



FALCON BMS

MIKROCONTROLLER

DEUTSCHE BEDIENUNGSANLEITUNG



HARDWARE READY / FALCON BMS 4.38

DEIN COCKPIT. DEINE HARDWARE.

Mikrocontroller-Ausgaben von Grund auf erklärt
im BMS Live Monitor

ERKENNEN / ZUORDNEN / VERSTEHEN / SICHER AUSGEBEN

USB, LAN und Simulator mit klaren LED- und Datenwegen.

ZIELSYSTEM

Windows x64 / Falcon BMS 4.38

ANWENDUNG

BMS Live Monitor / Mikrocontroller

TRANSPORT

USB / LAN / lokaler Simulator

KATALOG

54 Datenfelder / 120 Lampenzellen

Hinweise zu diesem Handbuch

GÜLTIGKEITSBEREICH

Diese Anleitung beschreibt die Registerkarte MIKROCONTROLLER im lokalen BMS Live Monitor Quellstand 1.10.19 vom 02.09.2026. Sie gilt ausschließlich für Falcon BMS 4.38 mit FlightData 118 und FlightData2 23.

Sie beginnt absichtlich bei null. Begriffe wie COM-Port, Baudrate, Protokoll, Datenfeld, LED-Kanal, Rohwert, Delta und Safe-State werden erklärt, bevor Sie etwas konfigurieren.

Was dieses Dokument vollständig erklärt

- Prinzip und Datenweg vom Falcon-Cockpit bis zum Mikrocontroller.
- Alle sichtbaren Felder, Registerkarten, Schaltflächen und Statusmeldungen.
- Einrichtung mit lokalem Simulator, echtem USB-Gerät oder LAN-Controller.
- BASCOM LED 64, einzelne LED-Befehle und NAME#WERT mit exakten Beispielen.
- Alle 54 Roh- und Textsignale sowie den vollständigen Katalog mit 120 Lampenzellen.
- Automatische Pit-Freigabe, Blinklogik, Nur-Änderung-Senden und sicheren Zustand.

ARDUINO-CODE KOMMT IN EIN EIGENES DOKUMENT

Dieses Handbuch erklärt, was die PC-Seite sendet und was ein Mikrocontroller grundsätzlich verstehen muss. Einen Arduino-Sketch, Parsercode, Bibliotheken, Pinbelegung und konkrete Firmware bauen wir bewusst in der separaten Arduino-Anleitung.

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zu diesem Handbuch	2
Inhaltsverzeichnis	3
1. Wozu dient die Registerkarte Mikrocontroller?	5
2. Das Prinzip vom Datenfeld bis zur Hardware	6
3. Aufbau der Registerkarte	7
4. Grundbegriffe ohne Fachchinesisch	8
5. Sicher vorbereiten, bevor Hardware live geht	9
6. Controllerzeile - jedes Feld erklärt	10
7. Der empfohlene erste Test mit dem Simulator	11
8. Einen echten USB-Controller einrichten	12
9. Einen LAN-Controller einrichten	13
10. Die drei Protokollauswahlen	14
11. BASCOM LED 64 exakt verstanden	15
12. Einzelne LED-Befehle exakt verstanden	16
13. LED-Zuordnung - jedes Feld erklärt	17
14. Komplettes LED-Beispiel: MASTER CAUTION	18
15. Rohdaten + DED/PFL - jedes Feld erklärt	19
16. Nachkommastellen, Delta und Safe-Wert	20
17. DED und PFL als vollständige Textpakete	21
18. Live-Entscheidungen und Blinkphasen	22
19. Besondere Lampenlogik, die der PC bereits erledigt	23
20. Automatik, Pit-Gate und sicherer Zustand	24
21. Mehrere Controller sauber aufteilen	25

22. Speichern und Änderungen dokumentieren	26
23. Sichere Erstinbetriebnahme von A bis Z	27
24. Statusmeldungen und Fehlerbehebung	28
25. Datenfeldkatalog - Fluginstrumente	29
26. Datenfeldkatalog - Kompass, HSI und Triebwerk	30
27. Datenfeldkatalog - Kraftstoff, Hydraulik, Trim und allgemeine Anzeigen	31
28. Datenfeldkatalog - Textanzeigen, Funk, TACAN und CMDS	32
29. Lampenkatalog - LightBits, Teil 1	33
30. Lampenkatalog - LightBits, Teil 2	34
31. Lampenkatalog - RWR und CMDS	35
32. Lampenkatalog - LightBits2 und Elektrik	36
33. Lampenkatalog - LightBits3, FLCS und Marker	37
34. Lampenkatalog - ECM-Programme 1 bis 5	38
35. Häufige Denkfehler	39
36. Was im separaten Arduino-Dokument folgt	40

1. Wozu dient die Registerkarte Mikrocontroller?

Die Registerkarte ist die Brücke zwischen den Falcon-BMS-Flugdaten im PC und physischer Cockpithardware. Sie wählt Daten aus, ordnet sie einem Gerät zu und sendet daraus einfache Befehle. Sie ist ein Ausgabemodul: Sie liest Falcon, steuert Falcon aber nicht.

Zwei unterschiedliche Ausgabewelten

Physische Lampen	Falcon liefert fertige Lampenzustände. Der Live Monitor löst Blink-, RWR-, ECM- und Testlogik auf und sendet AN oder AUS.
Roh- und Textdaten	Instrumentwerte wie RPM, Höhe und KIAS sowie DED/PFL werden als name#wert-Nachrichten übertragen.

Ein einfaches Bild im Kopf

```
Falcon BMS 4.38
  | Shared Memory
  v
BMS Live Monitor
  |-- fertige Lampenentscheidung --> LED-Karte
  `-- Rohwert oder Textpaket -----> Anzeige / Motorsteuerung
```

KEIN EINGABEKANAL ZU FALCON

Eine LED-Zuordnung oder ein Rohdatenfeld drückt keinen Schalter im Simulator. Die Registerkarte überträgt ausschließlich Cockpitzustände nach außen.

2. Das Prinzip vom Datenfeld bis zur Hardware

- 1 Falcon BMS schreibt seinen aktuellen Flugzustand in den gemeinsamen Speicher des PCs.
- 2 Der BMS Live Monitor liest den für BMS 4.38 festgelegten Datenvertrag.
- 3 Für Lampen wird aus Rohbits, Blinkbits, RWR-Status, ECM-Zuständen und Stromversorgung eine fertige AN/AUS-Entscheidung.
- 4 Für Instrumente wird der ausgewählte Zahlen- oder Textwert formatiert.
- 5 Eine Zuordnung sagt: Dieses Signal geht an genau diesen WHOAMI-Controller.
- 6 Der Router schreibt den passenden Drahtbefehl über USB, LAN oder den lokalen Simulator.
- 7 Der Mikrocontroller empfängt das Ziel und bewegt erst dort LED, Display, Servo oder Schrittmotor.

Wer ist wofür verantwortlich?

Ebene	Aufgabe	Nicht ihre Aufgabe
Falcon BMS	Flugphysik und Cockpitlogik	Keine Kenntnis Ihrer Pins
BMS Live Monitor	Lesen, auflösen, zuordnen, sicher senden	Keine Motor-Homing-Routine
Mikrocontroller-Firmware	Empfangen, prüfen, ausgeben, begrenzen	Keine Falcon-Lampenlogik erfinden
Elektronik	Treiber, Strom, Schutz, Verdrahtung	Nicht direkt aus dem PC-Protokoll ableitbar

WICHTIG FÜR SPÄTER

Der PC sendet Zielzustände. Homing, Endschalter, Motor- und Servorampen, 0/360-Grad-Kürzestweg sowie ein lokaler Timeout-Safe-State gehören in die Mikrocontroller-Firmware.

3. Aufbau der Registerkarte

Die Seite besteht aus einem gemeinsamen Controllerbereich, drei Unterseiten für die Zuordnungen und einer unteren Aktionsleiste.

Bereich	Was Sie dort tun	Merksatz
1 · Controller per WHOAMI erkennen	Gerät, Transport, Protokoll, Geschwindigkeit und Endpunkt festlegen	Zuerst das Gerät
2 · LED-Zuordnung	Eine Falcon-Lampe einem Ausgang zuweisen	Dann die Lampen
3 · Rohdaten + DED/PFL	Zahlen- und Textwerte einem Controller zuweisen	Dann Instrumentdaten
4 · Live-Entscheidungen	Nachsehen, warum eine Lampe logisch und tatsächlich an oder aus ist	Hier wird erklärt, nicht eingestellt
Untere Leiste	Suchen, Fund übernehmen, Simulator starten, speichern, Zusammenfassung kopieren	Einrichten und kontrollieren

Kopfzeile und Ampeltext

BMS 4.38 LIVE · IM PIT	Aktuelle Daten liegen vor und die Hardwareausgänge sind automatisch freigegeben.
NICHT IM PIT · SAFE	Falcon liefert Daten, aber Sie befinden sich nicht im 3D-Cockpit. Ausgänge bleiben sicher.
KEINE FRISCHEN FLUGDATEN · SAFE	Keine aktuelle Telemetrie. Letzte Werte werden nicht als live weiterverwendet.

AUTOMATIK IST ABSICHT

Der Controller wird für die Nutzdatenausgabe erst im Pit verbunden. Beim Verlassen des Pits wird einmal der sichere Zustand gesendet und die Verbindung anschließend geschlossen.

4. Grundbegriffe ohne Fachchinesisch

Begriff	Einfache Erklärung	Beispiel
Mikrocontroller	Kleiner Rechner auf einer Platine, der Pins, LEDs, Displays und Motoren bedient	Arduino, ESP32 oder eigene Steuerkarte
Firmware	Programm, das auf dem Mikrocontroller läuft	Liest Zeilen bis zum Zeichen CR
Controller	Eine in der Registerkarte gespeicherte Gegenstelle	LED001
WHOAMI	Namensfrage zur sicheren Identifizierung	PC sendet WHOAMI, Gerät antwortet LED001
COM-Port	Windows-Name einer seriellen USB-Verbindung	COM5
Baudrate	Übertragungsgeschwindigkeit der seriellen Verbindung	115200 Baud
Protokoll	Gemeinsame Sprache zwischen PC und Gerät	LED#... oder rpm#75.3
Route / Zuordnung	Regel, welches Signal wohin geht	MASTER CAUTION -> LED001 -> Ausgang 27
CR	Carriage Return, Zeichen 13, beendet jede Drahtnachricht	rpm#75.3\r
Safe-State	Bewusst ungefährlicher Zustand bei fehlenden Live-Daten	LED aus, Rohwert 0, DED leer

CR IST KEIN SICHTBARER BUCHSTABE

Die Schreibweise \r in Beispielen steht für ein einzelnes Steuerzeichen am Nachrichtenende. Die Zeichen Backslash und r werden nicht als zwei normale Zeichen übertragen.

5. Sicher vorbereiten, bevor Hardware live geht

Elektrische Grundregeln

- LEDs nur mit passendem Vorwiderstand betreiben.
- Motoren, Relais, Magnetspulen, starke Lampen und größere LED-Gruppen niemals direkt aus einem Mikrocontroller-Pin versorgen.
- Geeignete Treiberstufen, Freilaufpfade, Sicherungen und eine passend dimensionierte Stromversorgung verwenden.
- Massen nur nach einem geprüften Schaltungsplan verbinden. USB ist keine Leistungsversorgung für das gesamte Cockpit.
- Beim ersten Test Aktoren mechanisch entkoppeln oder in eine sichere Mittelstellung bringen.

Softwareseitiger Sicherheitsplan

- 1 Zuerst ausschließlich den lokalen Simulator verwenden.
- 2 Danach nur einen Controller und nur eine Zuordnung aktivieren.
- 3 Safe-Wert und Richtung AN/AUS prüfen.
- 4 Erst dann echte Hardware verbinden und mit einer einzelnen ungefährlichen LED beginnen.
- 5 Motoren und Servos erst nach getesteten Endgrenzen, Rampen und lokalem Timeout zuschalten.

KEINE TREIBER ODER GRAFIKKARTE DEAKTIVIEREN

Ein Mikrocontroller- oder COM-Problem wird nicht durch das Abschalten der Grafikkarte gelöst. Fehler über Status, WHOAMI, Port, Baudrate, Protokoll und exakt eine Testzuordnung eingrenzen.

FIRMWARE BRAUCHT EINEN EIGENEN WATCHDOG

Kann der PC einen getrennten Controller nicht mehr erreichen, kann er diesem auch keinen letzten Safe-Befehl garantieren. Deshalb muss die spätere Firmware nach einem Empfangstimeout selbst in einen sicheren Zustand wechseln.

6. Controllerzeile - jedes Feld erklärt

Feld	Bedeutung	Gute Starteinstellung
AKTIV	Nur aktive Controller werden im Pit verbunden und beliefert	Erst nach vollständiger Zeile einschalten
WHOAMI-NAME	Dauerhafte Identität des Geräts; nicht einfach der COM-Port	Eindeutig, zum Beispiel LED001
TYP	MIKROCONTROLLER, SIMULATOR, LAN oder ANDERER	Passend zum echten Transport
PROTOKOLL	Wie Lampen und Werte geschrieben werden	BASCOM LED 64, NAME#WERT oder GEMISCHT
BAUD	Serielle Geschwindigkeit für USB/COM	115200; muss zur Firmware passen
LETZTER / BEVORZUGTER PORT	Gespeicherter COM-, LAN- oder Simulator-Endpunkt	COM5, LAN:192.168.1.40:43870 oder SIM:LED001
PAUSE ms	Wartezeit nach jedem geschriebenen Befehl	0 bei BASCOM-Paket; sonst zunächst 8
JETZT GEFUNDEN	Aktuell ermittelter Endpunkt	Nur Anzeige
STATUS	Verbindung, Wartezustand oder genaue Fehlerursache	Vor jeder Fehlersuche lesen

TYP richtig wählen

MIKROCONTROLLER	Reales serielles USB-Gerät über einen Windows-COM-Port.
SIMULATOR	Lokale virtuelle Gegenstelle ohne COM-Treiber.
LAN	Controller im vertrauenswürdigen lokalen Netzwerk; Datenweg über TCP.
ANDERER	Ebenfalls serieller COM-Weg für nicht näher bezeichnete Hardware.

7. Der empfohlene erste Test mit dem Simulator

- 1 In der Registerkarte MIKROCONTROLLER auf SIMULATOR STARTEN klicken.
- 2 Im Simulator einen vorhandenen virtuellen Controller auswählen oder einen neuen mit eindeutigem WHOAMI-Namen anlegen.
- 3 Als Verbindung USB für einen lokalen Simulationskanal oder LAN für einen lokalen Netzwerktest wählen.
- 4 Protokoll BASCOM LED 64, NAME#WERT oder GEMISCHT passend zum geplanten echten Gerät setzen.
- 5 Im Live Monitor WHOAMI JETZT SUCHEN wählen.
- 6 Den gefundenen Eintrag in der Liste auswählen und GEFUNDENEN ÜBERNEHMEN klicken.
- 7 Eine einzelne LED- oder Rohdatenzuordnung anlegen und aktivieren.
- 8 Falcon in eine Mission und ins Pit bringen. Erst jetzt wird die Nutzdatenverbindung automatisch aktiv.
- 9 Im Simulator die exakten Pakete, 64 LED-Zustände oder empfangenen name#wert-Zeilen prüfen.

Was der Simulator beweist

- WHOAMI-Name und gewähltes Protokoll passen zusammen.
- Die Route geht an den gewünschten Controller.
- Der PC sendet das erwartete Nachrichtenformat und nur notwendige Änderungen.
- Der Safe-State erscheint beim Verlassen des Pits.

DER SIMULATOR PRÜFT KEINE ECHTE ELEKTRONIK

Ein korrektes Paket beweist noch nicht Pinbelegung, Spannung, Treiberstufe, Motordrehrichtung oder mechanische Endlage. Diese Punkte folgen später mit der Firmware- und Hardwareprüfung.

8. Einen echten USB-Controller einrichten

Voraussetzung an die spätere Firmware

```
PC -> WHOAMI\r  
Gerät -> LED001\r
```

Der WHOAMI-Name muss eindeutig und stabil sein. Er darf nicht leer sein und sollte kein |, # oder Zeilenende enthalten. Der Live Monitor arbeitet seriell mit 8 Datenbits, keiner Parität, einem Stopbit, ohne Handshake sowie ohne DTR/RTS.

Schritt für Schritt

- 1 Controller per USB verbinden und seinen aktuellen COM-Port im Windows-Geräte-Manager notieren.
- 2 CONTROLLER HINZUFÜGEN wählen. Die neue Platzhalterzeile aktivieren, Typ MIKROCONTROLLER und die richtige Baudrate setzen.
- 3 WHOAMI JETZT SUCHEN starten. Die Suche prüft die verfügbaren COM-Ports mit den konfigurierten Baudraten.
- 4 Wird das neue Gerät gefunden, seinen WHOAMI-Namen und COM-Port in der Fundliste kontrollieren.
- 5 Ist die Identität noch nicht gespeichert, GEFUNDENEN ÜBERNEHMEN wählen. Danach die Platzhalterzeile entfernen.
- 6 Ist dieselbe Identität bereits vorhanden, den neu gefundenen COM-Port in LETZTER / BEVORZUGTER PORT dieser bestehenden Zeile eintragen. Keine Doppelzeile anlegen.
- 7 Protokoll und PAUSE ms prüfen, speichern und anschließend im Pit mit nur einer Testzuordnung beginnen.

COM-PORT KANN SICH ÄNDERN

Der WHOAMI-Name ist die Identität, der gespeicherte COM-Port ist der aktuelle Weg. Nach einem USB-Portwechsel WHOAMI erneut suchen und den bevorzugten Port der bestehenden Zeile aktualisieren.

9. Einen LAN-Controller einrichten

LAN-Controller werden über eine einzelne UDP-WHOAMI-Rundfrage im lokalen IPv4-Netz gesucht. Der Standard-Suchport ist 43862. Ein Gerät antwortet mit Identität, Protokoll und seinem TCP-Datenport.

```
PC Broadcast -> WHOAMI\r an UDP 43862
Gerät       -> GAUGE001|NAME#WERT|43870\r
Nutzdaten   -> TCP-Verbindung zu IP-Adresse:43870
```

- 1 PC und Controller in dasselbe vertrauenswürdige lokale Netz bringen.
- 2 Im Controller einen eindeutigen WHOAMI-Namen und einen freien TCP-Datenport festlegen.
- 3 WHOAMI JETZT SUCHEN wählen und den LAN-Fund kontrollieren.
- 4 GEFUNDENEN ÜBERNEHMEN verwenden. Der bevorzugte Endpunkt wird als LAN:IP:PORT gespeichert.
- 5 Typ LAN, Protokoll und Routen prüfen.
- 6 Im Pit verbindet sich der Live Monitor direkt mit dem gespeicherten TCP-Endpunkt.

Sicherheitsgrenze

- Dieser Mikrocontroller-LAN-Weg ist ein einfacher lokaler Cockpitdatenweg ohne TLS und Benutzeranmeldung.
- UDP 43862 und den TCP-Datenport niemals im Internet oder als Exposed Host freigeben.
- Bei geänderter IP-Adresse WHOAMI erneut suchen und den gespeicherten Endpunkt aktualisieren.

LAN BLEIBT IM COCKPITNETZ

Routerfreigaben, öffentliche Portweiterleitungen und Internetzugriff sind für Mikrocontroller nicht erforderlich und sollen nicht eingerichtet werden.

10. Die drei Protokollauswahlen

Protokoll	LED-Verhalten	Roh- und Textdaten
BASCOM LED 64	Ein vollständiges LED#-Paket mit 64 Bits; AN/AUS-Felder sind gesperrt	Ausgewählte name#wert-Routen werden zusätzlich gesendet
NAME#WERT	Falls LED-Routen angelegt sind: eingetragene Einzelbefehle	Zahlen, DED und PFL als name#wert
GEMISCHT	Eingetragene Einzelbefehle	Zahlen, DED und PFL im selben Datenstrom

Welche Auswahl passt?

- Eine klassische 64-Kanal-LED-Karte: BASCOM LED 64.
- Ein reiner Instrument- oder Displaycontroller: NAME#WERT.
- Ein Controller mit Lampen und Instrumentwerten: GEMISCHT.

Was alle Nachrichten gemeinsam haben

Zeichensatz	ASCII für den Nutzdatenweg.
Nachrichtenende	Jede Nachricht endet mit genau einem CR-Zeichen.
Nur Änderungen	Unveränderte Pakete, Lampenzustände und Werte werden nicht ständig wiederholt.
Full Sync	Nach einer neuen Verbindung werden die aktuellen Zustände einmal vollständig synchronisiert.

PROTOKOLL MUSS AUF BEIDEN SEITEN PASSEN

Die Auswahl im Live Monitor ändert nicht automatisch die Mikrocontroller-Firmware. Beide Seiten müssen dieselbe Sprache erwarten.

11. BASCOM LED 64 exakt verstanden

Bei BASCOM LED 64 werden alle zugeordneten Ausgänge eines Controllers zu acht Bytes zusammengefasst. Acht Bytes enthalten 64 Bits. Daraus entstehen genau 16 Hex-Zeichen.

```
LED#0000000000000000\r  alle 64 Ausgänge AUS
LED#8000000000000000\r  Ausgang 1 AN
LED#0000002000000000\r  nur Ausgang 27 AN
LED#0000000000000001\r  Ausgang 64 AN
```

Bit-Reihenfolge

Ausgänge	Byte im Paket	Bitfolge
1 bis 8	Byte 1	Ausgang 1 ist das höchstwertige Bit
9 bis 16	Byte 2	gleiche Reihenfolge
17 bis 24	Byte 3	gleiche Reihenfolge
25 bis 32	Byte 4	Ausgang 27 ergibt Hex 20
57 bis 64	Byte 8	Ausgang 64 ist das niederwertigste Bit

- Der Live Monitor baut das Paket aus allen aktiven LED-Routen dieses Controllers.
- Eine einzelne Änderung erzeugt wieder ein vollständiges 64-Bit-Abbild.
- Nicht zugeordnete Kanäle stehen im Paket auf AUS.
- Jeden Kanal pro Controller nur einmal verwenden. Doppelte Kanalnummern sind unklar und zu vermeiden.

12. Einzelne LED-Befehle exakt verstanden

Bei NAME#WERT und GEMISCHT verwendet jede LED-Route zwei frei eintragbare Befehle: einen für AN und einen für AUS. Beim Anlegen einer Route erzeugt die Oberfläche automatisch das BASCOM-Einzelschema.

```
Ausgang 27 AN -> 271\r  
Ausgang 27 AUS -> 272\r  
Ausgang 5 AN -> 51\r  
Ausgang 5 AUS -> 52\r
```

So liest sich der Standard

27	Kanalnummer oder Ausgangsnummer.
1	Letzte Ziffer im Standardbefehl bedeutet AN.
2	Letzte Ziffer im Standardbefehl bedeutet AUS.

Die Befehlsfelder dürfen auch eine andere, von Ihrer Firmware definierte Zeichenfolge enthalten. Der Live Monitor akzeptiert 1 bis 64 Zeichen ohne CR oder LF. Die genaue Auswertung gehört in das spätere Firmware-Dokument.

AUS WIRD VOR AN GESENDET

Wenn in einem Zyklus mehrere Lampen wechseln, sendet der Router zuerst die AUS-Befehle und danach die AN-Befehle. Das verhindert kurze Überschneidungen bei gegenseitig ausschließenden ECM-Zellen.

13. LED-Zuordnung - jedes Feld erklärt

Feld	Bedeutung	Typischer Fehler
AKTIV	Diese einzelne Route ist freigegeben	Controller aktiv, Route aber aus
PHYSISCHE FALCON-LAMPE	Benannte Lampenzelle aus dem geprüften Katalog	Eine ähnliche, aber falsche Lampe wählen
OFFIZIELLE QUELLE	Shared-Memory-Feld und Bitmaske	Maske als eigene LED interpretieren
WHOAMI-CONTROLLER	Zielgerät der Route	NICHT ZUGEORDNET stehen lassen
AUSGANG 1-64	Physischer oder logischer LED-Kanal	0 oder doppelte Kanalnummer
EINZELBEFEHL AN	Befehl für die AN-Phase	Bei BASCOM-Paket nicht editierbar
EINZELBEFEHL AUS	Befehl für die AUS-Phase	AN und AUS vertauschen
LIVE	Tatsächlich in dieser Blinkphase gesendeter Zustand	Mit BMS-STATUS verwechseln
AN/AUS WEIL ...	Vollständige Begründung aus Zustand, Modus, Quelle und Bitmaske	Bei Diagnose nicht lesen

Regel für saubere Zuordnungen

- Ein Controllernamen muss vorhanden sein.
- Kanal muss zwischen 1 und 64 liegen.
- Jeder Kanal eines Controllers nur einmal.
- Eine Lampe darf bei Bedarf an mehrere Controller geroutet werden, dann mit getrennten Routen.
- Nach jeder Änderung im Simulator oder mit einer ungefährlichen Einzel-LED prüfen.

14. Komplettes LED-Beispiel: MASTER CAUTION

Ziel

Die physische MASTER-CAUTION-LED soll auf Controller LED001 am Ausgang 27 den echten Falcon-Zustand zeigen.

Einstellung	Wert
Controller	LED001 · MIKROCONTROLLER · BASCOM LED 64 · 115200 Baud
Falcon-Lampe	GLARESHIELD · MASTER CAUTION
Offizielle Quelle	LightBits 0x00000001
Ausgang	27
Live AUS	Paket enthält an Stelle 27 eine 0
Live AN	Paket enthält an Stelle 27 eine 1

Was tatsächlich passiert

- 1 Falcon setzt oder löscht das offizielle MASTER-CAUTION-Bit.
- 2 Der Live Monitor erkennt den logischen Lampenzustand.
- 3 Im Pit bildet er alle 64 LED-Kanäle von LED001 zu einem Paket.
- 4 Ist nur Kanal 27 an, lautet das Paket LED#0000002000000000 plus CR.
- 5 Beim Löschen der Warnung wird LED#0000000000000000 plus CR gesendet, sofern keine andere zugeordnete LED an ist.

MCANNOUNCED IST NICHT MASTER CAUTION

Die auswählbare MASTER-CAUTION-Lampe folgt LightBits.MasterCaution. Interne Vorverzögerungen oder Sammelmasken sind keine Ersatzsignale.

15. Rohdaten + DED/PFL - jedes Feld erklärt

Feld	Bedeutung	Beispiel
AKTIV	Diese Datenroute wird verwendet	Haken gesetzt
FALCON-ROHWERT	Auswahl aus 54 geprüften Zahlen- und Textsignalen	TRIEBWERK · RPM
EINHEIT / VERTRAG	Sagt, wie der Wert zu verstehen ist	Prozent; BMS-Bereich 0 bis 103
WHOAMI-CONTROLLER	Empfänger dieser Route	GAUGE001
NAME#WERT	Drahtname vor dem Zeichen #	rpm
NACHKOMMASTELLEN	Textformat 0 bis 6 Stellen; keine neue Messgenauigkeit	1 erzeugt 75.3
NUR ÄNDERUNG >=	Mindeständerung gegenüber dem zuletzt gesendeten Rohwert	0.5
SAFE-WERT	Wert bei Pit-/Telemetrieverlust	0 oder eine sichere Neutralposition
LIVE-WERT	Aktuell formatierter Wert im Pit	75.3

Ein kompletter RPM-Drahtsatz

```

Auswahl:      TRIEBWERK · RPM
Drahtname:    rpm
Nachkommastellen: 1
Nur Änderung >=: 0.5
Live-Ausgabe: rpm#75.3\r
Safe-Ausgabe: rpm#0\r
  
```

16. Nachkommastellen, Delta und Safe-Wert

Nachkommastellen

Dieses Feld bestimmt nur, wie die Zahl als Text aussieht. Aus 75,345 wird bei einer Stelle 75.3 und bei drei Stellen 75.345. Auf dem Draht wird immer ein Punkt als Dezimaltrenner verwendet.

Nur Änderung $\geq$ Delta

Letzter gesendeter Rohwert	Neuer Rohwert	Delta	Ergebnis
75.0	75.2	0.5	Nicht senden
75.0	75.5	0.5	Senden
75.5	75.7	0.5	Nicht senden
75.5	76.1	0.5	Senden

Delta wird mit dem echten Rohwert verglichen, nicht nur mit dem gerundeten Anzeigetext. Ein kleiner Wert reagiert feiner, erzeugt aber mehr Nachrichten. Ein großer Wert spart Daten, lässt Anzeigen jedoch gröber springen.

Safe-Wert bewusst wählen

- Für eine LED gibt es keinen Roh-Safe-Wert: Sie wird ausgeschaltet.
- Für reine Anzeigen ist 0 oft sinnvoll, aber nicht automatisch für jeden Aktor.
- Für einen Zeiger kann eine definierte Park- oder Neutralposition sicherer sein.
- Ein leerer Safe-Wert bedeutet bei normalen Zahlenrouten: Es wird dafür kein eigener Safe-Wert gesendet.

0 IST NICHT IMMER MECHANISCH SICHER

Die Mikrocontroller-Firmware muss Zahlen begrenzen und eine sichere Zielposition kennen. Niemals einen ungeprüften Rohwert direkt in einen Motorpuls übersetzen.

17. DED und PFL als vollständige Textpakete

DED und PFL sind keine einzelne Textzeile. Jede Nachricht enthält immer fünf Zeilen mit jeweils genau 25 Zeichen. Zwischen den Zeilen stehen vier senkrechte Striche.

```
ded#ZEILE 1 MIT 25 ZEICHEN|ZEILE 2 MIT 25 ZEICHEN|
    ZEILE 3 MIT 25 ZEICHEN|ZEILE 4 MIT 25 ZEICHEN|
    ZEILE 5 MIT 25 ZEICHEN\r
```

Wichtige Regeln

- Gesamte Nutzlast: 125 Textzeichen plus 4 Trennzeichen.
- Kürzere Zeilen werden rechts mit Leerzeichen aufgefüllt; längere nach 25 Zeichen abgeschnitten.
- Das Zeichen | innerhalb eines Falcon-Textes wird zu /, weil | der Zeilentrenner ist.
- Falcon-Steuerzeichen 1 und 2 werden als + und * sichtbar gemacht; andere Steuerzeichen als -.
- Nicht-ASCII-Zeichen werden als ? übertragen.
- Es wird nur gesendet, wenn sich das vollständige 5-Zeilen-Paket geändert hat.

Stromversorgung und Safe-State

DED	Nur bei verfügbarer Emergency Power; sonst einmal ein vollständig leeres 5-x-25-Paket.
PFL	Nur bei verfügbarer Essential Power; sonst einmal ein vollständig leeres 5-x-25-Paket.

SAFE-WERT-SPALTE IST HIER NICHT DER TEXTINHALT

Für DED und PFL erzwingt der Live Monitor immer das vollständige leere 5-x-25-Paket. Ein kurzer Platzhalter wie ||||| ersetzt dieses Paket nicht.

18. Live-Entscheidungen und Blinkphasen

Spalte	Bedeutung	Beispiel
LAMPE	Physische Lampenzelle	CAUTION PANEL · PROBE HEAT
BMS-STATUS	Logisch aktiv oder inaktiv	AKTIV
AUSGANG	In genau dieser Blinkphase AN oder AUS	AUS
MODUS	AUS, Dauerlicht oder Blinkrate	BLINKT 4 Hz
QUELLE	Shared-Memory-Feld und Maske	LightBits2 0x01000000
BEGRÜNDUNG	Komplette Entscheidung mit Rohwert und Blinkinfo	Offizieller Zustand aktiv, Blinkphase gerade AUS

Logisch AN kann tatsächlich gerade AUS sein

Eine blinkende Lampe bleibt im BMS-STATUS AKTIV. Der AUSGANG wechselt passend zur aktuellen Phase zwischen AN und AUS. Das ist kein Fehler, sondern der Unterschied zwischen Lampe soll blinken und LED ist in diesem Augenblick eingeschaltet.

Verwendete Blinkmodi

LANGSAM	1 Hz; zum Beispiel OUTER MARKER oder JFS langsam.
2 Hz	Standardblinken; zum Beispiel EPU RUN, ELEC SYS oder ECM-Warmup.
2,5 Hz	Besondere RWR-SYSTEM-Blinkphase.
4 Hz	Schnell; zum Beispiel PROBE HEAT, LAUNCH oder MIDDLE MARKER.

19. Besondere Lampenlogik, die der PC bereits erledigt

Bereich	Was der Live Monitor auflöst	Folge für die Firmware
Blinkbits	Blinken schaltet nur eine bereits aktive Lampe phasenweise	Nur empfangenes AN/AUS ausgeben
RWR	Power, Lampentest, statische Legenden, SYSTEM-Blinken und dynamische Zellen	Keine eigene RWR-Logik
ECM	Fünf Programme mit je S, A, T und F; AUS vor AN	20 getrennte Lampenzellen
MRK BCN	OUTER langsam, MIDDLE schnell mit Vorrang	Nur eine physische MRK-BCN-Lampe
JFS	FAST hat Vorrang vor SLOW	Fertige Blinkphase ausgeben
ATF NOT ENGAGED	Fertige Falcon-Caution	Keine Auslösebedingungen nachbauen

Zwei häufige Verwechslungen

- LightBits3.NoseGearDown ist die grüne Bugfahrwerksanzeige. LightBits2.GEARHANDLE ist die Warnlampe im Fahrwerkshebel und kein Ersatz dafür.
- Es gibt eine gemeinsame MRK-BCN-Lampe. Alte getrennte Zuordnungen outer-marker und middle-marker werden auf marker-beacon vereinheitlicht.

KEINE COCKPITLOGIK DOPPELT ERFINDEN

Wenn eine physische Falcon-Lampe auswählbar ist, soll die Mikrocontroller-Seite den fertigen AN/AUS-Befehl befolgen. Eigene Schwellen für RPM, Höhe oder Geschwindigkeit wären eine andere Funktion und gehören nicht in diese Lampenroute.

20. Automatik, Pit-Gate und sicherer Zustand

Wann Hardware live wird

FrISChe Telemetry	Der letzte Falcon-Datensatz ist höchstens etwa 750 ms alt.
Im Pit	Das 3D-Cockpit ist aktiv.
Kein Flugende	Falcon meldet weder End Flight noch Exit Game.
Controller aktiv	Identität und gespeicherter Endpunkt sind vorhanden.

Was beim Schließen des Gates passiert

- 1 Alle BASCOM-LED-Karten erhalten ein Nullpaket LED#0000000000000000 plus CR.
- 2 Bei Einzelbefehlen erhält jede aktive LED-Route ihren AUS-Befehl.
- 3 Jede normale Datenroute mit eingetragenen Safe-Wert erhält name#safe plus CR.
- 4 DED und PFL erhalten je ein vollständiges leeres 5-x-25-Paket.
- 5 Der Safe-State wird pro bestehender Verbindung einmal angewendet.
- 6 Danach werden die Controllerverbindungen geschlossen. Beim nächsten Pit-Eintritt erfolgt eine neue Vollsynchronisation.

SAFE BEDEUTET NICHT PAUSIERTEN ALTEN WERT

Außerhalb des Pits zeigt die Oberfläche bei Rohwerten keinen Live-Wert an. Der Router hält nicht einfach die letzte Anzeige fest, sondern wechselt gezielt auf die konfigurierte sichere Ausgabe.

21. Mehrere Controller sauber aufteilen

Beispielaufbau

WHOAMI	Protokoll	Aufgabe	Beispielrouten
LED001	BASCOM LED 64	Linke Warn- und Indexer-Lampen	MASTER CAUTION, AOA, AR/NWS
LED002	BASCOM LED 64	Caution Panel und elektrische Anzeigen	EQUIP HOT, ELEC SYS, GEN
GAUGE001	NAME#WERT	Analoge Hauptinstrumente	kias, mach, altitude, vvi
RADIO001	NAME#WERT	UHF, TACAN und CMDS-Displays	uhf-channel, tacan-ufc-channel, cmds-chaff
PANEL001	GEMISCHT	Kleine gemischte Baugruppe	einige Einzel-LEDs plus rpm und fuel-total

Vier Regeln für Ordnung

- Jeder WHOAMI-Name im Cockpit ist eindeutig.
- Jede Route zeigt auf genau einen Controller; bei doppelter Ausgabe zwei getrennte Routen anlegen.
- Kanalnummern und Drahtnamen innerhalb eines Controllers nicht doppelt verwenden.
- Pro Controller eine kleine Tabelle mit Baugruppe, Netzteil, Port, Protokoll und Zweck führen.

LÖSCHEN EINES CONTROLLERS

Wird eine Controllerzeile entfernt, werden seine bisherigen Routen nicht an ein anderes Gerät verschoben. Sie werden unzugeordnet und deaktiviert. Dadurch kann keine Zuordnung versehentlich auf fremder Hardware weiterlaufen.

22. Speichern und Änderungen dokumentieren

Speicherverhalten

- Änderungen in den Tabellen werden lokal übernommen und in den Viewer-Einstellungen gespeichert.
- **SPEICHERN** stößt das Speichern und Anwenden noch einmal ausdrücklich an.
- Die Benutzerdatei liegt unter %LOCALAPPDATA%\BmsLiveMonitor\viewer-settings.json.
- Beim Speichern wird zuerst eine temporäre Datei geschrieben und anschließend ersetzt.

ZUSAMMENFASSUNG KOPIEREN

Die Schaltfläche kopiert eine lesbare Liste der Controller, Protokolle und Routen in die Windows-Zwischenablage. Sie ist ideal für einen Bauplan, ein Supportticket oder eine Änderungskontrolle.

```
BMS LIVE MONITOR · MIKROCONTROLLER  
- AKTIV · LED001 · MIKROCONTROLLER · BASCOM LED 64 · 115200 Baud  
- GLARESHIELD · MASTER CAUTION -> LED001 · Paket-Ausgang 27  
- TRIEBWERK · RPM -> GAUGE001 · rpm#wert · Delta 0.5
```

Vor größeren Änderungen

- 1 Zusammenfassung kopieren und mit Datum speichern.
- 2 Nur eine Controller- oder Routengruppe gleichzeitig ändern.
- 3 Im Simulator prüfen.
- 4 Erst danach die echte Hardware testen.

23. Sichere Erstinbetriebnahme von A bis Z

- 1 Cockpitbaugruppe und elektrische Last festlegen; noch keine Hochstromlast verbinden.
- 2 Eindeutigen WHOAMI-Namen, Transport und Protokoll auf Papier festlegen.
- 3 Im Simulator denselben virtuellen Controller anlegen.
- 4 WHOAMI suchen und den Fund übernehmen.
- 5 Genau eine LED- oder Rohdatenroute anlegen.
- 6 Kanal, Drahtname, Nachkommastellen, Delta und Safe-Wert kontrollieren.
- 7 Falcon-Mission laden und ins Pit wechseln.
- 8 Im Simulator Live-Nachricht und Safe-State beim Pit-Ausstieg prüfen.
- 9 Zusammenfassung kopieren und als geprüfte Sollkonfiguration sichern.
- 10 Echte Firmware nach der separaten Arduino-/Mikrocontroller-Anleitung erstellen.
- 11 Reales Gerät per USB oder LAN mit nur einer ungefährlichen Ausgabe verbinden.
- 12 WHOAMI, Port, Baudrate und Status prüfen; dann den Einzeltest wiederholen.
- 13 Weitere Routen einzeln hinzufügen und nach jeder Gruppe prüfen.
- 14 Erst zuletzt Motoren, Servos oder starke Lasten mit Treiber, Grenzen und lokalem Timeout zuschalten.

ABBRUCHKRITERIUM

Bei falscher LED, unerwarteter Bewegung, Hitze, Geruch, flackernder Versorgung, Verbindungsfehler oder unklarem Safe-State sofort die betroffene Hardware stromlos machen und die letzte einzelne Änderung zurückverfolgen.

24. Statusmeldungen und Fehlerbehebung

Status oder Symptom	Bedeutung	Gezielte Prüfung
AUTOMATIK WARTET AUF PIT	Konfiguration vorhanden, aber 3D-Cockpit nicht aktiv	Mission laden und ins Pit wechseln
KEIN GESPEICHERTER COM-PORT	USB-Zeile kennt keinen Endpunkt	WHOAMI suchen oder COM-Port eintragen
PORT NICHT VERFÜGBAR	COM-Port fehlt, ist belegt oder kann nicht geöffnet werden	Portname und anderes serielles Programm prüfen
KEINE WHOAMI-ANTWORT	Gerät antwortet nicht innerhalb des Suchfensters	Baudrate, Firmware und CR-Zeilenende prüfen
FALSCHER WHOAMI-ANTWORT	Antwort passt nicht zur erwarteten Identität	WHOAMI-Namen beider Seiten vergleichen
SIMULATOR NICHT ERREICHBAR	Lokale Simulator-Gegenstelle läuft nicht	Simulator starten und Controller starten
LAN NICHT ERREICHBAR	Gespeicherte IP oder TCP-Port antwortet nicht	Netz, IP, Datenport und lokale Firewall prüfen
SENDEN FEHLGESCHLAGEN	Bestehender Datenweg ist abgebrochen	Kabel, Strom und Gegenstelle prüfen
SAFE-STATE FEHLGESCHLAGEN	Letzter Sicherheitsbefehl konnte nicht geschrieben werden	Firmware-Watchdog und Hardware-Safe-State prüfen
Live-Wert bleibt leer	Nicht im Pit, Route inaktiv oder nicht zugeordnet	Kopfstatus, AKTIV und Controller prüfen
LED blinkt im LIVE-Feld	Logischer Zustand ist aktiv und ein Blinkmodus gilt	Unter LIVE-ENTSCHEIDUNGEN BMS-STATUS und MODUS lesen
Zu viele Nachrichten	Delta zu klein oder viele Felder ändern sich	Delta vorsichtig erhöhen, PAUSE und benötigte Routen prüfen
Anzeige springt grob	Delta zu groß oder Firmware glättet nicht	Delta reduzieren; Glättung später in Firmware
Falscher Kanal reagiert	Doppelte oder falsche Kanalzuordnung	Nur eine Route aktivieren und Kanalliste prüfen

25. Datenfeldkatalog - Fluginstrumente

Der Drahtname steht links vom Zeichen #. Die PC-Seite sendet die Werte ohne weitere, hier nicht genannte Instrumentenskalierung.

Drahtname	Auswahl	Einheit / Vertrag	So lesen Sie den Wert
kias	Airspeed / KIAS	kt; angezeigte Geschwindigkeit	450.2 bedeutet 450,2 Knoten
mach	Mach	Machzahl	0.82 bedeutet Mach 0,82
altitude	Höhenmesser / AAUZ	ft; barometrische AAU-Höhe	15234.5 ft
altcal	Höhenmesser Luftdruck	AltCalReading; Einheit über altcaltype	2992 oder 1013 je nach Modus
altcaltype	Höhenmesser Cal Type	1 = inHg, 0 = hPa	Zusammen mit altcal lesen
pneufalg	Höhenmesser PNEU Flag	1 = sichtbar, 0 = verborgen	Digitaler Ja/Nein-Wert
vvi	Vertical Velocity	ft/min; aus -zDot x 60	-1200 = Sinken mit 1200 ft/min
aoa	Angle of Attack	Grad; alpha	12.50 Grad
pitch	ADI Pitch	Radian; BMS-Rohwert	Grad = Radian x 180 / Pi
roll	ADI Roll	Radian; BMS-Rohwert	Grad = Radian x 180 / Pi
turnrate	ADI Turn Needle	Grad pro Sekunde	Vorzeichen gibt die Richtung an
sideslip	ADI Slip Ball	Grad; sideSlipdeg	0 = mittig
ilsh	ILS-Nadel horizontal	BMS-Position	Rohposition nicht als Grad deuten
ilsv	ILS-Nadel vertikal	BMS-Position	Rohposition nicht als ft deuten
g	G-Messer aktuell	g	1.00 = normale Erdlast
gmax	G-Messer Maximum	g; gespeicherter Höchstwert	Zum Schleppzeiger
gmin	G-Messer Minimum	g; gespeicherter Tiefstwert	Zum Schleppzeiger

26. Datenfeldkatalog - Kompass, HSI und Triebwerk

Der Drahtname steht links vom Zeichen #. Die PC-Seite sendet die Werte ohne weitere, hier nicht genannte Instrumentenskalierung.

Drahtname	Auswahl	Einheit / Vertrag	So lesen Sie den Wert
heading	Aktueller Kurs	Grad; currentHeading	0/360 = Nord, 90 = Ost
compass	Kompassrose	0 bis 360 Grad; aus yaw	Bereits auf 0 bis 360 normalisiert
headingbug	Heading Marker	Grad; desiredHeading	Gewählter Steuerkurs
course	Course Arrow	Grad; desiredCourse	Gewählter HSI-Kurs
coursedev	Kursabweichung	BMS-Rohwert	Nicht als Grad annehmen
bearing	Bearing Pointer	Grad zum Funkfeuer	Richtung des Zeigers
rpm	Triebwerk RPM	Prozent; BMS-Bereich 0 bis 103	75.3 = 75,3 Prozent
nozzle	Nozzle Position	Prozent; 0 zu, 100 offen	Position der Schubdüse
ftit	FTIT	BMS-FTIT-Rohwert	Keine zusätzliche PC-Skalierung
oil	Oil Pressure	psi; 0 bis 100	Öldruckanzeige
fuelflow	Fuel Flow	pph	Treibstofffluss pro Stunde

27. Datenfeldkatalog - Kraftstoff, Hydraulik, Trim und allgemeine Anzeigen

Der Drahtname steht links vom Zeichen #. Die PC-Seite sendet die Werte ohne weitere, hier nicht genannte Instrumentenskalierung.

Drahtname	Auswahl	Einheit / Vertrag	So lesen Sie den Wert
fuel-fwd	FWD Fuel	BMS-Rohwert	Vordere Tankanzeige
fuel-aft	AFT Fuel	BMS-Rohwert	Hintere Tankanzeige
fuel-total	Total Fuel	lb	Gesamttreibstoff
fuel-internal	Internal Fuel	lb	Interner Treibstoff
fuel-external	External Fuel	lb	Externer Treibstoff
epu-fuel	EPU Fuel	Prozent	Füllstand der EPU
hyd-a	Hyd Pressure A	psi	Hydraulikkreis A
hyd-b	Hyd Pressure B	psi	Hydraulikkreis B
cabin-alt	Cabin Pressure Alt	ft	Kabinendruckhöhe
trim-pitch	Pitch Trim	-0.5 bis +0.5	0 = neutral
trim-roll	Roll Trim	-0.5 bis +0.5	0 = neutral
speedbrake	Speedbrake Position	0 geschlossen bis 1 offen	0.5 = halber Datenweg
current-time	Simulatoruhr	Sekunden seit 00:00	3661 = 01:01:01

28. Datenfeldkatalog - Textanzeigen, Funk, TACAN und CMDS

Der Drahtname steht links vom Zeichen #. Die PC-Seite sendet die Werte ohne weitere, hier nicht genannte Instrumentenskalierung.

Drahtname	Auswahl	Einheit / Vertrag	So lesen Sie den Wert
ded	DED	5 x 25 Zeichen; Trennzeichen	Ein vollständiges Textpaket
pfl	PFL	5 x 25 Zeichen; Trennzeichen	Ein vollständiges Textpaket
uhf-channel	Aktiver BUP-UHF-Kanal	CHAN; uhf_panel_preset	Ganzzahliger Kanal
uhf-frequency	Aktive BUP-UHF-Frequenz	kHz-Rohwert	Nicht als MHz formatieren
tacan-ufc-channel	UFC TACAN Channel	1 bis 126	UFC-Eingabe
tacan-aux-channel	AUX TACAN Channel	1 bis 126	AUX-Bedienfeld
tacan-ufc-band	UFC TACAN Band	1 = X, 0 = Y	Digitaler Auswahlwert
tacan-aux-band	AUX TACAN Band	1 = X, 0 = Y	Digitaler Auswahlwert
tacan-ufc-mode	UFC TACAN Mode	1 = A/A, 0 = Boden	A/A bedeutet Air-to-Air
tacan-aux-mode	AUX TACAN Mode	1 = A/A, 0 = Boden	A/A bedeutet Air-to-Air
cmds-chaff	Chaff Count	Stück; CH-Fenster	Verbleibende Chaff-Anzahl
cmds-flare	Flare Count	Stück; FL-Fenster	Verbleibende Flare-Anzahl
cmds-mode	CMDS Mode	0 OFF, 1 STBY, 2 MAN, 3 SEMI, 4 AUTO, 5 BYP	Zahl in einen Modus übersetzen

29. Lampenkatalog - LightBits, Teil 1

Diese Liste enthält die tatsächlichen auswählbaren Lampenzellen. Der Live Monitor liefert bereits die fertige AN/AUS-Phase; die Quelle dient der Nachvollziehbarkeit.

Kategorie	Auswahl in der LED-Zuordnung	Offizielle Quelle	Hinweis
GLARESHIELD	MASTER CAUTION	LightBits 0x00000001	Fertiger Falcon-Lampenzustand
GLARESHIELD	TF	LightBits 0x00000002	Fertiger Falcon-Lampenzustand
GLARESHIELD	OXY BROW	LightBits 0x00000004	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	EQUIP HOT	LightBits 0x00000008	Fertiger Falcon-Lampenzustand
GLARESHIELD	ENG FIRE	LightBits 0x00000020	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	CONFIG	LightBits 0x00000040	Fertiger Falcon-Lampenzustand
GLARESHIELD	HYD/OIL PRESS	LightBits 0x00000080	Fertiger Falcon-Lampenzustand
FLCS	FLCS A/B/C/D · GRUPPENBIT	LightBits 0x00000100	Legacy-Gruppenbit, Einzelkanäle A bis D separat vorhanden
GLARESHIELD	FLCS	LightBits 0x00000200	Fertiger Falcon-Lampenzustand
GLARESHIELD	CAN	LightBits 0x00000400	Fertiger Falcon-Lampenzustand
GLARESHIELD	T/L CFG	LightBits 0x00000800	Fertiger Falcon-Lampenzustand
AOA INDEXER	AOA ABOVE	LightBits 0x00001000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
AOA INDEXER	AOA ON	LightBits 0x00002000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
AOA INDEXER	AOA BELOW	LightBits 0x00004000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
AR/NWS INDEXER	REFUEL RDY	LightBits 0x00008000	Fertiger Falcon-Lampenzustand

30. Lampenkatalog - LightBits, Teil 2

Diese Liste enthält die tatsächlichen auswählbaren Lampenzellen. Der Live Monitor liefert bereits die fertige AN/AUS-Phase; die Quelle dient der Nachvollziehbarkeit.

Kategorie	Auswahl in der LED-Zuordnung	Offizielle Quelle	Hinweis
AR/NWS INDEXER	REFUEL AR / NWS	LightBits 0x00010000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
AR/NWS INDEXER	REFUEL DSC	LightBits 0x00020000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	FLT CONTROL SYS	LightBits 0x00040000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	LE FLAPS	LightBits 0x00080000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	ENGINE FAULT	LightBits 0x00100000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	OVERHEAT	LightBits 0x00200000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	FUEL LOW	LightBits 0x00400000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	AVIONICS	LightBits 0x00800000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	RADAR ALT	LightBits 0x01000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	IFF	LightBits 0x02000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
MISC PANEL	ECM ENBL	LightBits 0x04000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	HOOK	LightBits 0x08000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	NWS FAIL	LightBits 0x10000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	CABIN PRESS	LightBits 0x20000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
TFR	TFR STBY	LightBits 0x80000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand

31. Lampenkatalog - RWR und CMDS

Diese Liste enthält die tatsächlichen auswählbaren Lampenzellen. Der Live Monitor liefert bereits die fertige AN/AUS-Phase; die Quelle dient der Nachvollziehbarkeit.

Kategorie	Auswahl in der LED-Zuordnung	Offizielle Quelle	Hinweis
THREAT WARNING PRIME	HANDOFF · DIAMOND	LightBits2 0x00000001	RWR Power und Lampentest berücksichtigt
THREAT WARNING PRIME	HANDOFF · H	RwrInfo onpwr	Statische Legendenzeile bei RWR Power/Test
THREAT WARNING PRIME	LAUNCH · LAUNCH	LightBits2 0x00000002	Kann mit 4 Hz blinken
THREAT WARNING PRIME	LAUNCH · MISSILE	LightBits2 0x00000002	Gleicher logischer Startzustand
THREAT WARNING PRIME	MODE · PRI	LightBits2 0x00000004	Kann mit 4 Hz blinken
THREAT WARNING PRIME	MODE · OPEN	RwrInfo onpwr + PriMode invertiert	Gegenanzeige zu PRI
THREAT WARNING PRIME	NAVAL	LightBits2 0x00000008	RWR Power und Lampentest berücksichtigt
THREAT WARNING PRIME	UNKNOWN · U	LightBits2 0x00000010	Kann mit 4 Hz blinken
THREAT WARNING PRIME	UNKNOWN · UNKNOWN	RwrInfo onpwr	Statische Legendenzeile
THREAT WARNING PRIME	TGT SEP · T / TGT SET	LightBits2 0x00000020	Dynamische T-Zelle
THREAT WARNING PRIME	TGT SEP · TGT SEP	RwrInfo onpwr	Statische Legendenzeile
CMDS	GO	LightBits2 0x00000040	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CMDS	NO GO	LightBits2 0x00000080	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CMDS	DEGR	LightBits2 0x00000100	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CMDS	DISPENSE RDY	LightBits2 0x00000200	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CMDS	CHAFF LOW	LightBits2 0x00000400	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CMDS	FLARE LOW	LightBits2 0x00000800	Fertiger Falcon-Lampenzustand
THREAT WARNING AUX	SEARCH · S	LightBits2 0x00001000	Kann mit 4 Hz blinken
THREAT WARNING AUX	ACT/PWR · ACTIVITY	LightBits2 0x00002000	RWR Power und Lampentest berücksichtigt
THREAT WARNING AUX	ACT/PWR · POWER	RwrInfo onpwr	Statische Power-Zelle
THREAT WARNING AUX	ALTITUDE · LOW	LightBits2 0x00004000	RWR Power und Lampentest berücksichtigt
THREAT WARNING AUX	ALTITUDE · ALT	RwrInfo onpwr	Statische Legendenzeile
THREAT WARNING AUX	POWER · SYSTEM	RwrInfo onpwr	Blinkt bei RWR-Systemphase mit 2,5 Hz
THREAT WARNING AUX	POWER · POWER	RwrInfo onpwr	Konstante Power-Zelle

32. Lampenkatalog - LightBits2 und Elektrik

Diese Liste enthält die tatsächlichen auswählbaren Lampenzellen. Der Live Monitor liefert bereits die fertige AN/AUS-Phase; die Quelle dient der Nachvollziehbarkeit.

Kategorie	Auswahl in der LED-Zuordnung	Offizielle Quelle	Hinweis
ECM	ECM POWER	LightBits2 0x00010000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
ECM	ECM FAIL	LightBits2 0x00020000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	FWD FUEL LOW	LightBits2 0x00040000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	AFT FUEL LOW	LightBits2 0x00080000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
EPU	EPU RUN	LightBits2 0x00100000	Kann mit 2 Hz blinken
ENGINE START	JFS RUN	LightBits2 0x00200000	Langsam 1 Hz oder schnell 2 Hz
CAUTION PANEL	SEC	LightBits2 0x00400000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	OXY LOW	LightBits2 0x00800000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	PROBE HEAT	LightBits2 0x01000000	Kann mit 4 Hz blinken
CAUTION PANEL	SEAT NOT ARMED	LightBits2 0x02000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	BUC	LightBits2 0x04000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	FUEL/OIL HOT	LightBits2 0x08000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	ANTI SKID	LightBits2 0x10000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
TFR	TFR ENGAGED	LightBits2 0x20000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
LANDING GEAR	GEAR HANDLE	LightBits2 0x40000000	Bewegung oder nicht verriegelte Stellung
GLARESHIELD	ENGINE	LightBits2 0x80000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
ELEC	FLCS PMG	LightBits3 0x00000001	Fertiger Falcon-Lampenzustand
ELEC	MAIN GEN	LightBits3 0x00000002	Fertiger Falcon-Lampenzustand
ELEC	STBY GEN	LightBits3 0x00000004	Fertiger Falcon-Lampenzustand
ELEC	EPU GEN	LightBits3 0x00000008	Fertiger Falcon-Lampenzustand
ELEC	EPU PMG	LightBits3 0x00000010	Fertiger Falcon-Lampenzustand
ELEC	ACFT BATT TO FLCS	LightBits3 0x00000020	Fertiger Falcon-Lampenzustand
ELEC	FLCS RLY	LightBits3 0x00000040	Fertiger Falcon-Lampenzustand
ELEC	BAT FAIL	LightBits3 0x00000080	Fertiger Falcon-Lampenzustand

33. Lampenkatalog - LightBits3, FLCS und Marker

Diese Liste enthält die tatsächlichen auswählbaren Lampenzellen. Der Live Monitor liefert bereits die fertige AN/AUS-Phase; die Quelle dient der Nachvollziehbarkeit.

Kategorie	Auswahl in der LED-Zuordnung	Offizielle Quelle	Hinweis
EPU	HYDRAZINE	LightBits3 0x00000100	Fertiger Falcon-Lampenzustand
EPU	AIR	LightBits3 0x00000200	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	ELEC SYS	LightBits3 0x00000400	Kann mit 2 Hz blinken
CAUTION PANEL	LEF FAULT	LightBits3 0x00000800	Fertiger Falcon-Lampenzustand
FLCS	FLCS BIT RUN	LightBits3 0x00002000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
FLCS	FLCS BIT FAIL	LightBits3 0x00004000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
GLARESHIELD	DBU ON	LightBits3 0x00008000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
LANDING GEAR	NOSE GEAR DOWN	LightBits3 0x00010000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
LANDING GEAR	LEFT GEAR DOWN	LightBits3 0x00020000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
LANDING GEAR	RIGHT GEAR DOWN	LightBits3 0x00040000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
CAUTION PANEL	CADC	LightBits3 0x00400000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
SPEEDBRAKE	SPEEDBRAKE	LightBits3 0x00800000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
THREAT WARNING PRIME	SYS TEST · ON	LightBits3 0x01000000	RWR Power und Lampentest berücksichtigt
THREAT WARNING PRIME	SYS TEST · SYS TEST	RwrInfo onpwr	Statische Legendenzeile
CAUTION PANEL	ATF NOT ENGAGED	LightBits3 0x10000000	Fertige Falcon-Caution; nicht nachbauen
CAUTION PANEL	INLET ICING	LightBits3 0x20000000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
FLCS	FLCS CHANNEL A	MiscBits 0x00000002	Einzelne FLCS-Kanalzeile
FLCS	FLCS CHANNEL B	MiscBits 0x00000004	Einzelne FLCS-Kanalzeile
FLCS	FLCS CHANNEL C	MiscBits 0x00000008	Einzelne FLCS-Kanalzeile
FLCS	FLCS CHANNEL D	MiscBits 0x00000010	Einzelne FLCS-Kanalzeile
INSTRUMENT PANEL	AVTR	HsiBits 0x00002000	Fertiger Falcon-Lampenzustand
MARKER BEACON	MRK BCN	HsiBits 0x0000C000	Eine Lampe; MIDDLE 4 Hz vor OUTER 1 Hz

34. Lampenkatalog - ECM-Programme 1 bis 5

Diese Liste enthält die tatsächlichen auswählbaren Lampenzellen. Der Live Monitor liefert bereits die fertige AN/AUS-Phase; die Quelle dient der Nachvollziehbarkeit.

Kategorie	Auswahl in der LED-Zuordnung	Offizielle Quelle	Hinweis
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 1 · S STANDBY	ecmBits[0] Zustand 0x08	S blinkt während ECM-Warmup mit 2 Hz
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 1 · A ACTIVE	ecmBits[0] Zustand 0x10	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 1 · T TRANSMIT	ecmBits[0] Zustand 0x20	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 1 · F FAIL	ecmBits[0] Zustand 0x40	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 2 · S STANDBY	ecmBits[1] Zustand 0x08	S blinkt während ECM-Warmup mit 2 Hz
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 2 · A ACTIVE	ecmBits[1] Zustand 0x10	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 2 · T TRANSMIT	ecmBits[1] Zustand 0x20	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 2 · F FAIL	ecmBits[1] Zustand 0x40	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 3 · S STANDBY	ecmBits[2] Zustand 0x08	S blinkt während ECM-Warmup mit 2 Hz
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 3 · A ACTIVE	ecmBits[2] Zustand 0x10	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 3 · T TRANSMIT	ecmBits[2] Zustand 0x20	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 3 · F FAIL	ecmBits[2] Zustand 0x40	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 4 · S STANDBY	ecmBits[3] Zustand 0x08	S blinkt während ECM-Warmup mit 2 Hz
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 4 · A ACTIVE	ecmBits[3] Zustand 0x10	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 4 · T TRANSMIT	ecmBits[3] Zustand 0x20	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 4 · F FAIL	ecmBits[3] Zustand 0x40	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 5 · S STANDBY	ecmBits[4] Zustand 0x08	S blinkt während ECM-Warmup mit 2 Hz
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 5 · A ACTIVE	ecmBits[4] Zustand 0x10	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 5 · T TRANSMIT	ecmBits[4] Zustand 0x20	Aufgelöste ECM-Zustandszelle
ECM PROGRAMMLAMPEN	PROGRAMM 5 · F FAIL	ecmBits[4] Zustand 0x40	Aufgelöste ECM-Zustandszelle

35. Häufige Denkfehler

Denkfehler	Richtig ist
Der COM-Port ist die Identität.	Der WHOAMI-Name ist die Identität; COM oder LAN-Endpunkt ist nur der aktuelle Weg.
Nachkommastellen machen den Sensor genauer.	Sie ändern nur das Textformat.
Delta ist eine Zeitangabe.	Delta ist die kleinste Wertänderung seit der letzten Sendung.
BMS-STATUS AKTIV bedeutet LED immer AN.	Bei Blinken kann der tatsächliche Ausgang gerade AUS sein.
Jede Bitmaske ist eine eigene physische Lampe.	Nur die im Katalog benannten Lampenzellen sind Ausgänge; Sammel- und Prüfmasken sind keine extra LEDs.
GEARHANDLE ist Bugfahrwerk unten.	GEARHANDLE ist die Hebelwarnung; NOSE GEAR DOWN ist die grüne Verriegelungsanzeige.
DED und PFL sind beliebige Textzeilen.	Sie sind feste vollständige 5-x-25-Pakete.
Wenn der PC Safe sendet, ist jede Hardware garantiert sicher.	Getrennte oder blockierte Hardware braucht zusätzlich einen lokalen Firmware-Watchdog.
LAN braucht eine Router-Portfreigabe.	Der Mikrocontroller-LAN-Weg bleibt im lokalen Cockpitnetz und wird nicht ins Internet veröffentlicht.

BEI UNSICHERHEIT ZURÜCK ZUM SIMULATOR

Eine einzelne Route im Simulator ist die schnellste Möglichkeit, Datenname, Kanal, Nachricht, Blinkphase und Safe-State ohne Risiko für echte Cockpithardware zu verstehen.

36. Was im separaten Arduino-Dokument folgt

Die PC-Seite ist mit diesem Handbuch vollständig beschrieben. Das nächste Dokument setzt genau an der seriellen oder LAN-seitigen Gegenstelle an und enthält den konkreten Mikrocontroller-Code.

Geplanter Inhalt der Arduino-Anleitung

- Projekt anlegen, Board und serielle Schnittstelle auswählen.
- Nicht blockierenden Zeilenpuffer bis CR implementieren.
- WHOAMI zuverlässig beantworten.
- LED# mit exakt 16 Hex-Zeichen in 64 Bits zerlegen.
- Einzelbefehle wie 271 und 272 eindeutig parsen.
- name#wert, negative Zahlen und Dezimalpunkt prüfen.
- DED und PFL in fünf 25-Zeichen-Zeilen aufteilen.
- Timeout-Watchdog, Boot-Safe-State und Fehlerbehandlung umsetzen.
- Pins, Schieberegister, Treiber, Servos und Schrittmotoren sicher anbinden.
- Vollständige Beispiel-Sketches für LED, Anzeige und gemischten Controller erstellen.

KLARE DOKUMENTTRENNUNG

Dieses PDF ist die Bedienungs- und Protokollanleitung für den BMS Live Monitor. Das nächste PDF wird die Firmware-Anleitung. Dadurch kann ein Anfänger erst den Datenweg verstehen und anschließend den Code Schritt für Schritt aufbauen.

FALCON BMS MIKROCONTROLLER

Ein Signal. Ein klarer Weg. Ein sicherer Ausgang.

VOM SIMULATOR ZUR ECHTEN HARDWARE

Controller eindeutig per WHOAMI benennen, eine Route nach der anderen prüfen, Live-Entscheidungen lesen und jeden Pit-Ausstieg als Safe-Test verwenden. Erst nach bestandenem Protokolltest wird echte Hardware schrittweise zugeschaltet.

Privates Cockpitprojekt · Deutsche Mikrocontroller-Dokumentation · Stand 02.09.2026