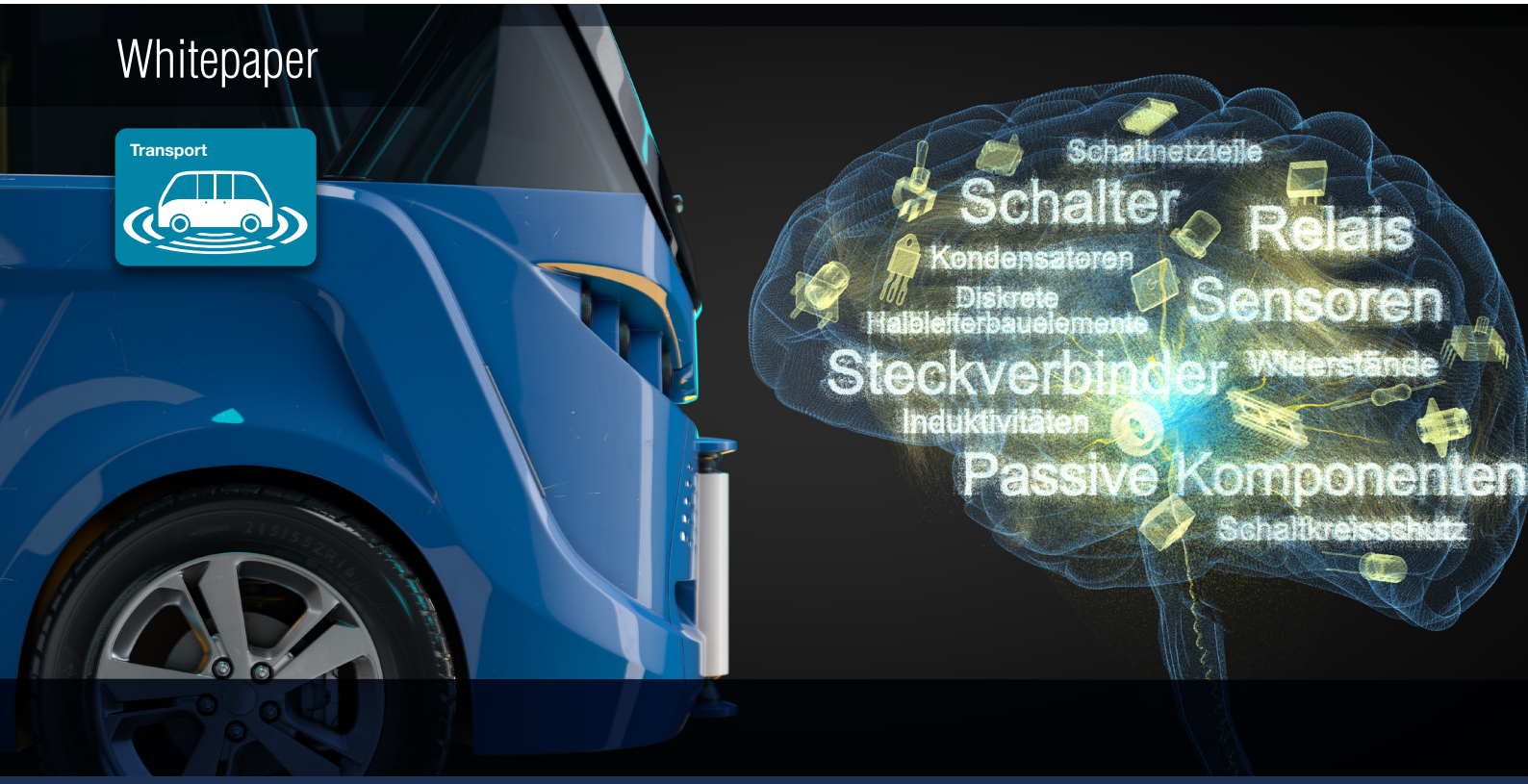
Whitepaper

Transport



Spezifikationen und Standards für in PHEV/EVs verwendete elektronische Bauelemente

Autor: Dermot Byrne, Director Industry Marketing, Transportation, TTI Europe

Der Spezialist für die Distribution elektronischer Bauelemente

Zusammenfassung

Die Entwicklung von elektronischen Bauelementen für Anwendungen im Automobil macht eine Qualifikation der Teile sowie des Lieferanten erforderlich. Für die Bauteile existieren zahlreiche Standards in Bezug auf Stresstests und Sicherheit, die von Automobilorganisationen und internationalen Gremien erstellt wurden. Für Zulieferer sind Qualitätsmanagementsysteme obligatorisch. Dieses Whitepaper untersucht die Normen und Qualitätssysteme und deren Auswirkungen auf bestimmte Komponenten.

Übersicht

Die Herstellung und Lieferung von elektronischen Komponenten für die Automobilindustrie setzt eine Verpflichtung zu Qualität und Wert auf höchstem Niveau voraus. Es gibt Standards für die Stresstests von Produkten, die von Organisationen wie der Society of Automotive Engineers (SAE) und dem Automotive Electronics Council (AEC) sowie internationalen Organisationen wie IEC und ISO definiert werden. Die AEC-Normen der AEC-Q-Serie für passive und einige aktive Bauelemente und Module gelten als Mindestanforderungen für die Bauteilbelastungstests, haben aber je nach Anwendung im Fahrzeug mehrere Abstufungen. Für einige Komponenten, beispielsweise Ladesteckverbinder, sind Funktionsspezifikationen festgelegt, die in IEC-Standards definiert sind. Darüber hinaus können alle Komponenten einer EMV-Prüfung unterzogen werden, im Allgemeinen mindestens ESD, wobei häufig IEC-Normen eingesetzt werden, in Verbindung mit automobilspezifischen Anforderungen, wie sie beispielsweise durch ISO 11452 definiert sind. Bauelemente wie Optokoppler und Transformatoren dienen zuweilen zur Isolierung, um einen elektrischen Schlag zu vermeiden, und müssen in dieser Anwendung der Norm ISO 6469 entsprechen. Eine zusätzliche "Qualifikation" ist die Zertifizierung des Lieferanten nach dem Automobilindustrie-Qualitätsmanagementsystem IATF 16949:2016. Mit der Überwindung dieser Hürden wird die Qualität und Zuverlässigkeit moderner Fahrzeuge sichergestellt, wobei die Weltmarktführer in der Komponentenversorgung erfolgreich sowohl direkt als auch über die Distribution im Wettbewerb stehen.

BMW sagt, dass ihre Zulieferer "Benzin im Blut" haben müssen. Dies beschreibt das von den Automobilzulieferern erwartete Engagement bei der Belieferung von Bauelementen und Modulen, die innovativ, qualitativ hochwertig sowie wettbewerbsfähig sind und gleichzeitig ihre ökologische und soziale Verantwortung wahrnehmen. Es ist eine große Herausforderung, aber OEMs wie BMW kooperieren zunehmend mit den Zulieferern, teilen Risiken und gehen Partnerschaften ein, um optimale Lösungen durch etablierte Standards zu erreichen.

Bestimmung von Spezifikationen und Normen für die Automobilindustrie

Die Society of Automotive Engineers (SAE)[1], die seit mehr als 100 Jahren besteht, verfügt über eine Vielzahl von Standards, die sämtliche Aspekte der Entwicklung und Prüfung von Fahrzeugkomponenten abdecken und von denen einige bis auf die Ebene der elektronischen Bauelemente reichen. Diese beziehen sich hauptsächlich auf Prüfmethoden, beinhalten darüber hinaus aber auch Richtlinien zu Themen wie EMV, Derating und sogar Vorsichtsmaßnahmen gegen die Einführung von gefälschten Teilen. Die SAE-Dokumente sind mit IEC/ISO-Normen verzahnt: z.B. im Bereich der EV-Sicherheit, IEC EN 62660-1&2 und IEC EN 61982-2&3 für die Prüfung von Lithium-Ionen-Zellen; IEC 61851 für leitfähige Ladesysteme; ISO 6469 für die allgemeine EV-Sicherheit und IEC 62196 für Stecker und Buchsen.

Natürlich sind elektronische Komponenten ein zunehmendes Merkmal des Automobilbaus. Moderne EVs sind weit entfernt vom ersten "Festkörper"-Zündzeitpunkt und der Gangschaltung der 70-er Jahre. Mittlerweile geht man davon aus, dass in diesen EVs Halbleiter im Wert von mehr als 1.000 $ eingebaut sind[2]. Die Anzahl der passiven Komponenten, wenn man alle Infotainment- und Konnektivitätsfunktionen mit einbezieht, beläuft sich auf mehrere zehntausend, wobei alleine Mehrschicht-Keramikkondensatoren (MLCCs) bei über 18.000 in einem EV[3] liegen.

Ironischerweise hatte die Automobilindustrie in den 90er Jahren das Gefühl, dass sie aufgrund ihrer relativ geringen Nachfrage nicht genügend Aufmerksamkeit von den Zulieferern für elektronische Bauelemente erhielt, so dass die OEMs Chrysler, Ford Motors und Delco Electronics den Automotive Electronics Council (AEC)[4] gründeten, um eine gemeinsame Reihe von Standards für die Qualität und Qualifikation der Fahrzeugelektronik festzulegen. Zunächst beschäftigte sich die AEC auch mit der Spezifikation von Qualitätssystemen, doch diese wurde später von der International Automotive Task Force (IATF) und der International Standards Organisation übernommen, die mittlerweile den prozessorientierten Qualitätsstandard IATF 16949:2016 verwalten, basierend auf Verbesserungen der allgemeinen Industrienorm ISO 9001:2015.

AEC-Q-Normen sind für Stresstests geeignet

Für elektronische Bauelemente und einige Module hat die AEC die bekannte Normenreihe AEC-Q entwickelt, die jedoch eher Methoden der Stresstests als der Funktionalität definiert. Die dabei berücksichtigten Belastungen sind allerdings nicht nur die Umwelt, sondern auch elektrische und mechanische Tests sowie die Anforderung, bei Bedarf auch EMV-Einflüsse mit in Betracht zu ziehen. Ein gemeinsames Merkmal aller Standards ist die Temperaturbeständigkeit in verschiedenen Automobilumgebungen (Tabelle 1).

Tabelle 1: AEC-Temperatureinstufungen für Automobilumgebungen

Klasse	Umgebungs-Betriebstemperaturbereich	Typische Anwendung
0	-40°C bis +150°C	Gesamtes Automobil
1	-40°C bis +125°C	Meist unter der Motorhaube
2	-40°C bis +105°C	Gefahrenherde im Fahrgastraum
3	-40°C bis +85°C	Allgemeiner Fahrgastraum

Die aktuellen AEC-Q-Standards sind:

AEC-Q100: ein Basisstandard, der die Qualifikation von Stresstests für integrierte Schaltungen abdeckt und die allgemeinen Grundsätze enthält. Die Unterdokumente AEC-Q100-001 bis 012 befassen sich mit spezifischen Tests, einschließlich Wire-Bond- und Lötkugel-Scherprüfung gegen ESD sowie die Kurzschlussleistung von intelligenten Leistungsbausteinen.

AEC-Q101: ein Basisstandard sowie Unterdokumente 001 bis 006, die sich mit der Prüfung von diskreten Halbleitern mit einem ähnlichen Inhaltsspektrum befassen, wiederum mit ESD- und Wire-Bond-Scherprüfungen.

AEC-Q102: Ausschließlich für die Optoelektronik. Der Hochtemperaturbetrieb dieser Bausteine ist aufgrund der diesbezüglichen inhärenten Einschränkungen der Optoelektronik ein besonderer Schwerpunkt bei Tests. Außerdem gelten die gängigen Umwelt-, Mechanik- und ESD-Tests.

Ein neuer Standard, der im September 2017 veröffentlicht wurde, **AEC-Q104**, deckt "Multi-Chip"-Module mit aktiven und passiven Komponenten in einem einzigen Gehäuse für die Montage per Reflow-Lötung auf einer Leiterplatte ab. Leistungsmodule gelten immer noch als außerhalb des Anwendungsbereichs des Standards und erfordern in der Regel vereinbarte, zusätzliche Prüfverfahren.

AEC-Q200 und die Unterdokumente 001 bis 007 für passive Bauelemente decken ein breites Spektrum von Bauteilen und deren Tests ab. Auch hier wird die Anwendung nach dem Temperaturbereich eingestuft (Tabelle 2). Man beachte, dass Teile der Klasse '0' bis +150°C spezifiziert sind, 10 Grad höher als bei integrierten Schaltungen.

Tabelle 2: AEC-qualifizierte Temperaturabstufungen für Bauelemente

Klasse	Umgebungs-Betriebstemperaturbereich	Art der passiven Bauteile	Typische Anwendungen
0	-50°C bis +150°C	Flache Chip-Keramikwiderstände, Keramikkondensatoren X8R	Gesamtes Automobil
1	-40°C bis +125°C	Kondensatornetzwerke, Spulen, Transformatoren, Thermistoren, Resonatoren, Quarze und Varistoren, alle anderen Keramik- und Tantalkondensatoren	Meist unter der Motorhaube
2	-40°C bis +105°C	Aluminium-Elkos	Gefahrenherde im Fahrgastraum
3	-50°C bis +85°C	Folienkondensatoren, Ferrite, R/R-C-Netzwerke sowie Trimmerkondensatoren	Allgemeiner Fahrgastraum

Es sei darauf hingewiesen, dass die AEC-Q-Standards nicht von Prüfstellen zur Qualifizierung von Komponenten verwendet werden, sondern zur "Selbstzertifizierung" durch Zulieferer zum Nachweis der Konformität. Außerdem liegen die Standards bei individuellen Automobilkunden für jeden Zulieferer lediglich auf "Basisniveau", und es werden möglicherweise weitere Anforderungen an die Bauteilqualifizierung für ihre jeweilige Anwendung gestellt. Während es viele automobilspezifische Prüfungen gibt, beziehen sich die AEC-Q-Standards auch auf Dokumente aus anderen Quellen für allgemeine Prüfungen wie MIL-STD-883, JEDEC, JESD, IPC und UL. Die AEC-Q-Standards selbst können kostenlos heruntergeladen warden[5].

Komponenten, die nach dem entsprechenden AEC-Q-Standard qualifiziert sind, unterscheiden sich nicht unbedingt konstruktiv von "kommerziellen" Ausführungen. Teile mit einer maximalen Nenntemperatur von 85°C würden häufig auch in nicht-automobilen Anwendungen Verwendung finden, aber die AEC-Q-Qualifikation in Klasse 3 (in Tabelle 3) gewährleistet ein höheres Qualitätsniveau durch ein verbessertes Screening und einen besseren Testprozess beim Hersteller. Die zusätzlichen Schritte können eine erhöhte Stichprobengröße bei Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Vorspannung, eine 100%-ige Sichtprüfung sowie verbesserte physikalische Tests und Losgrößen umfassen.

Unter Berücksichtigung des Aufwands umfassender Tests ermöglicht AEC die Verwendung von generischen Qualifizierungsdaten der Hersteller für Komponentenfamilien, die sich aus Felddaten und internen Qualifizierungsprüfungen ergeben. Die Definitionen von "Familie" sowie Los- und Stichprobenumfang sind jedoch sorgfältig abgegrenzt, um Risiken zu minimieren. Da die AEC-Q-Qualifizierungstests nur einmal durchgeführt werden müssen, besteht eine strenge Anforderung, dass der Herstellungsprozess angemessen kontrolliert wird, um die Qualität und Belastbarkeit der Komponenten zu erhalten. Evaluierungsteile müssen mit Produktionswerkzeugen und von den Mitarbeitern hergestellt werden, wobei Muster aus nicht aufeinanderfolgenden Losen verwendet werden. Produktionsänderungen treten jedoch zwangsläufig auf, und je nach Umfang sind unterschiedliche Requalifizierungsstufen gemäß dem von der Automotive Industry Action Group (IAG)[7] entwickelten Produktionsteil-Abnahmeverfahrens (Product Part Approval Process, PPAP)[6] erforderlich. Tabelle 3 fasst die fünf Ebenen der Anforderungen an die Teile- und Datenübermittlung für zunehmende Schwere der Änderung zusammen.

Tabelle 3: Ebenen des Produktionsteil-Abnahmeverfahrens PPAP

PPAP-Ebenen	Anforderungen an die PPAP-Bemusterung
1	Nur Teilevorlagebestätigung (PSW, Product Submission Warrant) sowie, für bestimmte Sichtteile, ein Bericht zur Freigabe des Aussehens, AAI-Bericht, wird dem Kunden vorgelegt
2	Teilevorlagebestätigung mit Musterteilen und eingeschränkte unterstützende Daten werden dem Kunden vorgelegt
3	Teilevorlagebestätigung mit Musterteilen und umfassende unterstützende Daten werden dem Kunden vorgelegt
4	Teilevorlagebestätigung und andere Forderungen, wie sie vom Kunden festgelegt wurden
5	Teilevorlagebestätigung mit Musterteilen und vollständige unterstützende Daten stehen am Produktionsstandort des Lieferanten für eine Bewertung zur Verfügung

Einige Komponenten haben funktionale Automobilindustrie-Spezifikationen

Während Universalbauelemente wie Widerstände, Kondensatoren und diskrete Halbleiter AEC-Q-Standards aufweisen, welche die Qualifizierungstests regeln, ist ihre Funktionalität nicht definiert und es liegt an dem Entwickler von Automobilausrüstungen, das richtige Teil für die Anwendung auszuwählen. Einige Komponenten jedoch, beispielsweise Steckverbinder, haben spezifische Standards in Bezug auf ihre praktische Leistungsfähigkeit und ihren Formfaktor. Der Anschluss an ein externes Ladegerät in einem EV ist ein Beispiel, bei dem 2011 ein "Combined Charging System" oder CCS vorgeschlagen wurde, um ein standardisiertes Einzelsteckverbindermuster weltweit einzusetzen. Der Standard ist inzwischen unter IEC 62196 "Stecker, Steckdosen, Fahrzeugstecker und Fahrzeugsteckdosen – leitfähiges Laden von Elektrofahrzeugen" formalisiert. Die Steckverbinder sind in vier Varianten erhältlich: Typ 1, Typ 2, Combo 1 und Combo 2, die zusammen alle Optionen für die schnelle AC-Einphasen-, AC-Drehstrom- und Hochspannungs-Gleichstrom-Schnellladung abdecken. CCS wird von einem Verband aus Automobilherstellern, Zulieferern und interessierten Parteien 'CharIn' gefördert, aber es gibt konkurrierende Steckverbinderstandards: CHAdeMO in Japan und GB/T in China. Die Steckverbinder müssen außerdem den Normen für die "Schutzklasse" oder IP entsprechen, typischerweise IP44 (gesteckt) für externe Ladung und IP67 für fahrzeuginterne Steckverbinder. Die IEC 61851 gilt auch für die Anforderungen an die "leitende Verbindung zu Ladegeräten für Elektrofahrzeuge".

Eine weitere Gruppe von Automobilherstellern – Audi, BMW, Daimler, Porsche und VW – hat in enger Zusammenarbeit "LV"-Standards für Steckverbinder in Automobilanwendungen entwickelt. LV-214 ist ein Beispiel, das die Leistung von Kabel-Crimps in Kabelbäumen so definiert, dass Überwachungen der Quetschkraft und andere Tests zwischen "guten" und "schlechten" Verbindungen unterscheiden können. Zu den Fehlern, die erkannt werden müssen, gehören "leere" Crimpungen, fehlende Litzen und Isolierungen im Bereich der Leitercrimpung. Die LV 215 erfüllt die Anforderungen an Automotive -Hochspannungssteckverbinder in verschiedenen Leistungsklassen mit Spezifikationen für Funktionalität, Sicherheit und Zuverlässigkeit.

Der ZVEI, der Zentralverband der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, hat eine Automotive-Aktionsgruppe, die sich mit Gremien in verschiedenen Arbeitsbereichen (Arbeitskreis - AK) eng an den Standards einschließlich der Validierung und Verarbeitung von Steckerkontakten beteiligt.

EMV-Standards für die Automobilindustrie

Die elektromagnetische Verträglichkeit in Fahrzeugen ist von größter Bedeutung, und es gibt zahlreiche Standards, die von SAE, ISO und CISPR erstellt wurden und die, in Verbindung mit spezifischen OEM-Anforderungen, maßgeblich sind. Jeder Standard verweist wieder auf andere und basiert oft auf internationalen Standards wie die IEC 61000-Serie, die alle Arten von Störfestigkeit und Emissionen abdeckt. Ein wichtiger Standard ist auch ISO 11452: "Component Test Methods for Electrical Disturbances in Road Vehicles", eine Sammlung von Unterstandards, welche die Störfestigkeit gegen abgestrahlte und leitungsgeführte Störungen speziell für Fahrzeuge abdeckt. Die EMV-Anforderungen für EV-Ladesysteme sind ebenfalls in der IEC 61851 aufgeführt. EMV-Standards beziehen sich im Allgemeinen auf komplette Produkte, obwohl sie manchmal auch auf Subsysteme oder Module angewendet werden können. Prüfungen können zudem für elektronische Komponenten relevant sein, z.B. ESD-Störfestigkeit bei Hochspannungskontakten und Luftentladungen, außerdem bei einfachen Widerständen, um sicherzustellen, dass es zu keiner Beeinträchtigung kommt.

Sicherheit

Viele elektronische Komponenten werden bei der elektrischen Sicherheit von EVs eine Rolle spielen; es liegen hohe Spannungen vor und Isoliersysteme müssen geeignet sein, einen elektrischen Schlag zu verhindern. Einige Komponenten wie Optokoppler und Transformatoren haben die Hauptfunktion der galvanischen Trennung und müssen entsprechend ausgelegt werden. Die Norm ISO 6469 "Elektrisch angetriebene Straßenfahrzeuge" ist eine Sammlung von 4 Dokumenten, die sich mit der elektrischen Sicherheit des Energiespeichersystems und dem Schutz vor Stromschlägen im Allgemeinen unter normalen sowie unter Unfallbedingungen befassen. Teil 1 betrifft Batterien, Teil 2 die Betriebssicherheit des Fahrzeugs, Teil 3 den Schutz vor Stromschlägen und Teil 4 die Sicherheit nach einem Unfall.

Qualitätssicherungs-(QS-)Systeme

Teil der "Qualifikation" für die Aufnahme eines Bauteils in eine Automobilanwendung ist das QS-Managementsystem des Lieferanten. Im Allgemeinen reicht die Industrienorm ISO 9001 für alles mit Ausnahme der unkritischen Funktionen wie Infotainment nicht aus, andernfalls ist die IATF 16949:2016 verpflichtend. Dieser Standard ist eine Erweiterung der ISO 9001 und prozessorientiert mit Anwendbarkeit durch die gesamte Organisation von der Managementführung über die Fertigungsprozesse bis hin zum After-Sales-Support. Die Zertifizierung ist ein langwieriger Prozess, der eine umfangreiche Dokumentation, interne Audits und eine externe Bewertung umfasst. Im Gegensatz zu ISO 9001 muss das Qualitätsmanagementsystem über einen bestimmten Zeitraum hinweg betrieben werden, um die Konformität tatsächlich nachzuweisen, ehe die vollständige Zertifizierung erteilt wird. Selbst wenn sie erfolgreich sind, werden die Automobilhersteller wahrscheinlich eine Historie der Herstellung unkritischer Teile sehen wollen, die durch das Qualitätssystem kontrolliert werden, ehe sie Verträge über allgemeinere Lieferungen erwägen.

Qualifizierte Automobilzulieferer werden durch die Distribution unterstützt

Die Beschaffung von elektronischen Komponenten mit AEC-Q-Zertifizierung von Zulieferern mit Qualitätsmanagementsystemen nach IATF 16949:2016 ist mit Hilfe spezialisierter Distributoren einfach. TTI Europe **(Abbildung 1)** führt passive und Entstörkomponenten in Automobilqualität unter anderem von Vishay, Kemet, AVX, Nichicon und Littelfuse. Zu den verfügbaren Steckverbindern zählen Angebote von Amphenol, Aptiv, Molex, Phoenix Contact, ITT Cannon und TE Connectivity für Lade- und Fahrzeuganwendungen, während Schütze von TE Connectivity und TDK angeboten werden. Pulse Electronics sowie Standex-Meder ergänzen das Angebot mit Standard- und kundenspezifischen magnetischen Komponenten in Automobilqualität.

Abbildung 1: Eine Auswahl von Automotive-Steckverbindern von Aptiv und Relais/Schützen von TE Connectivity, erhältlich bei TTI Europe.

Die Hersteller haben qualitativ hochwertige elektronische Bauteile für die Automobilindustrie im Blut

In den mehr als 100 Jahren Arbeit an Normen für Fahrzeugkomponenten haben sich für Zulieferer und ihre Produkte robuste Qualifizierungsmethoden entwickelt, so dass ein ausreichend sicheres "autonomes Fahren" Realität wird. Die Einhaltung von Standards wie denen von AEC sowie von Automotive-Qualitätsmanagementsystemen stellt sicher, dass die Lieferkette vom Hersteller bis zum Distributor quasi Qualität und Wertigkeit "im Blut hat".

[1] *Society of Automotive Engineers www.sae.org*
[2] *Mobility trends: what's ahead for automotive semiconductors (Mobilitätstrends: Was kommt auf die Automobilhalbleiter zu?): McKinsey and Company: https://www.mckinsey.com/industries/semiconductors/our-insights/mobility-trends-whats-ahead-for-automotive-semiconductors*
[3] *MLCCs nach Zahlen: https://www.smithweb.com/market-blog/mlccs-by-the-numbers/*
[4] *Automotive Electronics Council www.aecouncil.com*
[5] *AEC-Dokumente: http://www.aecouncil.com/AECDocuments.html*
[6] *https://en.wikipedia.org/wiki/Production_part_approval_process*
[7] *Automotive Industry Action Group https://www.aiag.org/*

Über TTI

TTI, Inc. ist der weltweit führende Spezialist für Passive und elektromechanische Bauelemente, Steckverbinder sowie Diskrete Halbleiter, Schaltnetzteile und Sensoren. Ausgewählte Lieferanten sowie unterschiedlichste Logistik-Lösungen unterstützen Kunden in den Marksegmenten Industrie, Transportation, Luft-, Wehr-, und Raumfahrttechnik sowie in der Haushalts- und Unterhaltungselektronik.

Die Produktpalette von TTI umfasst Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren, Steckverbinder, Diskrete Halbleiter, Opto Elektronische Bauelemente, Elektromagentische Bauelemente sowie Bauteile für den Schaltkreisschutz. Das Angebot umfasst außerdem Kabel und Drähte – diese auch konfektioniert; Netzteile, Entwicklungskits, Sensoren und Elektromechanische Bauelemente.

Übersichten und Informationen zur Marktentwicklung und Technologie sowie Updates etc. stellt TTI über das MarketEye Research Center zur Verfügung. Kunden können hier Fachbeiträge, technische Seminare, RoHS, allgemeine Seminare, Industrieforschungsberichte und vieles mehr abrufen.

Die TTI Produktpalette, kundenorientierter Service sowie die angebotenen Logistiklösungen machen TTI zum bevorzugten Distributor (CMP Publications). Weltweit beschäftigt TTI über 5600 Mitarbeiter an mehr als 100 Standorten in Europa, Amerika und Asien.

Europäischer Hauptsitz:
TTI, Inc.
Ganghoferstr. 34
82216 Maisach-Gernlinden
Deutschland
Tel.: +49 (0)8142 6680 – 0
Fax: +49 (0)8142 6680 – 490
Email: sales@de.ttiinc.com
www.ttieurope.com
Copyright © TTI, Inc. All Rights Reserved.