



## انواع خازن و انتخاب نوع مناسب در پروژه و مدار الکترونیکی - قسمت اول



تاریخ انتشار ۲۱ آبان، ۱۴۰۲ توسط سید حسین سلطانی

سلام خدمت همه شما مایکروالکامی ها. در مطالب قبلی به بررسی **انواع خازن** و **خازن سرامیکی** پرداخته شد. در این مطلب بصورت مفصل در خصوص انواع خازن و انتخاب مدل مناسب آن در مدار پرداخته خواهد شد. برای جلوگیری از طولانی شدن، این مطلب طی دو قسمت نگارش شده که قسمت دوم از این لینک قابل دسترس است. پس با من تا انتهای مطلب همراه باشید. همچنین شما میتونید سایر مطالب من رو از **این لینک** مطالعه و بررسی کنید.



## مقدمه

خازن ها یکی از اصلی ترین و اولین قطعات مورد استفاده در مدار های الکترونیکی می باشند. در الکترونیک مدرن اغلب خازن های سرامیکی برای دیکوپلینگ در کنار IC ها یا خازن های الکترولیت آلومینیوم برای خازن بخش رگولاتور قابل مشاهده است. اما با این وجود کاربرد آنها فقط این موارد ختم نشده و غیر از آن کاربرد های گسترده دیگری همانند فیلتر، دیکوپلینگ، مدار تطبیق امپدانس، مدار اسنابر، کوپلینگ و... از آنها استفاده می شود.

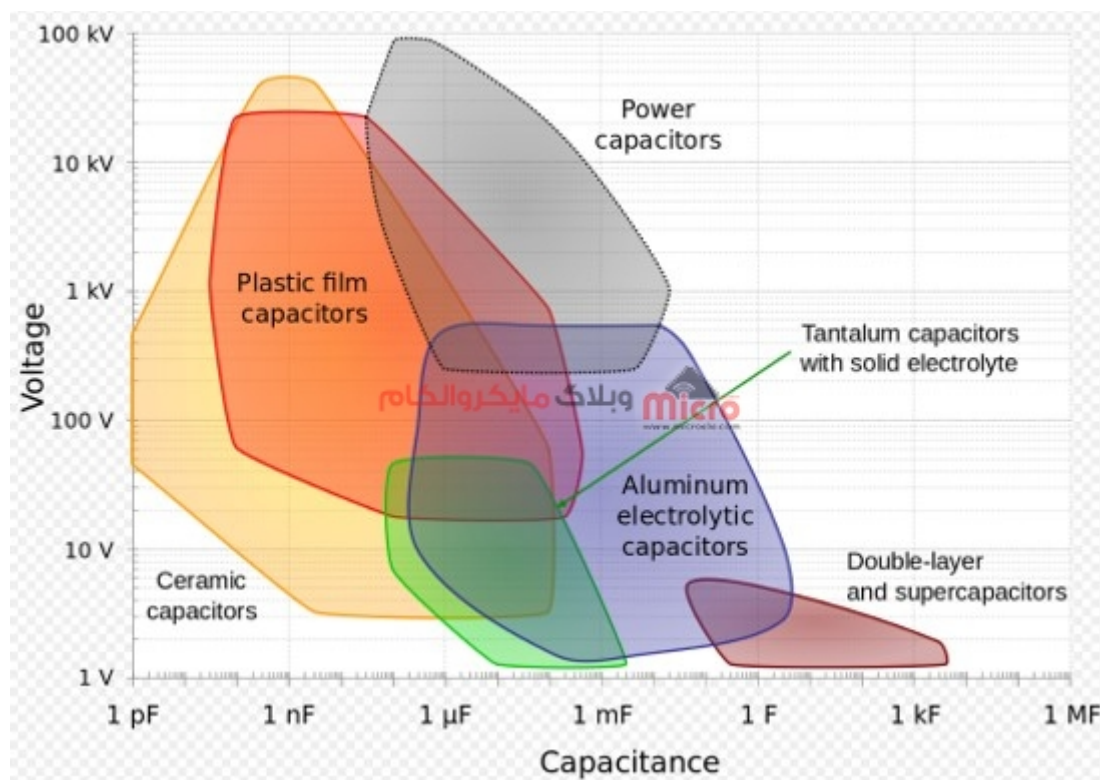
برای مطالعه بخش دوم این مطلب، از [این لینک](#) اقدام کنید.

## انواع خازن

تکنولوژی خازن شاید ثابت بوده باشد و طی سالهای اخیر تغییری نداشته باشد اما واقعیت این است که امروزه مدل های خازن گسترده تر از قبل بوده و شاید کاربردی که از یک خازن فعلی وجود دارد در دهه های قبل قابل تصور نبوده است. همچنین شاید تصور شود یک مدل خازن در مقابل دیگری قابل استفاده نبوده و عملاً منسوخ تلقی شود اما می بینیم که در کاربرد های منحصر به فرد از آن استفاده می شود. برای بررسی و خرید خازن های مرغوب نیز می توانید از [این لینک](#) استفاده کنید.

## ظرفیت خازن

همه خازن ها دارای یک پارامتر مهم به نام ظرفیت خازنی می باشند. هرچند همه خازن ها ظرفیت خازنی خود را دارند و آنچه که در یک ظرفیت ثابت باعث تمایز انواع خازن از هم می شود پارامتر های مهمی نظیر دما، ولتاژ، جنس خازن، مقدار ESR، مقدار ESL و... می باشد. لذا انتخاب گاه سخت است. مثلاً برای یک خازن بای پس باید به ESR و ESL آن توجه نمود درحالیکه برای یک خازن برای ذخیره انرژی باید به جریان نشتی آن بیشتر توجه کرد. در تصویر زیر انواع خازن متناسب با ولتاژ و ظرفیت خازنی آن قابل مشاهده است.



دسته بندی خازن متناسب با ولتاژ کاری

## خازن سرامیکی (Ceramic Capacitor)

این دسته از خازن ها از انواع معروف آنها است. در گذشته و اوایل استفاده از آن، خازن های سرامیکی دارای ظرفیت های کمی بودند اما اکنون مشاهده می شود که دیگر اینگونه نیست و ظرفیت هایی تا چند صد میکروفاراد نیز وجود دارد. می توان گفت خازن های چند لایه سرامیکی یا MLCC ها در طراحی های قدیمی مثلا جایگزین خازن الکترولیتی یا تانتالیوم شده است. در مقایسه با الکترولیتی، خازن سرامیکی دارای قیمت پایین تر و عملکرد بهتری می باشد.



خازن سرامیکی MLCC

خازن های سرامیکی معمولاً کوچک هستند. با این وجود متناسب با ولتاژ کاری آنها می‌تواند سایز آن متغیر باشد. مثلاً در یک ظرفیت خازنی ثابت، ولتاژ بیشتر دارای سایز بزرگتری به نسبت ولتاژ کمتر می‌باشد. معمولاً در این خازن ها از یک لایه محافظ برای حفاظت در مقابل رطوبت و سایر موارد استفاده شده است.

## مزایای خازن MLCC یا سرامیکی

معروفیت و محبوبیت این خازن ها فقط بخاطر ابعاد آنها و ظرفیت های بالای آن نیست. بلکه بخاطر این است که این نوع خازن در خیلی از کاربردها جایگزین خوبی برای خازن های الکترولیتی است. یک قابلیت منحصر به فرد که عموماً هم در نظر گرفته نمی‌شود این است که این خازن برخلاف الکترولیتی امکان ترکیدن نداشته یا همانند تانتالیوم امکان آتش گرفتن ندارد. این خازن ها پلاریته نداشته و تحمل آنها در مقابل اعمال ولتاژ بالاتر بدون آسیب به ظرفیت خازنی آنها خوب است. اما در مقایسه با الکترولیتی خصوصاً نوع تانتالیوم در صورت اعمال ولتاژ کمی بیشتر آسیب دیده و خطراتی را ایجاد خواهند کرد.

## برخی دیگر از مزایای خازن سرامیکی چند لایه

- گستره ظرفیت خازنی و محدوده ولتاژ وسیع
- عملکرد با قابلیت اطمینان زیاد
- ESR کم
- ضریب Q بالا در فرکانس های زیاد



## مدل های مختلف خازن سرامیکی

علیرغم وجود خصوصیات عمومی، باید گفت همه خازن های سرامیکی مشابه نبوده و برخی موارد وجه تمایز آنها بوده و همین باعث می شود از نظر قیمت با یکدیگر تفاوت داشته باشند. این خازن ها به نوع دی الکتریک سرامیکی آن نیز بستگی دارد. اغلب مدل هایی موجود C0G NP0, X7R, X5R, Y5V می باشند. بطور کلی این خازن ها در دو کلاس دسته بندی می شوند.

- Class 1: پایداری بیشتر و تلفات کمتر در مدار های رزوناتور (مدل های N75, N33, P100, NP0 و...)
- Class 2: راندمان (راندمان حجومی) بیشتر برای کاربرد های نظیر بافر، بای پاس، دیکوپلینگ (مدل های X7R, X5R, Y5V, Z5U و...)

### خازن سرامیکی Class 1

خازن های ذیل این دسته بندی دارای پایداری زیاد و تلفات به مراتب کمتری می باشند. این خازن ها دارای دقت و تحمل بالایی بوده و در مقابل تغییرات دمایی و ولتاژ پایداری بیشتری دارند. از این خازن ها در کاربرد هایی مانند آسیلاتور، فیلتر، مدارات صوتی و سایر موارد حساس استفاده می شود. در جدول زیر کد های تحمل پذیری/تلورانس Class 1 نشان داده شده است.





First Character		Second Character		Third Character	
Letter	Sig. Figures	Digit	Multiplier (10x)	Letter	Tolerance
C	0.0	0	-1	G	+/- 30
B	0.3	1	-10	H	+/- 60
L	0.8	2	-100	J	+/- 120
A	0.9	3	-1000	K	+/- 250
M	1.0	4	-10000	L	+/- 500
P	1.5	6	+10	M	+/- 1000
R	2.2	7	+100	N	+/- 2500
S	3.3	8	+1000		
T	4.7				
V	5.6				
U	7.5				

ویژگی های خازن سرامیکی MLCC کلاس 1

کاراکتر اول یک حرف بوده و بیانگر تغییر ظرفیت خازنی متناسب به دما برحسب  $\text{ppm}/^\circ\text{C}$  می باشد. کاراکتر دوم یک عدد بوده و ضریب کاراکتر اول می باشد. کاراکتر سوم یک حرف بوده که بیانگر حداکثر میزان خطا بر حسب  $\text{ppm}/^\circ\text{C}$  می باشد.

## مثال

سرامیک های مدل C0G یکی از پایدارترین دی الکتریک های موجود است. تغییرات ظرفیت خازنی در مقابل دما  $+0/-$   $30\text{ppm}/^\circ\text{C}$  بوده که کمتر از  $\pm 0.3\%$  ظرفیت خازنی مورد نظر در محدوده دمایی  $-55$  تا  $+125$  درجه سانتیگراد می باشد. هیستریزیس برای دی الکتریک های C0G خیلی ناچیز (کمتر از  $\pm 0.05\%$ ) بوده در حالیکه برای خازن های از جنس film این عدد تا  $\pm 2\%$  است.

دی الکتریکی سرامیکی نوع C0G (NP0) معمولاً دارای ضریب Q بیشتر از 1000 بوده و بیانگر تغییرات خیلی کم ظرفیت خازنی یا Q در مقابل تغییرات فرکانس است. همچنین درصد جذب دی الکتریک معمولاً کمتر از  $0.6\%$  می باشد. این رفتار مشابه خازن های نوع میکا (mica) می باشد که آنها هم به مقدار جذب کم دی الکتریک شهرت دارند. لذا همین



باعث می شود خازن های سرامیکی در کاربرد های RF بسیار کارآمد باشند.

## خازن سرامیکی Class 2

خازن های دسته بندی شده ذیل این مدل دارای مقدار گذردهی بیشتری نسبت به Class 1 می باشند. لذا دارای سطح ظرفیت خازنی بیشتری هستند. با این وجود دقت و پایداری کمتری دارند. علاوه بر این در خازن های Class 2 علاوه بر دقت و پایداری کمتر، شاهد ضریب دمایی غیر خطی نیز هستیم.

خازن های Class 2 برای مواردی همچون دیکوپلینگ و کوپلینگ که ظرفیت دقیق آنچنان مهم نیست اما محدودیت فضا مهم است، مناسب می باشند. همچنین در مواردی که بار خروجی به سرعت تغییر می کند بعنوان bulk capacitor یا در گیرنده/فرستنده های رادیویی مناسب است. در جدول زیر کدهای تحمل پذیری/تلورانس Class 2 نشان داده شده است.

First Character		Second Character		Third Character	
Letter	Low Temp	Digit	High Temp	Letter	Change
X	-55°C (-67°F)	2	+45°C (+113°F)	D	+/- 3.3%
Y	-30°C (-22°F)	4	+65°C (+149°F)	E	+/- 4.7%
Z	+10°C (+50°F)	5	+85°C (+185°F)	F	+/- 7.5%
		6	+105°C (+221°F)	P	+/- 10%
		7	+125°C (257°F)	R	+/- 15%
				S	+/- 22%
				T	+22% / -33%
				U	+22% / -56%
				V	+22% / -82%

ویژگی های خازن سرامیکی MLCC کلاس 2

کاراکتر اول یک حرف بوده و بیانگر حد دمایی پایین (منفی) خازن است. کاراکتر دوم یک عدد بوده و مشخص کننده حد دمایی بالا (مثبت) خازن است. کاراکتر سوم یک حرف بوده که بیانگر تلورانس ظرفیت خازنی در محدوده عملکرد دمایی می باشد. یکی از معروف ترین دی الکتریک های ذیل Class 2، دی الکتریک X7R می باشد. محدوده دمایی عملکرد آن بین -55 تا +125 درجه سانتیگراد و ضریب خطای ظرفیت آن  $\pm 15\%$  است. دی الکتریک Y5V نیز بسیار رایج است.



## خازن های تانتالیوم Tantalum

خازن های تانتالیوم نوعی از خازن های الکترولیتی اند که از فلز تانتالیوم برای ساخت آند و از پوشش لایه نازک اکسید بعنوان دی الکتریک ساخته شده اند. تانتالیوم باعث ایجاد دی الکتریک نازک تری شده که موجب ایجاد ظرفیت خازنی بیشتری خواهد شد. این نوع خازن ها داری قطب بوده و باید در ولتاژ DC و البته در جهت درست قطب مثبت و منفی قرار گیرند.



خازن تانتالیوم

در صورت عدم رعایت ولتاژ و محدوده دمایی خازن تانتال، بسرعت واکنش نشان داده و بعضا بصورت ترکیدن بهمراه آتش گرفتن از خود واکنش نشان می دهند. البته می توان با بکار گیری قطعاتی جهت ایمنی بیشتر (همانند فیوز حرارتی و محدود کننده های جریان) از وقوع چنین مواردی جلوگیری به عمل آورد.

## مقایسه با خازن سرامیکی

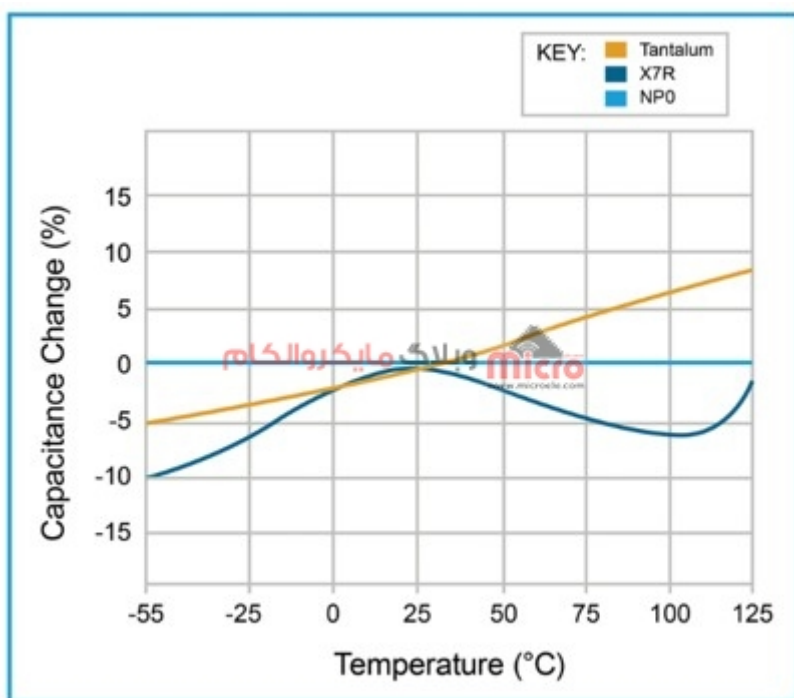
در مقایسه با خازن های سرامیکی MLCC مقدار ESR آنها بالاتر است و در نتیجه استفاده از این خازن در فرکانس های بالا توصیه نمی شود. این خازن ها نسبت به سرامیکی ها قیمت بالاتری دارند. البته با داشتن ویژگی های خود در مقابل قیمت آن، کاربرد های خاص خود را دارند.





## تغییرات خطی ظرفیت خازنی با دما

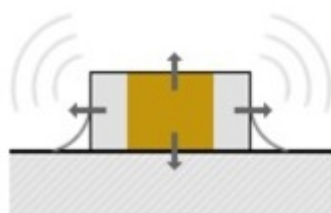
تغییرات ظرفیت خازنی نسبت به دما بصورت خطی است. از همین رو محاسبه ظرفیت آن تحت شرایط حساس آسان تر خواهد بود. علاوه بر این، ظرفیت خازنی خازن های تانتالیوم با دما افزایش می یابد که موجب ذخیره انرژی یا پایداری خروجی تغذیه های سوئیچینگ خواهد شد. در تصویر زیر تغییرات ظرفیت خازن نسبت به دما برای سه مدل خازن تانتالیوم و سرامیکی X7R و NP0 نشان داده شده است.



نمودار تغییرات خازنی نسبت به دما برای خازن های MLCC و تانتالیوم

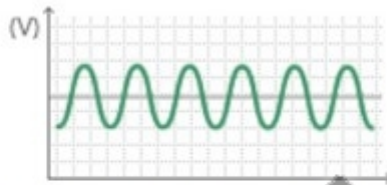
## محدودیت اثر میکروفونی/پیزوالکتریکی

بدلیل اثر پیزوالکتریکی، خازن های سرامیکی میکروفونیک اند. زیرا در اثر ارتعاش و تکان خوردن آنها باعث ایجاد ولتاژ می شوند. این مورد می تواند باعث ایجاد نویز در برد هایی شود که در محل های پر ارتعاش استفاده می شوند. البته باید توجه کرد این نویز آنقدر نیست که بتواند بر سیگنال دیجیتال یا سیگنال تقویت شده آنالوگ تاثیر بگذارد. اما ممکن است بر سیگنال های تقویت نشده آنالوگ مانند خروجی مبدل ها یا سایر سیگنال های حساس تاثیر گذارد. از همین رو یکی از دلایل اصلی که در تجهیزات صوتی عدم استفاده از خازن سرامیکی توصیه می شود همین مورد است. لذا خازن های تانتالیوم فاقد این اثر بوده و انتخاب مناسبی برای کاربرد های صوتی یا مواردی که دارای ارتعاشات زیاد است، خواهد بود. به تصویر زیر دقت نمایید.

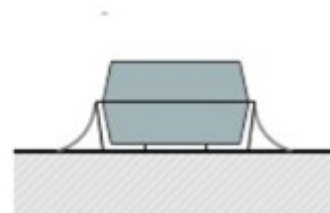


### Ceramic Capacitor

Due to the piezoelectric element, multilayer capacitors may vibrate back and forth and left to right based on voltage fluctuation, which can cause the capacitor itself as well as the substrate to resonate, generating audible noise.



وبلاگ میکروالکام **Micro**  
As an effective countermeasure  
**we recommend switching to tantalum capacitors**



### Tantalum Capacitor

Tantalum capacitors feature no piezoelectric characteristics, and therefore will not resonate during voltage fluctuations, preventing unwanted noise from occurring.

اثر پیزوالکتریکی در خازن های سرامیکی

## ظرفیت خازنی در مقابل ولتاژ

خازن های تانتالیوم تا زمانی که از حداکثر مقادیر مجاز فراتر نروند در شرایط متفاوت ولتاژ DC پایدار اند. در مقابل، ظرفیت خازنی خازن MLCC با افزایش ولتاژ ظرفیت خازنی آن کاهش می یابد. این مورد می تواند در مواردی که تغییرات ولتاژ داریم مهم باشد و چه بسا که در مقایسه با قیمت تانتالیوم در مقابل MLCC، آن را انتخاب بهتری کند. در تصویر زیر ظرفیت خازنی متناسب با تغییرات ولتاژ DC برای دو مدل خازن تانتالیوم و خازن MLCC نشان داده شده است.

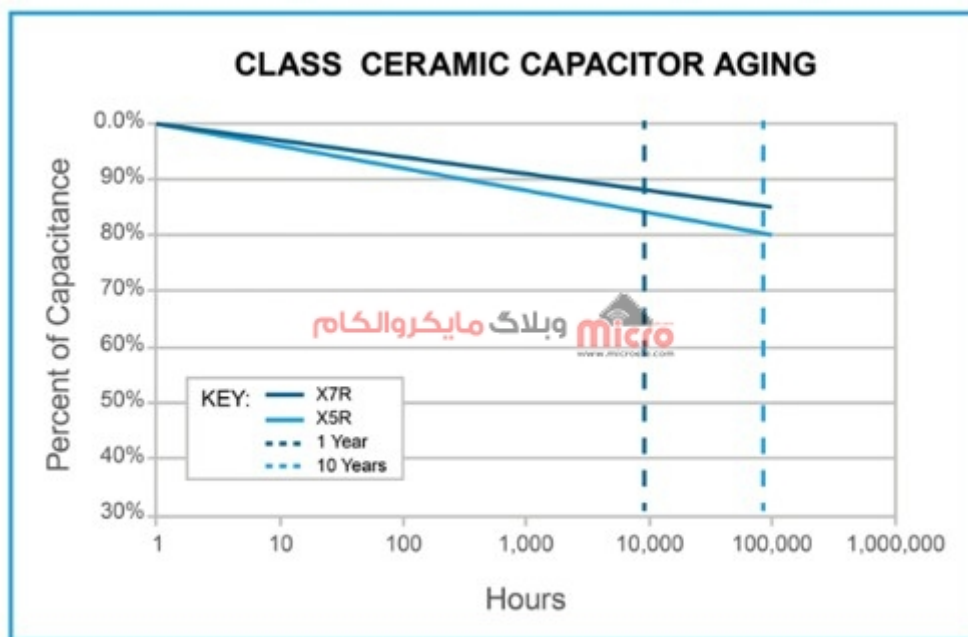


نمودار تغییرات خازنی نسبت به ولتاژ برای خازن های MLCC سرامیکی و خازن

تانتالیوم

## پایداری با گذشت زمان

گذردهی دی الکتریک خازن می توانند در گذر زمان کاهش یابد. خازن های تانتالیوم دارای عمر طولانی تری می باشند. خازن تانتال همانند خازن آلومینیومی خشک نمی شود، لذا مورد مناسبی برای کاربرد های است که طول عمر زیادی باید داشته باشند. در تصویر زیر میزان پایداری ظرفیت خازنی در طول زمان نمایش داده شده است.



بررسی ظرفیت خازنی نسبت به گذر زمان

## خازن های الکترولیتی آلومینیوم

این خازن ها بدلیل ظرفیت خازنی بالا، حداکثر ولتاژ بالا و هزینه کم عمدتا محبوب اند. اما باید توجه داشت غالبا دارای ابعاد بزرگ، جریان ناشی و ESR زیادی هستند. این خازن ها با الکترولیت مایع که حاوی غلظت بالایی از یون ها است ساخته شده اند.

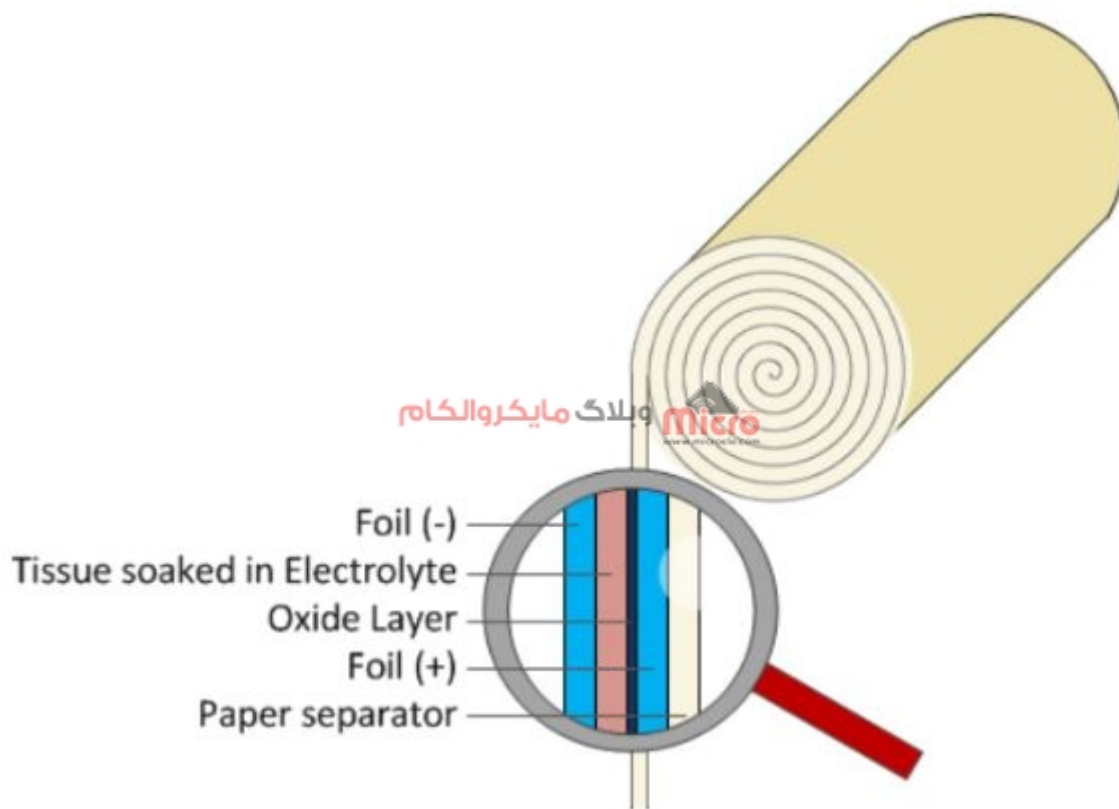


خازن الکترولیتی

همانند خازن های تانتالیوم که آنها هم از نوع الکترولیت بودند، این نوع خازن ها هم دارای قطب مثبت و منفی هستند.



در صورت اعمال ولتاژ معکوس به آن صدمه دیده و خواهند ترکید. در تصویر زیر معماری داخلی این خازن نمایش داده شده است.



معماری داخلی خازن الکترولیتی

در بسیاری از موارد این خازن ها با خازن های سرامیکی، خازن های پلیمری آلومینیومی با ESR کم یا خازن تانتالیوم جایگزین شده اند. خازن های آلومینیومی دارای ESR زیادی اند و به همین دلیل در سیگنال های فرکانس بالا یا اعمال ولتاژ بالا به آن، تلفات آن زیاد خواهد بود. طول عمر این خازن بدلیل الکترولیت دارای محدودیت بوده که در دراز مدت می تواند خشک شود. از طرفی دیگر در دمای بالا طول عمر نیز کاهش خواهد یافت. جریان نشتی این خازن ها به مراتب بیشتر از انواع دیگر است لذا انتخاب مناسبی به عنوان خازن دیکوپلینگ نمی باشند.

با وجود معایبی که این خازن دارد باز هم از آن استفاده می شود. ظرفیت خازنی بالا، ولتاژ بالا از دلایلی است که عمدتاً از این خازن استفاده می شود. درست است که این خازن ها حجم یا ابعاد بزرگی داشته باشند. اما اگر ارتفاع آن مشکل ساز نباشد با ظرفیت خازنی یکسان در انواع دیگر، از نظر ابعاد می تواند انتخاب خوبی باشد.



## مقایسه با خازن تانتالیوم

برخلاف تانتالیوم آسیب آن کمتر است. با اتمام عمر مفید این خازن ظرفیت آن به مراتب کاسته خواهد شد. در صورت اعمال ولتاژ زیاد به خازن الکتrolیتی، تا حد زیادی بدون آسیب به برد و PCB، این خازن ها باد کرده یا خواهند ترکید. درحالیکه خازن های آلومینیومی پلیمری، دارای مزایای بیشتری اند، خازن آلومینیومی دارای قیمت پایین تری بوده و حداکثر ولتاژ بیشتری دارند. از خازن های الکتrolیتی در کاربرد های نظیر منابع تغذیه و مدارات فیلتر استفاده می شود.

## خازن های پلیمری

فناوری این مدل نسبتا جدید بوده و می توان گفت جایگزین خازن های الکتrolیتی و آلومینیومی و در برخی موارد حتی جایگزین MLCC ها نیز هستند. در ساخت آن از پلیمر های جامد رسانا به عنوان الکتrolیت به جای الکتrolیت مایع استفاده شده است.



خازن پلیمری

با استفاده از الکتrolیت جامد، خازن های پلیمری از خشک شدن الکتrolیت مایع جلوگیری می کنند. خازن های مدل پلیمری می توانند جایگزین خازن الکتrolیتی تانتالیومی باشند. البته باید در نظر گرفت تا زمانیکه از حداکثر ولتاژ نامی

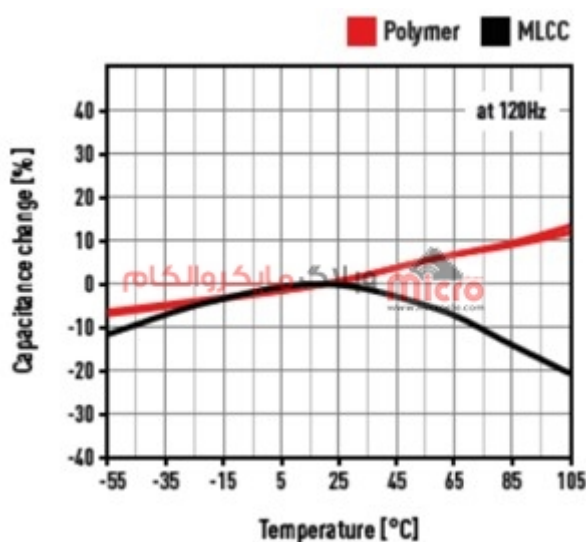




آن بیشتر نشود. خازن های پلیمری اغلب در محدوده ولتاژی تا 35VDC یافت می شوند. تعداد محدودی نیز از خازن های پلیمر آلومینیوم تا 250 ولت یا پلیمر تانتالیوم تا 125 ولت وجود دارد.

## ظرفیت خازنی در مقابل ولتاژ

مانند خازن تانتالیوم که پیشتر بررسی شد، خازن پلیمری دارای خصوصیات نسبتاً یکسانی در مورد ظرفیت خازنی و ولتاژ دارند. به بیانی دیگر با افزایش دما، ظرفیت خازن بصورت خطی افزایش خواهد یافت. در تصویر زیر تغییرات خازنی MLCC و پلیمری نسبت به دما نشان داده شده است.



تغییرات ظرفیت خازنی نسبت به دما در خازن های پلیمر و MLCC

## ESR خیلی کم

نقطه ضعف خازن های آلومینیوم و تانتال قبلی مقدار ESR بالای آنها است. هنگام استفاده به عنوان فیلتر در خروجی منبع تغذیه سوئیچینگ، دست یابی به ریپل ولتاژ کم و EMI کم، سخت است. مقدار ESR خازن پلیمر مشابه اکثر خازن های سرامیکی است و ظرفیت بیشتری دارند که گزینه مناسبی برای فیلتراسیون است.

## چگالی ظرفیت خازنی بیشتر

خازن های پلیمری آلومینیوم غالباً دارای ظرفیت خازنی بیشتری به نسب فضایی که در PCB اشغال می کنند هستند. خازن پلیمری تانتالیوم برخلاف خازن پلیمری آلومینیومی دارای ارتفاع زیادی نیستند.



## عدم نشتی خازن

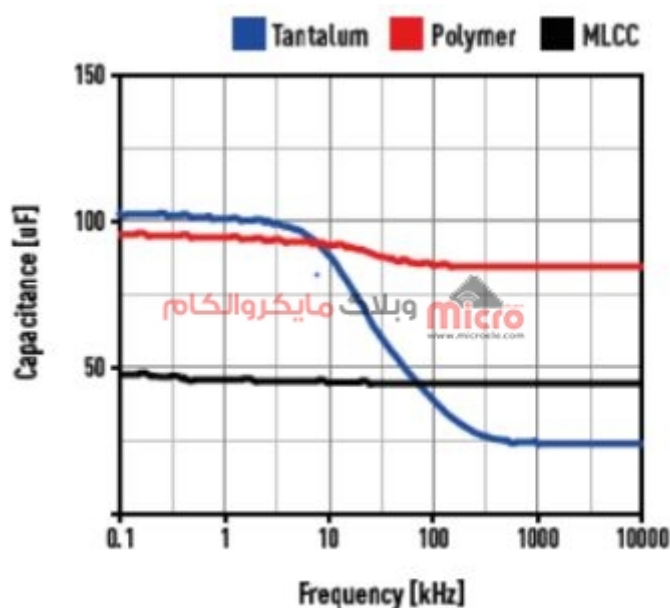
خازن های آلومینیومی به خرابی یا از بین رفتن الکترولیت آنها یا خشک شدن و جریان نشتی زیاد در آنها شهرت دارند. درحالیکه در خازن های پلیمری با توجه به جامد بودن الکترولیت پلیمری، نشتی وجود ندارد.

## عدم وجود اثر پیزوالکتریک

طبق صحبت های قبلی این نوع خازن نیز از مشکل پیزوالکتریک/میکروفونیک مستثنا بوده و انتخاب مناسبی در کاربرد های صوتی و سایر کاربرد های آنالوگ سیگنال کوچک خواهد بود.

## پایداری فرکانسی

خازن پلیمری در مقایسه با سایر الکترولیتی های مایع، جهت استفاده در کاربرد های فرکانس بالا مناسب است. هرچند به خوبی خازن های سرامیکی نمی باشند اما بسیار نزدیک آن هستند. در تصویر تغییرات خازنی سه مدل خازن MLCC، پلیمری و تانتالیوم نسبت به فرکانس بیان شده است.



نمودار تغییرات ظرفیت خازنی متناسب با فرکانس در خازن های پلیمری، تانتالیوم و سرامیکی MLCC

با این تفاسیر خازن پلیمری گزینه مناسبی برای منابع تغذیه و دستگاه های صوتی خواهد بود. به مدار زیر که یک منبع تغذیه ساده است دقت کنید. در این مدار به یک خازن 250uF در ورودی و به یک خازن 450uF در خروجی نیاز است. در صورت استفاده از خازن سرامیکی برای آن با در نظر گرفتن کاهش خازن در اثر اضافه ولتاژ، گذر زمان و دما،



ظرفیت حدود 70% کاهش می‌یابد. لذا باید خازن ورودی را 833uF و خروجی را 1500uF در نظر گرفت که به ظرفیت مورد نظر برسد. لذا در ورودی به 17 خازن 47uF و در خروجی به 15 خازن 100uF نیاز است. در صورت استفاده از خازن پلیمری می‌توان با استفاده از 2 خازن 150uF در ورودی و یک خازن 470uF در خروجی کار را تمام کرد. لذا از نظر هزینه و فضا صرفه جویی خواهد شد.



مبدل کاهنده DC-DC

برای مطالعه بخش دوم این مطلب، از **این لینک** اقدام کنید.

## خلاصه

- آنچه که مشخص است هر خازن نکته و کاربرد خاص خود را دارد که باید در نظر گرفته شود. خازن ها هم نیز همانند سایر قطعات و ادوات الکترونیکی روز به روز در حال پیشرفت و بهبود هستند. خازن های MLCC بصورت ابعاد کوچک، قیمت مناسب و خصوصیات خوب در اختیار اند. این خازن مناسب برای فیلتر، دیکوپلینگ و بای پاس می باشد.
- خازن های تانتالیوم پایداری خوبی داشته و از پدیده/اثر پیزوالکتریکی مستثنا هستند. علیرغم این موارد این خازن دارای ESR زیاد، قیمت بالا و در صورت عدم رعایت نکات آن دچار انفجار یا آتش گرفتن به هنگام ترکیدن خواهد شد.
- خازن های الکتrolیتی آلومینیوم دارای ظرفیت و ولتاژ عملکردی بالایی است. قیمت مناسب از اصلی ترین مزایای آن است اما باید به اندازه بزرگ و ESR بالای آن دقت کرد.
- خازن های پلیمر آلومینیوم و پلیمر تانتالیوم همان نسل توسعه یافته از خازن های قبل است اما با مزیت ESR



- کمتر که یک حسن اصلی است. قیمت بالا و کم بودن حداکثر ولتاژ قابل تحمل آن را نیز باید در نظر گرفت.
- انواع خازن های Film نیز وجود دارد که هر کدام دارای مزایای خود است. خازن های Mica نوع دیگری از خازن بود که دارای تحمل پذیری بالا و دقت خوبی بودند اما از نظر قیمتی دارای قیمت بالایی هستند.
- خازن های سیلیکونی دارای پایداری حرارتی خوب و قابل قبولی اند اما باید قیمت بالای آن را نیز در نظر گرفت. همچنین دارای ظرفیت خازنی محدودی اند. اما مناسب برای کاربردهای حساس و دقیق هستند.
- ابر خازن یا Super Capacitor دارای قابلیت ذخیره انرژی بوده اما نشستی، قیمت و ولتاژ کم آن از محدودیت های آن است. اما می توان نسبت به آینده امیدوار بود که ابر خازن ها جایگزین باتری ها شوند.

## نتیجه گیری

استفاده از انواع مختلف خازن در هر کاربرد و پروژه ای بستگی به شرایط و باید و نبایدهای آن دارد. بدون شک از پارامترهای اصلی انتخاب هر خازن، ظرفیت آن، ولتاژ کاری و ESR کم آن خواهد بود. اما این مطلق نبوده و باید متناسب با نیاز خود مدل مناسب را انتخاب نمود.

امیدوارم از این مطلب کمال بهره را برده باشید. در صورت داشتن هرگونه نظر یا سوال درباره این مطلب یا تجربه مشابه اون رو در انتهای همین صفحه در قسمت دیدگاه ها قرار بدید. در کوتاه ترین زمان ممکن به اون ها پاسخ خواهم داد. اگر این مطلب براتون مفید بود، اون رو به اشتراک بگذارید تا سایر دوستان هم بتوانند استفاده کنند. همینطور میتونید این مطلب را توی اینستاگرام با هشتگ #microelecom به اشتراک بگذارید و **پیج مایکروالکام** (@microelecom) رو هم منشن کنید.