



Whitepaper

Transport



Fabrikautomatisierung



Smart Meter – Auswahl der Kernkomponenten zur Unterstützung der Messtechnik sowie zum Schaltungsschutz

Zusammenfassung

In ganz Europa erkennen die Regierungen die Notwendigkeit an, Initiativen für intelligente Zähler – Smart Meter – umzusetzen. Einige Länder sind in deren Einsatz weiter fortgeschritten als andere, während wieder andere einen kohärenteren Plan für die Integration in das Smart Grid und für die Verwaltung mehrerer Versorgungsdienste haben.

Der europäische Markt für Smart Meter ist äußerst dynamisch, die Einsatzraten steigen in den nächsten vier bis fünf Jahren. In diesem Whitepaper geben wir einen Überblick über den allgemeinen Stand der derzeit eingesetzten Technik. Insbesondere liegt der Fokus auf den kritischen Komponenten, die zur Unterstützung der Subsysteme Messtechnik, Verarbeitung und Kommunikation benötigt werden. Strom- und Spannungsmessung sowie Schaltungsschutz stehen im Vordergrund, und Lösungen müssen robust und langlebig sein. Zu den Schlüsselkomponenten gehören Sensoren, passive Bauelemente und spezielle Schutzvorrichtungen für Schaltungen. Konkrete Beispiele und Anwendungen sind enthalten.

Was macht ein Smart Meter smart?

Ein intelligenter Zähler ist wesentlich mehr als eine digitale Version der bestehenden elektromechanischen Energiezähler, sei es für Strom, Gas oder Wasser. Er sollte nicht nur dem lokalen Energieversorger und dem Verbraucher detailliertere Informationen über den Energieverbrauch liefern, sondern auch die Zweiwegekommunikation unterstützen. Bluetooth ist in der Regel die Kommunikationsmethode der Wahl zwischen dem Messgerät und der Anzeigeeinheit des Verbrauchers.

Zu den Vorteilen für den Verbraucher zählen eine genauere Abrechnung, ein besseres Bewusstsein für den vergangenen und aktuellen Verbrauch sowie die Möglichkeit, die Energiekosten zu senken, insbesondere wenn er an ein intelligentes Heimnetzwerk oder ein Gebäudemanagementsystem angeschlossen ist. Die Zweiwege-Kommunikation mit dem Versorgungsunternehmen ermöglicht es dem Verbraucher, die Vorteile der nachfrageseitigen Verwaltungsdienste zu nutzen, die das Versorgungsunternehmen möglicherweise erbringen kann, wie beispielsweise günstigere Nebenzeiten, sowie die Integration in Haus- oder Gebäudeautomationssysteme, die es ermöglichen, Geräte so zu steuern, dass sie einen Verbrauch in Spitzenzeiten vermeiden.

Vorteile für das Versorgungsunternehmen sind Kosteneinsparungen bei der manuellen Ablesung von Zählern und ein verbessertes Energiemanagement, das letztlich den CO₂-Fußabdruck reduziert. Die nachfrageseitige Steuerung, die zu einer geringeren Spitzennachfrage führen kann, vermag den Bedarf an übermäßiger Energieerzeugung zu verringern und dazu beizutragen, den Energieverbrauch insgesamt zu senken. Es wurden Einsparungen von bis zu 10% des Energieverbrauchs gemeldet, wobei die Emissionen um bis zu 9%^[4] gesenkt wurden.

Die Vorteile von Smart Metering können jedoch nur durch die Entwicklung des Smart Grids genutzt werden. Das intelligente Stromnetz ist von grundlegender Bedeutung für die Umstrukturierung des Energieversorgungssystems eines Landes, da es den Übergang von der vollständig zentralisierten Erzeugung zu erneuerbaren Energien wie Solar und Wind von Groß- und Kleinproduzenten ermöglicht. Die Wettererkundung hilft bei der Vorhersage und Verwaltung erneuerbarer Energien, da die Länder immer weniger auf nukleare, kohle- oder gasbefeuerte Kraftwerke angewiesen sind.

Die Nutzung der Zweiwegekommunikation ist für das Smart Grid ebenso wichtig wie für Smart Metering. Es gibt jedoch einige Integrationsprobleme, darunter Spannungsinstabilität, bidirektionale Leistung, Netzqualität, Kapazitätsengpässe und Lastausgleich oder Spitzenverschiebung. Auch dem Thema Datensicherheit wird große Aufmerksamkeit geschenkt. Insgesamt soll das Smart Grid in Kombination mit Smart Metering jedoch die Effizienz, Zuverlässigkeit und Sicherheit der Stromlieferung verbessern. Ausfälle und Störungen können schneller diagnostiziert und lokalisiert werden.

Einsatz von Smart Metern in Europa

Vor diesem Hintergrund hat die EU 2006 eine Richtlinie erlassen, nach der die EU-Mitgliedstaaten gesetzlich verpflichtet sind, bis 2020 80% der alten Energiezähler auf intelligente Zähler umzustellen. Von den EU27-Ländern planten 17 Länder einen groß angelegten Roll-out, um das Ziel fristgerecht zu erreichen oder zu übertreffen, darunter das Vereinigte Königreich, Irland, Frankreich, die Niederlande, Spanien, Italien, Österreich, Polen und Griechenland^[1]. Zum Beispiel verläuft der Roll-out in Frankreich^[2] planmäßig und ist auf eine Durchdringung von 95% bis 2020 ausgerichtet.

Für manche jedoch hat sich das Ziel als etwas ehrgeizig erwiesen. Die EU schätzt derzeit, dass bis 2020 weniger als 72% der europäischen Verbraucher über einen intelligenten Zähler für Strom und 40% für Gas verfügen werden. So hinkt beispielsweise das Vereinigte Königreich hinter dem Zeitplan hinterher und erwartet, dass es bis 2020 nur 75% des Einsatzes erreichen wird, wobei eine beträchtliche Anzahl davon Einheiten der ersten Generation mit technischen Problemen sind, die behoben werden müssen.

In der Zwischenzeit haben mehrere Länder, darunter Deutschland, Lettland und die Slowakei (gemäß einer Klausel der Richtlinie) erklärt, dass sie nach einer wirtschaftlichen Bewertung, die ergab, dass es für sie (noch) nicht kostengünstig wäre, intelligente Zähler in großem Maßstab einzusetzen, eine selektive Einführung vornehmen würden. Allerdings beginnt Deutschland gerade erst mit der selektiven Einführung von Smart Metern, zunächst für Großverbraucher. Dies ist Teil eines umfassenderen, längerfristigen Smart Grid-Plans, dessen weitere Ziele für 2024, 2032 und 2050 festgelegt sind.

Abbildungen 1: Smart Meter



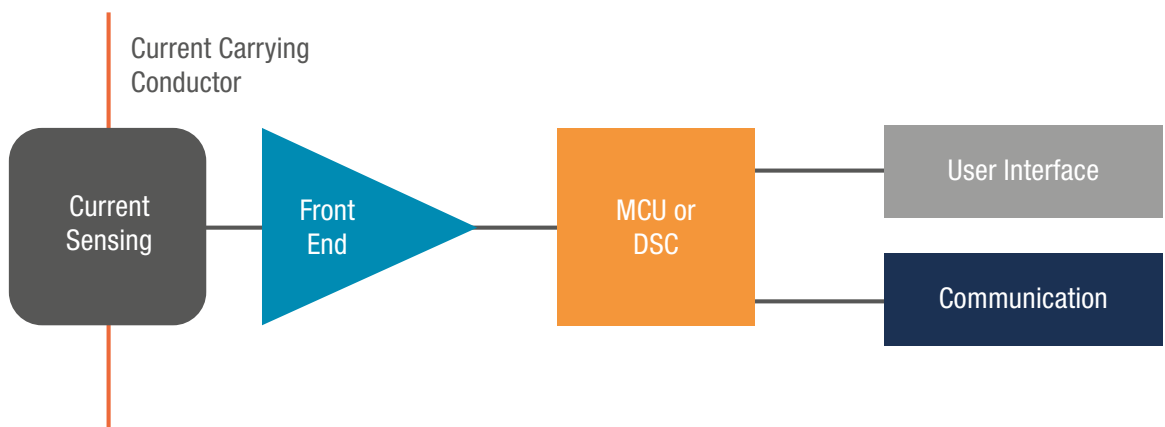
Eine Reihe von Bedenken hat die Einführung in ganz Europa erschwert. Einige Länder nennen "technische Möglichkeiten". Insbesondere liefern einige Zähler der frühen Generation den Verbrauchern nicht die detaillierten Daten, die sie benötigen oder die nicht in ein Hausautomationssystem integriert werden können. Einige Nationen sehen es als Herausforderung an, sicherzustellen, dass Smart Metering zu einem integrierten Bestandteil des Smart Grids wird. Die Datensicherheit ist ein weiteres wichtiges Thema in ganz Europa und wird von verschiedenen Stellen behandelt, darunter auch von einer EU-Task Force für intelligente Stromnetze [2].

Indessen verläuft der Markt für intelligente Zähler trotz der Rückschläge äußerst dynamisch. Es wird erwartet, dass sich die nächsten fünf Jahre als die aktivsten im Hinblick auf den Einsatz von Smart Metern erweisen werden. Obwohl weniger als 40% der europäischen (EU28+2) Stromkunden Ende 2017 einen intelligenten Zähler installiert hatten, gehen Prognosen davon aus, dass dieser Anteil bis 2023 auf 70% steigen wird. In einigen Ländern wird eine zweite Welle von Zählern der nächsten Generation die ursprünglich eingesetzten Einheiten [5] ersetzen.

Was enthält ein Smart Meter?

Die primären Funktionsblöcke eines intelligenten Zählers umfassen das Metrologie-Subsystem (Strom- und Spannungsmessung), eine analoge Frontend-Schaltung (AFE), die das Signal in ein digitales Format umwandelt und aufbereitet, den Verarbeitungsbereich, die Benutzeroberfläche und das Kommunikationssystem. **Siehe Abbildung 2.** Weitere Merkmale sind typischerweise ein Netzteil, eine Echtzeituhr und ein Temperatursensor.

Abbildungen 2: (unten) Funktionsblöcke eines Smart Meters. [6]



Mehrere Hersteller bieten anwendungsspezifische Mikrocontroller und Leistungsumwandlungsbausteine sowie Referenzplattformen für die Entwicklung von Smart Metern an. Der Trend geht zu einem "Smart Meter on-a-Chip", der Verarbeitung, AFE, die meisten Messschaltungen, Sicherheitsaspekte sowie spezielle Firmware und Software einschließlich der Kommunikations-Stacks in sich vereinen kann. Es gibt auch dedizierte Kommunikationssubsysteme für intelligente Zähler, einschließlich Leitungstreiber und AFE, die verschiedenen Protokollen entsprechen und die für bestimmte Märkte erforderlichen Standards erfüllen.

In Europa sollten intelligente Zähler dem M-Bus-Standard EN13757 für die Zählerauslesung entsprechen, um die Interoperabilität zwischen Zählern verschiedener Hersteller zu gewährleisten. Es wird auch eine drahtlose Version spezifiziert, die mit 868 MHz arbeitet. Die Weiterleitung (intern zum Gebäude und/oder extern zum Versorgungsunternehmen) kann drahtlos erfolgen, wie z. B. über ZigBee, ISM-Band, Breitband oder Mobilfunk, Ethernet oder drahtgebunden über Powerline-Kommunikation (SPS).

Weitere Einzelheiten zu den obengenannten Unterbereichen gehen über den Rahmen dieses White-Papers hinaus. Im Folgenden werden wir uns auf eine breite Auswahl der speziellen Komponenten konzentrieren, die für die meisten Smart Meter-Designs erforderlich sind. Dazu gehören Strom- und Spannungserfassung, Passive, Stromkreischutz und elektromechanische Geräte.

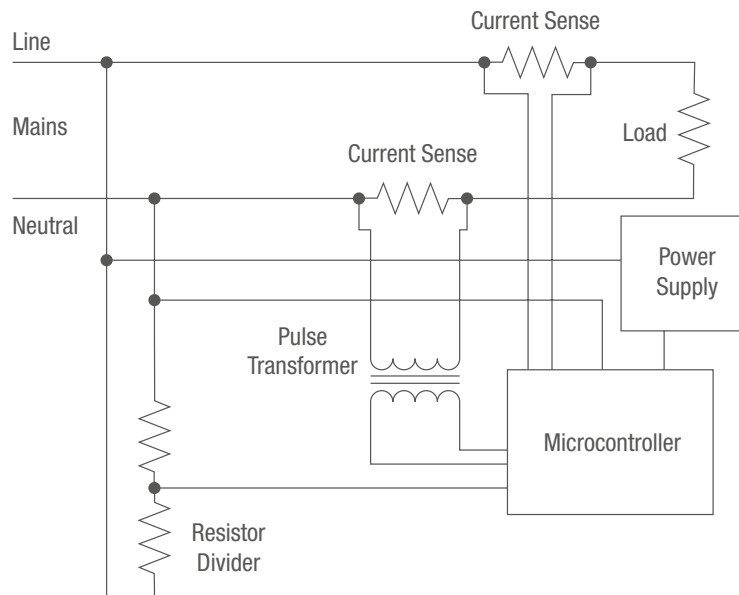
Bei der Auswahl der Komponenten für ein Smart Meter gibt es einige allgemeine Punkte zu beachten, insbesondere bei der Messung des Stromverbrauchs. Erstens wird ein Teil der Schaltung an Geräte mit höherer Spannung angeschlossen, als es bei Verbraucheranwendungen üblich ist. Die Betriebsbedingungen können schwanken, und deshalb muss die gesamte Elektronik in der Lage sein, auch in rauen Umgebungen zuverlässig zu arbeiten. Zweitens sind intelligente Zähler, zu denen auch batteriebetriebene Wasser- und Gaszähler gehören, auf eine erwartete Lebensdauer von 25 Jahren ausgelegt, was weitere Anforderungen an die Qualität und Haltbarkeit der Komponenten stellt. Ein weiterer Aspekt ist die Auswahl geeigneter HF-Komponenten, da die Betriebsumgebung und der Standort des Zählers hohe elektrische Störungen und niedrige Signalpegel verursachen können, die zu marginalen Betriebsbedingungen führen.

Strommessung

Angefangen mit der Strommessung: Es werden oft Nebenschlusswiderstände gewählt, da sie das Design vereinfachen, kostengünstig sind und eine ausgezeichnete Linearität über einen großen Messbereich bieten. Bei Reihenschaltung mit einer elektrischen Hochstromschiene wird der durch sie fließende Strom aus dem proportionalen Verhältnis von Spannung und Strom in einem Widerstand mit bekanntem Wert berechnet. Die Multiplikation von Strom und Spannung ergibt die zu diesem Zeitpunkt verbrauchte Momentanleistung. Auf diese Weise kann die zu jedem Zeitpunkt verbrauchte Leistung kontinuierlich vom Mikrocontroller überwacht werden.

Die Shunt-Widerstände müssen im Bereich von einigen hundert Mikroohm genau sein. Im Idealfall handelt es sich um eine Ganzmetallausführung mit Widerstandswerten unter 5 Milliohm und einem möglichst niedrigen TCR (TK des elektrischen Widerstands). Eine Reihe von geeigneten Bausteinen ist von Unternehmen wie **Bourns** und **Vishay** erhältlich. **Bourns** Präzisionswiderstände ermöglichen beispielsweise eine genaue Skalierung und Strommessung, während ihre niedrige PPM/°C-Charakteristik zu Stabilität über Temperaturschwankungen führt. **Siehe Abbildung 3.**

Abbildungen 3: Zur Messung werden verschiedene Widerstände im Inneren des Smart Meters eingesetzt. Der Widerstandsteiler stellt dem Mikrocontroller eine Spannungsmessung zur Verfügung, und Nebenschlusswiderstände liefern Strommessungen von jedem Hauptstrom zum Mikrocontroller. Auf Signal- und Spannungsleitungen können zusätzliche Widerstände angebracht werden, um den Versorgungsstrom zu begrenzen und so Schäden an anderen Komponenten zu vermeiden.^[7]



Die Bausteine **WSMS von Vishay** hingegen bieten mit ihrer Power Metal Strip-Konstruktion eine hohe Genauigkeit für Smart Meter-Anwendungen und extrem niedrige Widerstandswerte von 100 Mikrohm bis 1 Milliohm.

Eine alternative Option zur Strommessung ist der Stromwandler, der ebenfalls kostengünstig ist und eine minimale Verlustleistung, einfache Installation und hohe Stabilität über Zeit und Temperatur bietet. Die Störsicherheit ist hoch. Eine typische Lösung ist der Kemet **C/CT-1216**-Stromwandler mit Klemmen. Zu seinen Merkmalen gehören ein Spannungsausgang, wodurch externe Widerstände überflüssig werden, ein geringer Phasenfehler von weniger als 1° und ein Übersetzungsverhältnis von 1:3000 für eine genaue Messung über einen weiten Strombereich von 0,1 A bis 120 A.



Abbildung 4: Kemet C/CT-1216

Spannungsmessung

Bei einigen Smart Meter-Entwicklungen ist die Spannungsmessung Teil des Bereichs Messtechnik. Ein Widerstandsnetzwerk kann als Spannungsteiler verwendet werden. Typischerweise werden Widerstände mit einer Genauigkeit von mehr als 1% und einem TCR von mehr als 100 ppm verwendet. Designs verwenden in der Regel bis zu 8 MELF-Widerstände, die meist in Widerstandswerten über 100 kOhm ausgeführt werden. Suchen Sie nach den robustesten Komponenten, die Überspannungen aushalten und unter allen Bedingungen einen stabilen Betrieb gewährleisten können. Metallfolien-MELFs bieten eine Kombination aus niedrigem Wärmewiderstand, gutem Impuls-Handling und geringem Rauschen sowie elektrischer und ökologischer Stabilität. Solche Geräte sind bei Firmen wie **TE Connectivity** und **Vishay** erhältlich.



Abbildung 5: Sensata 100 CP series

Für Wasserzähler wandelt ein kapazitiv arbeitender Drucksensor wie diejenigen aus der **Sensata Ceramic Capacitive 100 CP**-Familie den Wasserdruck in einen Spannungsausgang um, der über seinen Arbeitsbereich linear ist. Die Produkte enthalten zwei Kondensatorplatten - eine auf einem festen Keramiksubstrat und eine auf einer Membran, die dem Eingangswasserdruck ausgesetzt ist. Der angewandte Druck lenkt die Membranplatte aus, bringt sie näher an die fest montierte Platte und verändert den Kapazitätswert.

Schaltungsschutz

Smart Meter enthalten eine empfindliche Elektronik, die vor Überstrom- und Überspannungsbedingungen geschützt werden muss, einschließlich Transienten (ESD) und Leistungsspitzen. Der Verarbeitungsbereich und die Kommunikationssysteme sind besonders anfällig. Die Schutzvorrichtungen sind vielfältig und können TVS-Dioden zur Unterdrückung transientser Spannungen, Sicherungen, Thyristor-Überspannungsschutz, Gasentladungsröhren (GDT) und Metalloxid- oder Mehrschichtvaristoren (MOVs und MLVs) umfassen. Der Leistungsblock kann auch einen zusätzlichen Schutz erfordern, typischerweise durch Induktoren, Brückengleichrichter, Dioden und/oder rücksetzbare Sicherungen.

Um die Eingangsstromkreise im Allgemeinen zu schützen, werden MOVs bevorzugt, deren Spannungswerte hoch genug sind, um der AC-Netzspannung standzuhalten. In elektrischen Zählern ist jedoch ein thermisch geschützter MOV (TMOV) eine sicherere Option, insbesondere wenn das Gerät einer anhaltenden anormalen Überspannung und einem begrenzten Strombedarf ausgesetzt sein könnte. TMOVs haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie sich vom Stromkreis trennen, wenn sie die End-of-Life-Phase erreichen, im Gegensatz zu den meisten Standard- MOVs, die Schäden an sich selbst verursachen und eine Bedrohung für den Stromkreis darstellen können. Eine Reihe von TMOVs, die für intelligente Zähler geeignet sind, ist bei **Littelfuse** in den Größen 14 mm, 20 mm, 25 mm sowie 34 mm erhältlich und bietet Schutz von 2 kV bis 20 kV und darüber hinaus. Die Auswahl des optimalen Bausteins richtet sich nach den Normen und Spezifikationen der Endanwendung.

Die Hochleistungskondensatoren der **TDK EPCOS B3293**-Serie erfüllen die Anforderungen an die langfristige Kapazitätsstabilität in Umgebungen mit hoher Luftfeuchtigkeit, Hochspannung und hohen Temperaturen; sie eignen sich für den Einsatz als Serienkondensatoren in der Stromversorgung des Zählers. Im Gegensatz zu anderen X2-Kondensatoren, die in Hochspannungsnetzgeräten verwendet werden, sind die Kondensatoren B3293 aus feuchtigkeitsbeständigen Materialien gefertigt.



Abbildung 6: TDK EPCOS B3293

TVS-Dioden werden als Überspannungs- und ESD-Schutz eingesetzt, häufig auch in Verbindung mit MOVs, in Entwicklungen, bei denen auch der Versorgungsteil geschützt werden muss. Sie arbeiten durch ein Klemmen der schnell ansteigenden Transienten, während die Frontend-MOVs den Großteil der hohen Energie aus dem Transienten aufnehmen. TVS-Dioden für allgemeine Anwendungen sind bei einer Reihe von Unternehmen erhältlich. **Littelfuse** empfiehlt beispielsweise die Serien **SMAJ** oder **SMBJ** zur Überspannungsunterdrückung an den I/Os des Mikrocontrollers. Ähnliche Teile aus dem **TransZorb**-Programm sind bei **Vishay** erhältlich. Von besonderem Interesse für den Schutz von Energiebussen von 3 bis 10 kA ist die **Power TVS**-Diodenreihe von **Bourns**.

MLVs werden auch für den Überspannungs- und ESD-Schutz von Stromkreisen mit niedrigen bis mittleren Energietransienten eingesetzt. Geschaltet zwischen einer Datenleitung und Masse, nimmt der Widerstand im Überspannungszustand ab und der Strom steigt exponentiell an und wird von der Schaltung weggeführt.

GDTs werden dagegen eingesetzt, um einen Hochstrom-Überspannungsschutz für gängige Signaltransienten zu bieten. Typische Bausteine sind die Hochspannungsversionen **Bourns Modell 2097** (bis zu 2,2 kV) mit einer Nennleistung von 20 kA und das **Modell 2061/2063**, das 40 bis 60 kA aufnehmen kann.

Zum Schutz der Verkabelung vor katastrophalen Schäden durch einen Kurzschluss kann am Eingang des Netzteils eine Sicherung eingebaut werden. Um die Sicherheitsstandards für Stromzähler zu erfüllen, bietet **Littelfuse** die Patronensicherungen der **Serien 215, 514 und 835** an.

Rücksetzbare Sicherungen mit positivem Temperaturkoeffizienten (PTC) sind in Keramik- und Polymerausführung erhältlich. Zum Schutz vor Überstrombedingungen finden rücksetzbare Polymer-PTC-Sicherungen Verwendung. Die **Bourns Multifuse Serie** zum Beispiel ist für Ströme von 50 mA bis 14 A erhältlich. Die Bausteine haben im Normalbetrieb einen vernachlässigbaren Widerstand, reagieren aber schnell mit sehr hohem Widerstand, der einen effektiven Leerlauf bildet, wenn die Strom- oder Umgebungstemperatur über dem Nennwert liegt. Wenn es um den Schutz des Prozessorblocks geht, ist Polymer-PTC ideal. Die Keramikgeräte eignen sich dagegen am besten zum Schutz von Elektronik, die Blitzeinschlägen ausgesetzt ist.

Bei empfindlicheren oder leistungsfähigeren Systemen muss ein Schutzgerät innerhalb von Nanosekunden reagieren und gefährliche Transienten nahezu sofort blockieren. Die **Bourns TBU High Speed Protector**-Serie ist in diesem Fall genau das Richtige.

Unabhängig davon, welche Kommunikationsprotokolle verwendet werden, ob drahtgebunden oder drahtlos (dies hängt von den Standards ab, die sich auf die geografische Region, die physische Lage (ländlich oder städtisch) und den Nutzen beziehen), ist ein Schutz des Kommunikations-Subsystems erforderlich. Mögliche Bauelemente sind TVS-Dioden, MOVs/MLVs, PTCs, schnell arbeitende Sicherungen, GDTs und Magnetik. Empfohlen wird unter anderem ein TMOV für einen SPS-Port, aber ein TVS-Diodenarray mit niedriger parasitärer Kapazität für drahtlose Schnittstellen wie GPRS, GSM oder ZigBee. Für Ethernet-, RS232- oder RS485-Schnittstellen ist ein GDT in Kombination mit einem Thyristor-Überspannungsschutzbaustein optional erhältlich. **Littelfuse** empfiehlt die **SEP-Serie Sidactor Protection Thyristoren** mit niedriger parasitärer Kapazität.

Abschließend noch ein Wort zur Manipulationssicherheit, genauer gesagt zur Manipulationserkennung. Durch Integration eines Reedschalters wie die der **Littelfuse 59166- oder MDSM-4-Serie** mit einem Magneten oder Mikroschalter in der Entwicklung kann das Messgerät erkennen, wenn die Abdeckung geöffnet wird. Reedschalter sind in batteriebetriebenen Messgeräten nützlich, da sie keine Energie aus der Batterie beziehen. Ein Halleffekt-Sensor kann bei der Erkennung der Verwendung von starken Magneten effektiv sein. In jedem Fall sendet der Zähler eine Nachricht an den Mikrocontroller, der wiederum das Versorgungsunternehmen alarmiert.

Fazit

Der Markt für Smart Meter boomt in Europa, da die Länder ihre Einführung vorantreiben, um die Fristen bis 2020 und darüber hinaus einzuhalten. Das Design hat sich in den letzten Jahren weiterentwickelt, um eine Reihe von technischen Problemen zu lösen, die bei frühen Modellen auftraten. Eine sorgfältige Komponentenauswahl ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die Messgeräte den europäischen und nationalen Normen und Spezifikationen entsprechen. Insbesondere Robustheit und Langlebigkeit sind entscheidend. Nicht nur anwendungsspezifische Optionen für die Subsysteme Verarbeitungskern, AFE und Kommunikation stehen im Fokus der Entwickler. Sensoren, Passive, Steckverbinder und elektromechanische Bausteine erfordern ebenso viel Aufmerksamkeit. Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Strommessung sowie der Schutz der Stromkreise sind von größter Bedeutung.

TTI Komponenten sind weltweit in Smart Metern zu finden. Das Unternehmen bietet eine breite Palette von Sensoren, Kondensatoren, Widerständen, speziellen Schutzvorrichtungen für Schaltungen, Steckverbindern, diskreten Stromversorgungen und elektromagnetischen Komponenten von einer Vielzahl von weltweit führenden Herstellern an. Ein Single-Source-Lieferant, kombiniert mit speziellen Supply-Chain-Programmen, hilft bei der Optimierung der Durchlaufzeiten und der Bestandsverwaltung für eine optimale Produktionseffizienz.

¹ Smart Metering Deployment in the European Union. <https://ses.jrc.ec.europa.eu/smart-metering-deployment-european-union>

² EU Smart Grids Task Force: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/market-and-consumers/smart-grids-and-meters/smart-grids-task-force>

³ Smart meter roll-out in France: <https://www.smart-energy.com/features-analysis/smart-meters-101-frances-linky-electricity-meters/>

⁴ EU on Smart Grids and Smart Meters: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/market-and-consumers/smart-grids-and-meters>

⁵ ReportBuyer: Europe Smart Metering Market Report 2018-2023: <https://www.reportbuyer.com/product/4220211>

⁶ Kemet

⁷ (Seite 7 des White-Papers von Bourns: Schutzlösungen für Stromkreise, die für den Schutz von Smart Meter Power, Mess- und Kommunikationsanschlüssen optimiert sind... Circuit Protection Solutions Optimised for Smart Meter Power, Measurement and Communications Port Protection.) https://www.ttiinc.com/content/dam/ttiinc/manufacturers/bourns/PDF/Bourns_CP_Smart_Meter_Power_Comm_White_Paper.pdf



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 Marktsegmenten 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, Elektromagnetische 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.