

Smart Power Komponenten für mechatronische Systeme

– Voraussetzungen-Realisierungen-Grenzen –

Autoren:

Dipl.-Ing. Gert Rudolph, **STMicroelectronics**, Werner-von Siemens-Ring. 3-5,
85630 Grasbrunn Tel: 089 46006 2383, eFax: 089 4600672383,
Email: Gert.Rudolph@st.com

Dipl.-Ing. Uwe Voelzke, **STMicroelectronics**, Werner-von Siemens-Ring. 3-5,
85630 Grasbrunn Tel: 089 46006 2366, eFax: 089 4600672366,
Email: Uwe.Voelzke@st.com

1. Einleitung

Mechatronische Systeme im KFZ sind auf dem Vormarsch. In jeder neuen Modellreihe, jeder neuen Plattform finden sich verstärkt mechatronische Systeme. Wie auch bei anderen fortschrittlichen Ansätzen werden diese Systeme zunächst in sogenannten „High End Cars“ eingesetzt.

Die Definition von mechatronischen Systemen ist aus Halbleitersicht nicht immer ganz einfach insbesondere weil jeder Systemhersteller Mechatronik anders interpretiert.

Zu Beginn der ersten Machbarkeitsstudien für reine mechatronische Systeme sah der Ansatz ganz „einfach“ aus. Man nehme einen Aktuator und integriere alle notwendigen Ansteuerfunktionen auf einen Chip unter Verzicht auf alle externen Komponenten, packe das ganze in ein auf die spezielle Applikation zugeschnittenes Gehäuse und fertig ist das mechatronische System mit nur 3 Anschlüssen (GND, Vbat, Bus).

Leider sind wir heute von dieser schönen Vorstellung doch noch etwas entfernt. Der folgende Vortrag soll darstellen welche Voraussetzungen eigentlich notwendig sind, welche Realisierungen es heute bei STMicroelectronics gibt und wo heute und in naher Zukunft die technologischen und ökonomischen Grenzen liegen.

Selbstverständlich können sich die folgenden Betrachtungen nur auf die Elektronik mit Schwerpunkt Halbleiter beziehen. Wir denken aber, daß diese Komponenten nicht ganz unerheblich für mechatronische Systeme sind.

2. Halbleitertechnologien und Gehäuse als Voraussetzungen

Mechatronik macht nur dann Sinn wenn die Ansteuerelektronik möglichst dicht an den Aktuatoren angebracht wird, bzw. im Idealfall konstruktiv im Aktuator sitzt. Dafür ist es erforderlich, dass Halbleitertechnologien verfügbar sind die sowohl eine hohe Integrationsdichte erlauben als auch für die Automobilumgebung geeignet sind. Die Technologie der Wahl bei STMicroelectronics ist die sog. BCD Technologie die heute bereits in der 6. Generation verfügbar ist. Mit dieser Technologie lassen sich sowohl sehr präzise Komponenten in Bipolar Technologie, komplexe Teile bis zum uC Kern (CMOS) als auch Leistungsendstufen bis zu 10A/Transistor (DMOS) auf einem Chip integrieren. In Abb.1 sieht man die Entwicklungsstufen der BCD-Technologie.

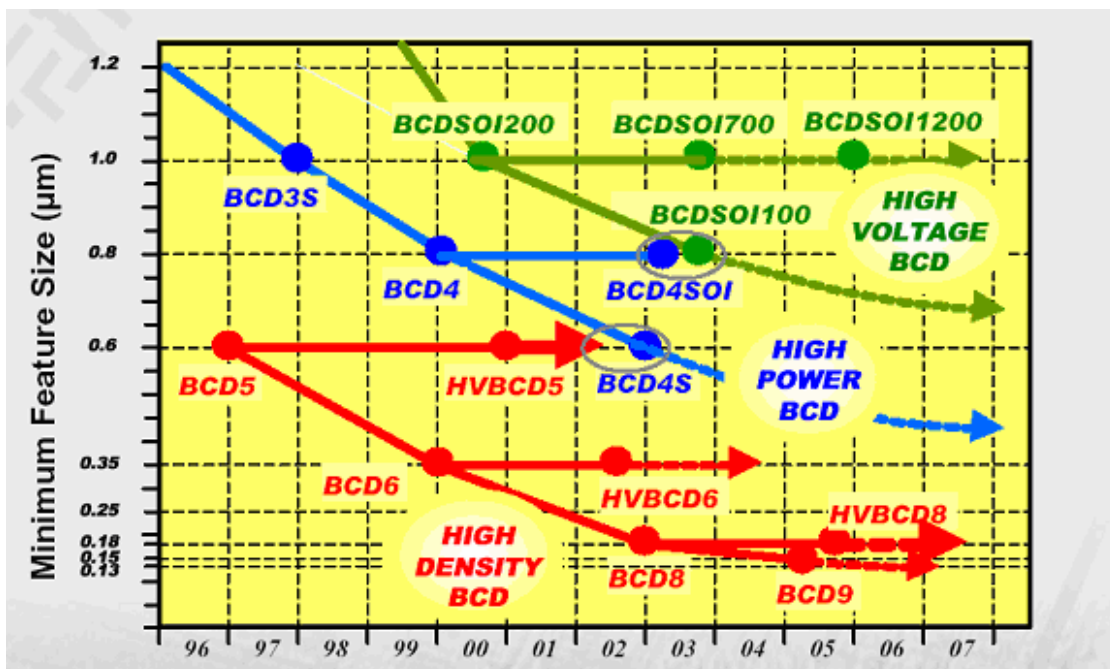


Abb. 1: BCD Roadmap

Von der Prozessseite lassen sich heute fast alle Applikationen als "one chip" integrieren. Ob das immer Zielführend ist soll im letzten Abschnitt betrachtet werden. Limitierend ist dabei lediglich die Höhe des benötigten Stromes. Dauerströme von mehr als 10A lassen sich technologisch in BCD nicht realisieren.

Es gibt eine Reihe von Anwendungen im KFZ wo allerdings Ströme von mehr als 10A zu treiben sind. Hier werden meist Mehrchiplösungen verwendet. Bis zu 50A sind heute intelligente Schalter (High- oder Low Side verfügbar, die direkt vom Mikrocontroller angesteuert werden und gegen die üblichen Fehlerfälle (Kurzschluss, Übertemperatur, Überspannung) geschützt sind und zusätzlich Diagnosemöglichkeiten bieten. Die

Integrationsdichte für Logikfunktionen ist auf einige 1000 Gatter begrenzt. Bei Anwendungen die noch höhere Ströme fordern ist auch heute noch der diskrete PowerMOS Transistor erste Wahl. Hier ist dann mehr Aufwand für eine optimale Anbindung an den Aktuator notwendig.

In Abb.2 ist die VIP (Vertical Intelligent Power) Technologie roadmap dargestellt, in der intelligente Schalter bis ca 50A realisiert werden können.

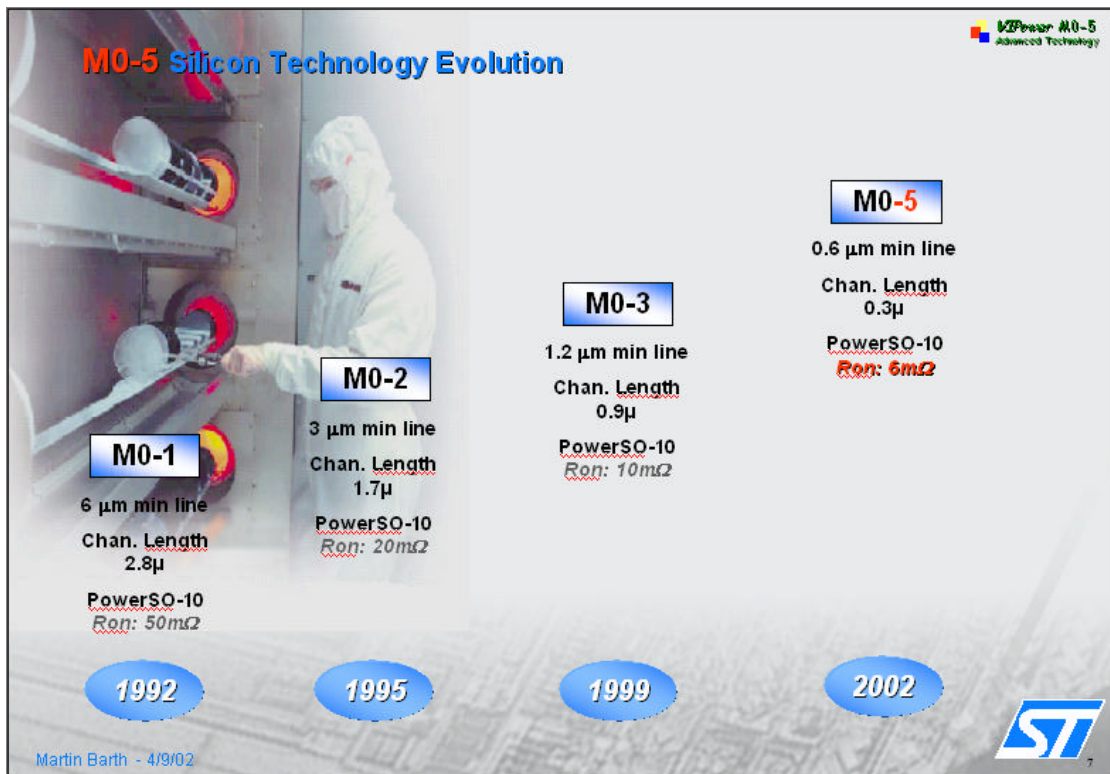


Abb.2: VIP Roadmap

Hat man nun die optimale Partitionierung der einzelnen Halbleiter für die entsprechende Applikation gefunden stellt sich die Frage in welche Gehäuse die Chips zu verpacken sind. Auch hier gibt es verschiedene Möglichkeiten. technisch optimal ist sicher ein Gehäuse was von den geometrischen Abmessungen in/an den Aktuator passt. Da es sich bei Halbleitergehäusen um Standards handelt, deren Entwicklung ein Vielfaches einer Chipentwicklung kostet, fällt dieser Lösungsansatz weg. Zu berücksichtigen ist auch, dass das Gehäuse dem Automotive-Qualitätsstandard entsprechen muss und auch die Verfügbarkeit über die Produktlebensdauer eine Rolle spielt.

Aus ST-Sicht kommen daher auch für mechatronische Konzepte nur Standardgehäuse, die in grossen Stückzahlen laufen, in Betracht. Das schliesst Gehäuse ein, in denen mehrere Chips untergebracht sind als auch Hybridlösungen, die unter der Verantwortung des Systemerstellers eingesetzt werden und leider oft das Kostenziel verfehlen.

Abb.3 und 4 zeigen einige neue Leistungsgehäuse und zwar insbesondere solche die für mechatronische Lösungen besonders gut geeignet sind.

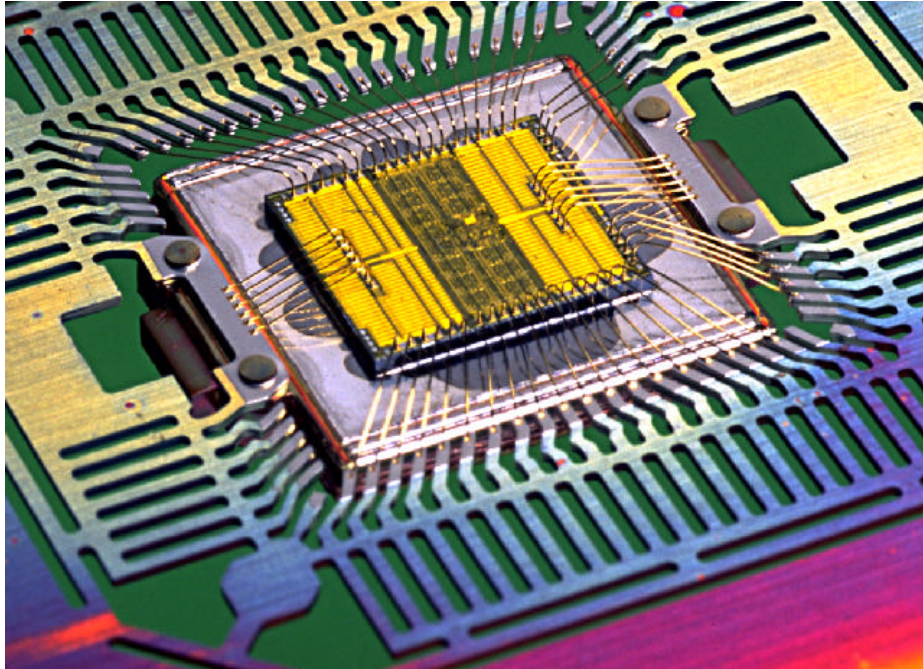


Abb3: Leistungsgehäuse für mechatronische Systeme: HIQUAD64

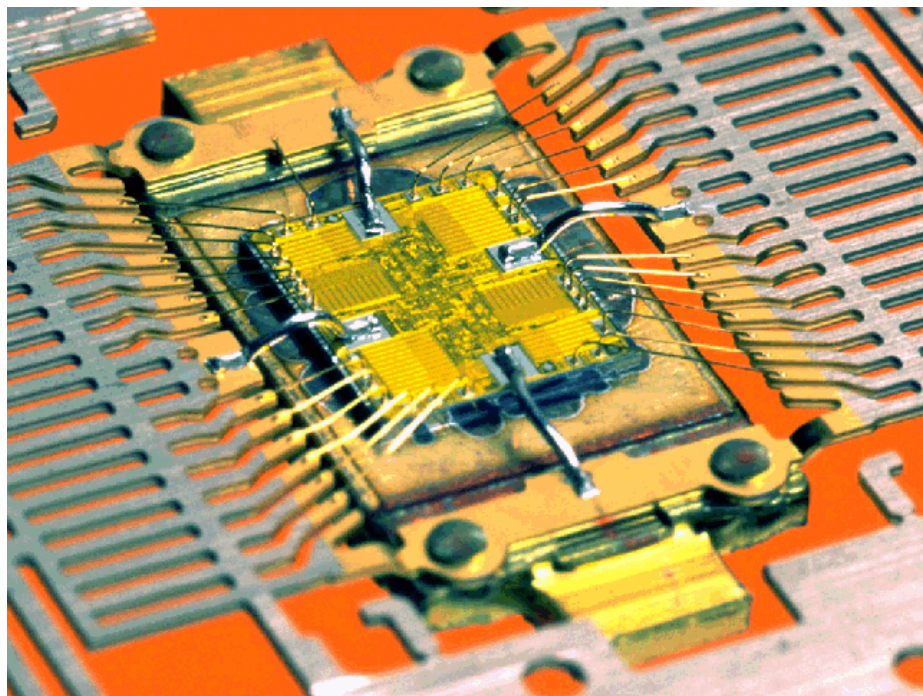


Abb. 4: Leistungsgehäuse für mechatronische Systeme: PSO 36

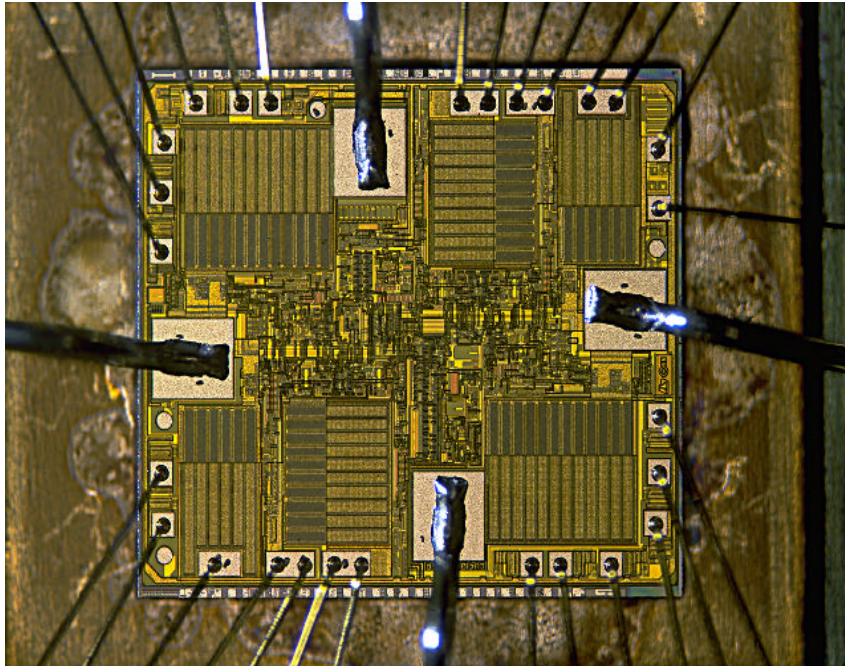


Abb. 5 Mixed Bonding : Gold und Aluminium Bonddrähte

Abb. 5 zeigt ein Beispiel für das sogenannte Mixedbonding innerhalb eines einzigen Gehäuses hier mit Gold und Aluminium Bonddrähten.

3. Beispiele für mechatronische Systeme

Aus Halbleitersicht gibt es bereits heute einige Systeme im Automobil die man als mechatronisch bezeichnen kann, d.h. die Treiberfunktionen befinden sich am Aktuator. Je weniger Bauraum vorhanden ist desto höher ist die Forderung nach Minimierung. Der Kostendruck ist in diesen Fällen nicht ganz so hoch. Steht die Lösung unter extremen Preisdruck wird man zwar höher integrierte Bausteine antreffen, die Aufbautechnik und die Verbindung zum Aktuator ist aber meist konventionell. Ein gutes Beispiel dafür ist die Entwicklung von Türsteuergeräten.

3.1. Türsteuergeräte als mechatronisches System

Ausgelöst durch steigende Ausstattungsumfänge und neue Anforderungen an Sicherheit und Komfort im Automobil, steigt die Anzahl der notwendigen elektrischen Funktionen und Steuergeräte in diesem Bereich seit Jahren kontinuierlich. Ein Beispiel dafür sind dezentrale Steuergeräte in den Türen, deren Einsatz es ermöglicht den freigewordenen Bauraum im Fahrzeuginnenraum für neue Umfänge zu nutzen. Diese Satellitenelektroniken sind dann mittels serieller Kommunikation untereinander und zunehmend auch mit einem Fahrzeug-Netzwerk verbunden, um Informationen und Befehle auszutauschen. Dabei wird die Funktions-Logik oft nur einem Steuergerät

zugeordnet, die Ansteuerung der Aktoren und das Einlesen der Sensoren übernehmen die verschiedenen am Netzwerk angebotenen Steuergeräte. Solche Steuergeräte-Konfigurationen erfordern zur kostengünstigen Realisierung und Einhaltung des immer knapper werdenden Bauraums ein hohes Maß an integrierten elektronischen Bauteilen.

Seit Beginn der 90er Jahre halten elektronische Steuergeräte vorwiegend zur Umsetzung der Fensterheberfunktion Einzug in der Tür. Ein Grund dafür war und ist die Anforderung von automatischen Fensterbewegungen (Tippbetrieb). Damit beim Schließen der Scheiben mögliche einklemmende Gegenstände erkannt werden und im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben die Klemmkraft nicht über das erlaubte Maß ansteigen, wurden intelligente Systeme notwendig. Zusätzlich entstanden elektrische Zentralverriegelungssysteme, die bedingt durch aufwendigere Diebstahlschutzmaßnahmen und marktspezifische Steuerungswünsche, einen höheren Aufwand an Logik erforderten.

Seit 1996 übernahmen z.B. bei Volkswagen dezentrale Türsteuergeräte die komplette Funktionsabbildung innerhalb der Tür. Erstmals konnte so auch eine umfangreiche Diagnose der Aktoren, Sensoren und des Steuergerätes selbst eingeführt werden (*Abb. 6*). Zur Verbesserung von Qualität und Akustik innerhalb der Tür, wurden Relais so weit wie möglich durch Halbleiterschalter ersetzt (mit Ausnahme der eFH-Ansteuerung).



Abb. 6: Türsteuergeräte adaptiert am FH-Motor, seit 1996

Nachfolgende Funktionen waren und sind dabei Inhalt der Türsteuergeräte:

- Fensterheber mit Überschusskraftbegrenzung
- Zentralverriegelung mit Safe-Funktion
- Codierung der Schließstellensignale
- Spiegelverstellung, -heizung, -anklappung und -memory
- Steuerung von Ausstiegs- und Warnleuchten
- Bereitstellung der dimmbaren Schalterbeleuchtung
- Einlesen aller Bedienelemente und Sensoren innerhalb der Tür
- Steuerung von Kontrollleuchten
- Diagnose aller Ein- und Ausgänge

Hauptsächlich der wirtschaftliche Druck zwingt dazu ehemals klassische Fensterhebersteuergeräte zu komplexen Systembausteinen innerhalb der Tür zu erweitern. Diese sind eng auf das Gesamtfahrzeugkonzept abgestimmt und müssen dazu mit dem Ausstattungsumfang der Tür „wachsen“ oder „schrumpfen“.

Als Beispiel dafür dient in *Abb. 7* und *8* ein aktuelles Türsteuergerät. Hier wird eine Generation von Steuergeräten entwickelt, die sowohl als Stand-Alone-Lösung wie auch als Motorintegration einsetzbar ist. Durch geschickten Einsatz verschiedener Kombitreiber konnte der Platzbedarf und die Verlustleistung in den vergangenen 4 Jahren bei gesteigerter Funktionalität um über 25% reduziert werden.

Abb. 7: Türsteuergerät adaptiert am eFH-Motor oder „Stand-Alone“, 2002

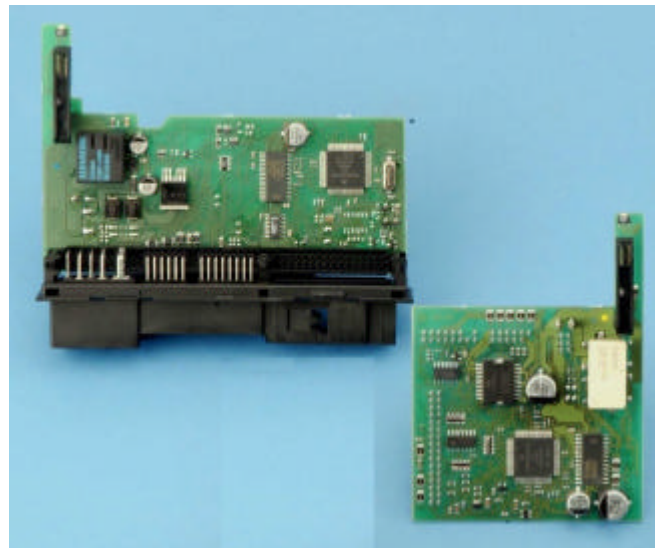
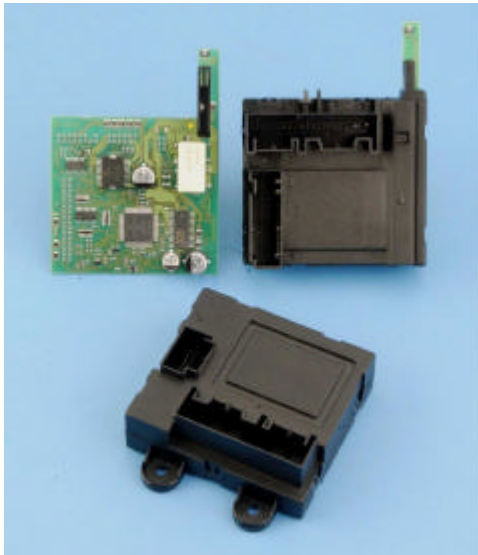


Abb.8: Größenvergleich TSG-Entwicklung 1998-2002

Zusätzlich übernehmen moderne Türsteuergeräte eine Modularisierung der Verkabelung innerhalb der Tür. Somit sorgen sie für eine Kostenreduktion bei der Herstellung der Leitungsstränge, da z.B. sonst oft notwendige Spliceverbindungen entfallen können. Diese Maßnahme trägt weiterhin zu einer Vereinfachung der Montage bei und damit auch zur Erhöhung von Qualität und Zuverlässigkeit des Gesamtmoduls Tür. Als Beispiel hierfür dient *Abb. 9*, das den Aufbau eines vormontierten Türaggregate-trägers zeigt. Die Verkabelung zum Außenspiegel wird dabei direkt auf das TSG geführt, ein Leitungsstrangmodul versorgt alle Komponenten der Türverkleidung und ein weiteres Modul die Umfänge auf dem Träger selbst inklusive Schnittstelle zum Fahrzeug.

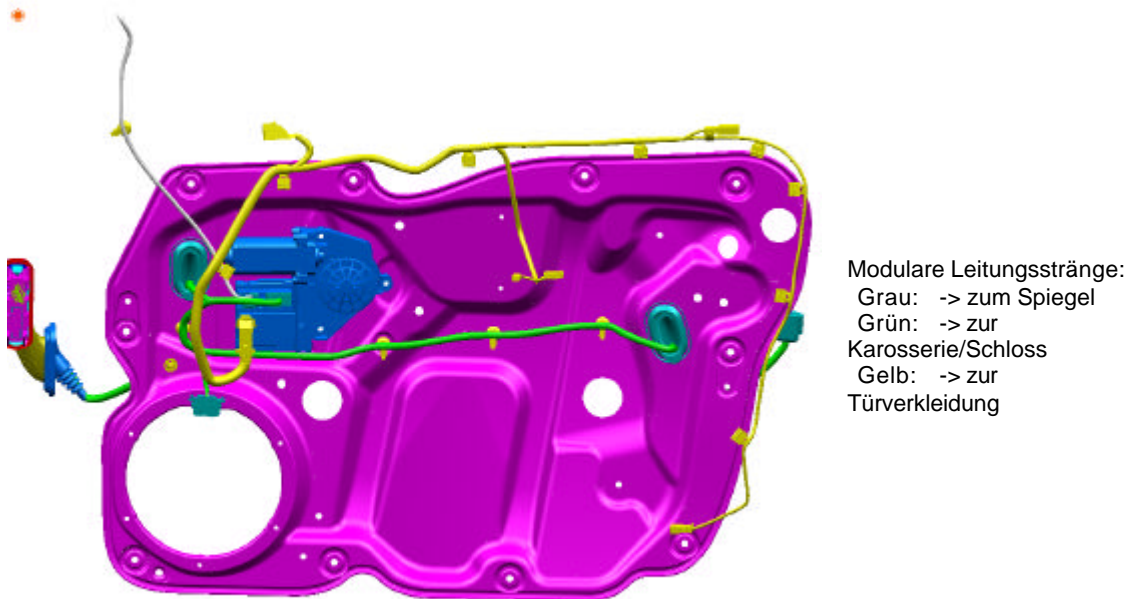


Abb. 9: Türaggregateträger

3.1.1. Smart Power ASIC's für Türsteuergeräte

Wegen des begrenzten Platzes innerhalb der Tür ergibt sich die Forderung nach möglichst kompakten Steuergeräten. Zusätzlich sollen die verwendeten Treiberbausteine voll diagnosefähig sein. Hier bieten ASIC's (Application Specific Integrated Circuit) die Möglichkeit, die benötigte Leiterplattenfläche erheblich zu reduzieren. Dies wird ermöglicht durch die erhöhte Integrationsdichte, d.h. mehr Funktionalität pro Fläche und die vereinfachte Anbindung zum Mikrokontroller, d.h. es sind weniger Leitungen und weniger E/A-Pins am Mikrokontroller selbst erforderlich. Grundsätzlich stellt sich die Frage welche Funktionen integriert werden sollen. Im Folgenden sind einige Beispiele dargestellt, die bereits realisiert wurden bzw. sich aktuell in der Entwicklung befinden.

3.1.2 L9942

Einen mechatronischen Systemansatz stellt der L9942 dar. Es handelt sich hierbei um einen sogenannten Super Smart Power Baustein in BCD3-Technologie. Zusätzlich zu zwei 200m Ω Halbbrücken und einem CAN Transceiver und sieben Kontaktmonitoren ist hier ein ST6 Mikrokontrollerkern mit 4Kbyte ROM und 128byte RAM auf einem Chip integriert. Dieses ASIC wurde in BCD3-Technologie (1,2 μ m Lithographie) realisiert.

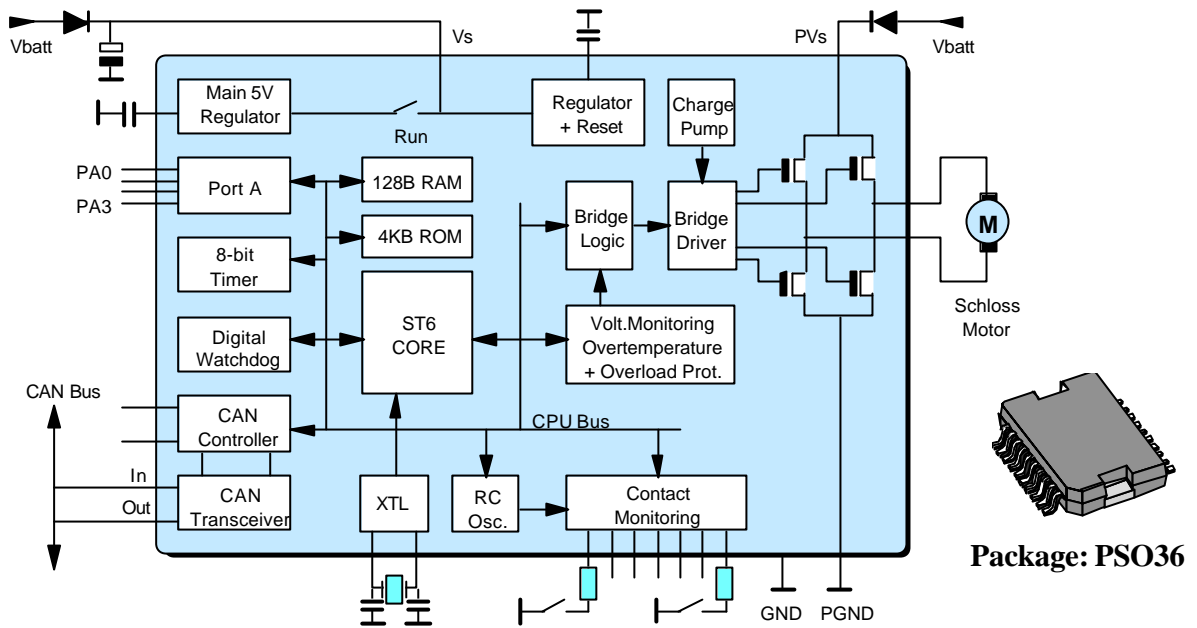


Abb. 10: L9942 Blockschaltbild

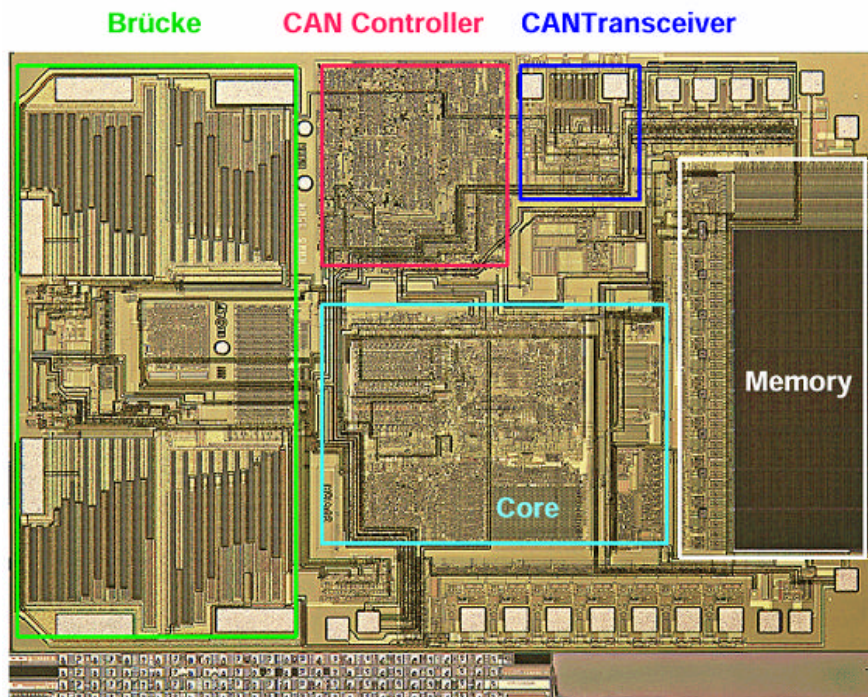


Abb. 11: L9942 Chiplayout

3.1.3 L9913

Ein ebenfalls mechatronischer Ansatz wird zur Zeit mit dem L9913 realisiert. Hier handelt es sich um einen Baustein, der für einen sogenannten „Smart Mirror“ entwickelt wird. Dieser ASIC ist in BCD5 Technologie gefertigt und bietet einen sehr großen Funktionsumfang. Vier Halbbrücken mit denen drei Gleichstrommotoren sequenziell betrieben werden können, drei Highside Schalter für Spiegelheizung und Lampen, Elektrochromspiegelansteuerung, LIN-Bus Schnittstelle sowie einen ST7 Mikrokontrollerkern mit 8Kbyte ROM und 256byte RAM. Bis Ende diesen Jahres wird der L9913 in die Produktion überführt werden.

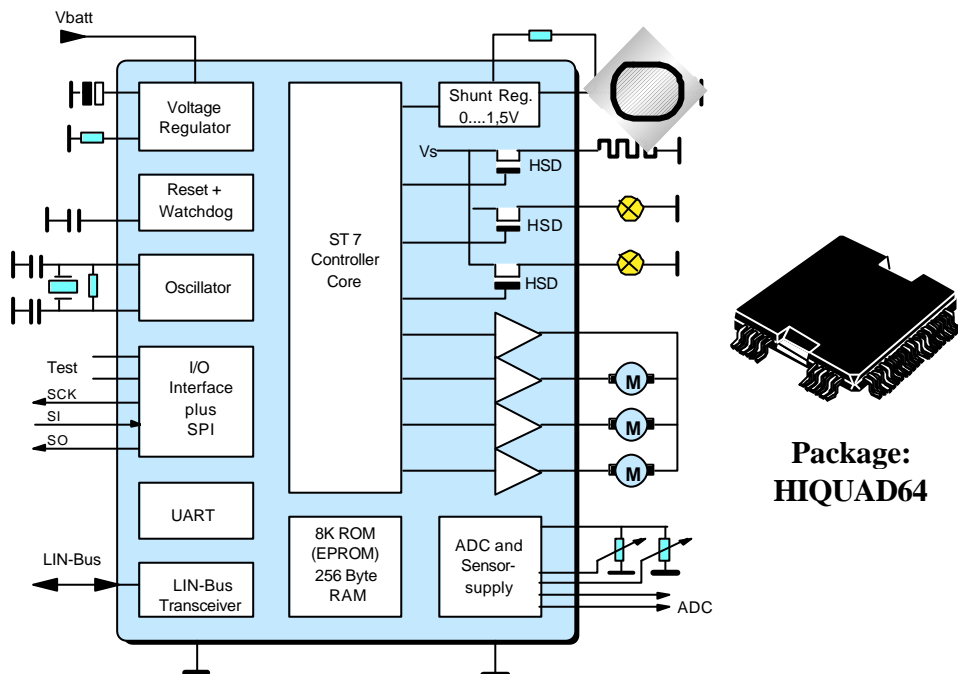


Abb. 12: L9913 Blockschaltbild

Abb. 14 zeigt die Smart Mirror Lösung mit dem L9913, bei der das flexible Trägermaterial zugleich als Leiterplatte und Verbindungsleitung agiert. Das dargestellte System wird direkt hinter dem Spiegel in das Spiegelgehäuse mit untergebracht

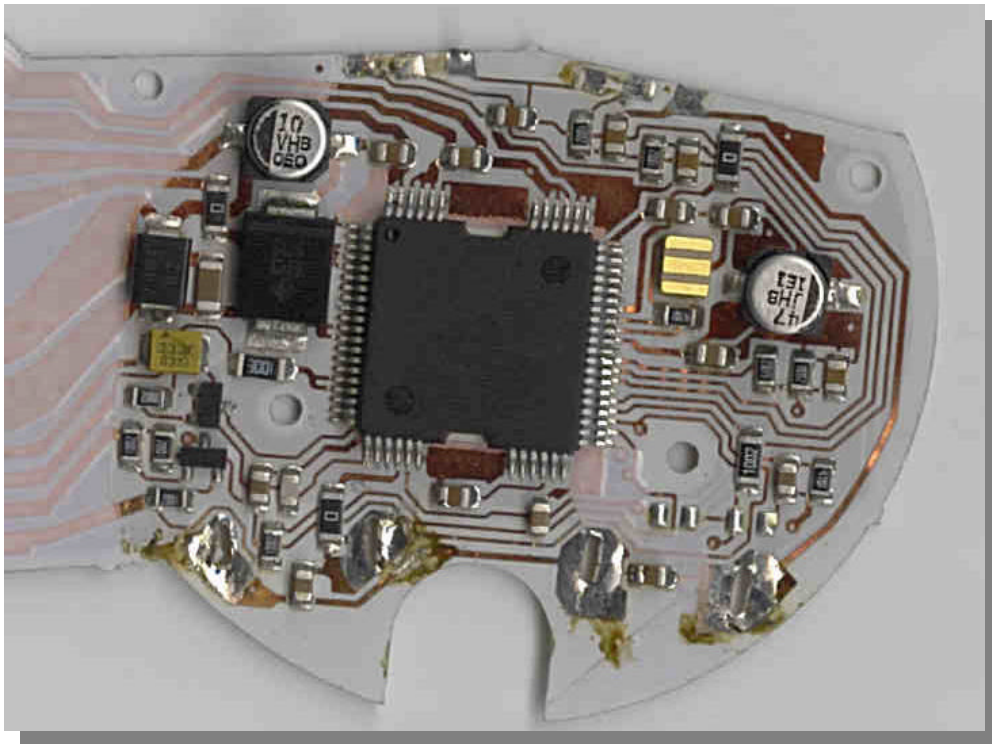


Abb. 13: Smart Mirror Modul

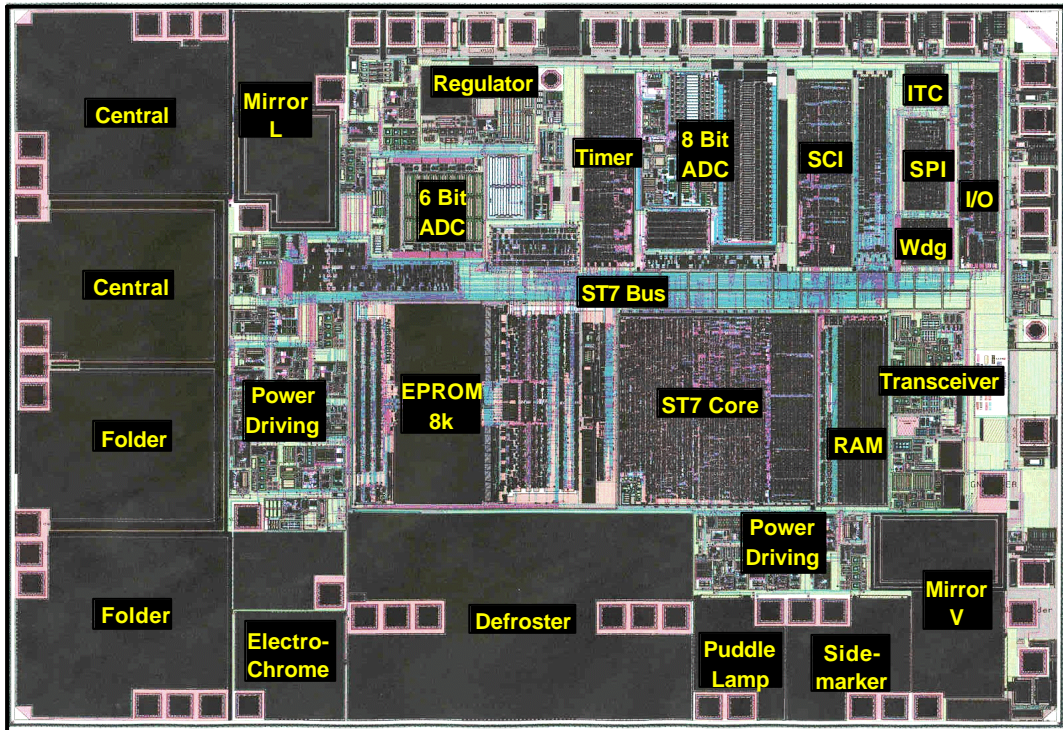


Abb. 14: L9913 Chiplayout

Abb. 14 zeigt das Chip Layout des L9913. Auf einer Fläche von ca. 40mm² in BCD5-Technologie sind die oben in gelb dargestellten Funktionsblöcke integriert.

3.1.4 Ein-Chip Türsteuergerät ?

Die letzten beiden Beispiele L9913 und L9942 zeigen, dass es grundsätzlich möglich ist ein Ein-Chip-Türsteuergerät zu realisieren. Insbesondere die fortschrittliche BCD5-Technologie mit Ihrer Lithographie von 0,6 µm ist dafür geeignet, sowohl komplexe digitale Funktionalitäten, präzise analoge Funktionen sowie niederohmige Treiber auf ein und demselben Chip zu integrieren. Kritisch sind diese Lösungen jedoch im Hinblick auf die Kosten und die Flexibilität zu bewerten. Nur bei einer sehr hohen geforderten Systemfunktionalität machen derartig hoch integrierte Lösungen kommerziell Sinn. Wünschenswert wäre es, insbesondere mit Blick auf unterschiedliche Ausstattungsvarianten, flexibel zu sein. Im folgenden wird ein Baustein vorgestellt, der in Kombination mit zwei weiteren ASIC's größtmögliche Flexibilität bei der Systempartitionierung ermöglicht. Dadurch ist es möglich die Systemkosten zu minimieren.

3.1.5 Neuer Multifunktionstreiber L9950

STMicroelectronics entwickelt zur Zeit einen neuen Multifunktionstreiber L9950, der es ermöglicht bis zu 4 Gleichstrommotoren und 5 resistive Lasten, in Highside-Konfiguration, zu treiben. Mit Hilfe der integrierten SPI-Schnittstelle (Serial Peripheral Interface) ist es möglich, alle Betriebszustände (Vorwärts-, Rückwärts-, Bremsbetrieb, Hochohmiger Zustand) über einen Mikrokontroller zu steuern. Die gesamten Diagnoseinformationen stehen über das SPI-Interface permanent zur Verfügung.

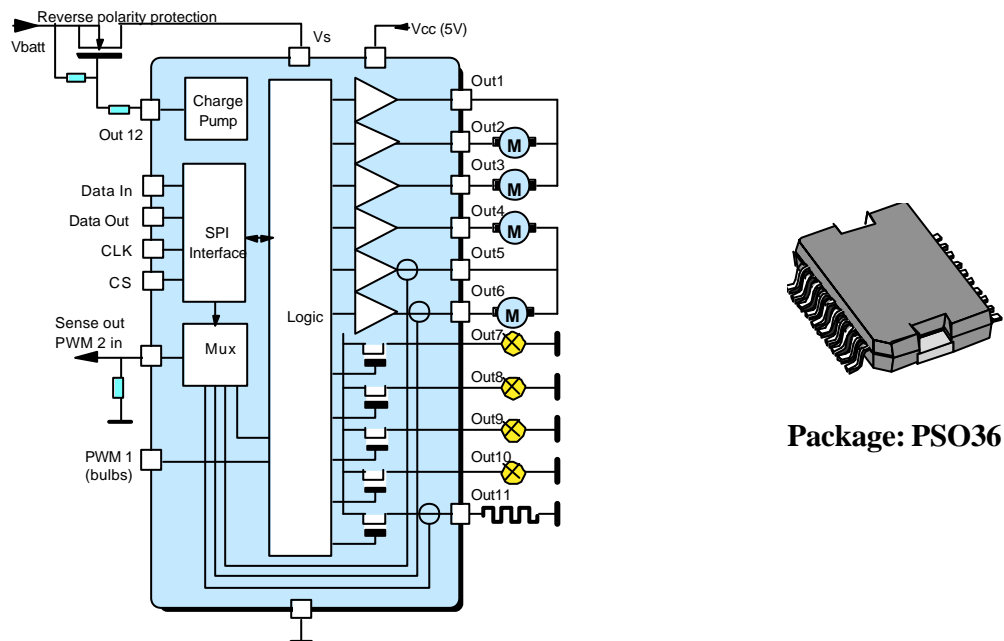


Abb. 15: L9950 Blockschaltbild

4. Tagung Mechatronik im Automobil, 7. November 2002, München

Der L9950 ist ein Smart Power Baustein, der in der BCD4 Technologie von STMicroelectronics entwickelt wird. Diese Technologie besitzt eine 0,8 μm Lithographie und ermöglicht die Integration von Bipolar- CMOS- und DMOS-Transistoren auf einem Chip.

Der L9950 enthält in einem PSO36-Gehäuse insgesamt 6 Halbbrücken, womit sich die folgende Konfiguration realisieren lässt: 1 Vollbrücke für 6A Laststrom, 2 Halbbrücken für 3 A Laststrom und 2 Halbbrücken für 1,6A Laststrom. Zusätzlich zu den Spiegelverstellmotoren (X- und Y-Richtung) lassen sich dann zusätzlich der Türschlossmotor, sowie der ggf. vorhandene Türschlossverriegelungsmotor betreiben. Alternativ kann man auch den Türschlossmotor, sowie einen ggf. vorhandenen Einklappmotor betreiben.

Zusätzlich integriert sind 4 Highside-Treiber für einen Laststrom von 1,6A, mit denen sich 5W Lampen, wie z.B. die Austiegswarnleuchte, Pfütenlicht, usw. betreiben lassen. Ein weiterer Highside-Treiber ist für einen Laststrom von 6A ausgelegt und als Treiber für die Spiegelheizung gedacht. Alle Ausgänge sind gegen Kurzschluß, Überlast, offene Last und Übertemperatur geschützt. Die Ströme der Vollbrücke, sowie des 6A Highsideschalters werden gemessen und im Verhältnis 1:10000 an einem dediziertem Pin ausgegeben. Mit Hilfe des integrierten Multiplexers kann ausgewählt werden welcher Strom dargestellt werden soll.

Die Kommunikation mit dem Mikrokontroller erfolgt über die 16 bit breite SPI-Schnittstelle. Dadurch ist es möglich, alle Ausgänge individuell in der Pulsbreite zu modulieren und damit die Verlustleistung entsprechend zu reduzieren. Das Auslesen der Diagnoseinformationen geschieht ebenfalls über die SPI-Schnittstelle. Ein Fehler wird bei aktiviertem Chip-Select-Eingang direkt am Ausgang DATA Out angezeigt. Erst für die genaue Auswertung des einzelnen Fehlers ist es erforderlich die kompletten 16-Bit auszulesen.

Zur Ansteuerung eines externen Verpolschutz-MOS-FET ist eine Ladungspumpe mit integriert.

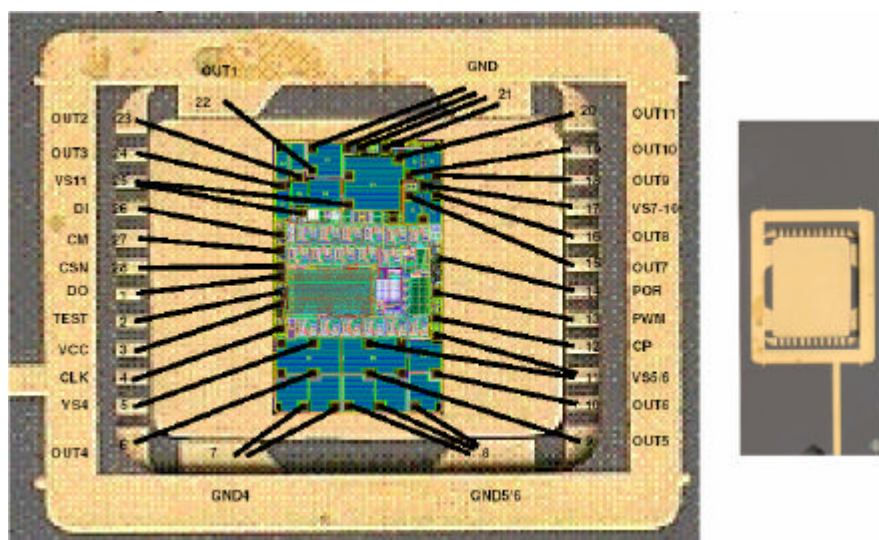


Abb. 16: Chiplayout L9950 und Bonddiagramm Keramikgehäuse

3.1.6 Partitionierung Türmodul

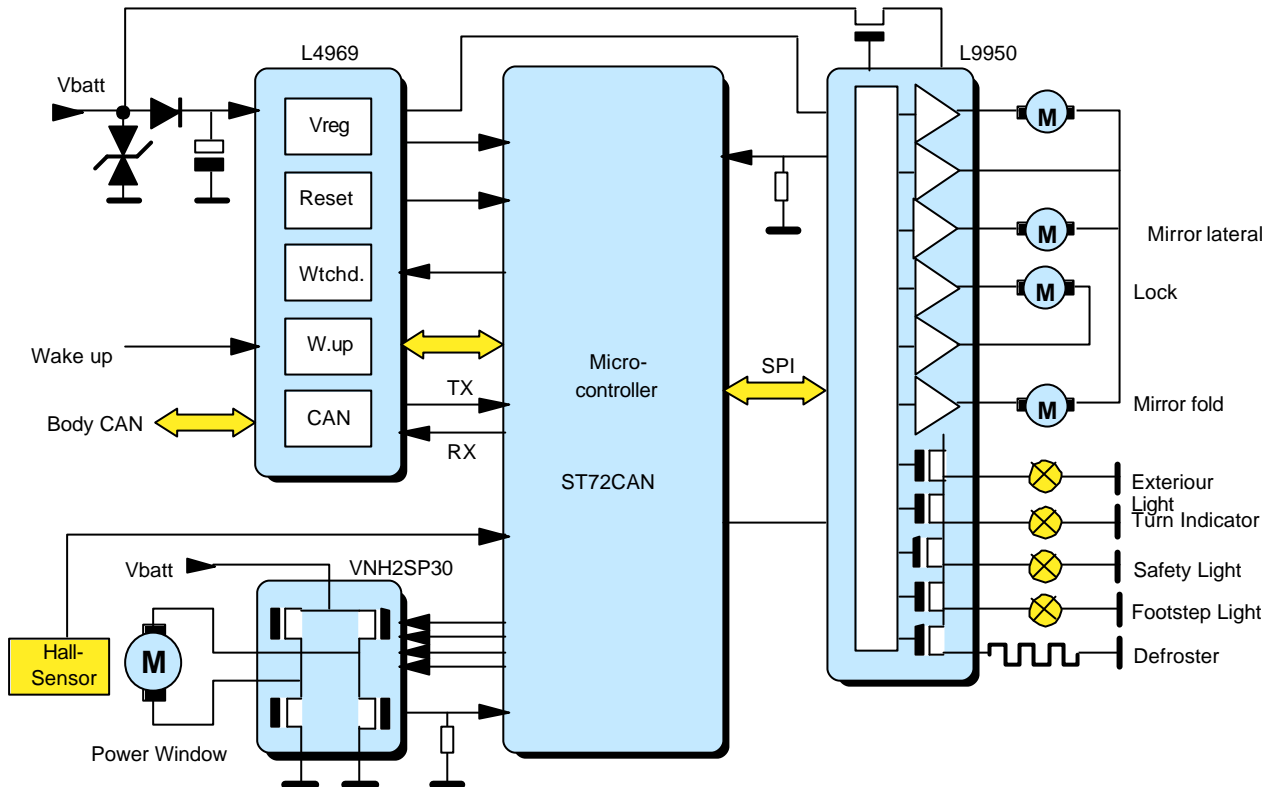


Abb. 17: Blockschaltbild fiktives Türsteuergerät

Abb. 17 zeigt ein fiktives Türmodul, bestehend aus einem Systembasischip (L4969) der sowohl die 5V-Spannungsversorgung des Systems übernimmt, als auch eine fehlertolerante Low-Speed-CAN-Schnittstelle zur Verfügung stellt. Für die Steuerung und Überwachung des Systems sorgt ein ST7 Mikrocontroller. Die Schnittstelle zwischen dem Mikrocontroller und den eigentlichen Türaktuatoren ist der L9950. Durch Hinzufügen oder Entfernen von zusätzlichen externen MOSFET-Schaltern kann man nun, angepasst an den geforderten Funktionsumfang, verschiedene Varianten des Systems aufbauen. Auf diese Weise können sowohl High-End- als auch Low-End-Varianten des Systemes realisiert werden. Diese Flexibilität ermöglicht es, die zur Zeit sehr unterschiedlichen Lasten wie z.B. unterschiedliche Stromanforderungen je nach Türschlosshersteller mit dem gleichen ASIC bedienen zu können.

3.2 Ausgelagerte Zündsysteme

Bei Zündsystemen gibt es heute zwei Ansätze. Entweder sind die Zündtreiber zur Ansteuerung von einer oder mehreren Zündspulen im Motormanagement integriert oder

die Zündtreiber sitzen direkt am oder im Transformator. Die zweite Lösung hat den Vorteil das keine Hochspannungskabel mehr durch den Motorraum geführt werden müssen.

Zunehmend werden heute bei den neueren Motorvarianten die sogenannten Stabkerzenzündspulen eingesetzt. Hier sitzt die Zündspule mit dem Ansteuerbaustein direkt auf der Zündkerze. Die Anforderungen an den Strom (der kleine Bauraum des Transformators erfordert, um die gleiche Zündenergie zu erreichen Ströme von ca 18A) und an die Temperatur ($>150^{\circ}\text{C}$) für die Treiber sind hoch. Von ST ist ein spezieller „SMART IGBT“ entwickelt worden welcher diese Anforderungen erfüllt.

Das Blockschaltbild dieses Treibers zeigt *Abb. 18*

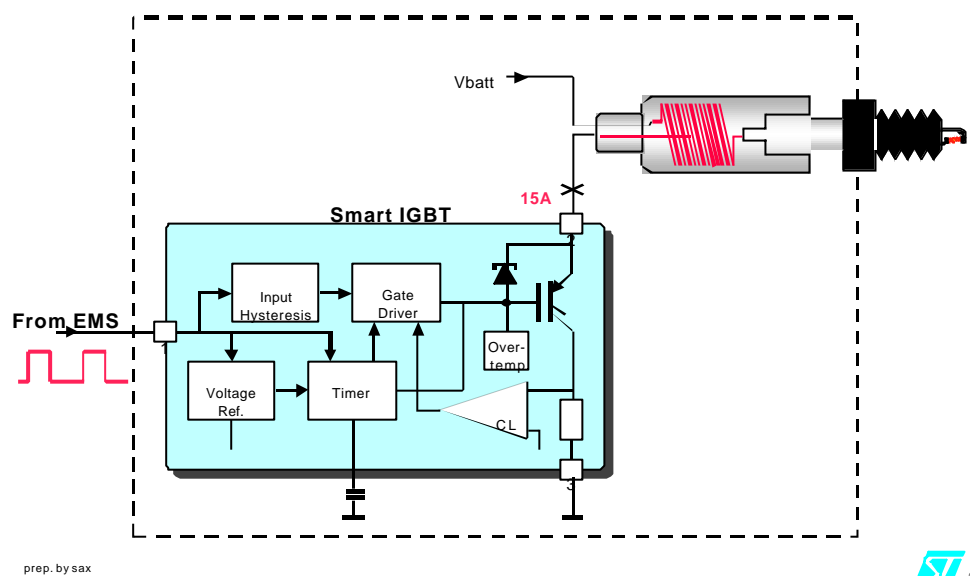


Abb.18: Blockschaltbild des SMART IGBT VBGC15NB22TSP für Stabkerzenzündspulen (pencil coil)

Von der Halbleiterseite stellen diese Systeme eine Herausforderung dar, da neben hohen Strömen, hoher Temperatur auch noch Spannungen von bis zu 500V verarbeitet werden müssen. In der ersten Generation wurden 2 Chips in einem Gehäuse nebeneinander verwendet, bei der 2. Generation wird das Ansteuer-IC auf den Leistungs IGBT geklebt. Bei der nächsten Generation die bei STMicroelectronics bereits heute entwickelt wird sind alle Funktionen auf einem einzigen Chip integriert.

Die gleichen Treiber werden auch in dem ausgelagerten Zündsystem, dass in *Abb. 19* zu sehen ist eingesetzt. In diesem mechatronischen System sind 4 Transformatoren und 4 Treiberbausteine untergebracht.

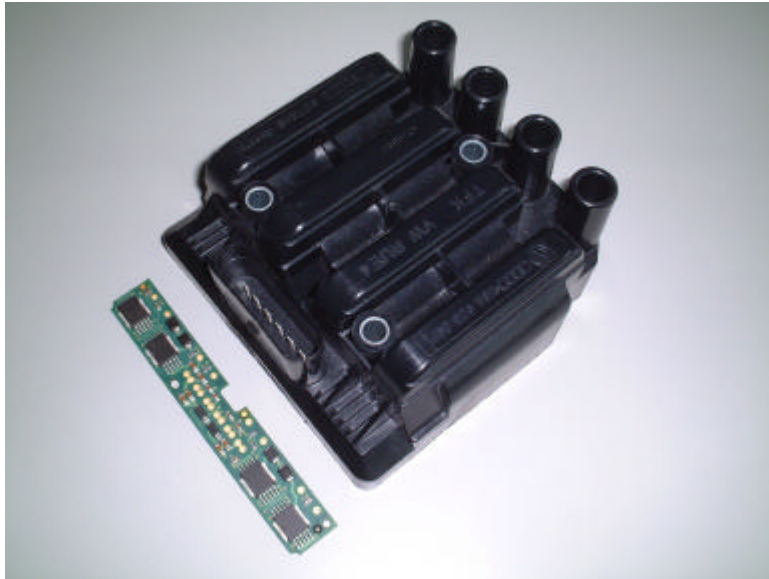


Abb. 19: Ausgelagertes Zündsystem für 4 Zylinder Motoren (VW/TEMIC)

3.3 Dezentrale Lichtmodule

Die Ansteuerung der Lichtfunktionen im Auto war lange Zeit eine Domäne des klassischen Relais. Diese Relais waren in grossen Zentralsteuergeräten untergebracht. Seit ca. 10 Jahren haben Halbleiterschalter auch hier das Relais verdrängt. Bei den ersten Lichtmodulen sind alle Lichtfunktionen in einem Steuergerät zusammengefasst. Von diesem zentral eingebauten Steuergerät werden über Kabelbäume die einzelnen Lampen angesteuert. Daneben sind auch Zentralsteuergeräte im Einsatz in denen neben Licht noch andere Funktionen realisiert sind.

Es ist nun naheliegend die Treiber direkt in die Scheinwerfer zu bringen und die Systeme über einen Bus anzusteuern. Von der Halbleiterseite ist die Realisierung problemlos. Die Leistungsstufen müssen entsprechend ausgelegt und möglichst hoch integriert werden. In dem in *Abb. 20* vorgestellten Konzept besteht die Ansteuerung aus zwei Chips. Einem 8bit Mikrokontroller und einem Smart Power IC in dem die Treiberfunktionen, der Spannungsregler und der Bustreiber zusammengefasst sind. Der Serieneinsatz ist bis heute an den höheren Kosten und an den evt. nötigen zusätzlichen Sicherheitskonzepten gescheitert.

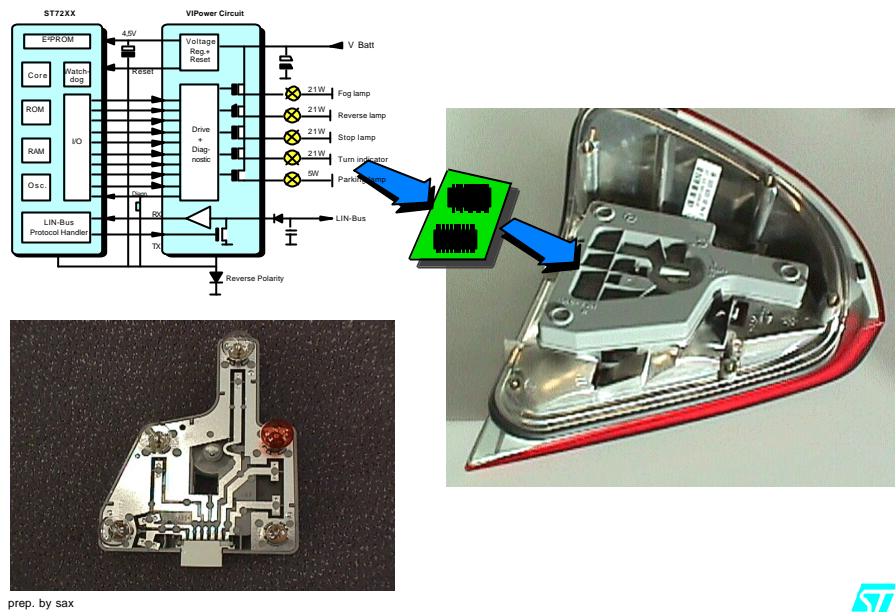


Abb. 20: Mechatronisches Konzept für Heckleuchtenansteuerung

4. Wirtschaftlichkeit und technische Grenzen

Schon an den gezeigten Beispielen kann man eindrucksvoll sehen, dass in zahlreichen Applikationen mechatronische Lösungen Einzug ins KFZ gefunden haben.

Getrieben wird die Entwicklung zum einem von den Kosten aber auch vom technischen Fortschritt. Ohne mechatronische Komponenten sind diese Systeme heute nicht mehr realisierbar. Einen massgeblichen Einfluss auf diese Konzepte haben die Halbleiterkomponenten. Auf dem Weg zum Einchipssystem sind enorme Fortschritte erzielt worden. Sowohl bei der immer höheren Integrationsdichte bei Logikfunktionen als auch bei der Realisierung von Mehrfachschaltern mit immer geringerem Einschaltwiderstand. Trotzdem sind wir heute vom Einchipssystem das alle Funktionen ohne externe Komponenten realisiert noch weit entfernt. Dies hat folgende Gründe:

1. Um komplexe Logikfunktionen (wie z.B. einen Mikrokontroller) auf einem Leistungschip zu integrieren ist ein erheblicher zusätzlicher Flächenbedarf erforderlich. Das liegt daran, dass die Strukturbreiten bei Smart Power IC's im Mittel 2 Technologiegenerationen hinter denen von reinen Logiktechnologien (CMOS) liegen.

4. Tagung Mechatronik im Automobil, 7. November 2002, München

Als Beispiel sei hier angeführt, dass heutzutage Mikrokontroller in 0.18 μ m-Technologie gefertigt werden, wohingegen die BCD5-Technologie in der auch Mikrokontroller integriert werden können eine 0.6 μ m Lithographie verwendet.

Das führt dazu das Einchiplösungen teurer als Mehrchiplösungen sind. Ein kostengünstiger Ansatz ist die Verwendung von mehreren Chips in einem Gehäuse.

2. Externe Komponenten, in den meisten Fällen Widerstände und Kondensatoren, sind leider auch bei neuen Konzepten noch erforderlich. Besonders wenn der vorhandene Bauraum am/im Aktuator sehr klein ist, stört jede zusätzliche Komponente. Hauptsächlich werden heute externe Komponenten zum Schutz des Halbleiters verwendet. Die Bordnetzspannung ist nach wie vor mit hohen Störspannungen behaftet, die durch externe Schaltungsmassnahmen begrenzt werden müssen. Höhere geforderte ESD-Spannungen, geringe Empfindlichkeit gegen elektromagnetische Einstrahlung, geringe Abstrahlung laufen genau entgegengesetzt zu dem Trend zu kleineren und schnelleren integrierten Schaltungen.

Bis zum wirtschaftlichen Einsatz von klassischen mechatronischen Systemen bleibt noch einiges zu tun.

Literaturverzeichnis:

[1] **G. Rudolph, U. Voelzke, O. Burnus:** „*Konzepte für Türsteuergeräte – Hochintegration oder Standardkomponenten*“, Stuttgart, 2002, 22. Tagung Elektronik im Kraftfahrzeug, HDT

[2] **H. Sax, K. Wirl:** „*LIN-Bus gesteuertes Smart-Power Chip unterstützt Komfort-Funktionen eines PKW Aussenspiegels*“, Baden-Baden, 2000, Tagung Elektronik im Kraftfahrzeug, HDT