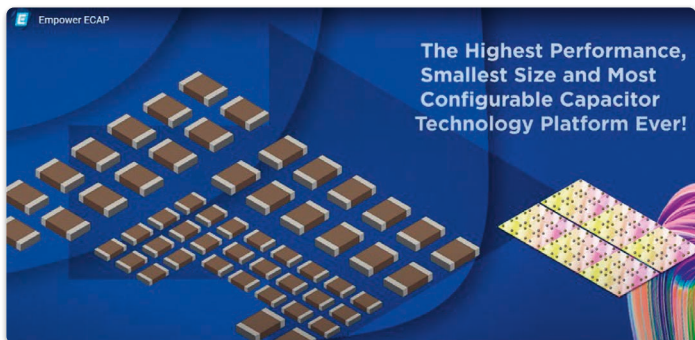


# Siliziumkondensatoren, mehr als eine bloße Alternative zum MLCC



Kondensatoren kommen von der Energiespeicherung und Filterung bis hin zur Glättung und HF-Abstimmung vielseitig zur Anwendung. 80% der Kondensatoren sind keramische Vielschichttypen (MLCCs) [1]. Die Allgegenwart dieser Miniaturbauelemente zeigt sich etwa darin, dass in den neuesten Smartphones 400 bis über 1000 Stück [2] und in einem modernen Fahrzeug bis zu 5000 Stück [3] verbaut sind. Und die Nachfrage steigt weiterhin rapide. Laut dem jüngsten Bericht des Marktforschungsunternehmens Research and Markets wird für den weltweiten MLCC-Markt eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate von 13,8% erwartet – ein Anstieg von 14 Mrd. USD im Jahr 2022 auf 26,6 Mrd. USD im Jahr 2027.

## Die Entwicklung von Kondensatoren

konnte trotz des unstillbaren Bedarfs an diesen ultraminiaturisierten Bauelementen mit hoher Kapazität, konnte mit der dramatischen Änderungsrate nicht mithalten, die in der

*Expertenansicht von  
Mukund Krishna,  
Senior Product Marketing  
Manager  
Empower Semiconductor  
www.empowersemi.com*

*frei übersetzt von Axel Gensler,  
Line Manager Timing  
SE Spezial-Electronic GmbH  
www.spezial.com*

Halbleiterindustrie regelmäßig zu beobachten ist. Infolgedessen stoßen selbst die fortschrittlichsten MLCC-Technologien bei bestimmten Anwendungen an ihre Grenzen. Dies gilt insbesondere für datenintensive, stromhungrige Designs der nächsten Generation, wenn es um Kriterien wie Größe, Stabilität, Flexibilität und Zuverlässigkeit geht, mit anderen Worten, um die reine Leistung.

Hochleistungsfähige Hochgeschwindigkeits-ASICs sind im Rechenzentrum zunehmend ein Standard für spezialisierte Hardwarebeschleunigung und erfordern ebenso leistungsstarke Entkopplungskondensatoren mit minimaler äquivalenter Serieninduktivität (ESL). Diese spezialisierten Hardware-Beschleunigungsfunktionen werden häufig in Formfaktoren mit sehr hoher Dichte und geringem Platzbedarf implementiert, sodass die Hochleistungsentkopplung auf einer kleineren Fläche und mit einem kleineren Profil implementiert werden muss. MLCCs sind aufgrund ihrer grundlegenden Konstruktion in Bezug auf ESL, Fläche und Profil an ihre Grenzen gestoßen, um diesen Anforderungen gerecht zu werden. Infolgedessen suchen die Entwickler nach Alternativen wie dem Siliziumkondensator.

## Grundlegende Unterschiede

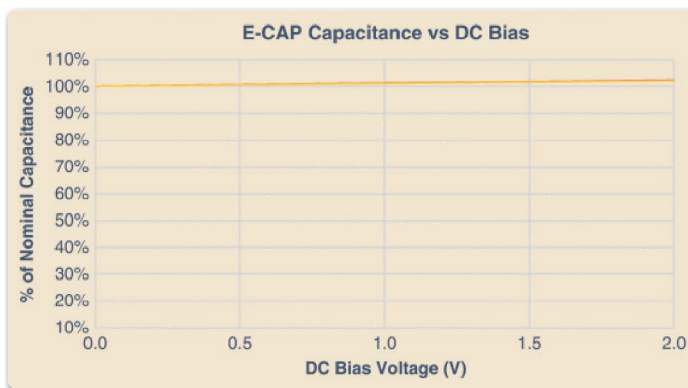
führen dazu, dass für ein bestimmtes System weniger Siliziumkondensatoren verwendet werden müssen. Bei der Ent-

Parameter	Standard MLCC	E-CAP
Temperature de-rating	-11% upto 85°C	Negligible ~-0.3% (measured in ppm/K) – equivalent to COG
DC bias de-rating	44% @3V	None
Aging	~5-10%/10k hrs	<0.001%/10k hrs
ESL	>100pH (100nF)	<10pH (100nF)
ESR	10-30 mohms	~30 mohms

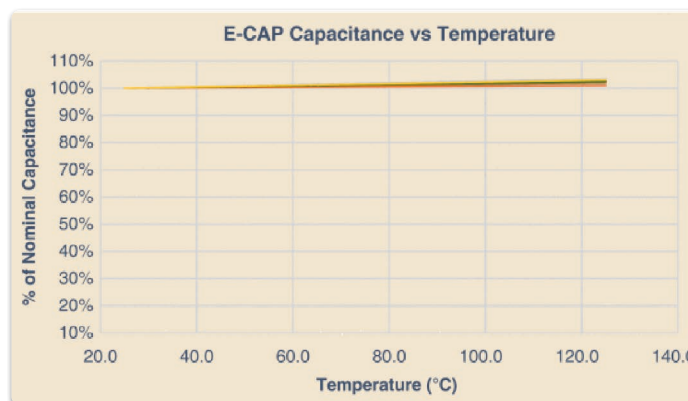
**Tabelle 1: Siliziumkondensatoren bieten eine Reihe von Vorteilen gegenüber herkömmlichen MLCCs**

wicklung mit MLCCs müssen die Systementwickler die von der Schaltung benötigte effektive Mindestkapazität garantieren und daher bei der Auswahl des MLCC-Nennwerts das Derating durch Gleich- und Wechselspannung, Temperatur und Alterung berücksichtigen. Bei MLCCs kann der Unterschied zwischen nominaler und effektiver Kapazität bis zu 65% betragen. Im Gegensatz zu MLCCs werden die neuesten Silizium-

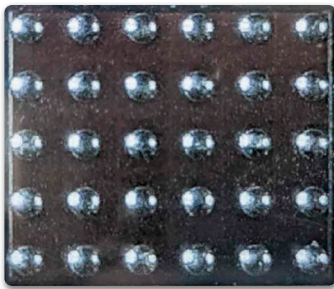
kondensatoren, wie z.B. die E-CAP-Familie von Empower Semiconductor, durch Temperatur, Gleich- und Wechselspannungsvorspannung (Bilder 1 und 2) und Alterung praktisch nicht beeinträchtigt, was dazu führt, dass ihre effektive Kapazität im Wesentlichen ihrer Nennkapazität entspricht. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, die Kapazitätsanforderungen übermäßig zu spezifizieren, um ein Derating zu berücksichtigen (Tabelle 1).



**Bild 1: Die E-CAP-Kapazität im Vergleich zur Gleichstromvorspannung zeigt eine Abweichung von <2%**



**Bild 2: E-CAP-Kapazität in Abhängigkeit von der Temperatur zeigt <3% Abweichung**



**Bild 3: E-CAP-Chip mit hoher Dichte und Finepitch-Bumps für höchste Integration und niedrigste ESL/ESR bei Standard-Leiterplattenmontage**

## Die E-CAP-Technologie

ist einzigartig in ihrer Fähigkeit, mehrere diskrete Kapazitäten in einen einzigen monolithischen Chip zu integrieren (Bilder 3 und 4), was eine Kapazitätslösung mit viel höherer Funktionsdichte ermöglicht, die mit MLCCs einfach nicht erreicht werden kann. Mit den neuesten Technologien können E-CAP-Kondensatorlösungen Dichten liefern, die bis zu fünfmal höher sind als entsprechende MLCC-Lösungen.

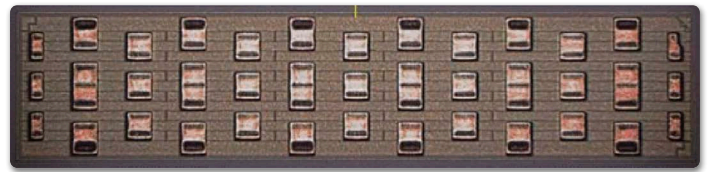
Neben dem traditionellen äquivalenten Serienwiderstand (ESR) ist die Serieninduktivität ESL ein wichtiger Leistungsparameter für Entkopplungskondensatoren, die in Hochleistungs-/Hochgeschwindigkeitsrechnern eingesetzt werden. Sie wirkt sich direkt darauf aus, wie gut ein Kondensator auf ultraschnelle Stromsprünge reagieren kann. Diese Silizium-Alternativen bieten überlegene ESL-Eigenschaften, die unabhängig vom tatsächlichen Kapazitätswert zu einer deutlich besseren Hochfrequenzimpedanz führen (Bild 5).

Außerdem sind Siliziumkondensatoren nicht so anfällig für tieffrequentes hörbares Rauschen wie ihre MLCC-Pendants.

## Die neuesten Siliziumkondensator-Technologien

lassen mobile und tragbare Geräte bis hin zu Produkten für das Internet der Dinge und Energieverwaltungssystemen in Rechenzentren profitieren. Durch die Wahl einer Siliziumalternative zu einem herkömmlichen MLCC ist es möglich, alle Hochfrequenz-Entkopplungskondensatoren auf einem einzigen Chip zu vereinen und so die Anzahl der Bauteile und den Platz auf der Leiterplatte drastisch zu reduzieren. Mit einer geringeren Nennkapazität als MLCCs, aber einer gleichwertigen effektiven Kapazität führt der überlegene Frequenzgang und die ESL, die Siliziumkondensatoren bieten, zu einer niedrigeren Impedanz bei hohen Frequenzen, wo es am wichtigsten ist.

Mit einer Dicke von unter 50  $\mu\text{m}$  bieten die neuesten Siliziumkondensatoren Dichten von 1,1  $\mu\text{F}/\text{mm}^2$  und aufeinander abgestimmte Kapazitätswerte von 75 pF bis 5  $\mu\text{F}$ , die in einen einzigen Chip integriert werden können. Dies ermöglicht die Erstellung kondensatorspezifischer integrierter Kondensatoranordnungen in Formfaktoren, die an die Platz- und Höhenbeschränkungen der Zielanwendung angepasst werden können.



**Bild 4: E-CAP-Chip hoher Dichte mit Finepitch-Pads zur Erleichterung der höchsten Integration bei niedrigstem ESL/ESR auf Gehäusesubstraten**

Packaging-Optionen auf der Basis von Bumps, Pads und Säulen geben den Entwicklern außerdem die Flexibilität, die optimale Lösung auf der Grundlage spezifischer Systembeschränkungen zu wählen. So können z.B. Siliziumkondensator-Chips mit hoher Dichte und Fine-Pitch-Bumps verwendet werden, um die höchste Integration und den niedrigsten ESR-Wert zu erreichen, während Chips mit hoher Dichte und Wide-Pitch-Kupferpads die herkömmlichen Montageanforderungen erfüllen.

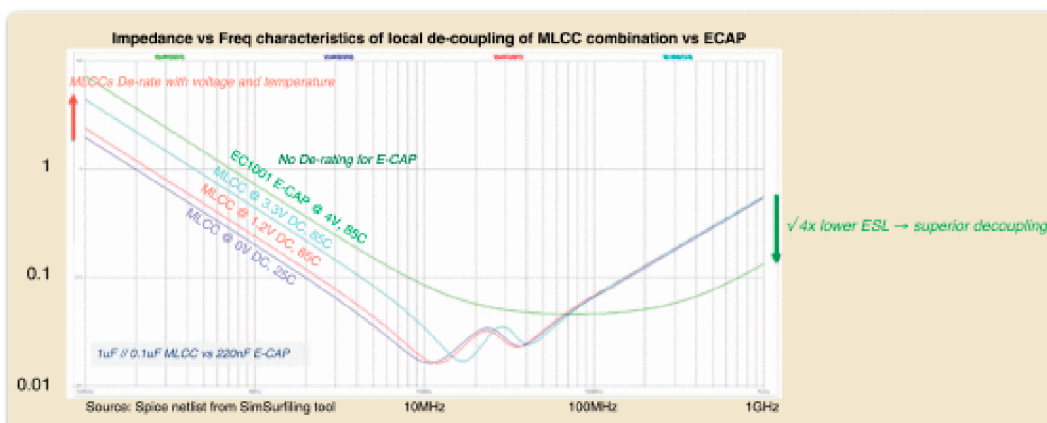
Ein letzter bemerkenswerter Vorteil von Siliziumkondensatoren ist die Tatsache, dass sie keine Materialien enthalten, die empfindlich auf Magnetfelder reagieren. Dies könnte sie für bestimmte Systeme wie MRT-Scanner und industrielle Automatisierungsanwendungen, von denen eine zuverlässige, langfristige Leistung in „magnetischen“ Betriebsumgebungen erwartet wird, äußerst attraktiv machen. Zu den Produkten und Systemen, die derzeit die E-CAP-Technologie nutzen, gehören das Internet der Dinge, Wearables, mobile Geräte und Prozessoren, bei denen Größe, Leistung und Flexibilität von entscheidender Bedeutung sind.

## Der Autor

Mukund Krishna ist Senior Product Marketing Manager bei Empower Semiconductor, San Jose, Kalifornien, USA. Er ist seit mehr als 14 Jahren in der Halbleiterindustrie tätig, davon 11 Jahre direkt im Bereich Power Management. Zuletzt war er als Senior Manager, Applications Engineering and Business Development bei ON Semiconductor tätig, wo er ein Team von Anwendungsingenieuren leitete, das in das Produktmarketing und die Geschäftsentwicklung überging. Er erwarb den Bachelor-Abschluss in Elektrotechnik und Elektronik an der Bharathidasan University, Indien, und den Master-Abschluss in Elektrotechnik an der University of Southern California, USA.

## Quellen:

- [1] The World of Power Capacitors Part I: Electronics and Capacitors, [online] Available: <https://www.tdk.com/en/tech-mag/capacitor/01>.
- [2] Installing Electronic Circuits of Dramatically Increasing Size Into Compact Devices—Murata’s MLCC for 5G Smartphones, Mar. 2021, [online] Available: <https://article.murata.com/en-us/article/mlcc-for-5g-smartphone-1>.
- [3] Automotive MLCCs Balancing Reliability With Miniaturization and High Capacitance in a Closely Intertwined Evolution With the CASE Trend (1/3), Jun. 2021, [online] Available: <https://article.murata.com/en-eu/article/automotive-mlcc-1>.
- [4] Silicon Alternatives to the Ubiquitous MLCC [Expert View]. IEEE Power Electronics Magazine (Volume: 9, Issue: 3, September 2022), available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9907813> ◀



**Bild 5: Impedanz-Frequenz-Kennlinien von MLCCs im Vergleich zu Siliziumkondensatoren**