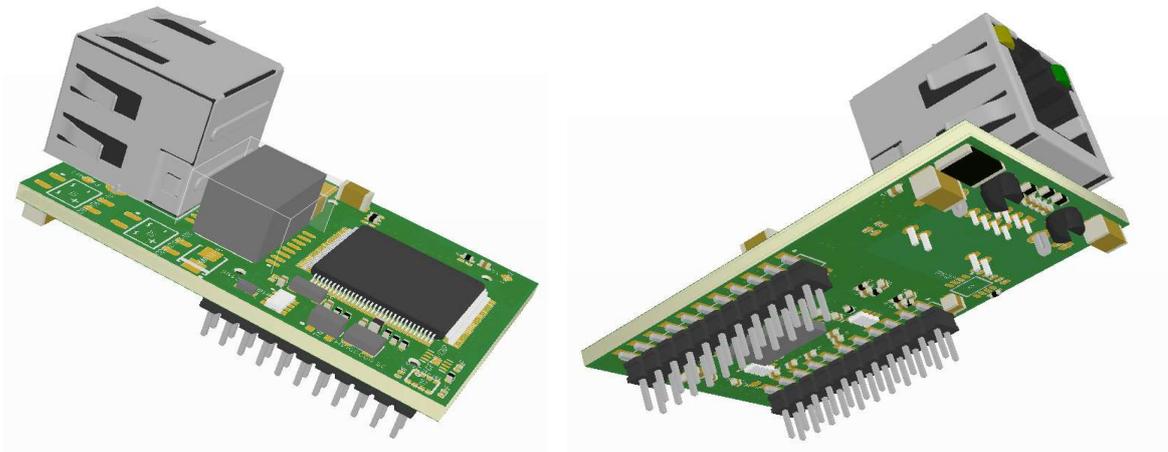


# mkc

**MKC Michels & Kleberhoff Computer GmbH**  
Vohwinkeler Str. 58, D-42329 Wuppertal  
Tel.: ++49 (0)202 27317 0 Fax: ++49 (0)202 27317 49  
Internet: <http://www.mkc-gmbh.de>



## Technisches Handbuch

### MKC1601

## Hinweise:

Die Informationen in diesem Handbuch wurden sorgfältig zusammengestellt und überprüft. Dieses Handbuch wird stetig auf dem aktuellen Zustand gehalten. Jedoch wird von **MKC** keine Gewähr für fehlerhafte Informationen übernommen.

**MKC** behält sich das Recht vor, jederzeit ohne weitere Ankündigung technische Änderungen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit, der Funktion oder des Designs der Software und Überarbeitungen des Handbuchs durchzuführen. Änderungen des Handbuchs zwischen 2 Ausgaben werden im Text nicht markiert.

Das Datum einer Ausgabe bezieht sich auf das Handbuch. Dieses muss nicht mit dem Datum der Änderung der Software übereinstimmen. Bei der Versionsgeschichte wird der Grund für die Handbuch Änderungen genannt.

**MKC** übernimmt keine Haftung für die Anwendung der hier beschriebenen Software. **MKC** übernimmt weiterhin keine Haftung für Schäden oder Folgeschäden, die durch Verwendung dieser Software entstehen. Diese Haftungseinschränkung bezieht sich sowohl auf jeden direkten Abnehmer sowie auf alle seine Kunden und alle Anwender dieser Software.

Mündliche Zusagen über die Anwendbarkeit dieser Software gelten als nicht erfolgt.

Die unten angegebenen Lieferversionen sind zur Zeit verfügbar. Damit ist nicht zugesagt, dass alle diese Versionen weiterhin lieferbar bleiben. **MKC** behält sich das Recht vor, die Produktion dieser Software aus technischen Gründen ohne vorherige Ankündigung einzustellen.

## Zahlenangaben:

Hexadezimale Zahlen werden in diesem Handbuch durch ein vorangestelltes Dollarzeichen „\$“ gekennzeichnet. Andere geläufige Schreibweisen für Hexadezimale Zahlen sind z.B. durch den Präfix „0x“ oder den Suffix „h“ in der Literatur angegeben. Sie werden hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Um die Lesbarkeit von langen hexadezimalen Zahlen zu verbessern, werden diese von rechts durch einen Punkt in 4er Gruppen unterteilt. Eine mathematische Bedeutung liegt diesem Punkt nicht zugrunde.

## Kommentare:

Kommentare oder Korrekturen jedweder Art sind dem Autor jederzeit willkommen. Senden Sie sie bitte an:

**MKC Michels & Kleberhoff Computer GmbH**  
**Vohwinkeler Str. 58**  
**42329 Wuppertal**

oder

**info@mkc-gmbh.de**

## **Handbuch Versionen**

Änderungen im Handbuch werden durch eine Erhöhung der Ausgabennummer angezeigt. Handbücher, deren Ausgabe durch einen Buchstaben gekennzeichnet ist, sind vorläufige Handbücher und stimmen möglicherweise noch nicht vollständig mit dem endgültigen Produkt überein. Die erste Ausgabe, die nicht mehr als vorläufig anzusehen ist, beginnt mit der Nummerierung „1“.

<b>Handbuch Versionen</b>			
Ausgabe	Änderungen	Datum	
A	MKC1601 Rev.0	18.04.18	AvJ
D	MKC1601 Rev.1	09.05.18	BB
1	Korrekturen	02.06.18	GW
2	Korrekturen	11.06.18	AvJ
3	Kapitel Software, Kapitel elektrische Eigenschaften ergänzt	20.06.18	AvJ
4	Korrekturen Tabellen 6 und 22	02.04.19	BB
5	Kapitel PWM-Schnittstelle hinzugefügt, Ergänzung Tabelle 6	03.04.19	MW
6	Anpassung an Softwarebeispiele	04.02.20	GW
7	Korrekturen	09.02.22	MW

## **Lieferversionen (Februar 2022)**

*Eine komplette Übersicht aller Möglichkeiten finden Sie auf unserer Internetseite.*

*Selbstverständlich sind auch Sonderbestückungen, Anpassungen an Ihre Prozessumgebung, usw. nach Absprache möglich. Falls Sie Wünsche, Vorschläge oder kritische Anmerkungen haben, nehmen Sie bitte Kontakt mit uns auf.*



## Inhaltsverzeichnis

<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>7</b>
1.1 Hinweise zu Angaben in diesem Handbuch.....	8
<b>2 MITGELIEFERTE SOFTWARE, HARDWARE UND ZUBEHÖR.....</b>	<b>9</b>
<b>3 TECHNISCHE DATEN.....</b>	<b>11</b>
3.1 Elektrische Eigenschaften.....	12
3.1.1 Leistungsaufnahme.....	12
3.1.2 Signalpegel.....	12
3.2 Temperaturbereich.....	13
<b>4 DEFINITION DER ANSCHLÜSSE.....</b>	<b>15</b>
4.1 Modulstecker (Belegung MKC1601).....	15
4.2 Power.....	16
4.2.1 Variante STD.....	16
4.2.2 Variante PoE.....	16
4.3 Programmierbare Pins im Modulstecker (GPIO0 – GPIO23).....	17
4.3.1 UART Schnittstellen.....	18
4.3.2 USB Schnittstelle.....	18
4.3.3 SPI/SDSPI Schnittstelle.....	19
4.3.4 I <sup>2</sup> C Schnittstelle.....	19
4.3.5 CAN Schnittstelle.....	19
4.3.6 PWM Schnittstelle.....	20
4.4 Fixe Pins im Modulstecker.....	21
4.4.1 System-Control Pins.....	21
4.4.2 Batterie-Eingang.....	21
4.4.3 JTAG Schnittstelle.....	21
<b>5 PINBELEGUNG TM4C129KCPDT.....</b>	<b>23</b>
5.1 Pinbelegung Versorgungsspannungen.....	23
5.2 Pinbelegung Steuer- und Takt-Signale.....	23
5.3 Pinbelegung Platinen-Rev und Platinen-Var.....	24
5.4 Pinbelegung Netzwerkschnittstelle.....	24
5.5 Pinbelegung Onboard LED.....	24
5.6 Pinbelegung interne SPI-Schnittstelle.....	25
5.7 Pinbelegung nicht benutzter Pins.....	25
<b>6 ANHANG.....</b>	<b>27</b>
6.1 Bemaßung MKC1601.....	27

## Liste der Abbildungen

Abbildung 1: Modulansicht Variante STD.....	11
Abbildung 2: Modulansicht Variante PoE.....	11
Abbildung 3: Bemaßung MKC1601 (Platine).....	27
Abbildung 4: Bemaßung MKC1601 (XA, XB auf der Unterseite).....	27

## Liste der Tabellen

Tabelle 1: Elektrische Eigenschaften, Leistungsaufnahme.....	12
Tabelle 2: Elektrische Eigenschaften, Signalpegel Slow GPIO.....	12
Tabelle 3: Elektrische Eigenschaften, Signalpegel Fast GPIO.....	13
Tabelle 4: Modulstecker XB (Belegung).....	15
Tabelle 5: Modulstecker XA (Belegung).....	15
Tabelle 6: RCLASS.....	16
Tabelle 7: Übersicht programmierbare Modulpins (GPIO0 – GPIO23).....	17
Tabelle 8: UART0 / UART1 Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block.....	18
Tabelle 9: USB Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block.....	18
Tabelle 10: SPI Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block.....	19
Tabelle 11: QSSI Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block.....	19
Tabelle 12: I2C Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block.....	19
Tabelle 13: CAN Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block.....	19
Tabelle 14: PWM Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin und PWM Generator.....	20
Tabelle 15: System-Control Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block.....	21
Tabelle 16: VBATT Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block.....	21
Tabelle 17: JTAG Modul-Pin zu CPU-Pin/Block.....	21
Tabelle 18: Pinbelegung Versorgungsspannungen.....	23
Tabelle 19: Pinbelegung Steuer- und Takt-Signale.....	23
Tabelle 20: Pinbelegung Platinen-Rev und Platinen-Var.....	24
Tabelle 21: Pinbelegung Netzwerkschnittstelle.....	24
Tabelle 22: Pinbelegung Onboard LED.....	24
Tabelle 23: Pinbelegung interne SPI-Schnittstelle.....	25
Tabelle 24: Pinbelegung nicht benutzter Pins.....	25

## 1 Einleitung

Ausgehend für die Neuentwicklung des embedded Moduls MKC1601 sind die eigenen Erfahrungen bei der Entwicklung und Vermarktung der aktuellen IONet Geräteserie und des bisherigen eNetMini-Moduls.

Darüber hinaus sind diese neuen Module so realisiert worden, dass sie für unsere Kunden als einfach zu integrierendes intelligentes Interface-Modul eingesetzt werden können. Weiterhin ist das neu entwickelte Modul hinsichtlich Funktion, Pinning und Abmessungen kompatibel zu dem bisherigen eNetMini-Modulen und kann dieses in den realisierten und ausgelieferten Anwendungsfällen 1:1 ersetzen.

Ziel der Entwicklung war es, ein intelligentes Interface-Modul mit weiten Einsatzmöglichkeiten zu realisieren. Aus den eigenen Erfahrungen und den Reaktionen und Anfragen unserer Kunden ist das Modul MKC1601 mit universellen Schnittstellen ausgestattet worden. Hieraus folgte, dass neben dem 100MBit-Netzwerk mit RJ45-Stecker, weitere im Industriebereich benötigte Standardschnittstellen implementiert wurden.

Für die Anbindung des Moduls an kundenspezifische Hardware stehen 24 Leitungen (3.3V-Level) für Kommunikationsmöglichkeiten zur Grundkarte zur Verfügung. Diese Anschlüsse können als GPIOs genutzt werden. Alternative Funktionen können bei Bedarf implementiert werden. Hierzu gehören die Anschlussmöglichkeit von externen Baugruppen über USB-, CAN-, I2C-, SPI-, RS232- oder QSSI-Bus. Alle hierfür notwendigen Signale werden auf die Grundkarte für die Realisierung der notwendigen Leitungs-Treiber geführt.

Ein wesentliches Kriterium bei der Entwicklung ist der marktgerechte Verkaufspreis des Moduls und die garantierte Lieferbarkeit aller benötigten Bauteile für die nächsten Jahre gewesen.

Diese Gedanken führten zu der Realisierung eines Moduls in diversen Bestückungsvarianten:

- **MKC1601, Variante STD.** Bei dieser Variante ist der ARM Cortex-M4 Mikroprozessor und das Netzwerk-Kabelinterface (RJ45-Stecker, Trafo und Abschlüsse) auf dem Modul realisiert. Über die Pfostenleisten können externe Baugruppen angesteuert werden. Das Modul wird von der Trägerkarte versorgt.
- **MKC1601, Variante POE.** Bei dieser Variante ist auf dem Modul zusätzlich ein PoE-Netzteil implementiert. Dieses versorgt das Modul über das Netzkabel und stellt über die Pfostenleisten eine Spannung 3.3V DC für die Trägerkarte zur Verfügung.

## 1.1 Hinweise zu Angaben in diesem Handbuch

### Zahlenangaben

Hexadezimale Zahlen werden in diesem Handbuch durch ein vorangestelltes Dollarzeichen „\$“ gekennzeichnet. Andere geläufige Schreibweisen für Hexadezimale Zahlen sind z.B. durch den Präfix „0x“ oder den Suffix „h“ in der Literatur angegeben. Sie werden hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Um die Lesbarkeit von langen hexadezimalen Zahlen zu verbessern, werden diese von rechts durch einen Punkt in 4er Gruppen unterteilt. Eine mathematische Bedeutung liegt diesem Punkt nicht zugrunde.

### Logikpegel

Alle Logikpegel werden in diesem Handbuch mit „HIGH“ und „LOW“ bezeichnet. Signale die, als activ-low beschrieben werden, sind durch den Präfix „/“ gekennzeichnet.

### Hardware Konfiguration

Die Lage aller Jumper und Lötbrücken der Beschreibung der Platine zu entnehmen. Die Position 1 eines Jumpers oder einer Lötbrücke ist durch eine zusätzliche Markierung hervorgehoben. Jumper bzw. Steckverbinder sind grundsätzlich mit „J“ oder mit „X“ gekennzeichnet. Alle Lötbrücken sind mit „JB“ bezeichnet. Bei der Beschreibung der einzelnen Konfigurationsmöglichkeiten geben die grau hinterlegten Felder den Auslieferungszustand der Karte wieder.

### Lieferversionen

Die unten angegebenen Lieferversionen sind zur Zeit verfügbar. Damit ist nicht zugesagt, dass alle diese Versionen weiterhin lieferbar bleiben. MKC behält sich das Recht vor, die Produktion dieser Hardware oder Software aus technischen Gründen ohne vorherige Ankündigung einzustellen.

### Vorläufige Angaben

In dieser Handbuchversion sind mehrere Kapitel noch vorläufig, diese Stellen sind mit dem Textzusatz '*TDB: ...*' an den entsprechenden Stellen gekennzeichnet.

## 2 Mitgelieferte Software, Hardware und Zubehör

Wir stellen alle Softwarebeispiele auf unserer Homepage ([www.mkc-gmbh.de](http://www.mkc-gmbh.de)) in der aktuellen Auslieferungsversion für unsere Kunden zur Verfügung.

Diese wurden mit der von Texas Instruments frei erhältlichen Entwicklungsumgebung Code Composer Studio erzeugt und übersetzt. Zusätzlich wird noch die ebenfalls frei verfügbare TIAVWARE Bibliothek benötigt.

- **base**  
Dieses Beispiel führt die Initialisierung der Hardware durch. Ist diese erfolgreich durchlaufen worden, blinkt auf dem Modul die grüne Leuchtdiode im Sekundentakt.
- **http**  
Erweitert das obige Beispiel **base**. Es wird ein HTTP-Server auf der Adresse 192.168.15.100 gestartet. Auf der implementierten Homepage können diverse Funktionsgruppen des Moduls ausgelesen bzw. gesetzt werden.

*Kundenspezifische Änderungen (OEM) an der Homepage, Firmware, weitere Schnittstellen und Anpassungen sind prinzipiell möglich. Auch können Erweiterungen, um das Gerät als eigenständigen Controller einsetzen zu können, jederzeit implementiert werden.*



### 3 Technische Daten

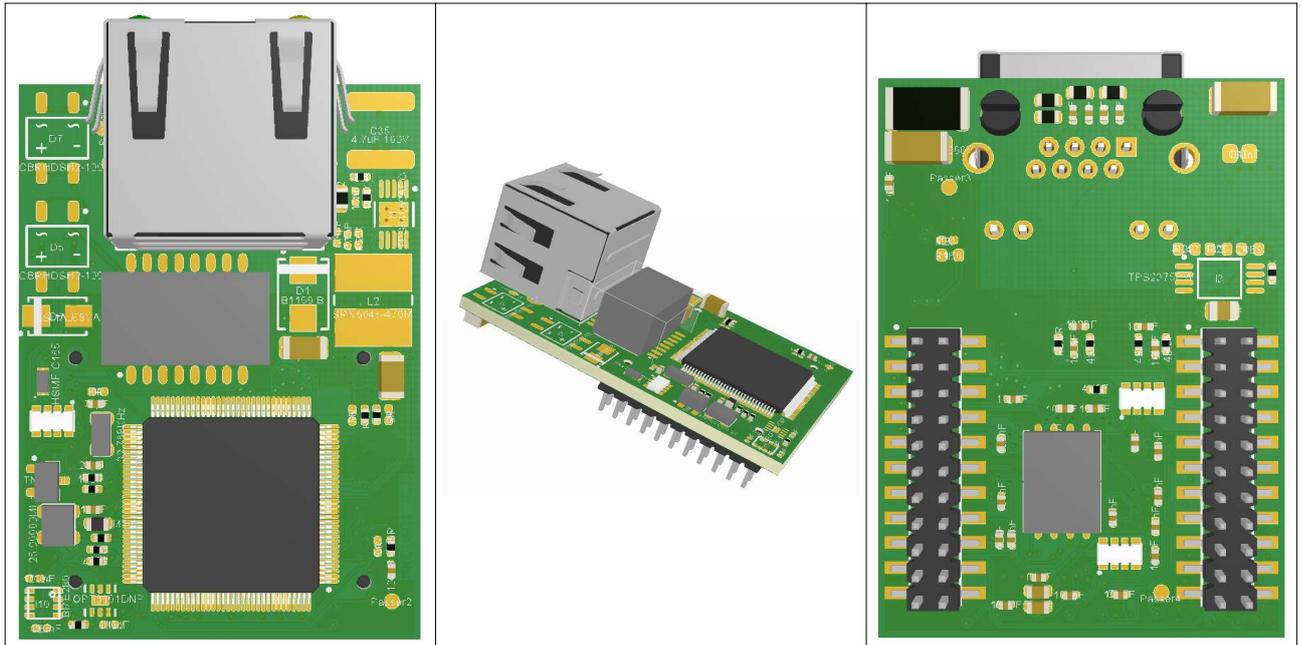


Abbildung 1: Modulansicht Variante STD

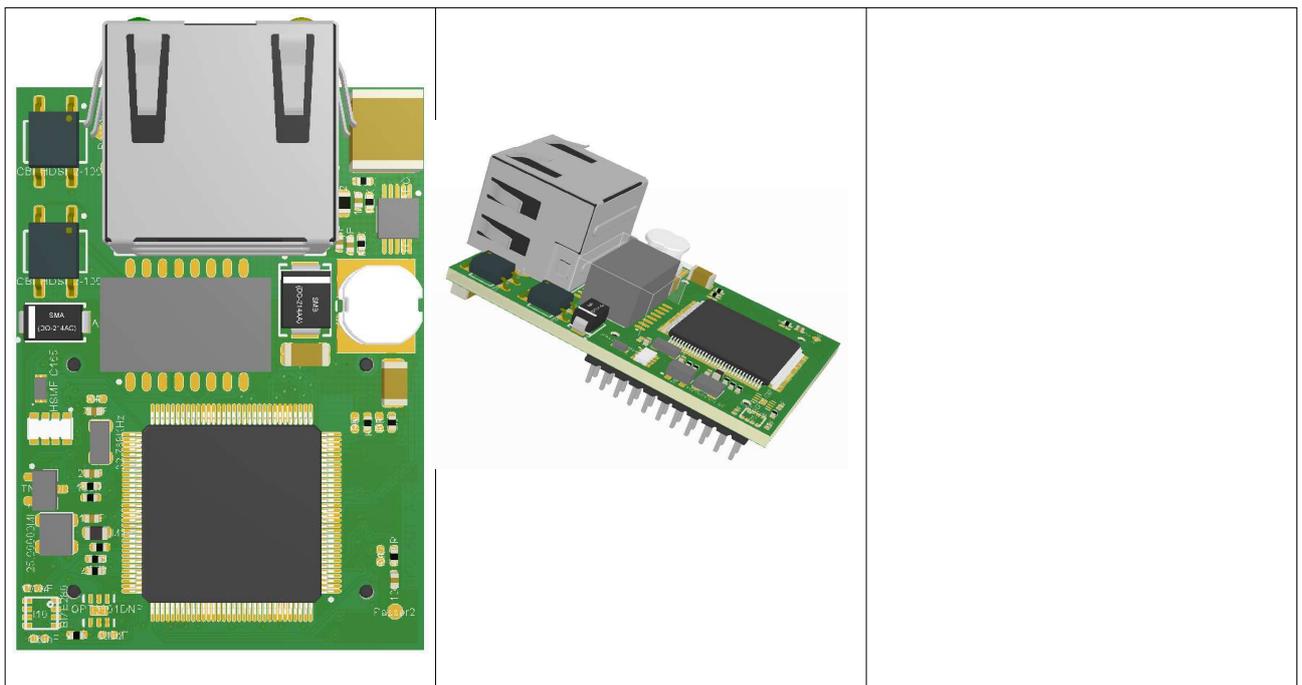


Abbildung 2: Modulansicht Variante PoE

- Texas Instruments TIVA TM4C1294KCPDT (32 bit ARM Cortex-M4F)
  - 120 MHz Systemtakt
  - 512 KB Flash, 256 KB SRAM, 6 KB EEPROM, 64 Bytes gepuffertes NV-RAM
  - Ethernet MAC und PHY
  - UART, SPI, I2C, CAN, USB, GPIO, Timer, PWM, RTC integriert
  - Integrierte Temperaturmessung
- Ethernet RJ45 mit Übertrager und 2 LEDs
- Serielles NOR-Flash 128 MBit
- Varianten mit oder ohne PoE Interface

## 3.1 Elektrische Eigenschaften

### 3.1.1 Leistungsaufnahme

		Min	Typ	Max	Unit
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage Variante STD	3	3,3	3,6	V
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current <sup>1</sup>			0,2	A

		36V		57V	V
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage Variante PoE				
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current <sup>1</sup>			0,02	A

Tabelle 1: Elektrische Eigenschaften, Leistungsaufnahme

<sup>1)</sup> für das Modul mit aktivem Netzwerk, ohne Beschaltung aller IOs, ohne Trägerkarte

#### Hinweis:

Bei der Versorgung über PoE wird die zugeführte Spannung auch auf die Trägerkarte (XA, Pin2) geführt. Die maximale von dem speisendem PSE (Power Sourcing Equipment, z. Bsp. ein PoE-Switch) gelieferte Leistung liegt bei 12.95W. Das Modul selbst benötigt max. 1.14W, somit stehen der Grundkarte etwa 11.8W aus der PoE-Versorgung zur Verfügung.

### 3.1.2 Signalpegel

Sämtliche Signale werden unmittelbar von dem Mikroprozessor an die Stecker geführt. Bei einer Spannungsversorgung der Prozessors mit V<sub>DD</sub> (3.3V, auf dem Modul erzeugt aus der PoE oder zugeführt über die Stecker von der Grundkarte) ergeben sich die elektrischen Signalpegel laut Datenblatt zu

Parameter	Parameter Name	Min	Nom	Max	Unit
V <sub>IH</sub>	Slow GPIO high-level input voltage	0.65 * VDD	-	4	V
I <sub>IH</sub>	Slow GPIO high-level input current a)	-		4.1	nA
V <sub>IL</sub>	Slow GPIO low-level input voltage	0	-	0.35 * VDD	V
I <sub>IL</sub>	Slow GPIO low-level input current a)	-	-	- 1	nA
V <sub>HYS</sub>	Slow GPIO Input Hysteresis	0.49	-	-	V
V <sub>OH</sub>	Slow GPIO High-level output voltage	2.4	-	-	V
V <sub>OL</sub>	Slow GPIO Low-level output voltage	-	-	0.4	V
I <sub>OH</sub>	High-level source current, V <sub>OH</sub> = 2.4 V b) 2-mA Drive	2.0	-	-	mA
I <sub>OL</sub>	Low-level sink current, V <sub>OL</sub> = 0.4 V b) 2-mA Drive	2.0	-	-	mA

- a) Output/pull-up/pull-down disabled; only input enabled.  
 b) IO specifications reflect the maximum current where the corresponding output voltage meets the V<sub>OH</sub>/V<sub>OL</sub> thresholds. IO current can exceed these limits (subject to absolute maximum ratings).

Tabelle 2: Elektrische Eigenschaften, Signalpegel Slow GPIO

Parameter	Parameter Name	Min	Nom	Max	Unit
V <sub>IH</sub>	Fast GPIO high-level input voltage	0.65 * VDD	-	4	V
I <sub>IH</sub>	Fast GPIO high-level input current a)	-		300	nA
V <sub>IL</sub>	Fast GPIO low-level input voltage	0	-	0.35 * VDD	V
I <sub>IL</sub>	Fast GPIO low-level input current a)	-	-	- 200	nA
V <sub>HYS</sub>	Fast GPIO Input Hysteresis	0.49	-	-	V
V <sub>OH</sub>	Fast GPIO High-level output voltage	2.4	-	-	V
V <sub>OL</sub>	Fast GPIO Low-level output voltage	-	-	0.4	V
I <sub>OH</sub>	High-level source current, V <sub>OH</sub> = 2.4 V b)				
	2-mA Drive	2.0			mA
	4-mA Drive	4.0			
	8-mA Drive	8.0	-	-	
	10-mA Drive	10.0			
12-mA Drive	12.0				
I <sub>OL</sub>	Low-level sink current, V <sub>OL</sub> = 0.4 V b)				
	2-mA Drive	2.0			mA
	4-mA Drive	4.0			
	8-mA Drive	8.0	-	-	
	10-mA Drive	10.0			
	12-mA Drive	12.0			
12-mA Drive overdriven to 18-mA	18.0				

a) Output/pull-up/pull-down disabled; only input enabled.

b) IO specifications reflect the maximum current where the corresponding output voltage meets the V<sub>OH</sub>/V<sub>OL</sub> thresholds. IO current can exceed these limits (subject to absolute maximum ratings).

*Tabelle 3: Elektrische Eigenschaften, Signalpegel Fast GPIO*

## 3.2 Temperaturbereich

- Arbeitstemperatur: 0 bis 50° Celsius Umgebungstemperatur
- Lagertemperatur: -40 bis 80° Celsius Umgebungstemperatur
- relative Feuchte: 0 ... 90%, nicht kondensierend



## 4 Definition der Anschlüsse

Bei dem embedded Modul MKC1601 können die 24 Schnittstellen-Pins mit mehreren Funktionen belegt werden. Je nach Einsatz des Moduls werden die zugehörigen Pins von der Firmware für die entsprechenden alternativen Funktionalitäten konfiguriert. Die folgenden Seiten zeigen die realisierbaren Funktionsgruppen und die Zuordnung zu den Anschlusspins.

### Modulstecker (Belegung MKC1601)

				XB			
		UART4.RX	GPIO8	1	2	GPIO0	
		UART4.TX	GPIO9	3	4	GPIO1	
SDSPI.SCLK	SPI.SCLK	PWM3	GPIO10	5	6	GPIO2	USB.EPEN
SDSPI./SS	SPI./SS	PWM2	GPIO11	7	8	GPIO3	USB.PFLT
SDSPI.DAT1	SPI.MISO	PWM0	GPIO12	9	10	GPIO4	I2C.SDA
SDSPI.DAT0	SPI.MOSI	PWM1	GPIO13	11	12	GPIO5	I2C.SCL
		UART4.RTS	GPIO14	13	14	GPIO6	
		UART4.CTS	GPIO15	15	16	GPIO7	
			CLK_OUT	17	18	VBATT	
			TCK	19	20	TDO	
			TMS	21	22	TDI	

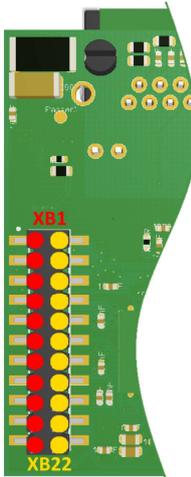


Tabelle 4: Modulstecker XB (Belegung)

				XA			
		RCLASS <sup>1)</sup>		1	2	POE_POS <sup>1)</sup>	
		RCLASS <sup>1)</sup>		3	4	POE_MOD <sup>1,3)</sup>	
		/CONFIG_IN		5	6	GPIO16	CAN.RX
		/FSU_IN		7	8	GPIO17	CAN.TX
UART3.TX		GPIO20		9	10	GPIO18	USB.ID
UART3.RX		GPIO21		11	12	GPIO19	USB.VBUS
UART3.RTS		GPIO22		13	14	/RST_IN	
UART3.CTS		GPIO23		15	16	/RST_OUT	
		GND		17	18	3.3V IN/OUT	
		GND		19	20	3.3V IN/OUT	
		GND		21	22	3.3V IN/OUT	

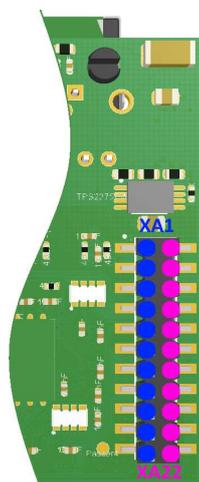


Tabelle 5: Modulstecker XA (Belegung)

- 1) Nur Modul-Variante PoE.
- 2) Variante PoE : 3.3V Quelle max. 300mA  
 Variante STD : 3.3V Versorgung max. 200mA
- 3) Variante PoE : GND  
 Variante STD : offen

## 4.1 Power

Das Signal an Pin XA[4] signalisiert der Trägerkarte die Variante des aufgesteckten Moduls. In der Variante STD ist dieser Pin offen, in der Variante PoE ist dieser Pin gegen GND kurzgeschlossen.

Für den Fall, dass beide Varianten (PoE und STD) auf einer Trägerkarte abwechselnd eingesetzt werden sollen, kann über dieses Signal die Spannungsversorgung für die jeweilige MKC1601 geschaltet werden. Die entsprechend implementierte Hardware kann die 3.3V-Versorgung der Trägerkarte über die Pins des Moduls (Variante PoE, Pins sind Spannungsquelle) realisieren oder – Variante STD, diese Pins sind Versorgungseingänge – zur Spannungsversorgung des Moduls nutzen.

### 4.1.1 Variante STD

Die STD Variante der MKC1601 wird über die Pins XA[18,20,22] mit einer Spannung von 3,3V DC versorgt. Stromaufnahme siehe 3.1 Elektrische Eigenschaften. Die Pins XA[1,2,3,4] sind nicht belegt.

### 4.1.2 Variante PoE

Die PoE Variante der MKC1601 wird über das Ethernet Kabel versorgt. Stromaufnahme siehe 3.1 Elektrische Eigenschaften.

An dem Stecker XA[2] liegt die vom speisenden Switch (PSE, Power Sourcing Equipment) gelieferte Spannung an. Diese positive Spannung liegt im Bereich von 36..57V DC und wird unmittelbar von dem Netzwerkstecker über einen Brückengleichrichter an den Pfostenverbinder geführt. Das Bezugspotential ist GND. Es erfolgt keine Potentialtrennung.

Bei der Versorgung eines Endgerätes über PoE nach 802.3af sind einstellbare Leistungsklassen für das Endgerät (PD, Powered Device) definiert. Diese legen fest, wie viel Strom maximal im Betrieb dem speisenden Switch entnommen wird. Switch und Endgerät führen eine entsprechende Detektion und Klassifizierung vor der eigentlichen Aktivierung der Stromversorgung durch. Diese Klassifizierung erfolgt anhand eines festgelegten Widerstandswertes. Der PSE misst diesen Widerstand aus um die Leistungsklasse des angeschlossenen Systems festzustellen.

Der eingesetzte PoE-Controller muss mit folgenden Widerstandswerten beschaltet werden:

CLASS	PD Power (W)	R_CLASS (Ohm)	Parallelwiderstand (Ohm)
0	0.44 – 12.95	4420 1%	---
1	0.44 – 3.84	953 1%	1215
2	3.84 – 6.49	549 1%	627
3	6.49 – 12.95	357 1%	388

Tabelle 6: RCLASS

Auf dem Modul ist ein Widerstand 4420 Ohm bestückt, somit wird ein Leistungsbedarf für das System der Klasse 0 angezeigt.

Soll für das Gesamtsystem eine andere Leistungsklasse während der Detektion und Klassifizierung an den PSE signalisiert werden, so können entsprechende Widerstandswerte auf der Trägerkarte parallel zu dem auf dem Modul fest verbauten Widerstandswert 4420 Ohm geschaltet werden. Die Anschlüsse hierfür sind auf dem Stecker XA[1,3] vorgesehen. Der erforderliche Parallelwiderstand zeigt die obige Tabelle.

## 4.2 Programmierbare Pins im Modulstecker (GPIO0 – GPIO23)

Die folgende Tabelle zeigt die programmierbaren Pins des Modulstecker. Nicht programmiert sind alle diese Pins GPIO Signale der CPU (genauer: digitale Eingänge ohne Pullup/Pulldown). MKC unterstützt die Programmierung der Pins auf die hier angegeben Schnittstellen Funktionen.

Pin-Name	Stecker-Pin	CPU Pin (Name / Pin-Nr.)	Schnittstelle (CPU-Block)
GPIO0	XB[2]	PP0 / 118	-
GPIO1	XB[4]	PP1 / 119	-
GPIO2	XB[6]	PA6 / 40	USB0
GPIO3	XB[8]	PA7 / 41	USB0
GPIO4	XB[10]	PL0 / 81	I2C2
GPIO5	XB[12]	PL1 / 82	I2C2
GPIO6	XB[14]	PL6 / 94	USB0
GPIO7	XB[16]	PL7 / 93	USB0
GPIO8	XB[1]	PK0 / 18	UART4
GPIO9	XB[3]	PK1 / 19	UART4
GPIO10	XB[5]	PF3 / 45	PWM3 / SPI / SDSPI (SSI3)
GPIO11	XB[7]	PF2 / 44	PWM2 / SPI / SDSPI (SSI3)
GPIO12	XB[9]	PF0 / 42	PWM0 / SPI / SDSPI (SSI3)
GPIO13	XB[11]	PF1 / 43	PWM1 / SPI / SDSPI (SSI3)
GPIO14	XB[13]	PK2 / 20	UART4
GPIO15	XB[15]	PK3 / 21	UART4
GPIO16	XA[6]	PA0 / 33	CAN0
GPIO17	XA[8]	PA1 / 34	CAN0
GPIO18	XA[10]	PB0 / 95	USB0
GPIO19	XA[12]	PB1 / 96	USB0
GPIO20	XA[9]	PJ1 / 117	UART3
GPIO21	XA[11]	PJ0 / 116	UART3
GPIO22	XA[13]	PP4 / 105	UART3
GPIO23	XA[15]	PP5 / 106	UART3

Tabelle 7: Übersicht programmierbare Modulpins (GPIO0 – GPIO23)

Einzelheiten zu den auf den folgenden Seiten beschriebenen Schnittstellen finden sie im Datenblatt des TIVA Mikrocontrollers unter <http://www.ti.com/lit/gpn/tm4c1294kcpdt>.

## 4.2.1 UART Schnittstellen

Die UART Schnittstellen der CPU unterstützen:

- Baudrate bis 15 Mbps
- 5, 6, 7, 8 Databits, odd/even/no Parity, 1 oder 2 Stoppbits
- RTS/CTS Handshake
- jeweils 16 Byte tiefe FIFOs für Receive/Transmit

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
UART	CTS	GPIO23 (XA[15])	PP5 / 106 (UART3)
UART	RTS	GPIO22 (XA[13])	PP4 / 105 (UART3)
UART	RX	GPIO21 (XA[11])	PJ0 / 116 (UART3)
UART	TX	GPIO20 (XA[9])	PJ1 / 117 (UART3)

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
UART	CTS	GPIO15 (XB[15])	PK3 / 21 (UART4)
UART	RTS	GPIO14 (XB[13])	PK2 / 20 (UART4)
UART	RX	GPIO8 (XB[1])	PK0 / 18 (UART4)
UART	TX	GPIO9 (XB[3])	PK1 / 19 (UART4)

*Tabelle 8: UART0 / UART1 Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block*

## 4.2.2 USB Schnittstelle

Die USB Schnittstellen der CPU unterstützen:

- USB1.0 Full-Speed (12Mbps) Interface
- Host, Device oder OTG Modus

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
USB	VBUS	GPIO19 (XA[12])	PB1 / 96 (USB0)
USB	ID	GPIO18 (XA[10])	PB0 / 95 (USB0)
USB	DN	GPIO7 (XB[16])	PL7 / 93 (USB0)
USB	DP	GPIO6 (XB[14])	PL6 / 94 (USB0)
USB	EPEN*	GPIO2 (XB[6])	PA6 / 40 (USB0)
USB	PFLT*	GPIO3 (XB[8])	PA7 / 41 (USB0)

\* optionale Signale für 'external power control in host mode'

*Tabelle 9: USB Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block*

### 4.2.3 SPI/SDSPI Schnittstelle

Der QSSI Funktionsblock der TIVA CPU unterstützt sowohl die Standard 1-Bit Konfiguration als auch einen parallelen 4-Bit Transfe.

- maximale Datenrate 60 MHz im Master-Mode
- Master/Slave Modus
- Getrennte Empfangs-/Sende-FIFOs

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
SPI	MOSI	GPIO13 (XB[11])	PF1 / 43 (SSI3)
SPI	MISO	GPIO12 (XB[9])	PF0 / 42 (SSI3)
SPI	/SS	GPIO11 (XB[7])	PF2 / 44 (SSI3)
SPI	SCLK	GPIO10 (XB[5])	PF3 / 45 (SSI3)

Tabelle 10: SPI Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
SDSPI	DAT0	GPIO13 (XB[11])	PF1 / 43 (SSI3)
SDSPI	DAT1	GPIO12 (XB[9])	PF0 / 42 (SSI3)
SDSPI	/SS	GPIO11 (XB[7])	PF2 / 44 (SSI3)
SDSPI	SCLK	GPIO10 (XB[5])	PF3 / 45 (SSI3)

Tabelle 11: QSSI Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block

### 4.2.4 I<sup>2</sup>C Schnittstelle

Texas Instruments unterstützt auf dem I<sup>2</sup>C Bus sowohl den Master- als auch den Slave-Mode mit Datenraten von 100Kbps (Standard) bis 3,33 Mbps (high-speed).

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
I2C	SCL	GPIO5 (XB[12])	PL1 / 82 (I2C2)
I2C	SDA	GPIO4 (XB[10])	PL0 / 81 (I2C2)

Tabelle 12: I2C Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block

### 4.2.5 CAN Schnittstelle

Einige Features des CAN-Controllers:

- CAN Protokoll Version 2.0 Part A/B
- Bitrate bis 1 Mbps
- 32 Message Objects

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
CAN	TX	GPIO17 (XA[8])	PA1 / 34 (CAN0)
CAN	RX	GPIO16 (XA[6])	PA0 / 33 (CAN0)

Tabelle 13: CAN Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block

Dieses Feature wird in den Beispielen zur Zeit nicht unterstützt.

## 4.2.6 PWM Schnittstelle

Es stehen zwei 16-bit Pulsweitenmodulatoren zur Verfügung. Ein PWM gibt jeweils zwei Signale mit gleichem Takt und gleicher Frequenz heraus.

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)	PWM Generator
PWM	PWM0	GPIO12 (XB[7])	PF0 / 42 (PWM0)	0
PWM	PWM1	GPIO13 (XB[5])	PF1 / 43 (PWM1)	0
PWM	PWM2	GPIO11 (XB[9])	PF2 / 44 (PWM2)	1
PWM	PWM3	GPIO10 (XB[11])	PF3 / 45 (PWM3)	1

*Tabelle 14: PWM Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin und PWM Generator*

## 4.3 Fixe Pins im Modulstecker

### 4.3.1 System-Control Pins

Das Signal RSTOUT ist als Ausgang konfiguriert und wird über einen MOSFET invertiert und als Open-Drain Signal auf den Modulstecker geführt.

Der Pin CLKOUT des Modulsteckers ist an den Ausgang eines frei programmierbaren Timer des Controllers geführt um einen einstellbaren Taktausgang zu realisieren. Nähere Informationen zu der Programmierung des Timers können Sie dem Datenblatt des Mikrocontrollers entnehmen.

Die beiden Signale EN0LED0/1 haben eine doppelte Funktion. Sie sind als Open-Drain Ausgänge konfiguriert und mit den LEDs im Ethernet Stecker verbunden. Sie werden direkt von dem Ethernet Controller gesteuert. Auf einer Trägerkarte können diese Pins auf Taster gegen Masse gelegt werden um während des Systemstarts (Boot-Vorgang) spezielle Vorgänge (z.Bsp. System Konfiguration oder Software Update) einzuleiten. Nähere Informationen hierzu können Sie dem Handbuch für den Bootloader entnehmen.

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
RESET	/RSTIN	/RST_IN (XA[14])	/RST / 70 (System-Control)
RESET	/RSTOUT	/RSTOUT (XA[16])	PM6 / 72 (GPIO)
CONFIG Ethernet	EN0LED1 gelbe LED	/CONFIG_IN (XA[5])	PK6 / 61 (Ethernet)
FSU Ethernet	EN0LED0 grüne LED	/FSU_IN (XA[7])	PK4 / 63 (Ethernet)
TIMER	CLK_OUT	CLK_OUT (XB[17])	PM7 / 71 (Timer)

Tabelle 15: System-Control Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block

### 4.3.2 Batterie-Eingang

Für diesen Modul-Pin kann auf der Trägerkarte eine Spannungsquelle zum Erhalt der RTC Daten vorgesehen werden. Es kann eine Batterie, ein Akku oder ein Supercap mit einer Spannung zwischen 1,8V und 3,6V verwendet werden. Auf dem Evaluation-Board MKC1702 ist zum Beispiel ein Panasonic Goldcap mit dazu gehöriger Ladeschaltung implementiert.

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
Hibernation	VBATT	VBATT (XB[18])	VBATT / 68 (Power)

Tabelle 16: VBATT Konfiguration Modul-Pin zu CPU-Pin/Block

### 4.3.3 JTAG Schnittstelle

Die JTAG Schnittstelle dient zum Debuggen des Moduls.

Schnittstelle	Signalname	Modul Pin (Stecker[Pin])	CPU Pin (CPU-Block)
JTAG	TCK	TCK (XB[19])	PC0_TCK_SWCLK / 100 (JTAG)
JTAG	TMS	TMS (XB[21])	PC1_TMS_SWCLK / 99 (JTAG)
JTAG	TDI	TDI (XB[22])	PC2_TDI / 98 (JTAG)
JTAG	TDO	TDO (XB[20])	PC3_TDO_SWO / 97 (JTAG)

Tabelle 17: JTAG Modul-Pin zu CPU-Pin/Block



## 5 Pinbelegung TM4C129KCPDT

In den folgenden Tabellen werden die benötigten Funktionalitäten den vorhandenen Anschlusspins des Mikrocontrollers TM4C1294KCPDT zugeordnet. Die Übersichten zeigen jeweils die Pin-Nummer, -Name, -Typ und die Beschreibung entsprechend den Angaben aus dem Datenblatt.

### 5.1 Pinbelegung Versorgungsspannungen

TM4C1294KCPDT					MKC1601
Pin-Nummer	Name	Type	Type		Funktion
7, 16, 26, 28, 39, 47, 51, 52, 69, 79, 90, 101, 113, 122	VDD	–	Power	Positive supply for I/O and some logic	<b>VDD (3.3V)</b>
8	VDDA	–	Power	The positive supply for the analog circuits (ADC, Analog Comparators, etc.)	<b>VDDA (3.3V)</b>
87, 115	VDDC	–	Power	The voltage on this pin is supplied by the on-chip LDO	<b>VDDC (1.2V)</b>
9	VREFA+	–	Power	A reference voltage used to specify the voltage at which the ADC converts to a maximum value	<b>VREFA+ (3.3V)</b>
68	VBAT	–	Power	Power source for the Hibernation module	<b>VBAT (3.0V)</b>
17, 48, 55, 58, 80, 114	GND	–	Power	Ground reference for logic and I/O pins	<b>GND</b>

Tabelle 18: Pinbelegung Versorgungsspannungen

### 5.2 Pinbelegung Steuer- und Takt-Signale

TM4C1294KCPDT					MKC1601
Pin-Nummer	Name	Type	Type		Funktion
88	OSC0	I	Analog	Main oscillator crystal input or an external clock reference input	<b>OSC0 (25.0 MHz)</b>
89	OSC1	O	Analog	Main oscillator crystal output.	<b>NC</b>
66	XOSC0	I	Analog	Hibernation module oscillator crystal output	<b>XOSC0 (32.768 kHz)</b>
67	XOSC1	O	Analog	Hibernation module oscillator crystal output	<b>XOSC1 (32.768 kHz)</b>
64	/WAKE	I	TTL	An external input that brings the processor out of Hibernate mode	<b>GND</b>
65	/HIB	O	TTL	An output that indicates the processor is in Hibernate mode	<b>NC</b>

Tabelle 19: Pinbelegung Steuer- und Takt-Signale

### 5.3 Pinbelegung Platinen-Rev und Platinen-Var

TM4C1294KCPDT					MKC1601
Pin-Nummer	Name	Type	Type		Funktion
29	PH0	I	TTL	GPIO port H bit 0	<b>REV_Bit0</b>
30	PH1	I	TTL	GPIO port H bit 1	<b>REV_Bit1</b>
31	PH2	I	TTL	GPIO port H bit 4	<b>VAR_Bit0</b>
32	PH3	I	TTL	GPIO port H bit 5	<b>VAR_Bit1</b>

Tabelle 20: Pinbelegung Platinen-Rev und Platinen-Var

### 5.4 Pinbelegung Netzwerkschnittstelle

TM4C1294KCPDT					MKC1601
Pin-Nummer	Name	Type	Type		Funktion
59	RBIAS	O	Analog	4.87-kΩ resistor (1% precision) for Ethernet PHY	<b>RBIAS</b>
53	EN0RXIN	I/O	TTL	Ethernet PHY negative receive differential input	<b>RXI_P</b>
54	EN0RXIP	I/O	TTL	Ethernet PHY positive receive differential input	<b>RXI_N</b>
56	EN0TXON	I/O	TTL	Ethernet PHY negative transmit differential output	<b>RXO_P</b>
57	EN0TXOP	I/O	TTL	Ethernet PHY positive transmit differential output	<b>RXO_N</b>
61	EN0LED1	OD	TTL	Ethernet LED 1	<b>/LEDY (Onboard RJ45)</b>
63	EN0LED0	OD	TTL	Ethernet LED 0	<b>/LEDG (Onboard RJ45)</b>

Tabelle 21: Pinbelegung Netzwerkschnittstelle

### 5.5 Pinbelegung Onboard LED

TM4C1294KCPDT					MKC1601
Pin-Nummer	Name	Type	Type		Funktion
62	EN0LED2	O	TTL	Ethernet LED 2	<b>Onboard Dual-LED (green)</b>
60	PK7	O	TTL	Output	<b>Onboard Dual-LED (red)</b>

Tabelle 22: Pinbelegung Onboard LED

## 5.6 Pinbelegung interne SPI-Schnittstelle

TM4C1294KCPDT					MKC1601
Pin-Nummer	Name	Type	Type		Funktion
1	SSI2XDAT1	I	TTL	SSI Module 2 Bi-directional Data Pin 1 (SSI2RX in Legacy SSI Mode)	<b>SSI2DAT1_RX</b> (intern, SPI-Flash)
2	SSI2XDAT0	O	TTL	SSI Module 2 Bi-directional Data Pin 1 (SSI2TX in Legacy SSI Mode)	<b>SSI2DAT1_TX</b> (intern, SPI-Flash)
3	SSI2FSS	O	TTL	SSI module 2 frame signal	<b>SPI2FSS</b> (intern, SPI-Flash)
4	SSI2CLK	O	TTL	SSI module 2 clock	<b>SPI2CLK</b> (intern, SPI-Flash)

Tabelle 23: Pinbelegung interne SPI-Schnittstelle

## 5.7 Pinbelegung nicht benutzter Pins

TM4C1294KCPDT					MKC1601
Pin-Nummer	Name	Type	Type		Funktion
35, 36, 37, 38	PA2 – PA5	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
91, 92	PB2 – PB3	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>nicht beschaltet</b>
121, 120	PB4 – PB5	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
25, 24, 23, 22	PC4 – PC7	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
125, 126, 127, 128	PD4 – PD7	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
15, 14, 13, 12, 123, 124	PE0 – PE5	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
46	PF4	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
49, 50	PG0 – PG1	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
83, 84, 85, 86	PL2 – PL5	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
78, 77, 76, 75, 74 73,	PM0 – PM5	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
107, 108, 109, 110, 111, 112	PN0 – PN5	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
103, 104	PP2 – PP3	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>
5	PQ0	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>nicht beschaltet</b>
6, 11, 27, 102	PQ1 – PQ4	IO	TTL	Not used GPIO port	<b>verbunden mit GND</b>

Tabelle 24: Pinbelegung nicht benutzter Pins



6 Anhang

6.1 Bemaßung MKC1601

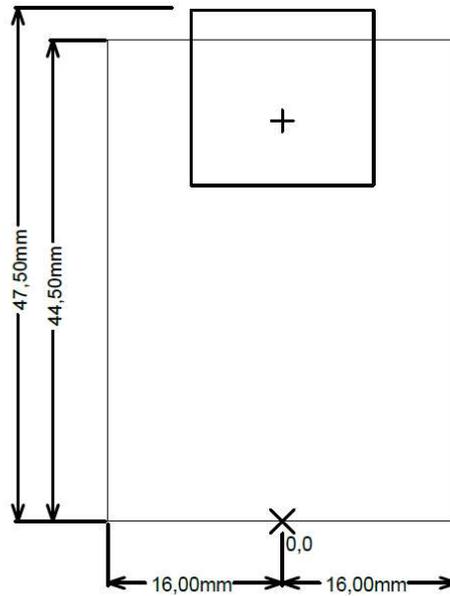


Abbildung 3: Bemaßung MKC1601 (Platine)

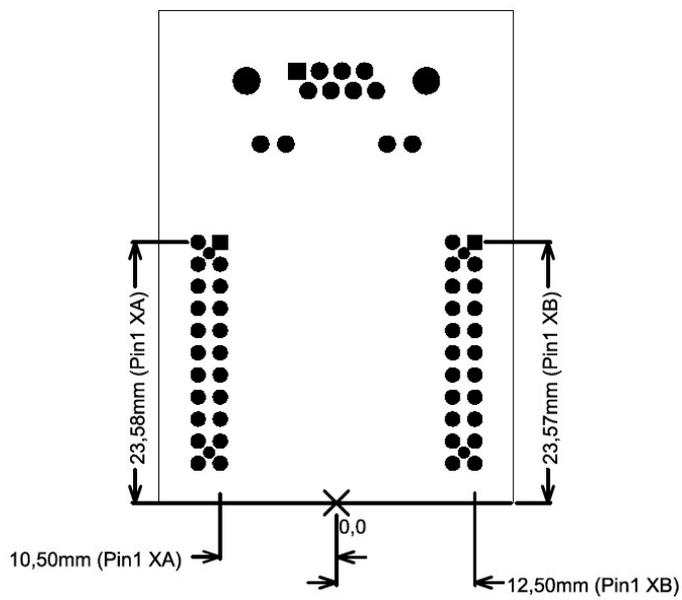


Abbildung 4: Bemaßung MKC1601 (XA, XB auf der Unterseite)