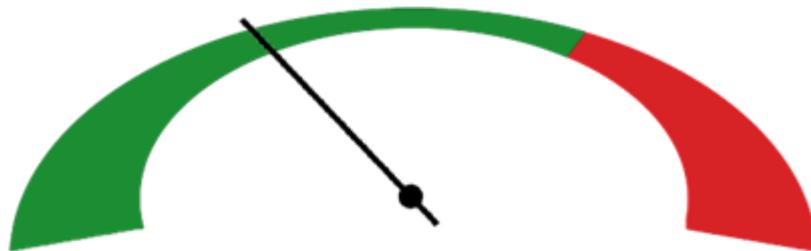


Verbundname **Engine Data Monitoring System - EDM-23**
Triebwerksdatenanzeigegerät für CS-23 Flugzeuge

Kurztitel **EDM-23**



Zuwendungsempfänger:

MicroSys Electronics GmbH
Mühlweg 1
82054 Sauerlach

Teilvorhaben: **Umsetzung und Bereitstellung eines Rechnermoduls auf Basis
des ESI-23 Konzepts aus LuFo 4 für das EDM-23**

Förderkennzeichen: 20Q1514C
Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

Bearbeiter Peter Schuller

Laufzeit 1.6.2016- 31.12.2019

I. Kurze Darstellung des Vorhabens

I.1. Aufgabenstellung

I.1.1. Kurzbeschreibung des Gesamtvorhabens

Ein wesentlicher Bestandteil des Förderprojekts war, durch Bündelung von Kompetenzen regionaler KMUs Synergieeffekte zu erzielen. Damit soll künftig die Realisierung von Produkten in Verbundprojekten möglich werden, die ansonsten nur von der Großindustrie zu hohen Kosten angeboten werden. Die aus den umgesetzten Forschungsergebnissen künftigen Produkte (im Fall von MicroSys, zertifizierbare, modulare und kosteneffiziente Rechnerplattformen für Avionikanwendungen), sind vor dem Hintergrund des Ziels, diese für die "Kleinfliegerei" zu attraktiven Konditionen anbieten zu können, von regionalem (Forschungspartner in EDM-23), nationalem (Forschung und Vermarktung) und globalem (Vermarktung) Interesse.

Das Verbundprojekt wurde von den KMUs AEE (Projektführerschaft), KEP3, SFS und MicroSys im genannten Zeitrahmen durchgeführt und erfolgreich abgeschlossen. Jedes Unternehmen setzte dazu gemäß seiner Fachkompetenz und Stärken entsprechend des Projektstrukturplans wie in Abb.1 dargestellt, die entsprechenden Arbeitspakete um. Die Projektpartner mussten sich deshalb hinsichtlich der Verwendung von Prozessen und Tools koordinieren, um technische Komponenten zu entwickeln, die nicht nur den Vorgaben entsprechen, sondern auch hinsichtlich der Vermarktung das Preisgefüge des CS-23-Marktes treffen. Gleichzeitig mussten alle Anforderungen hinsichtlich Qualität, Funktionalität, Zuverlässigkeit, Wartbarkeit und Modularität erfüllt werden.

MS: **MicroSys Electronic GmbH**

AEE: Aircraft Electronic Engineering GmbH

KEP3: KEP3 AG

SFS: Stock Flight Systems

—: AP Leiter

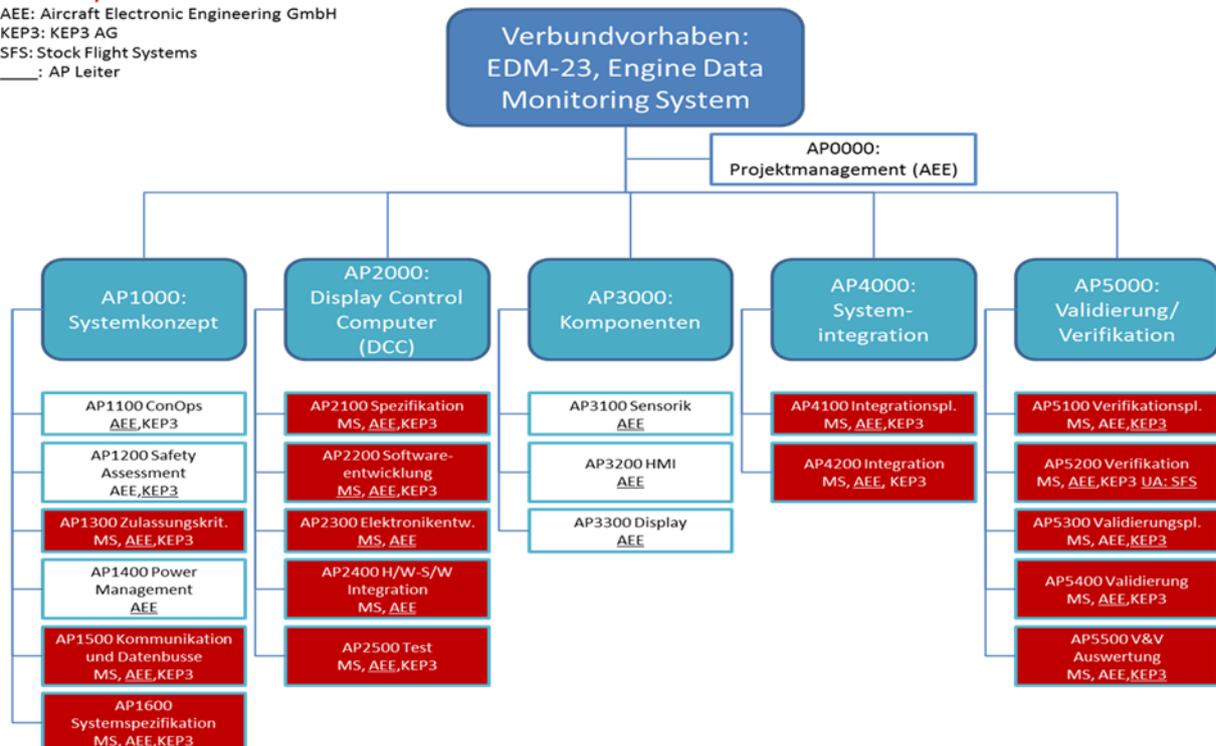


Abb. 1: Projektstrukturplan

Die gemeinsamen, übergreifenden und technischen Ziele des Vorhabens lassen sich in der Übersicht wie folgt beschreiben:

- Erfolgreiche Entwicklung und Abschlußtesting (V&V) eines Engine Data Monitoring Systems
- Entwicklerische, vorbereitende Maßnahmen, so dass ein nach relevanten ETSO-Vorschriften zulassbares System entsteht
- ETSO-Zulassung (ADOA, EASA, Part210) durch den Projektführer AEE parallel zum Forschungsvorhaben während bzw. zeitnah nach Projektende. Dies ist kein Bestandteil des Fördervorhabens, kann jedoch in Abhängigkeit der Projektfortschritte bereits begleitend durchgeführt werden, was positiv für die spätere und nach Möglichkeit direkte Verwertung angesehen wird

Das hatte zur Folge, dass die anfänglich in der Spezifikation erarbeiteten technischen Parameter am Ende der Projektlaufzeit umgesetzt und funktional sein mussten.

Damit diese anspruchsvollen Ziele technisch als auch innerhalb des Zeitrahmens umzusetzen waren, wurde die Entscheidung getroffen, die Entwicklung eines Engine Data Monitoring Systems, möglichst auf der Basis der ESI-23 Entwicklung aus LuFo-4 zu realisieren. Die Grundlagen dazu wurden bereits von den Verbundpartnern im Rahmen der Antragstellung eingehend erläutert und begründet.

Engine Data Monitoring bzw. Triebwerksdatenanzeigergerät heißt hierbei, dass sicherheitskritische Triebwerksdaten durch Auswertung analoger Sensoren auf einem Display im Cockpit bereitgestellt werden. Das können Informationen sein wie:

- Drehmoment
- Kraftstoffinformationen, wie Tankinhalt, Durchfluss, Druck, Temperatur
- Öldruck und -Temperatur
- Hydraulikdruck und -Temperatur
- Drehzahl
- Betriebstemperaturen verschiedener Motorkomponenten

Je nach Flugzeugtyp, Art und Anzahl der Antriebseinheiten, können diese Informationen natürlich variieren und müssen entsprechend zur Anzeige gebracht werden. Eine Beispielumsetzung solch einer Anzeige ist in Abb.1 dargestellt. Sie zeigt einen Forschungsträger mit Display und typischen Anzeigeelementen, wie sie auch in einem realen Cockpit zum Einsatz kommen werden.



Abb.2: EDM-23 System - Display mit Triebwerksanzeigen und Rechner -

I.1.2. Übersicht des Beitrags von MicroSys

Die rot markierten Arbeitspakete im Projektstrukturplan bezeichnen diejenigen Arbeitspakete, die anteilig von MicroSys im Verbund ausgeführt wurden und auf die im nachfolgenden Abschnitt näher eingegangen wird.

Technisches Ziel für MicroSys war wie bereits erwähnt, die Entwicklung eines Rechner Moduls auf Basis des ESI-23 Konzepts aus LuFo 4 für ein Engine Data Monitoring System (siehe Abb. 3)



Abb.3: Rechnermodul ESI-23 Konzept aus LuFo 4

Für ESI-23 wurde ein Rechnermodul bereitgestellt, das Anzeigen wie Attitude, Altitude, Baro Correction, Indicated Airspeed, Mach number, Vmo/Mmo, Slip/ Skid, Heading, Turn rate unter Zuhilfenahme angebundener IMU/ MAG und Air Data Computer verarbeiten konnte.

Projekterfahrungen und wesentliche technische Grundlagen konnten aus diesem Design abgeleitet, modifiziert und in das EDM-23-Projekt übernommen werden. Das waren Konzepte wie:

- Auslegung der Leistungsparameter und damit Auswahl eines geeigneten Prozessors und der I/O-Struktur
- Auswahl der Speicherarchitektur und Anbindung an die CPU
- Auswahl geeigneter Systemkomponenten auch hinsichtlich der Luftfahrt- und Marktanforderungen, wie z.B.: Langzeitverfügbarkeit

Für EDM-23 wurden auf dieser Basis Funktionen, wie z.B.: geeignete Displayanbindungen (entweder eigenes Display, vorhandenes Glascockpit, oder vorhandene Displays, abgesetzte oder integrierte Lösung müssen möglich sein) von flugzeugspezifischen und jeweils unterschiedlichen Eingangssignalen realisiert. Diese Eigenschaften bedingten ein weitgehend modulares und flexibles Ein-Ausgabekonzept, das um die zentralen Rechnerfunktionen konzipiert wurde und das nach Projektende dem künftigen Marktumfeld von CS-23 Flugzeugen gerecht werden soll.

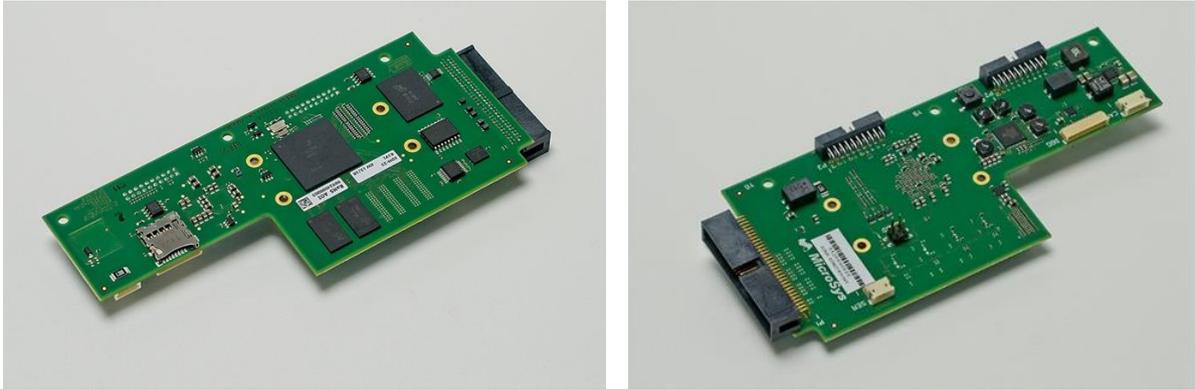


Abb.4: EDM-23 Forschungsträger, wie er 2018 von MicroSys dem Projekt bereitgestellt wurde

Die Umsetzung dieser Vorgaben hatte bereits bei der Systemdefinition und funktionalen Aufteilung der Arbeitspakete einen wesentlichen Schwerpunkt. Obwohl vordergründig manche Schnittstellen (z.B. Sensorik) eine eindeutige Zuordnung haben, mussten sie auch bei der Definition des Rechnermoduls berücksichtigt werden, da unterschiedliche physikalische Anbindungen oder verschiedene Datenraten und Leistungsparameter erfüllt werden müssen.

Dieses Vorgehen erleichtert auch eine Zulassung und Zertifizierung von entsprechenden Gerätevarianten auf der Basis dieser Rechnereinheit.

1.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Mit dem ESI-23 Projekt wurden bereits erste Grundlagen erarbeitet, um Kompetenzen und Kräfte von KMU zu bündeln und mit innovativeren Ansätzen Avionik-Gesamtlösungen für den CS-23-Markt anbieten zu können. Zum einen wurde nachgewiesen, dass KMU die Basis für innovative Avionik schaffen können und zum anderen Kostenstrukturen erreichen, die CS-23 marktgerechte Lösungen ermöglichen.

Mit dem EDM-23-Vorhaben wurde das Ziel verfolgt, diese Erfahrungen und Ergebnisse zu nutzen, darauf aufzubauen und mit einer weiteren Geräteklasse das Engine Data Monitoring für CS-23-Flugzeuge zu etablieren. Größter Innovationsschritt war es, ein Gerät zu konzipieren und umzusetzen, das:

- hard- und softwaretechnisch modular aufgebaut ist
- luftfahrtgerechtes Design und Layout der Rechnerplattform, vor allem hinsichtlich langer Produktlebenszyklen
- sich für eine spätere ETSO-Zulassung eignet
- sich für verschiedene Flugzeuge und Antriebssysteme innerhalb der CS-23 Klasse eignet, bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Zulassung, ohne notwendige „Major Changes“

1.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Zu Projektbeginn waren grundsätzliche und konzeptionelle Betrachtungen zu führen, wie:

- Definition eines Gesamtkonzepts mit Systemspezifikation
- innerhalb dieses Konzepts Entwicklung eines Rechnermoduls auf der Basis des ESI-23 Projekts aus LuFo 4 für das Data Monitoring System
- Einplanung einer möglichen Überarbeitung des initialen Designs, so dass Gesamtprojektverzögerungen vermieden werden

- Berücksichtigung von Auslegungsvarianten, falls es zu Beschaffungseingängen von elektronischen Bauteilen und Komponenten im Projektablauf kommt
- Abstimmung und Integration der entsprechenden Arbeitspakete im Verbund

Diese Betrachtungen führten bereits in Kooperation mit den möglichen Verbundpartnern vor Projektbeginn zur Antragstellung und flossen in die detaillierte Beschreibung der Arbeitspakete im Antrag.

Nach Bewilligung des Vorhabens übernahm MicroSys mit den entsprechenden Partnern die Definition und Entwicklung der Hardware in den anteiligen Arbeitspaketen von AP1000 dem Systemkonzept und maßgeblich im AP2000, dem Display Control Computer (DCC). Im Einzelnen waren folgende Arbeitspakete geplant und wurden bearbeitet:

AP1000

- AP1300: Mitarbeit an den Zulassungskriterien und Übernahme der Anforderungen in die Spezifikation der Rechnerplattform
- AP1500: gemeinsame Festlegung der Ein-Ausgabeinfrastruktur und geeigneter Datenbusse
- AP1600: Verabschiedung der gesamten Systemspezifikation im Verbund

AP2000 (DCC)

- AP2100: Gemeinsames Erarbeiten der Spezifikation
- AP2300: Entwicklung der Elektronik
- AP2200 (Software): Inbetriebnahme, Test und Verifikation der Rechnerelektronik
- AP2400 (H/W – S/W Integration) und AP2500 (Test): jeweils partnerschaftliche und anteilige Mitarbeit

Für die Arbeitspakete AP3000 (Komponenten), AP4000 (Systemintegration) und AP5000 (Validierung/Verifikation) stand MicroSys als unterstützender Partner sozusagen „Gewehr bei Fuß“, falls es zu elektronischen Problemen gekommen wäre. Diese APs gehörten von vornherein nicht zur Kernkompetenz von MicroSys im Verbundprojekt und wurden deshalb nur unterstützend betreut.

Die Integrationstest der Rechnerprototypen in der ersten Hälfte von 2018 verliefen sehr erfolgreich. Der Entwurf eines Softwareprototypen (exemplarisch bereits auf einem ESI-23 Forschungsträger untersucht) für den Einsatz auf den EDM-23 konnte zu diesem Zeitpunkt zügig modifiziert und sehr zufriedenstellend in Betrieb genommen werden. Die Rechnerhardware erwies sich als stabil und voll funktionsfähig, sodass kein Redesign der Entwicklung notwendig wurde.

Diese erfreuliche Entwicklung führte zu der Idee parallel zu den Arbeiten am vorliegenden Forschungsträger eine alternative, innovativere Rechnerplattform mit aktuellerer CPU-Architektur zu untersuchen und ggf. umzusetzen.

AP2000: Untersuchung einer alternativer Rechnerplattform, EDM-23 Basiselektronik der Generation-2 (Gen2)

Im Hinblick auf die in der Elektronikbranche üblichen schnellen Produktwechsel und doch auch kurzen Lebenszyklen, wurde im Projekt über die Bereitstellung einer alternativen Hardwareplattform mit modernerer CPU-Architektur nachgedacht. Nach eingehenden Analysen geeigneter CPU-Kandidaten hinsichtlich Funktion, größerer Flexibilität zusätzlicher Avionik-Einsatzspektren und Langzeitverfügbarkeit, wurde die Entscheidung getroffen Prototypen mit einer NXP MPC5777 CPU aufzubauen, eine Gen2 EDM-23 Basiselektronik. Die MPC5777 CPU ist mit drei Rechnerkernen ausgestattet, wovon zwei in einem Lockstep-Modus arbeiten. Dabei läuft ein Rechnerkern sozusagen

dem anderen hinterher und überwacht gleichzeitig dessen Funktionen. Diese Funktion auf Chipebene ermöglicht die Einführung gewisser funktionaler Sicherheitsaspekte bereits im Rechnerkern.

Natürlich bedarf es zur Bereitstellung dieser FUSI-Aspekte auf Anwendungsebene entsprechende Softwareentwicklungen, die spezifisch der Sicherheitsanforderungen der Applikation untersucht und umgesetzt werden müssen. Für die Realisierung solch einer Sicherheitsanwendung in der Avionik kann die EDM-23 Gen2 Plattform eine gute Ausgangsbasis sein. Der Umfang dieses Vorhabens würde den Rahmen des aktuellen EDM-23 Projekts allerdings sprengen und könnte möglicherweise Bestandteil eines weiteren Verbundprojekts sein.

Die Bereitstellung einer EDM-23 Gen2 Rechnerplattform, wie oben beschrieben, wurde den Verbundpartnern und dem Projektträger Mitte 2018 vorgeschlagen und positiv beschieden.

Nach eingehenden Voruntersuchungen wurde die Entscheidung getroffen innerhalb von AP2000 ein Rechnermodul mit einer MPC5777 CPU von NXP zu entwerfen und im Rahmen des Verbundprojekts umzusetzen. Solch ein Modul enthält die zentralen Rechnerfunktionen, die anwendungsspezifischen Avionikanforderungen können auf gesonderten Trägerplatinen realisiert werden. Modul und Träger werden über ein luftfahrttaugliches Steckersystem verbunden. Solch ein Rechnerarchitektur kann ggf. für EDM-23-Aufgaben Einsatz finden und könnte auch als generische, modulare Avionikplattform für vielfältige Einsatzzwecke verwendet werden.

Die Arbeiten wurden hinsichtlich einer späteren Verwertung in der Luftfahrt gemäß eines V-Modells durchgeführt. Die Verifikation und Überprüfung der einzelnen Arbeitsergebnisse erfolgte in enger Kooperation mit den Verbundpartnern. Prototypen konnten innerhalb des EDM-23 Projektzeitraums wie beabsichtigt erfolgreich realisiert werden. Die Entwicklungsergebnisse wurden dem vorgesehenen Review-Prozess planmäßig für die Fertigungsfreigabe beim Verbundpartner AEE unterzogen.

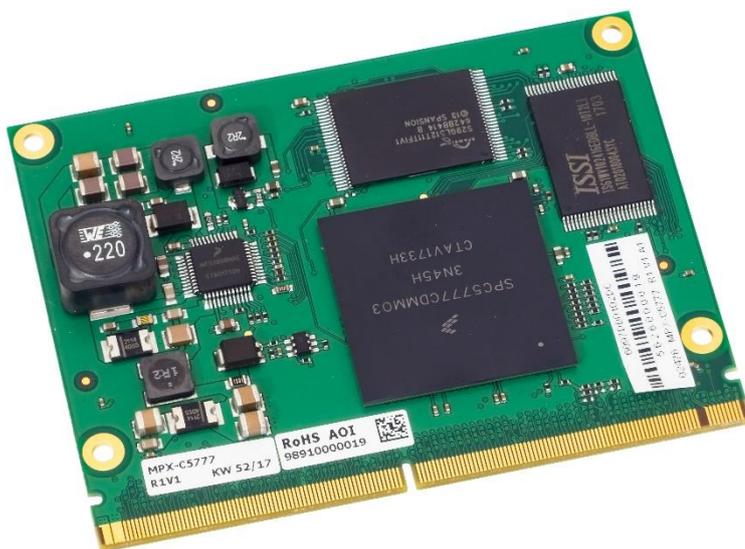


Abb.5: MPX-C5777 Rechnermodul, eine generische Rechnerplattform für sicherheitsgerichtete Avionikaufgaben, realisiert in 2019

I.4. Aktueller Stand der Wissenschaft und Technik

I.4.1. Stand der Wissenschaft und Technik auf den vom Teilvorhaben berührten Arbeitsgebieten zu Projektbeginn

Zum einen sind hochwertige Triebwerksanzeigen im CS-25 Markt vorhanden, die vorwiegend als integrierte Avionik im Rahmen der Glascockpitlösungen umgesetzt werden (Z.B: Universal Avionics DO228 oder Honeywell EPIC, Pilatus etc.). Diese Kostenstruktur ist selbstverständlich uninteressant für CS-23-Flugzeuge.

Zum anderen existieren speziell für einen Triebwerkstyp entwickelte Anzeigeeinstrumente im CS-23 Markt, z.B. das EDM 830 oder EDM 930 der Firma JPI, wie es auch bei der Firma Grob in der G 120 TP im Einsatz ist. Ein großer Nachteil hierbei ist jedoch, dass für verschiedene Antriebstypen jeweils die Software fast komplett neu entwickelt werden muss.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass es natürlich noch die analogen Anzeigeeinstrumente gibt. Gerade die sollen jedoch durch modernere, funktionalere digitale Anzeigen ersetzt werden.

Basierend auf dem beschriebenen Stand lassen sich nun folgende Aussagen hinsichtlich Innovation treffen:

Im Vergleich zum aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik findet die Innovation innerhalb des EDM-23-Vorhabens auf zweierlei Art- und Weisen statt. Grundsätzlich ist zu sagen, dass Engine Data Monitoring Systeme für Großflugzeuge und somit in der CS-25- und Militärflugzeugindustrie realisiert und im Einsatz sind. Die Herausforderung ist gerade nicht, diese vorhandenen Systeme einfach auf die Anforderungen der CS-23 Klasse zu transferieren. Sie wären hinsichtlich der Kostenstruktur und technischer Grundparameter wie Größe und Gewicht, funktionale Eigenschaften oder Energieverbrauch völlig ungeeignet für den Einsatz in CS-23-Flugzeugen.

Die Lösung und gleichzeitig die Herausforderung (und somit auch die Innovation!) war es, die benötigten Funktionen unter Berücksichtigung der Kostenstruktur dieses Marktsegments mit den zur Verfügung stehenden Ressourcen im gegebenen Zeitrahmen zu realisieren. Das bedeutet konkret, das EDM-23 in einem Konsortium aus KMU realisiert wurde, die ihre unterschiedlichen Kernkompetenzen einbrachten und gemeinsame Synergieeffekte nutzten. Hierzu mussten neben der eigenen Projektarbeit passenden Tools, Entwicklungsumgebungen, Prozesse und natürlich auch technischen Komponenten und Technologien für die gemeinsame Projektarbeit abgestimmt, zum Teil neu geschaffen und auch angepasst werden.

Ein großer weiterer Innovationsschritt war, ein modulares Gerätekonzept in Hard-als auch Software umzusetzen, das zum einen hinsichtlich Flexibilität den CS-23-Flugzeug- und Antriebsvarianten gerecht werden sollte und zum anderen sich für eine effizient durchzuführende spätere ETSO-Zulassung gut eignen sollte.

Gemäß den Kenntnissen zu Projektbeginn würde bei Erreichen dieser Absichten der Stand der Technik übertroffen, denn vergleichbare CS-23-Avionik war zu diesem Zeitpunkt noch nicht in marktreifem Zustand verfügbar.

Nachdem die von MicroSys zur Verfügung gestellte EDM-23-Rechnerplattform diesen Kriterien ebenso gerecht werden musste wie die Projektarbeiten der anderen Verbundpartner, sind diese Innovationsansätze genauso für die von MicroSys bearbeiteten Arbeitspakete gültig.

I.4.2. Alternative Verfahren und Lösungswege

Alternativ zu der oben beschriebenen Kombination und Integration funktionspezifischer, vorhandener Technologien wäre allenfalls der konsequente Einsatz einer einzigen Technologie gewesen. Im ersten Ansatz hätte sich dadurch die Lösung der Aufgabe wohl vereinfacht. Eine grobe Vorabeinschätzung ergab aber eindeutig, dass die Implementierung der jeder einzelnen Technologie fehlenden Funktionalitäten entweder einen deutliche höheren Aufwand bedeutet hätte oder zu technischen Lösungen geführt hätte, die für die vorliegende Anwendung wirtschaftlich nicht vertretbar gewesen wären.

I.5. Erfahrungen, bekannte Verfahren und Schutzrechte

Die MicroSys Electronics GmbH hat in den vergangenen Jahrzehnten sowohl Prozessorbaugruppen (RISC/CISC) für industriell und wissenschaftlich genutzte Parallelbussysteme wie VMEbus und CompactPCI sowie - im Zuge der Miniaturisierung - kleine CPU-Module im hauseigenen MPX-Standard entwickelt und gefertigt. Im Sinne der Abgrenzung von nicht zuletzt asiatischen Massen Anbietern begleitet MicroSys insbesondere lokale Kunden bei der Realisierung technisch anspruchsvoller industrieller Automatisierungslösungen. Die Systemkomponenten werden dabei für spezielle Marktanforderungen mit Projektpartnern oftmals auch Zertifizierungsprozessen unterzogen, z.B. in der Avionik, Bahn-, Baumaschinen- oder komplexen Messtechnik. Dabei werden bevorzugt sog. System on Modules nach der hausinternen MPX-Definition verwendet. Sie bietet Modularität und Wiederverwendbarkeit auf CPU-Modul –Basis und die Anbindung von Trägerplatinen für die I/O-Funktionen mit luftfahrttauglichen Steckersystemen. Diese Technologie mit entsprechendem Entwicklungs-Know-how stand zu Projektbeginn zur Verfügung. Damit konnten zu Anfang bereits wichtige Leistungsparameter der späteren Hardware und auch der Software anhand von Simulationen ausgelegt werden. Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurde auf diese Erfahrung aufgesetzt, geeignete Konzepte für EDM-23 untersucht und gemeinsam mit den Verbundpartnern Partnern AEE, KEP3, SFS und et al. in Demonstratoren umgesetzt.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in diesem Teilvorhaben war auch die Tatsache, auf den Erfahrungen und etablierten Verfahren aus dem ESI-23-Projekt aufsetzen zu können. Die Projektrisiken wurden dadurch verringert und die geplanten Meilensteine konnte zuverlässiger eingehalten werden.

Gesonderte Schutzrechte wurden im Projekt nicht berührt oder benutzt.

I.6. Angabe von Fachliteratur, Informations- und Dokumentationsdienste

Als Informationsgrundlage für unsere Projektbeiträge dienten hauptsächlich öffentlich zugängliche und auch vertrauliche technische Dokumente unserer Halbleiter- Bauteile- und Komponentenlieferanten, wie sie in der Regel auch in unseren kommerziellen Projekten verwendet werden.

I.7. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Mit anderen Stellen, als unseren Verbundpartnern und Partnern, Herstellern, Lieferanten für die eingesetzten Elektronikkomponenten wurde nicht kooperiert oder zusammengearbeitet.

II. Eingehende Darstellung

II.1. Erzielte Ergebnisse

MicroSys trug in seinem Teilvorhaben zu EDM-23 die Bereitstellung der zentralen elektronischen Recheneinheiten bei. Die erforderlichen Aufgaben dazu wurden maßgeblich innerhalb der Arbeitspakete AP1000 (Gesamtsystemkonzept) und AP2000 (Display Control Computer) durchgeführt. Im Detail wurden die Aufgaben innerhalb der Arbeitspakete

- Hardware und Systemthemen: AP1600, AP2100, AP2300
- Systemsoftware für Hardware: AP1500, AP1600, AP2200

in enger Kooperation mit den Verbundpartnern zum Abschluss gebracht (siehe Abb. 6: Projektstrukturplan, rot markierte Bereiche). Im Hinblick auf die Luftfahrttauglichkeit und mögliche ETSO-Zulassung wurden die Arbeiten gemäß eines V-Modells durchgeführt.

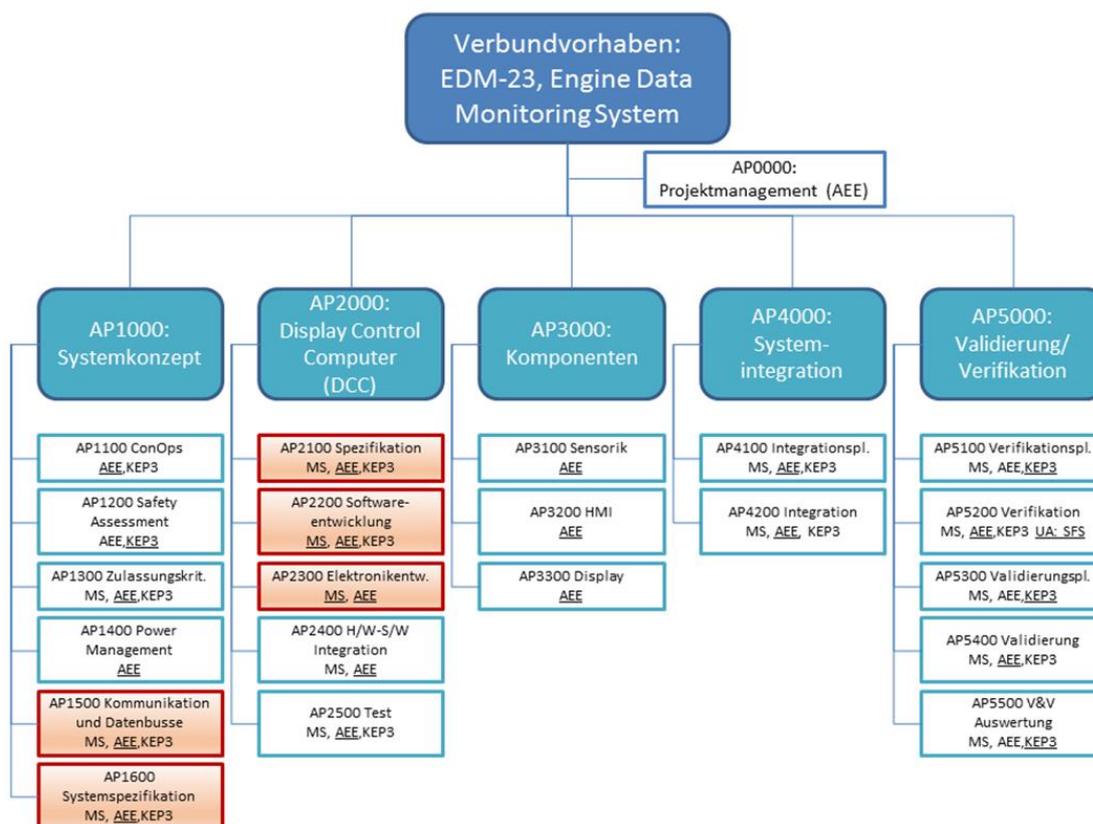


Abb.6: Projektstrukturplan, die wesentlichen MicroSys-APs für den DCC

In den weiteren Arbeitspaketen, in denen MicroSys mit aufgeführt ist, wurden Arbeiten bei Bedarf partnerschaftlich und in Kooperation übernommen.

Wie im Abschnitt I.1.2. erläutert, konnte vor allem aufgrund der Ergebnisse aus dem ESI-23-Verbundprojekt, ein erster EDM-23-Forschungsträger bereits Mitte 2018 bereitgestellt werden (siehe Abb. 4). Er erwies sich nach den Tests und der Verifikation voll funktional gemäß der Spezifikation, sodass auf ein Redesign verzichtet werden konnte. Die Verbundpartner konnten somit ohne Zeitverzögerung die Geräteentwicklung und die anschließende Integration durchführen.

In Abstimmung mit den Verbundpartnern und dem Projektträger wurde im weiteren Projektverlauf eine alternative Rechnerplattform, die EDM-23 Basiselektronik der Generation-2 (Gen2) untersucht,

vorgeschlagen und Mitte 2019 realisiert. EDM-23-Gen2 basiert auf einer sogenannten Lockstep-Technologie on Chip (NXP MPC5777 Prozessor), wurde als Modul ausgeführt (siehe Abb. 5) und gemeinsam mit AEE erfolgreich in einen gemeinsamen Avionik-Forschungsträger umgesetzt.

II.1.1. Projektverlauf: EDM-23 Rechnerplattform Gen1

Hardware Design

Im ersten Projektabschnitt im Jahr 2016 erfolgte im AP1000 gemeinschaftlich die Spezifikation des Systems und in der ersten Hälfte von 2017 daraus die Spezifikation des Display Control Computers im AP2000.

Die funktionalen Einheiten der Recheneinheit des DCC sind in nachfolgenden Blockdiagramm dargestellt.

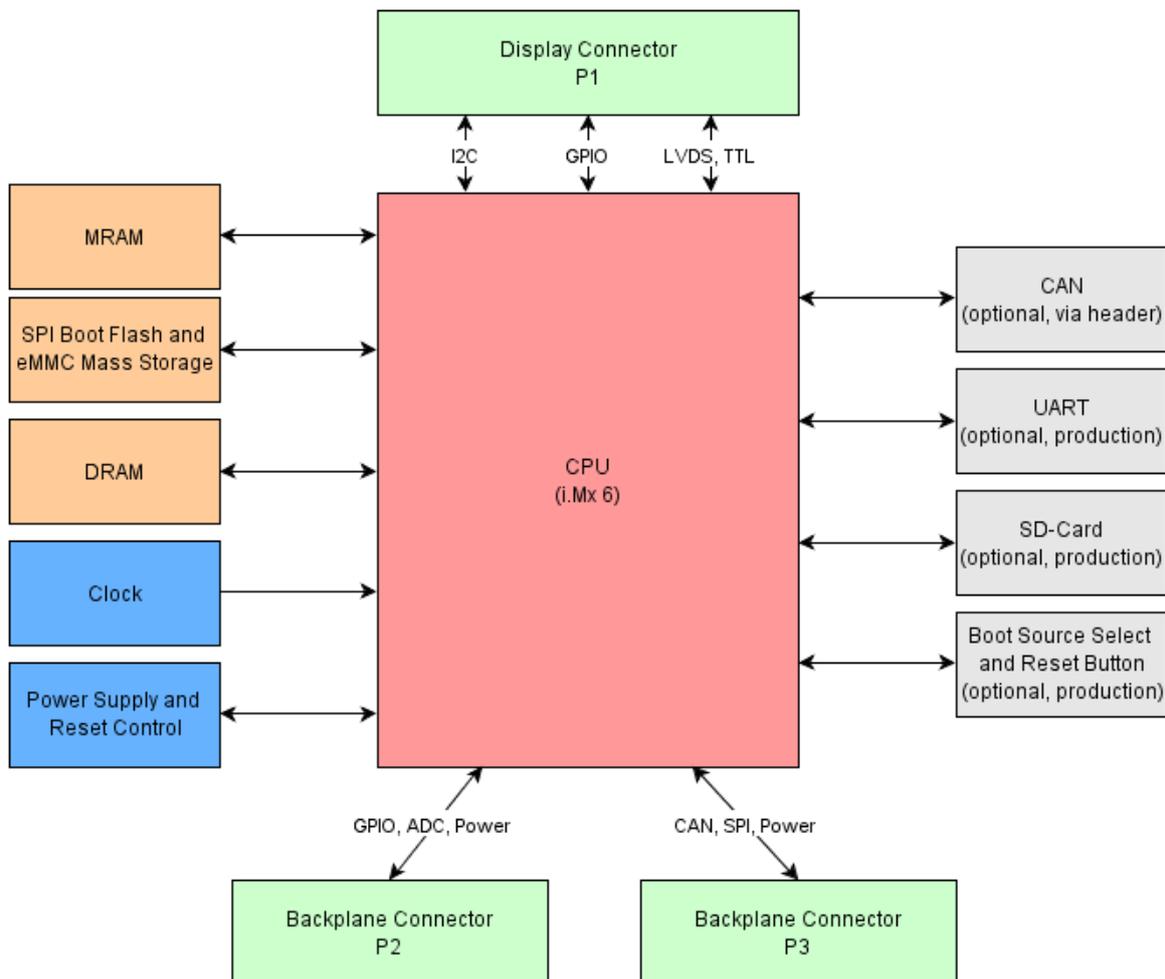


Abb.7: Blockdiagramm der EDM-23 Rechnerplattform gemäß Systemspezifikation

In Bezug auf die geforderten Displayvarianten, wurde die Elektronik in 4 verschiedenen Varianten ausgelegt, die wie folgt realisiert wurden:

- Variante V1: Single core CPU and LVDS display interface
- Variante V2: Single core CPU and 3x8 Bit TTL display interface
- Variante V3: Quad core CPU and LVDS display interface
- Variante V4: Quad core CPU and 3x8 Bit TTL display interface

Je nach Leistungsanforderung der Displays sind zwei pin-kompatible i.MX6 CPUs vorgesehen (Single und Quad Core), die als Bestückungsoptionen zur Verfügung stehen. Zusätzlich wurden entsprechend unterschiedliche Displayansteuerungen durch Bauteilvarianten realisiert, die im Fertigungsprozess bestimmt werden können. Um die CPU-Verlustleistung abzuführen wurde ein passives Kühlkonzept, sog. Conduction Cooling, durch eine Wärmeableitung über das Gehäuse vorgeschlagen, das sich an die Umsetzung im ESI-23Gerät anlehnen konnte. Die Stromversorgung der Elektronik mit entsprechender Notsstromversorgung von min. 30min. erfolgt über die Backplane.

Bezüglich Systemsicherheit und Reduzierung der Komplexität wurde auf NAND-Flash-Speicher verzichtet und dafür MRAM (magnetoresistive random-access memory) eingesetzt. Es ist zwar teurer als NAND Flash, dafür entfällt die gesamte Bad-Block-Thematik. Das DDR-RAM Konzept aus dem ESI-23 Projekt konnte umgeändert übernommen werden.

Die Elektronik wurde für eine Umgebungstemperatur für garantierten Betrieb zwischen -40°C bis $+85^{\circ}\text{C}$ und relative Feuchtigkeit von 10-90% nicht kondensierend (im Betrieb) spezifiziert und gefertigt. Das Board wurde darüber hinaus so ausgelegt, dass es über den gesamten Betriebstemperaturbereich und alle Feuchtigkeitsbedingungen gegen Pilzwachstum geschützt ist.

Software Design

Wiederum aufbauend auf den Ergebnissen des ESI-23 Konzepts wurden die Arbeitspakete AP1500, AP1600, AP2200 für die Umsetzung im EDM-23 gemeinschaftlich bearbeitet.

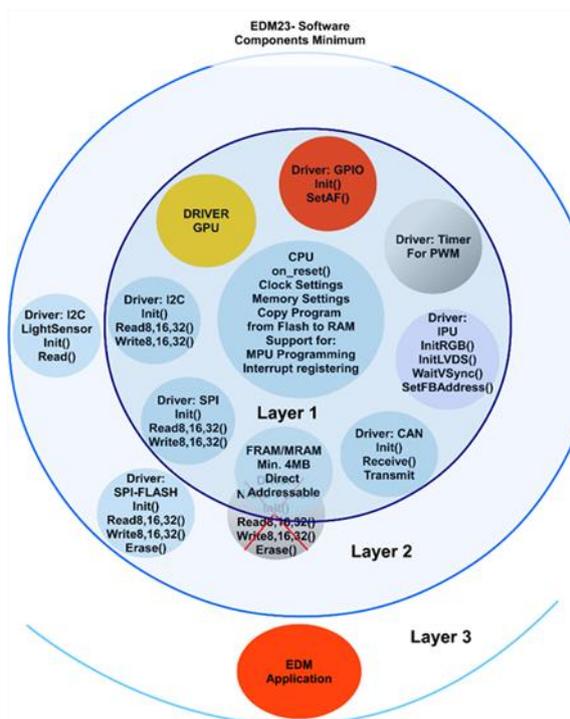


Abb.8: Diagramm der aus der Spezifikation abgeleiteten EDM-23 Softwarefunktionen

Im Wesentlichen waren die Layer 1 und 2 mit direktem Hardwarebezug zu betrachten. Wegen zu großer Komplexität (Aufwand, Zulassung, Zeitrahmen, auch hinsichtlich einer Luftfahrtzulassung) wurde auf den Einsatz eines U-Boot (Hardwareinitialisierung und Vorbereitung eines Betriebssystemstarts) und eines Betriebssystems verzichtet. Für die Systemkonfiguration und Initialisierung sollte auf die im U-Boot enthaltene etwa 4 KB große Konfigurationstabelle zurückgegriffen werden. Hierzu wurde die entsprechende Vorgehensweise und Machbarkeit mit Aufwandsabschätzung untersucht.

Für die Tests, Inbetriebnahme und Verifikation der entwickelten Hardware konnte MicroSys auf Softwarekomponenten aus dem ESI-23-Projekt zurückgreifen, die entsprechend modifiziert wurden. Vor allem die Systeminitialisierung diente als geeignete Basis, auf der die Projektpartner ihre weiteren Softwarekomponenten aufsetzen könnten.

Mitte 2018 wurden 10 Forschungsträger der EDM-23 Gen1 erfolgreich produziert, in Betrieb genommen, verifiziert und den Verbundpartnern für die weiteren Arbeiten zur Verfügung gestellt.

II.1.1. Projektverlauf: EDM-23 Rechnerplattform Gen2

Mit dem MPC5777C Prozessor stellte NXP einen Prozessor vor, der bereits „On Chip“ Eigenschaften hat, die ihn für sicherheitsgerichtete Aufgaben als besonders geeignet ausweisen. Es bestand nun die Idee, diese Eigenschaften in einer generischen und modularen Auslegung für allgemeiner Avionik und auch Alternativen zum EDM-23 Gen1 Elektronikzept exemplarisch umzusetzen und als Forschungsträger dem Verbundprojekt zur Verfügung zu stellen.

Was zeichnet nun die MPC5777C CPU aus? Dem Blockschaltbild aus Abb.9 kann man entnehmen, dass insgesamt 3 Rechenkerne als zentrale Funktionseinheiten vorliegen, zwei e200z7 PPC Kerne und ein e200z4 Power Architecture Core. Die beiden e200z7 Kerne sind so organisiert, dass sie im sogenannten Lockstep (LS) Mode arbeiten. Dabei führen beide dieselben Funktionen aus, nur die LS-Variante etwas zeitversetzt. Dieser Zeitversatz ermöglicht einen Vergleich beider Rechenabläufe und bei abweichenden Ergebnissen können Kontrollmaßnahmen ergriffen werden, die auf Anwendungsebene zu sicherheitsgerichteten Abläufen umgesetzt werden können. Die Maßnahmen (ausgeführt hauptsächlich in Software) müssen natürlich speziell der Aufgabe und des Einsatzprofils eines Avionikgeräts gemäß analysiert, definiert werden und zu einem Sicherheitskonzept auf Geräteebene führen. Wie bereits erwähnt, sieht die hier durchgeführte Bereitstellung eines Forschungsträger diese Ausarbeitungen innerhalb des EDM-23 Projekts nicht vor, das könnte in fortführenden Projekten geschehen.

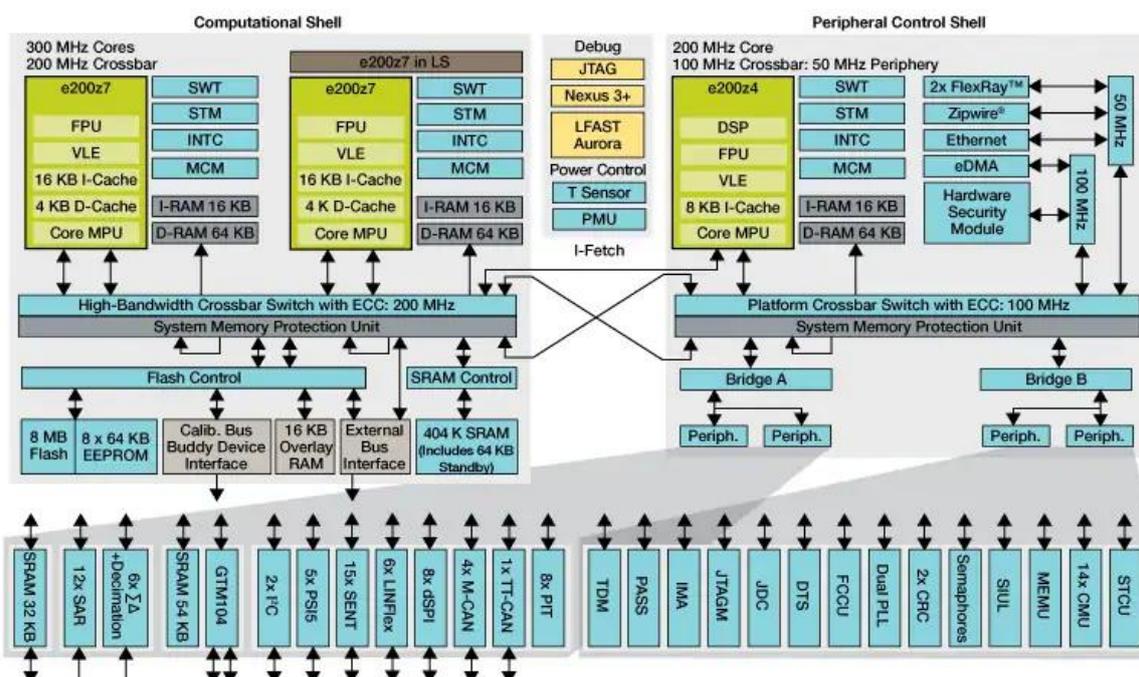


Abb.9: Blockdiagramm NXP MPC5777C Prozessor (© NXP Semiconductor)

In dem Basiskonzept für das EDM-23 Gen2-Vorhaben wurde ein Modul-Träger-Konzept umgesetzt. Dabei werden die zentralen Rechnerfunktionen auf einem sog. System on Modul konzentriert und die avionikspezifischen Aufgaben werden über ein sog. Trägerboard realisiert. Verbunden sind beide Funktionseinheiten über ein entsprechend luftfahrttaugliches Steckerkonzept.

Dabei entsteht eine Alternative zu einem voll integrierten Vorgehen wie beim EDM-23 Gen1 Rechner; eine Basis die noch größere Flexibilität und Funktionsvarianten ermöglichen kann.

Aufgrund dieses Konzepts erfolgte der Entwurf von Schaltplan, Platinenlayout und der Stückliste für die Gen2 Plattform.

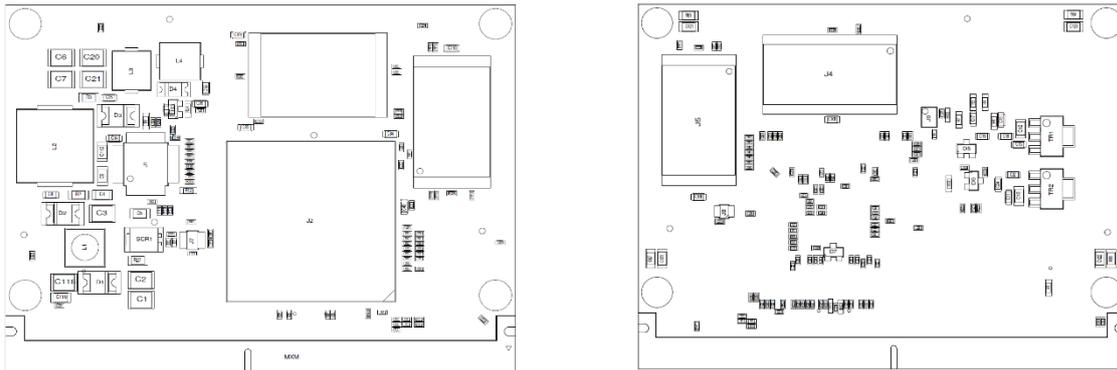


Abb.10: Platinenlayout, Ober- und Unterseite, Produktumsetzung Moduloberseite siehe Abb.5.

Die Arbeiten wurden hinsichtlich einer späteren Verwertung in der Luftfahrt gemäß eines V-Mode durchgeführt. Die Verifikation und Überprüfung der einzelnen Arbeitsergebnisse erfolgte wie auch in den anderen Projektarbeiten in enger Kooperation mit den Verbundpartnern. Die Entwicklungsergebnisse wurden dem vorgesehenen Review-Prozess planmäßig für die Fertigungsfreigabe beim Verbundpartner AEE unterzogen. In der ersten Hälfte von 2019 wurden 20 Prototypen gefertigt und konnten erfolgreich dem Projekt zugeführt werden.

II.2. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

II.2.1 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

In EDM-23 erarbeiteten wir im Verbund Methoden und Lösungen für zertifizierbare, modulare Avionik-Systemkomponenten. MicroSys als ein typischer Vertreter kleinerer KMU ist damit in der Lage, zertifizierte Systemlösungen mit Partnern umzusetzen und anzubieten, die bislang nur von Großunternehmen zu typischerweise hohen Kosten erhältlich sind. Gleichzeitig können damit innovative, günstigere Avionik-Lösungen auch in den breiten Markt der kleineren Flugzeuge vorstoßen. Längerfristig können mit den erzielten Forschungsergebnissen einfache bis zu sehr komplexe zertifizierte Systemlösungen wesentlich schneller und effizienter realisiert werden als bisher. Vor allem über die typisch langen Produktlebenszyklen in der embedded Branche sind damit Anpassungen an neue Techniken möglich, die auch Bestehendes berücksichtigen und Neues einfacher und effizienter integrieren. Vor allem unsere Absicht, die Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Projekt auch in andere Märkte einzubringen, eröffnet uns langfristig größere Potenziale, stärkt das Unternehmen und ist eine gute Voraussetzung für ein solides Langfristwachstum von MicroSys.

MicroSys erwartet bereits ein bis zwei Jahre nach Abschluss der Forschungsarbeiten ein zusätzliches Umsatzvolumen von 0,5 Mio. bis zu 1 Mio. Euro jährlich in Marktsegmenten Automatisierung weltweit. Das umfasst natürlich auch Anwendungen die sich mit den zurzeit großen Themen „Industrie 4.0“ und/oder dem „Internet of Things“ beschäftigen. Hier gewinnen vor allem die Bereiche Normen, Safety und Security mit neuen methodischen Lösungsansätzen, denen auch KMU unterworfen sind an Bedeutung. Die Ergebnisse aus EDM-23 werden sich deshalb für MicroSys, das mit seinen embedded Systemlösungen ja auch breite Märkte anspricht, auch in IoT und Industrie 4.0 Projekten erfolgreich niederschlagen.

Um diese Umsatzentwicklung zu erreichen wurde bereits Personal in diesem Jahr eingestellt und weitere Zuwachs ist in Planung.

II.2.2 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten

Wie bereits erläutert, trägt MicroSys als typischer Vertreter eines kleineren KMUs, Hardwareplattformen und sehr hardwarenahe Softwarekomponenten, zu zertifizierbaren Gesamtlösungen bei. Aus eigener Kraft komplette Avioniklösungen anzustreben steht aufgrund dieser fokussierten Kompetenz aus Ressource-, Aufwand- und Marktzugangsgründen nicht in der zentralen Ausrichtung des Unternehmens.

MicroSys ist und beliebt erfolgreich durch innovative embedded Systemlösungen, die vor allem durch seine schlanken Strukturen zügig am Markt platziert werden. Durch enge Kooperation mit Halbleiterherstellern und Partnern wobei wir auch unsere Kunden hier sehr oft miteinbeziehen, können oft völlig neue technische Wege beschritten werden.

Dieses Know-how können wir in geeigneten Forschungsk Kooperationen wiederum unseren Forschungspartnern zu Verfügung stellen. Mit dieser Art von Zusammenarbeit entsteht ein sich befruchtender Kreislauf, der letztendlich Innovationen für neue Märkte im Verbund schafft.

II.3. Bekannt gewordene Fortschritte auf diesem Gebiet und anderen Stellen

Im Bereich Prozessoren und CPUs für eingebettete Systemlösungen sind die Innovationsraten sehr hoch und werden in der Regel von Herstellern bedient, die die damit verbundenen großen bis sehr großen Stückzahlgeschäfte sehr gut bedienen können.

Soll technisch-wissenschaftlich Neuland in einem Umfeld betreten werden, in dem embedded Speziallösungen avisiert werden, dann empfiehlt es sich aus den gewonnenen Erkenntnissen im EDM-23 Projekt, möglichst auf Vorentwicklungen aufzusetzen oder als alternative Lösungen mit System on Module-Technologie zu verfahren. Nur so sind aus der Sicht von MicroSys entsprechende Kostenrahmen und Zeitpläne wie in dem vorliegenden Verbundprojekt zu bewältigen. Fortschritte, die vom sog. Massenmarkt zu Verfügung gestellt werden, lassen sich so optimal mit dedizierten Speziallösungen, wie sie kosten- und zeitgerecht von KMU realisiert werden können vereinen. Beide Vorgehensweisen konnten innerhalb des Vorhabens von MicroSys aufgezeigt und erfolgreich umgesetzt werden.

II.4. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Eine Reihe von öffentlichen Präsentationen des Projekts wurden bereits auf Fachtagungen, Seminaren, Kongressen und Ausstellungen seitens der Verbundpartner durchgeführt. Details hierzu sind an dieser Stelle in den individuellen Abschlussberichten zu finden. MicroSys, als Hersteller von embedded Systemen und Geräten, stellte Teilergebnisse bereits auf dafür typischen Messen und Tagungen aus. Hier zu nennen sind die Messen Embedded World (2017-2020), Forum Safety & Security (2017-2018) und ESE Kongress (2017-2019). In gleicher Weise werden wir auch künftig die Ergebnisse in Form unserer Elektroniklösungen der Fachwelt vorstellen, mit dem Ziel die Projekterfolge weiter zu vermarkten.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN entfällt	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Abschlußbericht
3. Titel Triebwerksdatenanzeigergerät für CS-23 Flugzeuge Teilvorhaben: Umsetzung und Bereitstellung eines Rechnermoduls auf Basis des ESI-23 Konzepts aus LuFo 4 für das EDM-23	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Schuller Peter	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2019 6. Veröffentlichungsdatum 30.9.2020 7. Form der Publikation Abschlußbericht
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) MicroSys Electronics GmbH Mühlweg 1 D-82054 Sauerlach	9. Ber. Nr. Durchführende Institution keine 10. Förderkennzeichen 20Q1514C 11. Seitenzahl 16
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Scharnhorststr. 34-37 10115 Berlin	13. Literaturangaben kein 14. Tabellen keine 15. Abbildungen Abb.1: Projektstrukturplan Abb.2: EDM-23 System - Display mit Triebwerksanzeigen und Rechner Abb.3: Rechnermodul ESI-23 Konzept aus LuFo 4 Abb.4.: EDM-23 Forschungsträger, wie er 2018 von MicroSys dem Projekt bereitgestellt wurde Abb.5: MPX-C5777 Rechnermodul, eine generische Rechnerplattform für sicherheitsgerichtete Avionikaufgaben, realisiert in 2019 Abb. 6: Projektstrukturplan, die wesentlichen MicroSys-APs für den DCC Abb.7: Blockdiagramm der EDM-23 Rechnerplattform gemäß System-spezifikation Abb.8: Diagramm der aus der Spezifikation abgeleiteten EDM-23 Softwarefunktionen Abb.9: Blockdiagramm NXP MPC5777C Prozessor (© NXP Semiconductor) Abb.10: Platinenlayout, Ober- und Unterseite, Produktumsetzung Moduloberseite siehe Abb.5
16. Zusätzliche Angaben keine	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) Projektträger Luftfahrtforschung im Auftrag des BMWi EU-Kontaktstelle Luftfahrt Königswinterer Str. 522-524 53227 Bonn, zum 30.9.2020	

18. Kurzfassung

Kurzbeschreibung des Gesamtvorhabens

Wesentlicher Bestandteil des Förderprojektes war die Erzielung von Synergieeffekten durch die Bündelung der Kompetenzen regionaler KMU. Dies soll künftig die Realisierung von Produkten in gemeinsamen Projekten ermöglichen, die sonst nur von der Großindustrie zu hohen Kosten angeboten werden. Die aus den umgesetzten Forschungsergebnissen resultierenden zukünftigen Produkte (im Falle von MicroSys, zertifizierbare, modulare und kosteneffiziente Rechnerplattformen für Avionikanwendungen) sind von regionalem (Forschungspartner in EDM-23), nationalem (Forschung und Marketing) und globalem (Marketing) Interesse, mit dem Ziel, diese Produkte zu attraktiven Konditionen für die "Kleinfliegerei" anbieten zu können.

Das gemeinsame Projekt wurde von den KMU AEE (Projektleitung), KEP3, SFS und MicroSys innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens durchgeführt und erfolgreich abgeschlossen. Jedes Unternehmen setzte die jeweiligen Arbeitspakete entsprechend seiner individuellen Expertise und Stärken um. Die Projektpartner mussten daher ihren Einsatz von Prozessen und Werkzeugen koordinieren, um technische Komponenten zu entwickeln, die nicht nur den Spezifikationen, sondern auch der Preisstruktur des CS-23-Marktes in Bezug auf die Vermarktung entsprechen. Gleichzeitig mussten alle Anforderungen bezüglich Qualität, Funktionalität, Zuverlässigkeit, Wartbarkeit und Modularität erfüllt werden.

Die gemeinsamen, übergreifenden und technischen Ziele des Projekts lassen sich in der Übersicht wie folgt beschreiben:

- Erfolgreiche Entwicklung und abschließende Erprobung (V&V) eines Engine Data Monitoring Systems
- Entwicklungstechnische, vorbereitende Maßnahmen, damit ein System geschaffen wird, das nach den einschlägigen ETSO-Vorschriften zulässig ist
- ETSO-Zulassung (ADOA, EASA, Part210) durch den Projektleiter AEE parallel zum Forschungsprojekt während oder kurz nach Projektende. Dies ist nicht Teil des Finanzierungsplans, kann aber je nach Projektfortschritt, der als positiv für die spätere und möglichst direkte Verwertung angesehen wird, parallel durchgeführt werden.

Dies bedeutete, dass die ursprünglich in der Spezifikation erarbeiteten technischen Parameter am Ende der Projektlaufzeit implementiert und funktionsfähig sein mussten.

Um diese ehrgeizigen Ziele sowohl technisch als auch zeitlich zu erreichen, entschied man sich, die Entwicklung eines Engine Data Monitoring Systems, basierend auf der ESI-23 Entwicklung von LuFo-4 (Electronic Standby Instrument), zu realisieren. Motordatenüberwachung bzw. Motordatenanzeige bedeutet, dass sicherheitskritische Motordaten durch die Auswertung analoger Sensoren auf einer Anzeige im Cockpit bereitgestellt werden. Dies können Informationen sein wie z.B.:

- Drehmoment
- Kraftstoffinformationen, wie z.B. Tankinhalt, Durchflussrate, Druck, Temperatur
- Öldruck und Temperatur
- Hydraulischer Druck und Temperatur
- Geschwindigkeit
- Betriebstemperaturen verschiedener Motorkomponenten

Je nach Flugzeugtyp, Typ und Anzahl der Antriebseinheiten können diese Informationen natürlich variieren und müssen entsprechend angezeigt werden. Ein Beispiel für eine solche Anzeige ist in Abb.1 dargestellt. Es zeigt ein Forschungsflugzeug mit Display und typischen Anzeigeelementen, wie sie in einem realen Cockpit zum Einsatz kommen werden.

Übersicht des Beitrags von MicroSys

Das technische Ziel für MicroSys war, wie bereits erwähnt, die Entwicklung eines Rechnermoduls basierend auf dem ESI-23-Konzept von LuFo 4 für ein Engine Data Monitoring System.

Für ESI-23 wurde ein Rechnermodul zur Verfügung gestellt, das mit Hilfe von angeschlossenen IMU/ MAG- und Flugdatenrechnern Anzeigen wie Fluglage, Höhe, Baro-Korrektur, Angezeigte Fluggeschwindigkeit, Machzahl, V_{mo}/M_{mo}, Slip/Skid, Steuerkurs, Wendegeschwindigkeit verarbeiten kann.

Aus dieser Konstruktion konnten Projekterfahrungen und wesentliche technische Grundlagen abgeleitet, modifiziert und auf das Projekt EDM-23 übertragen werden. Dies waren Konzepte wie:

- Entwurf der Leistungsparameter und damit Auswahl eines geeigneten Prozessors und einer geeigneten E/A-Struktur
- Auswahl der Speicherarchitektur und Anbindung an die CPU
- Auswahl geeigneter Systemkomponenten auch unter Berücksichtigung von Luftfahrt- und Marktanforderungen, wie z.B. Langzeitverfügbarkeit

Für EDM-23 wurden auf dieser Basis Funktionen wie geeignete Displayanbindungen (entweder eigenes Display, vorhandenes Glascockpit oder vorhandene Displays, separate oder integrierte Lösung muss möglich sein) von flugzeugspezifischen und unterschiedlichen Eingangssignalen realisiert. Diese Eigenschaften erforderten ein weitgehend modulares und flexibles Input/Output-Konzept, das um die zentralen Rechnerfunktionen herum konzipiert wurde und nach Abschluss des Projektes dem zukünftigen Marktumfeld der CS-23-Flugzeuge gerecht werden soll.

Die Umsetzung dieser Spezifikationen war bereits bei der Systemdefinition und der funktionalen Aufteilung der Arbeitspakete ein wesentlicher Schwerpunkt. Einige Schnittstellen (z.B. Sensorik) haben zwar eine klare Zuordnung, mussten aber auch bei der Definition des Rechnermoduls berücksichtigt werden, da unterschiedliche physikalische Verbindungen oder unterschiedliche Datenraten und Leistungsparameter erfüllt werden müssen.

Dieses Vorgehen erleichtert auch die Zulassung und Zertifizierung entsprechender Gerätevarianten auf der Basis dieser Rechnereinheit.

Im Hinblick auf die in der Elektronikbranche üblichen schnellen Produktwechsel und doch auch kurzen Lebenszyklen, wurde im

Projekt über die Bereitstellung einer alternativen Hardwareplattform mit modernerer CPU-Architektur nachgedacht. Nach eingehenden Analysen geeigneter CPU-Kandidaten hinsichtlich Funktion, größerer Flexibilität zusätzlicher Avionik-Einsatzspektrums und Langzeitverfügbarkeit, wurde die Entscheidung getroffen Prototypen mit einer NXP MPC5777 CPU aufzubauen, eine Gen2 EDM-23 Basiselektronik. Die MPC5777 CPU ist mit drei Rechenkernen ausgestattet, wovon zwei in einem Lockstep-Modus arbeiten. Dabei läuft ein Rechenkern sozusagen dem anderen hinterher und überwacht gleichzeitig dessen Funktionen. Diese Funktion auf Chipebene ermöglicht die Einführung gewisser funktionaler Sicherheitsaspekte bereits im Rechenkern.

Natürlich bedarf es zur Bereitstellung dieser FUSI-Aspekte auf Anwendungsebene entsprechende Softwareentwicklungen, die spezifisch der Sicherheitsanforderungen der Applikation untersucht und umgesetzt werden müssen. Für die Realisierung solch einer Sicherheitsanwendung in der Avionik kann die EDM-23 Gen2 Plattform eine gute Ausgangsbasis sein. Der Umfang dieses Vorhabens würde den Rahmen des aktuellen EDM-23 Projekts allerdings sprengen und könnte möglicherweise Bestandteil eines weiteren Verbundprojekts sein.

Die Bereitstellung einer EDM-23 Gen2 Rechnerplattform, wie oben beschrieben, wurde den Verbundpartnern und dem Projektträger Mitte 2018 vorgeschlagen und positiv beschieden.

Nach eingehenden Voruntersuchungen wurde die Entscheidung getroffen innerhalb von AP2000 ein Rechnermodul mit einer MPC5777 CPU von NXP zu entwerfen und im Rahmen des Verbundprojekts umzusetzen. Solch ein Modul enthält die zentralen Rechnerfunktionen, die anwendungsspezifischen Avionikanforderungen können auf gesonderten Trägerplatinen realisiert werden. Modul und Träger werden über ein luftfahrttaugliches Steckersystem verbunden. Solch ein Rechnerarchitektur kann ggf. für EDM-23-Aufgaben Einsatz finden und könnte auch als generische, modulare Avionikplattform für vielfältige Einsatzzwecke verwendet werden.

Die Arbeiten wurden hinsichtlich einer späteren Verwertung in der Luftfahrt gemäß eines V-Modells durchgeführt. Die Verifikation und Überprüfung der einzelnen Arbeitsergebnisse erfolgte in enger Kooperation mit den Verbundpartnern. Prototypen konnten innerhalb des EDM-23 Projektzeitraums wie beabsichtigt erfolgreich realisiert werden. Die Entwicklungsergebnisse wurden dem vorgesehenen Review-Prozess planmäßig für die Fertigungsfreigabe beim Verbundpartner AEE unterzogen

19. Schlagwörter

20. Verlag

21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN not applicable	2. type of document (e.g. report, publication) final project report
3. title Engine Data Monitoring System -EDM-23- for Class CS-23-Aeroplanes Subproject: Implementation and provision of a computer module based on the ESI-23 concept from LuFo 4 for the EDM-23	
4. author(s) (family name, first name(s)) Peter Schuller	5. end of project 12/31/2019 6. publication date 09/30/2020 7. form of publication final project report
8. performing organization(s) (name, address) MicroSys Electronics GmbH Muehlweg 1 D-82054 Sauerlach, Germany	9. originator's report no. not applicable 10. reference no. 20Q1514C 11. no. of pages 16
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie Scharnhorststr. 34-37 10115 Berlin	13. no. of references none 14. no. of tables none
15. no. of figures Fig. 1: Diagram of the Project Structure Fig. 2: Abb.2: EDM-23 System - Display mit Triebwerksanzeigen und Rechner - Fig. 3: Computer module: ESI-23 concept from LuFo 4 Fig. 4: EDM-23 research carrier as provided to the project by MicroSys in 2018 Fig.5: MPX-C5777 computer module, a generic compute platform for safety-related avionics tasks, realized in 2019 Fig. 6: Diagram of the Project Structure the essential MicroSys APs for the DCC Fig. 7: Block diagram of the EDM-23 computer platform according to system specification Fig. 8: Diagram of the EDM-23software functions derived from the specification Fig. 9: Block Diagramm NXP MPC5777C Prozessor (© NXP Semiconductor) Fig. 10: Board layout, top and bottom side	
16. supplementary notes none	
17. presented at (title, place, date) Project Managment Agency in behalf of the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMWi), DLR – German Aerospace Center – Königswinterer Str. 522 – 524, 53227 Bonn, GER	

Executive Summary

An essential component of the funding project was to achieve synergy effects by bundling the competencies of regional SMEs. This should enable the realization of products in joint projects in the future, which are otherwise only offered by large-scale industry at high costs. The future products (in the case of MicroSys, certifiable, modular and cost-efficient computer platforms for avionics applications) resulting from the implemented research results are of regional (research partner in EDM-23), national (research and marketing) and global (marketing) interest, given the objective of being able to offer these products at attractive conditions for "small-scale aviation".

The joint project was carried out and successfully completed by the SMEs AEE (project leadership), KEP3, SFS and MicroSys within the specified time frame. Each company implemented the respective work packages according to its individual expertise and strengths. The project partners therefore had to coordinate their use of processes and tools in order to develop technical components that not only meet the specifications but also the price structure of the CS-23 market in terms of marketing. At the same time, all requirements regarding quality, functionality, reliability, maintainability and modularity had to be met.

The common, overarching, and technical objectives of the project can be described in the overview as follows:

- Successful development and final testing (V&V) of an Engine Data Monitoring System
- Developmental, preparatory measures, so that a system is created that is admissible according to relevant ETSO regulations
- ETSO approval (ADOA, EASA, Part210) by the project leader AEE parallel to the research project during or shortly after the end of the project. This is not part of the funding plan but can be carried out in parallel depending on the progress of the project, which is seen as positive for the later and, if possible, direct exploitation.

This meant that the technical parameters initially worked out in the specification had to be implemented and functional at the end of the project term.

In order to achieve these ambitious goals technically as well as within the time frame, the decision was made to realize the development of an Engine Data Monitoring System, based on the ESI-23 development from LuFo-4 (Electronic Standby Instrument).

Engine data monitoring or engine data display means that safety-critical engine data is provided by evaluating analog sensors on a display in the cockpit. This can be information such as:

- Torque
- Fuel information, such as tank capacity, flow rate, pressure, temperature
- Oil pressure and temperature
- Hydraulic pressure and temperature
- Speed
- Operating temperatures of various engine components

Depending on the type of aircraft, the type and number of drive units, this information can of course vary and must be displayed accordingly. An example of such a display is shown in Fig.1. It shows a research carrier with display and typical display elements as they will be used in a real cockpit.

Overview of the contribution by MicroSys

The technical goal for MicroSys was, as already mentioned, the development of a computer module based on the ESI-23 concept from LuFo 4 for an Engine Data Monitoring System.

A computer module was provided for ESI-23 that could process displays such as Attitude, Altitude, Baro Correction, Indicated Airspeed, Mach number, Vmo/Mmo, Slip/ Skid, Heading, Turn rate with the help of connected IMU/ MAG and air data computers.

Project experiences and essential technical basics could be derived from this design, modified and transferred to the EDM-23 project. These were concepts like:

- Design of the performance parameters and thus selection of a suitable processor and I/O structure
- Selection of the memory architecture and connection to the CPU
- Selection of suitable system components also with regard to aviation and market requirements, such as Long-term availability

For EDM-23, functions such as: suitable display connections (either own display, existing glass cockpit, or existing displays, separate or integrated solution must be possible) of aircraft-specific and different input signals were realized on this basis. These characteristics required a largely modular and flexible input/output concept, which was designed around the central computer functions and which, after the end of the project, is to meet the future market environment of CS-23 aircraft.

The implementation of these specifications was already a major focus during the system definition and functional division of the work packages. Although some interfaces (e.g. Sen-sorik) have a clear assignment, they also had to be taken into account when defining the computer module, since different physical connections or different data rates and performance parameters have to be fulfilled.

This procedure also facilitates the approval and certification of corresponding device variants based on this computer unit.

In view of the rapid product changes and short life cycles that are common in the electronics industry, the project considered providing an alternative hardware platform with a more modern CPU architecture. After detailed analyses of suitable CPU candidates regarding function, greater flexibility of additional avionics application spectra and long-term availability, the decision was made to build prototypes with an NXP MPC5777 CPU, a Gen2 EDM-23 basic electronics. The MPC5777 CPU is equipped with three cores, two of which operate in lockstep mode. One core follows the other one and monitors the functions of the other one. This function at chip level allows certain functional security aspects to be hijacked already in the computer core.

Of course, in order to provide these FUSI aspects on the application level, appropriate software developments are required, which have to be examined and implemented specifically to the security requirements of the application. The EDM-23 Gen2 platform can be a good starting point for the realization of such a safety application in avionics. However, the scope of this project would go beyond the scope of the current EDM-23 project and could possibly be part of another joint project.

The provision of an EDM-23 Gen2 computing platform, as described above, was proposed to the consortium partners and the project management organization in mid-2018 and was approved.

After detailed preliminary investigations, the decision was made within AP2000 to design a computer module with an MPC5777 CPU from NXP and to implement it within the framework of the joint project. Such a module contains the central computer functions, the application-specific avionics requirements can be realized on separate carrier boards. Module and carrier are connected via an aviation-grade connector system. Such a computer architecture can be used for EDM-23 tasks and could also be used as a generic, modular avionics platform for a variety of applications.

The work was carried out with a view to later use in aviation according to a V-model. The verification and verification of the individual work results was carried out in close cooperation with the partners. Prototypes were successfully realized within the EDM-23 project period as intended. The development results were subjected to the planned review process for the production release at the alliance partner AEE.

19. keywords

20. publisher

21. price