انواع خازن و انتخاب نوع مناسب در پروژه و مدار الکترونیکی – قسمت دوم

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 اول 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

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.

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

خازن های فیلم(Film Capacitors)

همانطور که از اسم آن پیدا است در ساخت آن از پلاستیک نازک Film به عنوان دی الکتریک استفاده شده است. این خازن ها عموما ارزان، نسبت به زمان ثابت و دارای ظرفیت خود القایی (self-inductance) و ESR کمی هستند. بعضی از خازن های Film می‌توانند نوسانات توان راکتیو را تحمل کنند. دی الکتریک نامرغوب باعث افزایش اندازه این خازن نسبت به ظرفیت کم آن خواهد شد و مشکلاتی را خواهد داشت. در کاربرد هایی که نیاز به قیمت تمام شده کم، اندوکتانس و ESR پایین داشته باشیم، این خازن ها مناسب خواهند بود.

خازن های *Film* مناسب ولتاژ *AC*

Film پلی‌استر

خازن های فیلم پلی‌استر دارای کاربرد های عمومی و قیمت مناسب با قابلیت پایداری در دما های بالا (تا 125 درجه) هستند. از این خازن ها بعنوان خازن های سبز (green capacitor) نیز یاد می‌شود که بطور عمده در دستگاه های صوتی نظیر تقویت کننده گیتار استفاده می‌شود. تصویر زیر نوعی از خازن polyester film را نشان می‌دهد.

خازن پلی‌استر *Film*

مزایا

- پکیج های نصب سطحی
- عملکرد در دمای بالا (125 درجه) با کاهش ولتاژ
- تحمل پذیری بالا
- دی‌الکتریک با استحکام بالا باعث ایجاد خازن کوچک و ولتاژ بالا می‌گردد
- ESR کم
- دارای ظریب dv/dt بالا که باعث می‌شود در کاربرد هایی که دارای اسپایک با زمان صعود (rise time) سریع داریم به خوبی عمل کند

کاربرد

- مداراتی که خازن متحمل جریان های زیادی می‌شود
- مدارات فیلتر
- کوپلینک و دیکوپلینگ
- منابع تغذیه ای که نیاز به خازن های ظرفیت بالای الکترولیتی نداشته باشد
- دستگاه های صوتی

Film polypropylene یا PP

خصوصیت های این مدل خازن شامل موارد زیر می‌باشد.

- درصد خطای کم تا 1%
- پایداری بالا حتی در گذر زمان و در برابر اعمال ولتاژ بالا تغییرات کمی دارند. ضریب دمایی پایین و منفی و خطی است
- اکثر این مدل خازن ها دارای ESR و اندوکتانس داخلی خیلی کمی هستند
- قابلیت تحمل و عملکرد در ولتاژ های بالا (تا 1kV)
- محدوده دمای بالا تا 100 درجه
- دارای محدوده ظرفیت خازنی کم (100pF تا 10nF)

کاربرد

- مدارات AC ولتاژ/توان بالا
- مدارات دارای جریان پیک بالا
- مداراتی که نیاز به زمان سنجی دقیق دارند
- سیستم های بالاست روشنایی
- منابع تغذیه سوئیچینگ
- کاربرد های صوتی و با کیفیت
- مدارات دیسشارژ فرکانس بالا

خازن *Film polypropylene* یا *PP*

خازن تفلون Film یا PTFE / Teflon

این خازن در هر دو مدل متالیز شده یا انوع film/foil وجود دارد. این خازن قابلیت تحمل در برابر دمای شدید (عملکرد تا دمای 200 درجه) را داشته و عملکرد پایداری دارد. قیمت این مدل زیاد بوده و عملا برای کاربرد های خاص مقرون بصرفه خواهند بود.

خازن تفلون *Film* یا *PTFE-Teflon*

Polystyrene Film

این خازن از قبل به اسم خازن ارزان با کاربرد عمومی معروف بوده است. پایداری بالا، تلفات و نشتی کم از جمله ویژگی های اصلی آن است. برخی از خصوصیات اصلی این خازن در ادامه آمده است.

- عایق قوی
- ضریب جذب دی‌الکتریک کم
- نشتی کم
- اعوجاج کم
- پایداری دمایی مناسب

خازن *Polystyrene Film*

در تصویر زیر انواع رایج خازن Film با یکدیگر مقایسه شده است.

Film characteristics (source: wikipedia/film_capacitor)		Film material, abbreviated codes			
		Polyester (PET)	Polyethylene Naphthalate (PEN)	Polyphenylene Sulfide (PPS)	Polypropylene (PP)
Relative permittivity at 1 kHz		3.3	3	3	2.2
Minimum film thickness (µm)		0.7…0.9	0.9…1.4	1.2	1.9…3.0
Moisture absorption (%)		low	0.4	0.05	<0.1
Dielectric strength (V/µm)		580	500 (?)	470	650
DC voltage range (V)		50—1000	16—250	16—100	40—2000
Application temperature range (°C)		-55 — +125 /+150	-55 — +150	-55 — +150	-55 — +105
ΔC/C versus temperature range (%)		±5	±5	±1.5	±2.5
Dissipation factor ($\cdot 10^{-4}$)	at 1 kHz	50—200	42—80	2—15	0.5—5
	at 10 kHz	110—150	54—150	2.5—25	2—8
	at 100 kHz	170—300	120—300	12—60	2—25
	at 1 MHz	200—350	–	18—70	4—40
Time constant $R_{iso} \cdot C$ (s)	at 25 °C	≥10000	≥10000	≥10000	≥100000
	at 85 °C	1	1	1	10
Dielectric absorption (%)		0.2—0.5	1—1.2	0.05—0.1	0.01—0.1
Specific capacitance (nF•V/mm³)		400	250	140	50
Self Healing		Medium	Medium-Low	Low	Good

مقایسه انواع رایج خازن های *Film*

خازن میکا Mica capacitor

خازن های میکا یا نقره ای میکا از جمله خازن هایی اند که از mica بعنوان دی‌الکتریک استفاده می‌کنند. میکا یک ماده پایدار الکتریکی، شیمیایی و مکانیکی است. همچنین دارای خصوصیات خوب الکتریکی و تحمل دمایی بالایی است ولی از نظر قیمتی دارای قیمت بالایی می‌باشد. این ماده در برابر بیشتر اسید ها، آب، روغن و حلال ها مقاوم است. این خازن بصورت ورقه ورقه شده میکا و فلز دو طرف آن ساخته می‌شود. خازن های silver mica به نوعی کمیاب بوده و برای کاربرد هایی است که باید خصوصیاتی نظیر تلفات کم، عملکرد در فرکانس بالا داشته باشند مناسب است.

خازن *Silver mica*

مزایا

- دقت بالا تا 1%
- پایداری بالا
- تحمل پذیری بالا نسبت به دما
- تحمل پذیری بالا نسبت به ولتاژ (تا 1kV)
- ضریب Q بالا
- ESR و ESL کم

کاربرد

- فیلتر
- نوسان ساز های RF و سایر مدارات رادیویی (تلفات کم این خازن باعث افزایش و بهبود ضریب Q مدار می‌شود.)
- فرستنده های رادیویی توان بالا
- مدارات ولتاژ بالا

خازن های سیلیکونی

این خازن ها نوع جدیدی بوده و رایج ترین نوع خازن در دنیا از نظر ابعاد همین مدل خازن ها اند که عمدتا در مدارات مجتمع (IC) مانند RAM و Flash استفاده می‌شوند. این نوع خازن های گسسته دارای دی‌الکتریکی بر پایه دی‌اکسید سیلیکون یا نیترید سیلیکون هستند. این خازن ها مناسب کاربرد هایی اند که تحمل دمایی بالا، قابلیت اطمینان زیاد و پایداریی خوبی را بخواهند.

خازن سیلیکونی *SMT*

مزایا

- پایداری بالا در مقابل دمای زیاد (تا 250 درجه)
- عدم کاهش ظرفیت خازن در مقابل افزایش ولتاژ بایاس DC
- قابلیت کوچکتر شدن و کاهش اندازه
- نشتی جریان خیلی کم و تلفات کم
- ESR و ESL کم

محدودیت

- ظرفیت خازنی خیلی کم (تا 5uF)
- نشتی شارژ
- قیمت بالا (5 تا 5000 برابر قیمت یک MLCC در ظرفیت و ولتاژ برابر)

همانطور که گفته شد قیمت این خازن فوق العاده زیاد است و دلیلی خواهد بود که در کاربرد های فوق العاده حساس و خیلی خاص استفاده شود. برخی از دستگاه های پزشکی، نظامی، هوافضا از جمله مواردی است که از این خازن در آنها استفاده شده است.

ابر خازن Super Capacitor

نوع دیگری از خازن ها بوده که قابلیت قیاس در مقابل سایر انواع را ندارد. کاربرد و هدف استفاده این خازن کاملا متفاوت از آنچه است که پیشتر برای بقیه بیان شد. هدف اصلی استفاده از آن به عنوان یک منبع انرژی با دوام برای مواردی مانند حافظه RAM و GPS است. امروزه سرمایه گذاری های عجیب و کلانی در توسعه و ساخت این خازن ها جهت جایگزینی با باتری ها مثلا برای ماشین های برقی انجام شده است. این آینده نه چندادن دور نبوده و شاهد استفاده و ساخت این دست خازن ها با این جایگزینی خواهیم بود.

ابر خازن یا *super capacitor*

ظرفیت خازنی این گونه خازن های از واحد میلی فاراد تا چند کیلو فاراد شروع می‌شود که می‌توان مقدار قابل توجه انرژی ذخیره شده در آن را متصور شد. ظرفیت این خازن ها چند صد هزار برابر بزرگتر از خازن های معمولی است.

نمونه ای دیگر از ابر خازن(super capacitor)

اغلب ابر خازن ها را با باتری های لیتیوم یون یا لیتیوم پلیمر مقایسه می‌کنند. البته باید گفت خازن های لیتیومی که در حقیقت همان باتری لیتیومی یا پلیمری در بسته بندی خازن اند را نباید با ابر خازن برابر دانست. جدول زیر مقایسه ابر خازن با باتری های لیتیوم یون و پلیمر را بیان می‌کند.

Function	Supercapacitor	Lithium ion battery
Charge Time	1-10 seconds	10 - 60+ mins
Cycle Life	1 million cycles/30,000hrs	500+
Cell Voltage	2.3 to 2.75V	3.6V nominal
Specific Energy	5Wh/kg (typical)	120 to 240 Wh/kg
Specific Power	Up to 10,000 W/kg	1000 to 3000 W/kg
Cost per kWh	$10,000 (typical)	$250-1,000 in bulk
Service Life (industrial)	10-15 years	5-10 years
Charge Temperature	-40 to 65C (-40 to 149F)	0 to 45C (32 to 113F)
Discharge Temperature	-40 to 65C (-40 to 149F)	-20 to 60C (-4 to 140F)

مقایسه ابر خازن با باتری های لیتیوم یون و پلیمر

مزایا

- تعداد دفعات شارژ/دشارژ خیلی زیاد
- توان زیاد و قابلیت تامین جریان الکتریکی زیاد
- طول عمر زیاد
- محدوده دمایی بالا

معایب

- قیمت بالا
- ولتاژ های کم(1.5v تا 5v)
- جریان نشتی آن موجب عدم توانایی ذخیره انرژی در مدت های خیلی طولانی
- انرژی کمتر نسبت به باتری ها
- ابعاد

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.