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

تاریخ انتشار۲۱ 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 می‌باشند. 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 می‌شود.

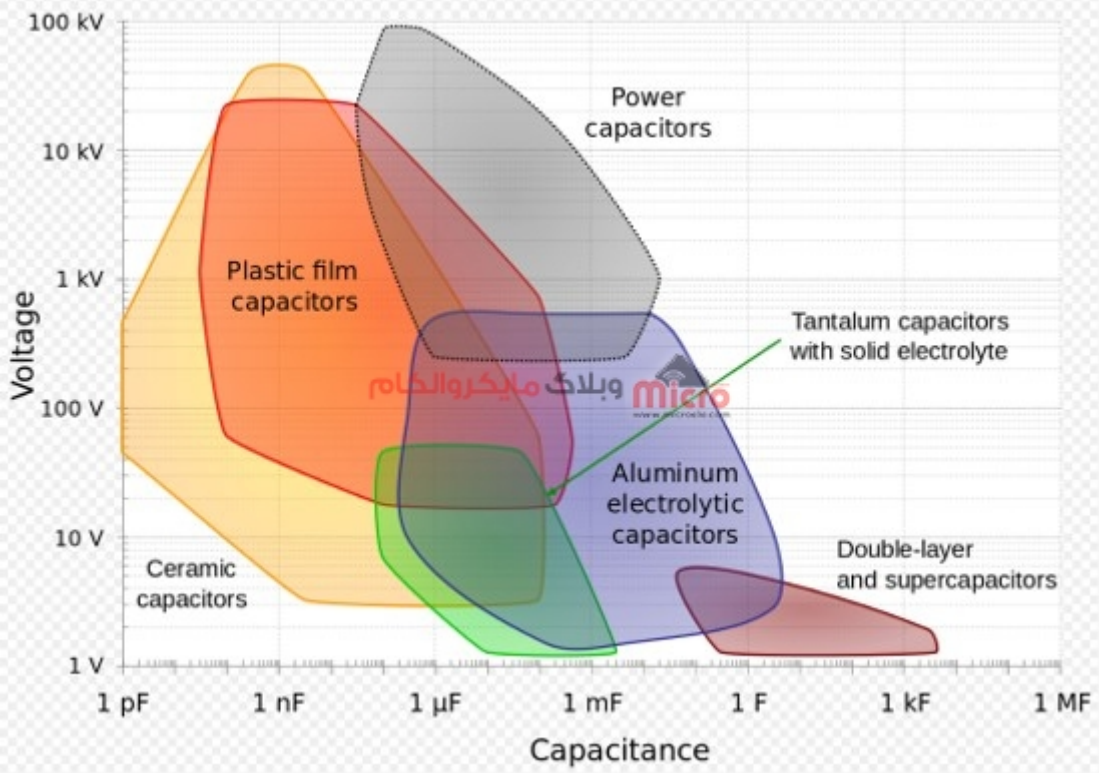
برای مطالعه بخش دوم این مطلب، از این لینک اقدام کنید.

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 عملا منسوخ تلقی شود اما می‌بینیم که در کاربرد های منحصر به فرد از آن استفاده می‌شود. برای بررسی و خرید خازن های مرغوب نیز می‌توانید از این لینک استفاده کنید.

ظرفیت خازن

همه خازن ها دارای یک پارامتر مهم به نام ظرفیت خازنی می‌باشند. هرچند همه خازن ها ظرفیت خازنی خود را دارند و آنچه که در یک ظرفیت ثابت باعث تمایز انواع خازن از هم می‌شود پارامتر های مهمی نظیر دما، ولتاژ، جنس خازن، مقدار ESR، مقدار ESL و... می‌باشد. لذا انتخاب گاها سخت است. مثلا 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 می‌شود که دیگر اینگونه نیست و ظرفیت هایی تا چند صد میکروفاراد نیز وجود دارد. می‌توان 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 می‌باشد.

خازن سرامیکی MLCC

خازن های سرامیکی معمولا کوچک هستند. با این وجود متناسب با ولتاژ کاری آنها می‌تواند سایز آن متغیر باشد. مثلا در یک ظرفیت خازنی ثابت، ولتاژ بیشتر دارای سایز بزرگتری به نسبت ولتاژ کمتر می‌باشد. معمولا 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 کاربرد ها جایگزین خوبی برای خازن های الکترولیتی است. یک قابلیت منحصر به فرد که عموما 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 خصوصا 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 سرامکی مشابه نبوده و برخی موارد وجه تمایز آنها بوده و همین باعث می‌شود از نظر قیمت با یکدیگر تفاوت داشته باشند. این خازن ها به نوع دی الکتریک سرامیکی آن نیز بستگی دارد. اغلب مدل هایی موجود Y5V، X5R، X7R، C0G NP0 می‌باشند. بطور کلی این خازن ها در دو کلاس دسته بندی می‌شوند.

- 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، Z5U، Y5V، X5R و...)

خازن سرامیکی Class 1

خازن های ذیل این دسته بندی دارای پایداری زیاد و تلفات به مراتب کمتری می‌باشند. 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 اسیلاتور، فیلتر، مدارات صوتی و سایر موارد حساس استفاده می‌شود. 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	+1	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				

وبلاگ مایکروالکام

ویژگی های خازن سرامیکی *MLCC* کلاس 1

کاراکتر اول یک حرف بوده و بیانگر تغییر ظرفیت خازنی متناسب به دما برحسب ppm/ ℃ می‌باشد. کاراکتر دوم یک عدد بوده و ضریب کاراکتر اول می‌باشد. کاراکتر سوم یک حرف بوده که بیانگر حداکثر میزان خطا بر حسب ppm/ ℃ می‌باشد.

مثال

سرامیک های مدل C0G یکی از پایدار ترین دی الکتریک های موجود است. تغییرات ظرفیت خازنی در مقابل دما 0 +/- 30ppm/ ℃ بوده که کمتر از 0.3%+/- ظرفیت خازنی مورد نظر در محدوده دمایی 55- تا +125 درجه سانتیگراد می‌باشد. هیسترزیس برای دی الکتریک های C0G خیلی ناچیز (کمتر از ±0.05%) بوده در حالیکه برای خازن های از جنس film این عدد تا ±2% است.

دی الکتریکی سرامیکی نوع C0G (NP0) معمولا 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 معمولا کمتر از 0.6% می‌باشد. این رفتار مشابه خازن های نوع میکا (mica) می‌باشد که آنها هم به مقدار جذب کم دی‌الکتریک شهرت دارند. لذا همین

باعث می‌شود خازن های سرامیکی در کاربرد های RF بسیار کارآمد باشند.

خازن سرامیکی Class 2

خازن های دسته بندی شده نیل این مدل دارای مقدار گذردهی بیشتری نسبت به Class 1 می‌باشند. 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 می‌باشند. همچنین در مواردی که بار خروجی به سرعت تغییر می‌کند بعنوان bulk capacitor یا در گیرنده/فرستنده های رادیویی مناسب است. در جدول زیر کد های 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 دمای پایین (منفی) خازن است. کاراکتر دوم یک عدد بوده و مشخص کننده حد دمای بالا (مثبت) خازن است. کاراکتر سوم یک حرف بوده که بیانگر تلورانس ظرفیت خازنی در محدوده عملکرد دمایی می‌باشد. یکی از معروف ترین دی الکتریک های نیل Class 2، دی الکتریک X7R می‌باشد. محدوده دمایی عملکرد آن بین 55- تا 125+ درجه سانتیگراد و ضریب خطای ظرفیت آن 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 دی‌الکتریک ساخته شده اند. تانتالیوم باعث ایجاد دی‌الکتریک 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

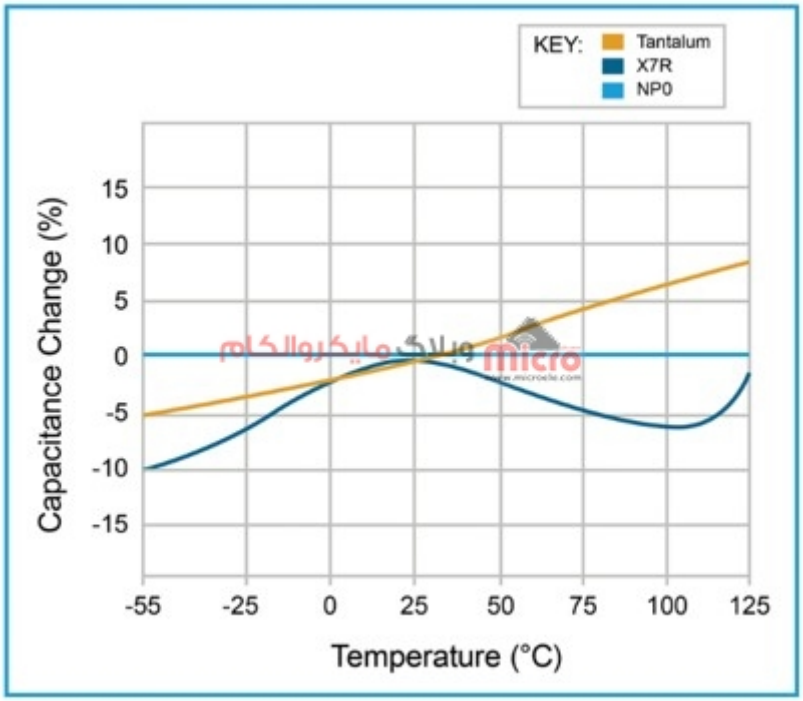
در صورت عدم رعایت ولتاژ و محدوده دمایی خازن تانتال، بسرعت واکنش نشان داده و بعضا بصورت ترکیدن بهمراه آتش گرفتن از خود واکنش نشان می‌دهند. البته می‌توان با بکار گیری قطعاتی جهت ایمنی بیشتر (همانند فیوز حرارتی و محدود کننده های جریان) از وقوع چنین مواردی جلوگیری به عمل آورد.

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 نمی‌شود. 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 می‌یابد 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 می‌شوند. این مورد می‌تواند باعث ایجاد نویز در برد هایی شود که در محل های پر ارتعاش استفاده می‌شوند. 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 می‌شود 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.

اثر پیزوالکتریکی در خازن های سرامیکی

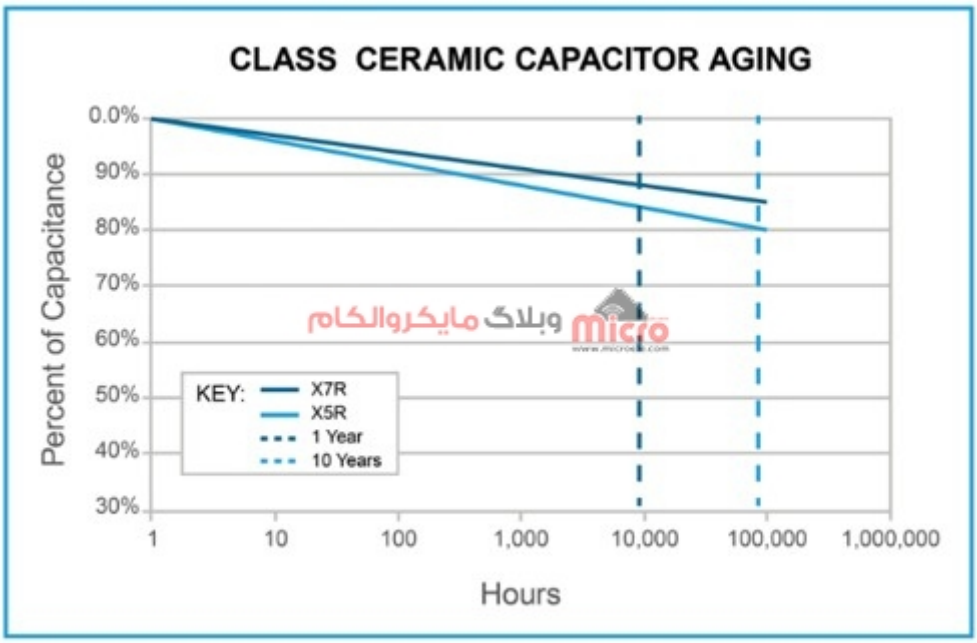
ظرفیت خازنی در مقابل ولتاژ

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 می‌یابد. این مورد می‌تواند در مواردی که تغییرات ولتاژ داریم مهم باشد و چه بسا که در مقایسه با قیمت تانالیوم 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 می‌توانند در گذر زمان کاهش یابد. خازن های تانتالیوم دارای عمر طولانی تری می‌باشند. خازن تانتال همانند خازن آلومینیومی خشک نمی‌شود، 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

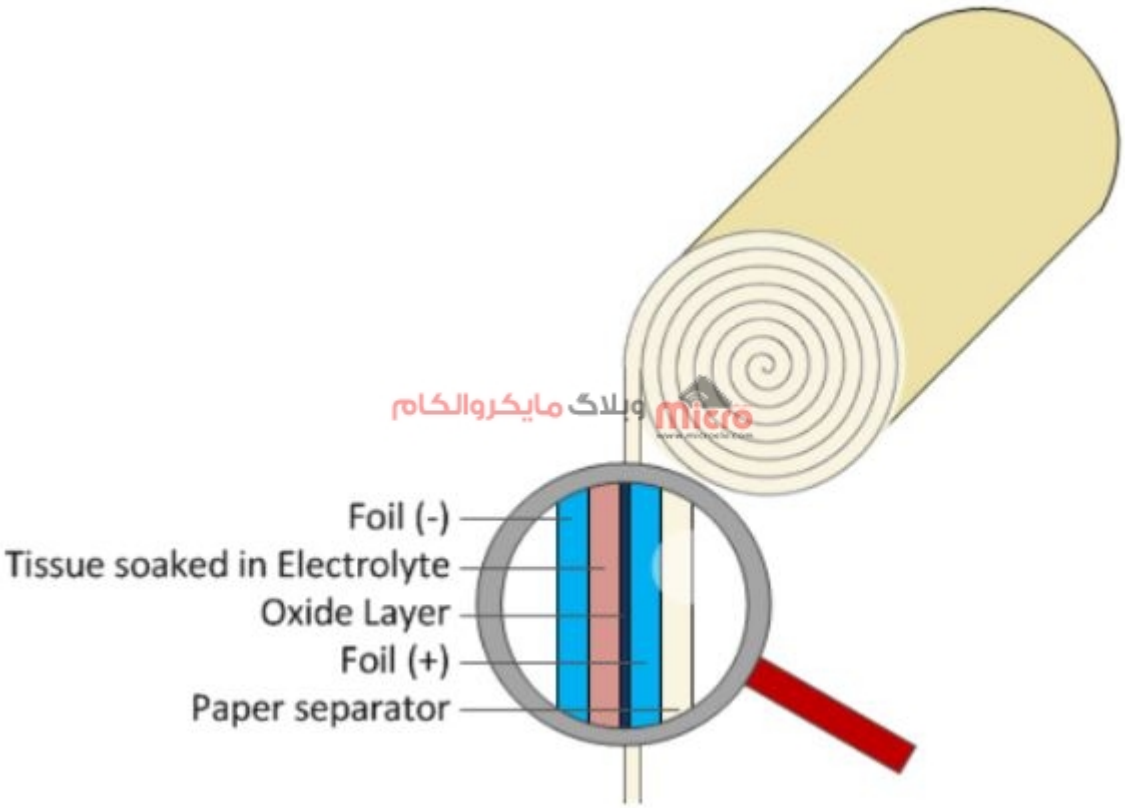
خازن های الکترولیتی آلومینیوم

این خازن ها بدلیل ظرفیت خازنی بالا، حداکثر ولتاژ بالا و هزینه کم عمدتا محبوب اند. اما باید توجه داشتت غالبا دارای ابعاد بزرگ، جریان نشتی 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 می‌تواند 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 نمی‌باشند.

با وجود معایبی که این خازن دارد باز هم از آن استفاده می‌شود. ظرفیت خازنی بالا، ولتاژ بالا از دلایلی است که عمدتا از این خازن استفاده می‌شود. 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 می‌تواند 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 الکترولیتی، 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 الکترولیتی در کاربرد های نظیر منابع تغذیه و مدارات فیلتر استفاده می‌شود.

خازن های پلیمری

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

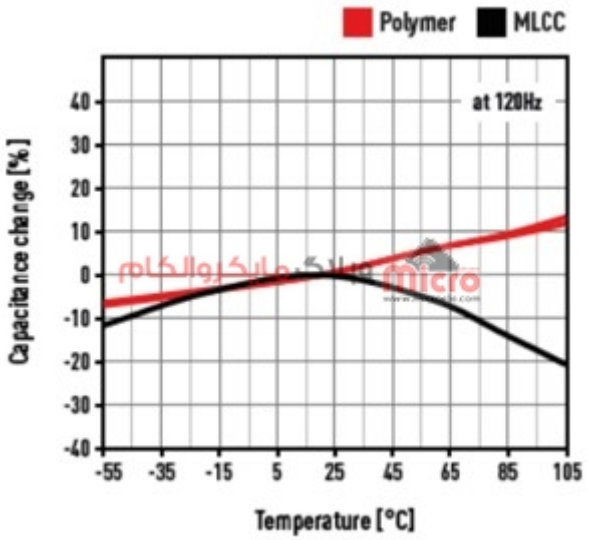
خازن پلیمری

با استفاده از الکترولیت جامد، خازن های پلیمری از خشک شدن الکترولیت مایع جلوگیری می‌کنند. خازن های مدل پلیمری می‌توانند جایگزین خازن الکترولیتی 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 می‌شوند. 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 نستبا 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

نقطعه ضعف حازن 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 غالبا دارای ظرفیت خازنی بیشتری به نسب فضایی که در PCB اشغال می‌کنند هستند. خازن پلیمری تانتالیوم برخلاف خازن پلیمری آلومینیومی دارای ارتفاع زیادی نیستند.

عدم نشتی خازن

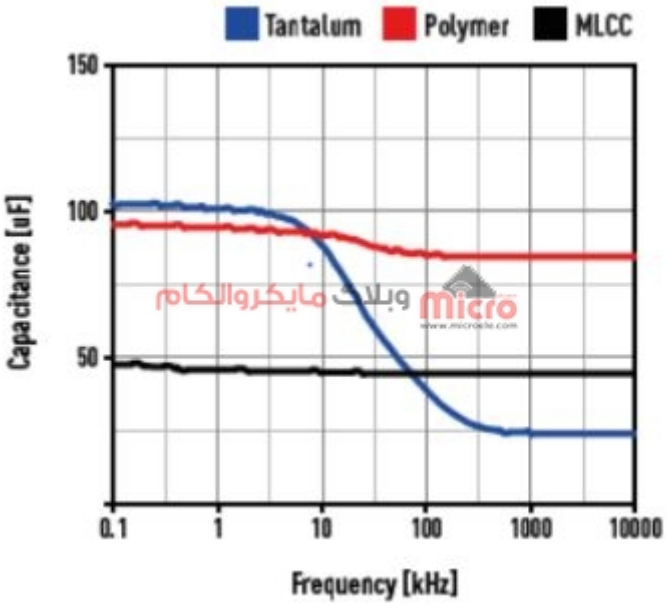
خازن های آلومینیومی به خرابی یا از بین رفتن الکترولیت آنها یا خشک شدن و جریان نشتی زیاد در آنها شهرت دارند. درحالیکه در خازن های پلیمری با توجه به جامد بودن الکترولیت پلیمری، نشتی وجود ندارد.

عدم وجود اثر پیزوالکتریک

طبق صحبت های قبلی این نوع خازن نیز از مشکل پیزوالکتریکی/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 نمی‌باشند 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 می‌باشد.
- 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 الکترولیتی 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 یافتi 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 کاربرد های حساس و دقیق هستند.
- ابر خازن یا Super Capacitor دارای قابلیت ذخیره انرژی بوده اما نشتی، قیمت و ولتاژ کم آن از محدودیت های آن است. اما می‌توان 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 نباید های آن دارد. بدون شک از پارامتر های 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.