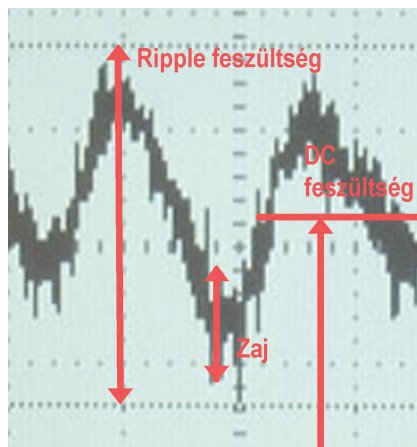
Azokat a DC/DC konvertereket, melyeknek a kimeneti feszültsége a bemeneti feszültségük felett van, step-up, vagy boost konvertereknek nevezzük. Az ideális kapcsolásuk és a működési alapelvük az alább ábrán tekinthető át:



Amikor a kapcsoló bekapcsolt állapotban van, az induktivitás elkezd tölteni, mágneses tere felépül, miközben a terhelésre jutó feszültség nulla. A kapcsoló kikapcsolásakor a tekercsben tárolt mágneses energia ismét elektromos energiává alakul és a telep mellett másodlagos feszültségforrásként táplálja az áramkört. A diódán keresztül a telep feszültségénél nagyobb feszültséggel kezdi el táplálni a terhelést

és tölteni a kimeneti kondenzátort. Amikor a kapcsoló ismét kikapcsol, a kondenzátor elkezd kisülni. Ha a kapcsolgatás elég gyors ahhoz, hogy a kondenzátor ne süljön teljesen ki a következő ciklus előtt, akkor a terhelésre jutó feszültség értéke mindig a bemeneti feszültség felett marad.

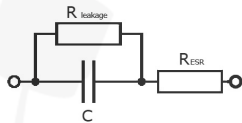
A buck és boost konverterekben a kapcsolgatás rövid idő alatti nagy áramváltozásokat okoz, ami részben a konverter kimeneti induktivitása és kapacitása, részben a parazita induktivitások jelenléte miatt folyamatos feszültség fluktuációt okoz. A kimeneti egyenfeszültség ideális DC komponensére a konverter működési frekvenciájával vagy annak felharmonikusával egyező frekvenciájú AC komponens rakódik - ezt a jelenséget hívjuk feszültség hullámosságnak, az AC komponens pedig Ripple feszültségnek. A nagyfrekvenciás AC komponens a nagy dI/dt folytán a konverter parazita induktivitásain keletkező zaj.



A kimeneti ripple feszültség csökkentése

Az analóg áramkörök, mint például a teljesítményerősítők, vagy szenzor IC-k, de a GPS rendszerek RF szekciója is nagyon érzékeny a tápellátás zavarára. A minimális elvárás ilyen esetekben a kimeneti zajsűrű kondenzátor használata. A kondenzátor hivatott az AC komponens szűrési feladatát ellátni, amihez kis egyenértékű soros ellenállásra van szükség. Minden fizikai eszköz, így a kondenzátor is véges ellenállású anyagokból készül, hiba lenne csak ideális kapacitással számolni áramköri modellezéskor. Így célszerűen bevezetésre került az ideális kapacitással sorba kötött, kis értékű ekvivalens soros ellenállás (ESR), illetve a szigetelő dielektrikum szivárgási jelenségét leíró párhuzamosan kapcsolt szivárgási, vagy szigetelési ellen-állás

(paralel leakage resistance).



Az ESR, ami nagyfrekvencián a kondenzátor váltakozóáramú impedanciája, hőmérséklet és frekvenciafüggő érték, mely a dielektrikum ellenállását, a kivezetések, a dielektrikum és a fegyverzetek közötti kapcsolódás egyenáramú ellenállását tartalmazza, ideálisan kis érték (általában 0.01- 0. 1 Ohm nagyságrend).

Minél kisebb az ESR, annál jobban működik a szűrőkondenzátor.

Az általánosan használt kondenzátorokban a ripple-áramnak a megengedett legmagasabb értéke szintén fontos jellemző az alkatrész kiválasztásakor, mert eredményeképpen hő keletkezik a kondenzátor belsejében. A komponensre jellemző ESR határozza meg a teljes I^2R veszteséget, ami különösen fontos kapcsolóüzemű és teljesítmény-elektronikai alkalmazásokban. A viszonylag nagy ESR értékkel rendelkező kondenzátorok nehezebben táplálják a külső áramkört, mert lassabban töltődnek és sülnek ki. A folyékony elektrolittal rendelkező alumínium kondenzátorok ESR értéke az idővel egyre nő a kiszáradás miatt.

Általánosságban elmondható, hogy több párhuzamosan kapcsolt kondenzátorral csökkenthető az eredő ESR érték :

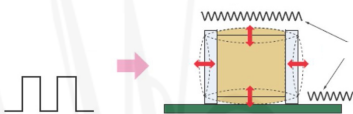
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

A hagyományos folyékony elektrolitos alumínium elektrolitkondenzátorok között is vannak viszonylag alacsony ESR értékkel rendelkező változatok, melyek előnye olcsóságuk és nagy névleges feszültségük. Ezek párhuzamos kapcsolásával alacsony ESR értékek realizálhatók. Ilyenkor azonban az alkatrészek sok helyet foglalnak el, ami a miniatürizálási trendek ellen hat. A folyékony elektrolit esetleges párologása, a kondenzátor kiszáradása miatt az ESR érték az élettartam során vagy magas hőmérsékletnek való kitettség esetén

megnőhet, emiatt érdemes más megoldást keresni.

A legolcsóbb alternatíva a többrétegű kerámiakondenzátorok (MLCC) használata lehet, hiszen nagyon kis ESR értékűek, nagy megbízhatóságúak és kis méretűek. Ennek a megoldásnak azonban számos hátránya lehet:

- Többféle kerámia alapú dielektrikummal rendelkező kondenzátor (MLCC, monolit, diszk) erősen veszít a hatásos kapacitásából a névleges feszültségen. Ez a negatív jelenség elsősorban a Class2/3 ferroelektromos, non-lineáris dielektrikumokat jellemzi, mint például az X7R, X5R, X6S, X7S, X7T, Y5v stb, míg a vezető polimer dielektrikumú alumínium és tantál elektrolit kondenzátorok esetén alig figyelhető meg.
- A kapacitásértékük erősen függ a környezeti hőmérséklettől is
- A kerámiakondenzátorok dielektrikuma piezoelektromos tulajdonsággal bír, emiatt gyors feszültségváltozásokkor mechanikai rezgés keletkezik a méretváltozás okán, ami akusztikus zajhoz vezet.



Amikor az alkalmazásnak hosszú élettartamú, nagy kapacitású, rendkívül

kisméretű, megbízható és nagy hőmérsékleten is alkalmazható kondenzátorra van szüksége, a szilárd elektrolittal rendelkező (pl. tantál) kondenzátorok helyettesíthetik a folyékony elektrolitos alumínium kondenzátorokat. A tantál kondenzátorok kompakt, kis feszültségű polarizált áramköri elemek, az alumínium elkőknál kisebb energiasűrűséggel és szűkebb toleranciával készülnek. A tantál kondenzátor nagy egységnyi méretre eső kapacitással és nagyon alacsony szivárgási árammal rendelkezik, így hosszú ideig képes töltést tárolni, mindezek mellett kiválóan viselkedik nagy hőmérsékleten is (125 °C). Ugyanakkora kapacitás mellett az alumínium elektrolit kondenzátoroknál alacsonyabb ESR érték szignifikáns előny számos alkalmazási területen. A tantál kondenzátort emellett stabil kapacitás, kis DC szivárgási áram, nagy frekvencián is kis impedancia jellemzi, azonban a feszültségtűskékre és a fordított polarításra nagyon érzékeny. Amennyiben a keletkezett hiba rövidzárlat, az a nagyon vékony dielektrikum miatt könnyen katasztrofális termikus megfűtáshoz vezethet. A dielektrikum hibái mentén, a letörés folytán keletkező szivárgási áram öngyógyító anodizációt indít, ami ideális esetben újrépíti a szigetelő oxidréteget, azonban, ha a felszabaduló energia a hibapontokon túlságosan nagy, akkor a

tantál táplálni, a katódként funkcionáló mangán-dioxidból származó oxigén pedig katalizálni fogja az égést, emiatt a tantál kondenzátor egyes tűzveszélyes helyeken, pl. autóipari alkalmazásokban egyáltalán nem használható. További hátrányuk az alumínium elektrolit kondenzátorokkal összehasonlítva a relatív magasabb árak, de előnyeik miatt a kevésbé költségérzékeny alkalmazásokban, ahol a kis méretek elkerülhetetlenek (mobil készülékek, okostelefon, tablet, notebook) ideális komponensek.

Panasonic **polimer** **kondenzátorok**

Amennyiben a katódként a hagyományos tantál kondenzátorokban szokásos MnO_2 kiváltására polimereket használunk, még több előnyös tulajdonság jelenik meg. A Panasonic POSCAP és SPCAP családjai ugyanazon kapacitásérték mellett sokkal kisebb méretben kínálnak költséghatékony áramkörü megoldásokat és további technikai előnyöket. A kisebb fizikai méretek miatt az ESR és ESL (ekvivalens soros ellenállás és induktivitás) értékek is kisebbek, így az alkalmazott komponensek száma csökkenthető, vagy ugyanakkora helyen magasabb kapacitásérték érhető el kisebb névleges feszültségen. Az extrém kis ESR miatt a PosCap, illetve az SP-Cap rendkívül jó ripple eltávolító képességgel rendelkezik. Emellett az

ESR és az impedancia széles üzemi hőmérséklettartományban (-55–105°C) stabil.

A PosCap / SPCap technológia önmagában drágább, mint a hagyományos tantál kondenzátorok, azonban a méretcsökkentés lehetőségén keresztül, vagy kevesebb komponens felhasználásával összességében mégis jelentős megtakarítás realizálható. A hagyományos tantál kondenzátorok katódjában lévő MnO_2 helyett használt polimer további előnyös tulajdonsága, hogy még a PosCap letörési feszültségén (a névleges feszültség 2-4 szerese) sem keletkezik láng, ami sok esetben a hagyományos tantál kondenzátoroknál biztonságosabb megoldásokat tesz lehetővé. A PosCap / SPCap fő felhasználási területe a DC-DC konverterek simító kondenzátora, az extrém kis ESR miatt a ripple áram könnyebben halad át a kondenzátoron, így a kimeneten a maradék ripple feszültség kicsi. A Panasonic rendelkezik egy másik szilárd elektrolitos kondenzátor technológiával is, ahol az alumínium fólia rétegek folyékony elektrolit helyett egy melegítéssel kívánt alakúra formált szilárd félvezető anyagba vannak ágyazva, ami megvédi a kondenzátort az extrém tranziens hőhatásoktól is. Hagyományos alumínium elkókkal összevetve ez a struktúra csak az alkalmazott elektrolit anyagában különbözik, a szerves félvezető anyag vezetőképessége

százszorosa a folyékony elektroliténak, és még a hagyományos tantál kondenzátorénak is tízszerese. Az újabban a szerves félvezetők helyett alkalmazott vezető polimerek még további vezetőképesség növekedést biztosítanak, az ESR értékek pedig nagyon alacsony szintre csökkentek, és még nagyon kis hőmérsékleteken sem változnak, ami különösen alkalmas teszi az ilyen kondenzátorokat az extrém kültéri használatra is. Ahogy azt a PosCap esetében is láttuk, az OS-CON is alkalmas a kész elektronikákban a fizikai méretek csökkentésére, gyakran egyetlen OS-CON segítségével három konvencionális, egyenként is nagyobb méretű alumínium elektrolit kondenzátor is kiváltható. Az OS-CON technológia alkalmazásával 20 fok hőmérséklet csökkenés hatására a valószínű élettartam tízszeresére nő.

Az előnyök mellett meg kell említeni, hogy a szilárd elektrolittal rendelkező elektrolit kondenzátoroknak a speciális öngyógyító folyamatai miatt a folyékony elektrolittal töltött családoknál magasabb a szivárgási áramuk, emiatt a maximális névleges feszültségük azoknál sokkal alacsonyabb.

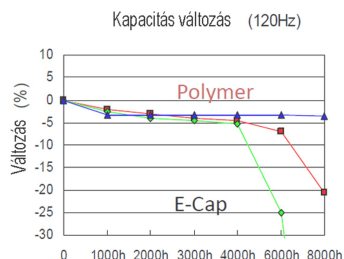
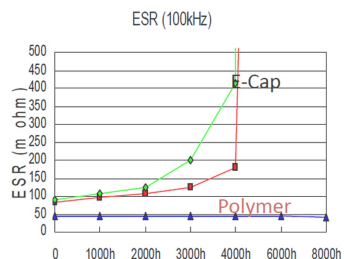
Az OS-CON felhasználási területei:

- ipari elektronikai alkalmazások simító kondenzátora (hosszú élettartama miatt és azért, mert kiküszöböli a DC bias problematikáját, azaz a feszültség rákapcsolásával nem változik a kapacitása);

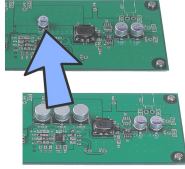
- tápegységek backup és bypass kondenzátorként (nagy áramok esetén is gyors válasz nagy sebességű terhelésváltozásra);
- alacsony ESR karakterisztikája kiváló zajszűrő tulajdonsággal ruházza fel, ezért fogyasztói (audio) termékekben alul áteresztő szűrőként is alkalmazható, elhagyható számos más szűrő elem, mint például hagyományos elkók és induktivitások;

A Polimer kondenzátorok előnyei más technológiákkal szemben

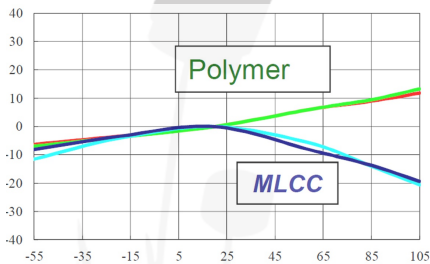
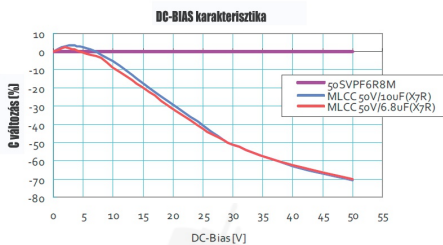
A legfontosabb előny a hagyományos folyékony elektrolittal rendelkező kondenzátorokkal szemben az alacsony ESR, és a kapacitás valamint az ESR állandósága az élettartam előrehaladtával, illetve a környezeti hőmérséklet emelkedésével, ahogy azt az alábbi ábrák mutatják:



Polimer technológiával emiatt jelentős helycsökkentés érhető el, a kis ESR érték eléréséhez párhuzamosan kapcsolt több E-cap egyetlen Panasonic kondenzátorral kiváltható :



A kerámia kondenzátorok hiányosságait is képes ez a technológia kiküszöbölni. Az alábbi két ábrán is látható, hogy a polimer kondenzátor kapacitása a hőmérséklettől függetlenül valamint a névleges feszültség mellett is állandó marad:



Hibrid kondenzátorok






A piac több vezető gyártója speciális kondenzátorokat fejlesztett ki. Az alkalmazott hibrid (EP-CAP) technológia a folyékony elektrolitos Al

kondenzátorok előnyeit (széles feszültség és kapacitásértékek, kis szivárgási áram, alacsony ár), valamint a szilárd polimer elektrolitos kondenzátorok előnyeit (alacsony ESR, magas ripple áram, hosszú élettartam) ötvözi. Az EP-CAP felépítése hasonlít a hagyományos kondenzátorokra, azonban a folyékony elektrolit helyett speciális zselés anyagot használnak, a folyékony elektrolitba vezető polimer molekulákat kevernek. A folyékony elektrolit

- kisebb szivárgási árammal is biztosítja a sérült dielektrikum oxid réteg öngyógyulását,
- a pusztán szilárd elektrolitos változatokhoz képest magasabb névleges feszültséget eredményez.

A hozzáadott polimer jobb elektronikai és élettartam tulajdonságokat biztosít:

- Az extrém alacsony ESR a kész elektronikában komoly helymegtakarítást és költségcsökkentést, valamint nagy frekvencián kiváló zajszűrést tesz lehetővé.
- A nagy ripple áram átengedő képesség alkalmassá teszi az EP-CAP-et kapcsolóüzemű feszültségszabályzó kisműködés kondenzátoraként.
- A működés széles hőmérséklettartományban és alacsony hőmérsékleten is stabil.
- Nincs szükség a kapcsolófeszültség csökkentésére, garantáltan a kondenzátorra kapcsolható a névleges feszültség.

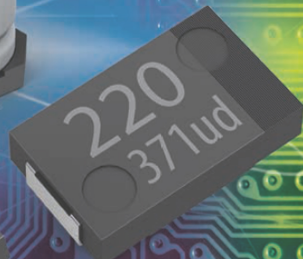
	POLIMER				
	Al E-cap	Hibrid	Szilárd elektrolit *	MLCC	MnO ₂ tantál
RIPPLE áram	Közepes	Magas ✓	Magas ✓	Magas	Közepes
ESR	Közepes	Alacsony ✓	Alacsony ✓	Alacsony	Közepes
Feszültség függőség (DC bias)	Nincs	Nincs ✓	Nincs ✓		Van
Kapacitás feszültség függése	Stabil	Stabil ✓	Stabil ✓	Csökken	Stabil
Kapacitás frekvenciafüggése	Csökken	Stabil ✓	Stabil ✓	Stabil	Csökken
Kapacitás hőmérsékletfüggése	Instabil	Stabil ✓	Stabil ✓	Csökken	Stabil
Becsült élettartam	Korlátozott	Hosszú ✓	Hosszú ✓		
Típus élettartam (05 C)	5-7 év	10 év ✓	10 év ✓		
Hőmérséklet hatása erre	10°C csökkenés → 2x élettartam	10°C csökkenés → 2x élettartam	20°C csökkenés → 10x élettartam		
Szivárgási áram	Alacsony	Alacsony ✓	Közepes	Alacsony	Alacsony
Input 28V, 100 KHz Kondenzátor igény: 35V, 22µF, 2A _{rms} ripple	2 db Ø10x10.2mm 	1db Ø6.3x7.7mm 	1db 7.3x4.3x1.9mm 	4 db 6.1x5.3mm 	4 db 7.3x4.3x4.3mm 

* SP-Cap, POSCAP,
OS-CON

OS-CON
Long lifetime



Hybrid
High Voltage



SP-Cap
Super Low ESR (3 mΩ)

POSCAP
Small Case Sizes



Panasonic

endrich