

**AN022****Application Note 022 zu MODULAR-4****Interrupt- und DMA-Möglichkeiten von der Basiskarte zum PC**

AN022.DOC (11 Seiten)

Diese Application Note AN022 ersetzt die Application Notes AN005, AN007 und AN012 und beschreibt zusätzlich das GAL "MML-20P".

**1. Aufgabenstellung**

Die MODULAR-4 Basiskarte kann Interrupts und DMA-Requests auf dem PC auslösen bzw. anfordern. Hierfür stehen eine Interrupt- und eine DMA-Leitung von der Karte zum PC zur Verfügung. Als Interrupts können IRQ-3, IRQ-4, IRQ-6 oder IRQ-7 und als DMA-Kanal kann DRQ-1/DACK-1 oder DRQ-2/DACK-2 eingestellt werden (siehe Handbuch zur MODULAR-4 Basiskarte).

Die Bedingungen, um von der Karte aus einen Interrupt oder eine DMA-Anforderung auf dem PC auszulösen, können per Software eingestellt werden. Die standardmäßigen Einstellmöglichkeiten reichen für die meisten Einsatzfälle auch aus. Es gibt aber Aufgabenstellungen, die eine andere Art der Interruptauslösung oder DMA-Anforderung wünschenswert machen.

**2. Lösung**

Durch Austausch des programmierbaren IC 3 (GAL) auf der MODULAR-4 Basiskarte sind verschiedene Arten der Interruptgenerierung oder DMA-Anforderung zu erreichen.

Diese Application Note AN022 beschreibt Vor- und Nachteile der vorgestellten Lösungen.

### 3. Das Standard-GAL "MML-20J" (Vorversion "MML-20D")

#### 3.1. Die PC-Interruptgenerierung mit dem GAL "MML-20J"

Die MODULAR-4 Basiskarte wird standardmäßig mit einem GAL (24-pol., IC 3) der Version "MML-20J" ausgeliefert. Per Jumper auf der Karte muß ein PC-Interrupt-Kanal eingestellt sein. Das gewünschte Interrupt-Verhalten wird durch Schreiben eines (beliebigen) Byte an die im folgenden angegebenen Z80-I/O-Adressen eingestellt. Das kann vom PC aus per Makro-Befehl geschehen, z.B. mit dem Befehl / 23H / adresse / 0 /.

I/O-Adresse	Funktion
49H	Hierdurch wird Hardware-mäßig erst die Interrupt-Verbindung von der Karte zum PC hergestellt. Gleichzeitig wird die Interruptfunktion so geschaltet, daß ein PC-Interrupt ausgelöst wird, wenn die Karte ein Daten-Byte zum PC sendet.
48H	Interrupt-Verbindung wieder trennen. Dies ermöglicht, daß mehrere MODULAR-4 Karten dieselbe PC-Interruptleitung verwenden.
43H	Es wird zusätzlich ein PC-Interrupt ausgelöst, wenn der PC ein Daten-Byte zur Karte gesendet hat und die Karte dieses Byte aus der Schnittstelle ausgelesen hat (Transmit Buffer Empty). Dieser Befehl ist nur wirksam, wenn die Interrupt-Verbindung vorher hergestellt wurde (s.o.).
42H	Hebt den vorherigen Befehl (43H) wieder auf.

Bei dieser Lösung wird z.B. bei jedem Byte, das von der Karte zum PC geschickt wird, ein Interrupt ausgelöst. Das ist bezüglich Software auf der PC-Seite eine übersichtliche und relativ einfache Lösung. Leider ist aber die Interrupt-Verarbeitungszeit bei PC's und AT's nicht sehr kurz, weshalb in vielen Anwendungen auf Interrupt verzichtet und stattdessen mit Polling gearbeitet wird, was meist erheblich schneller ist.

Ein Nachteil dabei ist, daß der Interrupt nicht vorübergehend abschaltbar ist. Dies hängt damit zusammen, daß die Interrupt-Eingänge auf dem PC-Bus bei den meisten PC's nicht auf einen definierten Pegel gezogen werden. Wenn jetzt durch Ansprechen der Z80-I/O-Adresse 48H die Interrupt-Verbindung getrennt würde, wäre der Interrupt-Eingang des PC in einem nicht definierten Zustand und könnte so Störungen auffangen. Also muß die Interrupt-Verbindung einmal hergestellt und dann der Interrupt-Controller im PC programmiert werden. Die Verbindung muß während der gesamten Kommunikation des PC mit der Karte bestehen bleiben.

### 3.2. Die DMA-Funktionen des GAL "MML-20J"

Per Jumper auf der Karte muß ein PC-DMA Kanal eingestellt sein. Damit ist aber noch nicht die DMA-Verbindung (bestehend aus zwei Leitungen: DMA-Request und DMA-Acknowledge) zwischen PC und Karte hergestellt. Dies ist erst nach Aktivierung des DMA mit den im folgenden beschriebenen Befehlen der Fall (siehe oben, 3.).

I/O-Adresse	Funktion
44H	DMA deaktivieren: Die DMA-Verbindung zwischen MODULAR-4 Karte und PC wird getrennt. Der DMA-Kanal könnte jetzt z.B. von einer anderen Karte benutzt werden.
45H	DMA aktivieren: Die DMA-Verbindung zwischen MODULAR-4 Karte und PC wird hergestellt. Beim nächsten (und folgenden) Auftreten der eingestellten DMA-Bedingung wird jedesmal eine DMA-Anforderung von der Karte ausgelöst, bis das DMA wieder deaktiviert wird (s.o., Adresse 44H).
46H	DMA-Bedingung einstellen: Sofern das DMA auf der Karte aktiviert ist (s.o., Adresse 45H), wird immer dann eine DMA-Anforderung zum PC gegeben, wenn die Karte ein Daten-Byte zum PC sendet (entspricht Receive Buffer Full für den PC). Die Einstellung kann unabhängig davon vorgenommen werden, ob das DMA aktiviert ist oder nicht.
47H	DMA-Bedingung einstellen: Sofern das DMA auf der Karte aktiviert ist (s.o., Adresse 45H), wird immer dann eine DMA-Anforderung zum PC gegeben, wenn die Karte ein Daten-Byte aus der PC-Schnittstelle ausliest, das der PC zur Karte gesendet hat (entspricht Transmit Buffer Empty für den PC). Die Einstellung kann unabhängig davon vorgenommen werden, ob das DMA aktiviert ist oder nicht.

#### 4. Das GAL "MML-20F"

Dieses 24-pol. IC (GAL "MML-20F") muß gegen das auf der Basiskarte vorhandene IC 3 ausgetauscht werden. Es sind damit lediglich die Interrupt-Funktionen geändert (die DMA-Funktionen entsprechen denen des GAL "MML-20J").

I/O-Adresse	Funktion
42H und 49H	Beide Adressen müssen in der angegebenen Reihenfolge angesprochen werden. Hierdurch wird Hardware-mäßig die Interrupt-Verbindung von der Karte zum PC hergestellt, aber es kann noch kein Interrupt ausgelöst werden.
43H	Es wird auf dem PC ein Interrupt ausgelöst, wenn die Karte ein Daten-Byte zum PC sendet. Dieser Befehl ist nur wirksam, wenn die Interrupt-Verbindung vorher hergestellt wurde (s.o.).
42H	Die Interrupt-Verbindung bleibt bestehen, es wird aber kein Interrupt mehr ausgelöst.
48H	Die Interrupt-Verbindung wird wieder getrennt. Dies ermöglicht, daß mehrere MODULAR-4 Karten dieselbe PC-Interruptleitung verwenden.

Vorteil dieser Methode ist, daß ein Programm auf der Karte selbst bestimmen kann, ob ein Daten-Byte, das von Karte zum PC geschickt werden soll, einen Interrupt auslösen soll. Ein Anwenderprogramm kann damit eine beliebige Anzahl Byte ohne Interrupt zum PC schicken, die dort z.B. per DMA abgeholt werden, und erst zu einem bestimmten Zeitpunkt, z.B. am Ende eines Blocks von Daten beim letzten Byte, einen Interrupt auslösen, um dem PC mitzuteilen, daß ein Datenblock komplett übertragen wurde und im RAM des PC zur Weiterverarbeitung bereit liegt.

Nachteil ist, daß dies bei GAL "MML-20F" nur in einer Richtung, also von der Karte zum PC funktioniert.

Einige Kommunikationsprogramme, z.B. das 3964/R Protokoll, das GE FANUC Protokoll und das Bosch LSV2 Protokoll benutzen diese Methode und erfordern demgemäß ein GAL "MML-20F", "MML-20N" oder "MML-20P" (siehe unten). **Für Neuentwicklungen wird GAL "MML-20P" empfohlen.**

## 5. Das GAL "MML-20H"

Mit GAL "MML-20H" sind sowohl die PC-Interrupt-Funktionen als auch die DMA-Funktionen geändert. Bezüglich der PC-Interrupt-Funktionen wurde versucht, weitgehende Kompatibilität zum GAL "MML-20F" zu erreichen.

Sowohl die Interrupt- als auch die DMA-Leitung werden per Jumper eingestellt. Damit sind die Verbindungen zwischen PC und Karte hergestellt. Sie können, im Gegensatz zu den anderen GAL's, nicht mehr per Software getrennt werden. Das bedeutet, daß der so verwendete Interrupt- und DMA-Kanal des PC nicht von mehreren Karten verwendet werden kann. Wenn der jeweilige Kanal von einer anderen Karte verwendet werden soll, darf bei den entsprechenden Brücken kein Jumper auf der MODULAR-4 Karte aufgesteckt sein.

### 5.1. Die Interruptgenerierung mit dem GAL "MML-20H"

Wenn per Jumper ein PC-Interrupt eingestellt ist, ist auch die Interrupt-Verbindung zwischen PC und Karte hergestellt. Wie beim GAL "MML-20F" kann der Interrupt per Software an- oder abgeschaltet werden. Hinzugekommen ist die Möglichkeit, per Software die Bedingung, die einen PC-Interrupt anfordert, zu wählen.

I/O-Adresse	Funktion
42H	Interrupt deaktivieren: Es wird von der Karte aus kein PC-Interrupt ausgelöst, die Interrupt-Verbindung bleibt aber bestehen.
43H	Interrupt aktivieren: Es wird beim nächsten (und folgenden) Auftreten der eingestellten Interrupt-Bedingung ein PC-Interrupt von der Karte ausgelöst, bis der Interrupt wieder deaktiviert wird (s.o., Adresse 42H).
49H	Interrupt-Bedingung einstellen: Sofern der Interrupt aktiviert ist (s.o., Adresse 43H), wird auf dem PC immer dann ein Interrupt angefordert, wenn die Karte ein Daten-Byte zum PC sendet. Die Einstellung kann unabhängig davon vorgenommen werden, ob der Interrupt aktiviert ist.
48H	Interrupt-Bedingung einstellen: Sofern der Interrupt aktiviert ist (s.o., Adresse 43H), wird auf dem PC jedesmal ein Interrupt ausgelöst, wenn die Karte ein Daten-Byte aus der PC-Schnittstelle ausliest, das der PC zur Karte gesendet hat. Die Einstellung kann unabhängig davon vorgenommen werden, ob der Interrupt aktiviert ist.

Vorteil dieser Methode ist, daß ein Anwendungsprogramm auf der Karte selbst bestimmen kann, ob ein Daten-Byte, das von Karte zum PC geschickt werden soll, einen Interrupt auslösen soll. Ein Anwendungsprogramm kann damit z.B. eine beliebige Anzahl Byte ohne Interrupt zum PC schicken, die dort per DMA abgeholt werden, und erst zu einem bestimmten Zeitpunkt, z.B. am Ende eines Blocks von Daten, beim letzten Byte einen Interrupt auslösen, um dem PC mitzuteilen, daß der Datenblock komplett übertragen wurde und im RAM des PC zur Weiterverarbeitung bereit liegt.

Einige Kommunikationsprotokolle, z.B. 3964/R, GE FANUC, LSV2 benutzen diese Methode und erfordern demgemäß ein GAL "MML-20F", "MML-20N" oder "MML-20P" (siehe unten). **Für Neuentwicklungen wird GAL "MML-20P" empfohlen.**

## 5.2. Die DMA-Funktionen des GAL "MML-20H"

Wenn per Jumper ein PC-DMA Kanal eingestellt ist, ist auch die DMA-Verbindung (bestehend aus zwei Leitungen: DMA-Request und DMA-Acknowledge) zwischen PC und Karte hergestellt. Gegenüber den GAL's "MML-20D" und "MML-20F" sind die Funktionen weitgehend gleich geblieben. Es kann aber jetzt, ohne den DMA-Controller im PC zu deaktivieren, die DMA-Anforderung zum PC vorübergehend abgeschaltet werden.

I/O-Adresse	Funktion
44H	DMA deaktivieren: Es wird von der Karte aus keine DMA-Anforderung ausgelöst, die DMA-Verbindung bleibt aber bestehen.
45H	DMA aktivieren: Es wird beim nächsten (und folgenden) Auftreten der eingestellten DMA-Bedingung eine DMA-Anforderung von der Karte ausgelöst, bis das DMA wieder deaktiviert wird (s.o., Adresse 44H).
46H	DMA-Bedingung einstellen: Sofern das DMA auf der Karte aktiviert ist (s.o., Adresse 45H), wird immer dann eine DMA-Anforderung zum PC gegeben, wenn die Karte ein Daten-Byte zum PC sendet (entspricht Receive Buffer Full für den PC). Die Einstellung kann unabhängig davon vorgenommen werden, ob das DMA aktiviert ist oder nicht.
47H	DMA-Bedingung einstellen: Sofern das DMA auf der Karte aktiviert ist (s.o., Adresse 45H), wird immer dann eine DMA-Anforderung zum PC gegeben, wenn die Karte ein Daten-Byte aus der PC-Schnittstelle ausliest, das der PC zur Karte gesendet hat (entspricht Transmit Buffer Empty für den PC). Die Einstellung kann unabhängig davon vorgenommen werden, ob das DMA aktiviert ist.

## 6. Das GAL "MML-20P" (Vorversion "MML-20N")

Die Kommunikation zwischen MODULAR-4 Karte und PC gestaltet sich etwas komplexer, wenn sowohl auf der MODULAR-4 Karte als auch auf der PC Seite Multi-Tasking Betriebssysteme laufen. Dann muß dafür Sorge getragen werden, daß die PC-Schnittstelle der Karte durch die verschiedenen Tasks richtig verwaltet wird, z.B. über geeignete Locking Mechanismen. Die auf der MODULAR-4 Karte vorhandene Hardware kann dies nach Austausch des GAL (IC3) gegen die Version "MML-20P" übernehmen. Nach dem Austausch sind sowohl die PC-Interrupt- als auch die PC-DMA-Funktionen der Karte geändert. Dabei wurde versucht, weitgehende Kompatibilität zum GAL "MML-20F", MML-20N" und "MML-20M" zu erreichen. Geeignete Software steht in Form einer Bibliothek zur Verfügung.

### 6.1. PC-Schnittstelle mit GAL "MML-20P" (aus der Sicht des PC)

Adresse	R/W	Funktion	DLM	DLP
<b>BA + 0</b>	<b>R</b>	<b>Status der PC-Schnittstelle lesen</b> Bit 0: TBF (Transmit Buffer Full) Bit 1: DLM (Locking Bit für Device ML4) Bit 2 bis 5: nicht definiert Bit 6: DLP (Locking Bit für Device PC) Bit 7: RBF (Receive Buffer Full)	=	=
<b>BA + 1</b>	<b>R</b>	<b>Data von MODULAR-4 lesen</b> Das Auslesen der Daten führt gleichzeitig zum Reset des RBF-Bit (RBF = 0).	=	=
<b>BA + 2</b>	<b>W</b>	<b>Data an MODULAR-4 schreiben</b> Dieser Zugriff setzt das TBF-Bit = 1, was auf der Karte einen Interrupt auslöst. Daraufhin liest die Karte die Daten aus, was wiederum zum Reset des TBF-Bit führt.	1	=
<b>BA + 0</b>	<b>W</b>	<b>Rücksetzen des DLM-Bit (= 0)</b> Es werden Dummy-Daten zur Karte geschrieben. Der Zugriff darf nur ausgeführt werden, wenn TBF = 0 ist.	0	=
<b>BA + 3</b>	<b>W</b>	<b>Reset MODULAR-4</b> Um festzustellen, wann die Karte nach einem Reset bereit für die Kommunikation mit dem PC ist, kann vom PC aus ein Byte an BA+2 geschrieben werden. Sobald TBF wieder = 0, ist die Karte bereit.	0	0

Anmerkungen: = bedeutet, daß das Bit durch den Zugriff nicht verändert wird.

**6.2. PC-Schnittstelle mit GAL "MML-20P" (aus der Sicht der MODULAR-4 Karte)**

Port	R/W	Funktion	DLM	DLP
<b>00H</b>	<b>R</b>	<b>Status der PC-Schnittstelle lesen</b> Bit 0: RBF (Receive Buffer Full) Bit 1: DLM (Locking Bit für Device ML4) Bit 2 bis 5: nicht definiert Bit 6: DLP (Locking Bit für Device PC) Bit 7: TBF (Transmit Buffer Full)	=	=
<b>20H</b>	<b>R</b>	<b>Data von PC lesen</b> Das Auslesen der Daten führt gleichzeitig zum Reset des RBF-Bit (RBF = 0).	=	=
<b>20H</b>	<b>W</b>	<b>Data an PC schreiben und DLP = 0 setzen</b> Dieser Zugriff setzt gleichzeitig das TBF-Bit (TBF = 1), was der PC als RBF (Receive Buffer Full) auswerten kann.	=	0
<b>21H</b>	<b>W</b>	<b>Data an PC schreiben und DLP = 1 setzen</b> Dieser Zugriff setzt gleichzeitig das TBF-Bit = 1, was der PC als RBF (Receive Buffer Full) auswerten kann.	=	1

Anmerkungen: = bedeutet, daß das Bit nicht verändert wird.

Um das DLP-Bit zurückzusetzen (DLP = 0), muß ein Byte an die Adresse 20H geschickt werden, also zum PC gesendet werden. Dieses Byte muß dann aber auch vom PC gelesen und ausgewertet werden. Das ist nicht in allen Fällen sinnvoll. Deshalb gibt es ab Serien-Nr. 80000 der MODULAR-4 Karte die Möglichkeit, das DLP-Bit durch Lesen von I/O-Adresse 60H und anschließend 61H zurückzusetzen, ohne daß Daten an den PC geschickt werden müssen.



### 6.3. Die Interrupt- und DMA-Logik mit dem GAL "MML-20P"

Sowohl die Interrupt- als auch die DMA-Leitung von der Karte werden per Jumper eingestellt. Damit sind die Verbindungen zwischen PC und Karte hergestellt. Sie können, im Gegensatz zu anderen GAL's, nicht mehr per Software getrennt werden. Das bedeutet, daß mit diesem GAL der so verwendete Interrupt- und DMA-Kanal des PC nicht von mehreren Karten verwendet werden kann. Wenn der jeweilige Kanal von einer anderen Karte verwendet werden soll, darf bei den entsprechenden Brücken kein Jumper auf der MODULAR-4 Karte aufgesteckt sein.

Ab Betriebssystem-Version ML4-3R6 steht ein neuer Makro-Befehl zum Konfigurieren der PC-Interrupt- und PC-DMA-Einstellung zur Verfügung:

Code/ Data	Befehl
<b>15H</b>	<b>Konfiguriere Basiskarte</b>
c	Code (hier erwähnt sind nur die für DMA und Interrupt)
	<u>c      Funktion</u>
42H	PC-DMA deaktivieren (auf der Karte)
44H	PC-DMA aktivieren: Richtung PC => ML4
45H	PC-DMA aktivieren: Richtung ML4 => PC
46H	PC-Interrupt deaktivieren (auf der Karte)
48H	PC-Interrupt aktivieren: Richtung PC => ML4
49H	PC-Interrupt aktivieren: Richtung ML4 => PC

### 6.3.1. Die Interrupt-Logik mit dem GAL "MML-20P"

Wenn per Jumper ein PC-Interrupt eingestellt ist, ist auch die Interrupt-Verbindung zwischen PC und Karte hergestellt. Wie beim GAL "MML-20F" kann der Interrupt per Software an- oder abgeschaltet werden. Hinzugekommen ist die Möglichkeit, per Software die Bedingung, die einen PC-Interrupt anfordert, zu wählen.

I/O-Adresse	Funktion
42H	Interrupt deaktivieren: Es wird von der Karte aus kein PC-Interrupt ausgelöst, die Interrupt-Verbindung bleibt aber bestehen.
43H	Interrupt aktivieren: Es wird beim nächsten (und folgenden) Auftreten der eingestellten Interrupt-Bedingung ein PC-Interrupt von der Karte ausgelöst, bis der Interrupt wieder deaktiviert wird (s.o., Adresse 42H).
48H	Interrupt-Bedingung einstellen: PC => ML4 Sofern der Interrupt aktiviert ist (s.o., Adresse 43H), wird auf dem PC jedesmal ein Interrupt ausgelöst, wenn die Karte ein Daten-Byte aus der PC-Schnittstelle ausliest, das der PC zur Karte gesendet hat. Die Einstellung kann unabhängig davon vorgenommen werden, ob der Interrupt aktiviert ist.
49H	Interrupt-Bedingung einstellen: ML4 => PC Sofern der Interrupt aktiviert ist (s.o., Adresse 43H), wird auf dem PC immer dann ein Interrupt angefordert, wenn die Karte ein Daten-Byte zum PC sendet. Die Einstellung kann unabhängig davon vorgenommen werden, ob der Interrupt aktiviert ist.

Vorteil dieser Methode ist, daß ein Anwendungsprogramm auf der Karte selbst bestimmen kann, ob ein Daten-Byte, das von Karte zum PC geschickt werden soll, einen Interrupt auslösen soll. Ein Anwendungsprogramm kann damit z.B. eine beliebige Anzahl Byte ohne Interrupt zum PC schicken, die dort per DMA abgeholt werden, und erst zu einem bestimmten Zeitpunkt, z.B. am Ende eines Blocks von Daten beim letzten Byte, einen Interrupt auslösen, um dem PC mitzuteilen, daß der Datenblock komplett übertragen wurde und im RAM des PC zur Weiterverarbeitung bereit liegt.

### 6.3.2. Die DMA-Funktionen des GAL "MML-20P"

Wenn per Jumper ein PC-DMA Kanal eingestellt ist, ist auch die DMA-Verbindung, bestehend aus den beiden Leitungen DMA-Request und DMA-Acknowledge, zwischen PC und Karte hergestellt.

Diese Verbindung muß aber noch per Makro-Befehl vom PC aus aktiviert und die DMA-Bedingung festgelegt werden (s.o.).

Der Vollständigkeit halber hier die zugrunde liegenden Funktionen mit dem GAL "MML-20P":

I/O-Adresse	Funktion
44H	DMA deaktivieren: Es wird von der Karte aus keine DMA-Anforderung ausgelöst, die DMA-Verbindung bleibt aber bestehen.
45H	DMA aktivieren: Es wird beim nächsten (und folgendem) Auftreten der eingestellten DMA-Bedingung eine DMA-Anforderung von der Karte aus ausgelöst, bis das DMA wieder deaktiviert wird (s.o., Adresse 44H).
46H	DMA-Bedingung einstellen: ML4 => PC Sofern das DMA auf der Karte aktiviert ist (s.o., Adresse 45H), wird immer dann eine DMA-Anforderung zum PC gegeben, wenn die Karte ein Daten-Byte zum PC sendet (entspricht Receive Buffer Full für den PC).
47H	DMA-Bedingung einstellen: PC => ML4 Sofern das DMA auf der Karte aktiviert ist (s.o., Adresse 45H), wird immer dann eine DMA-Anforderung zum PC gegeben, wenn die Karte ein Daten-Byte aus der PC-Schnittstelle ausliest, das der PC zur Karte gesendet hat (entspricht Transmit Buffer Empty für den PC).