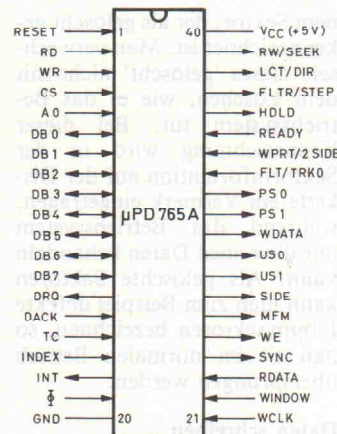
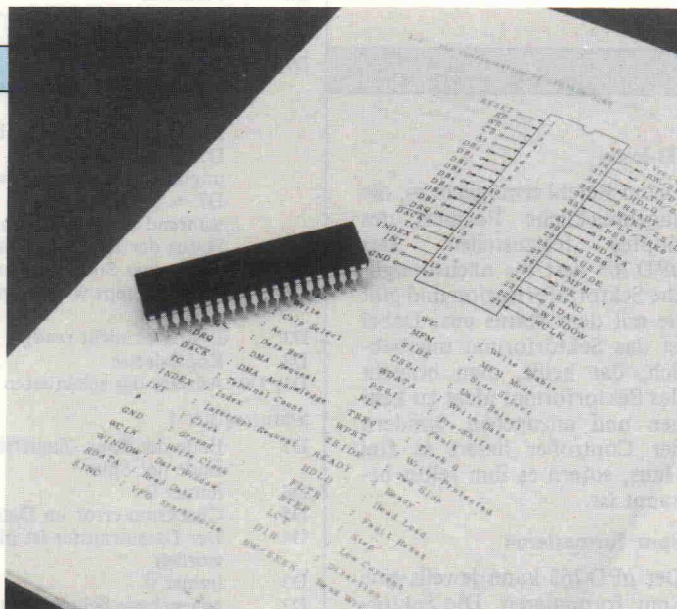


Frank Götsche

Das beste Floppy-Laufwerk ist ohne eine geeignete Schnittstelle zum Rechner 'machtlos'. Doch zum Glück gibt es ja die berühmten FDCs (Floppy-Disk-Controller), mit denen alles ganz einfach ist, im Prinzip. Nun sind diese Controller zumindest von der Funktionsweise her neben der CPU die komplexesten Bausteine eines Rechners und dementsprechend nicht ganz einfach zu handhaben. Der im weiteren beschriebene μ PD 765 von NEC ist ein recht häufig verwendeter Vertreter seiner Art und unter anderem auch im PROF 80 eingesetzt.



Floppy-Disk-Controller μ PD 765

Der Floppycontroller μ PD 765 kann vier Diskettenlaufwerke ansteuern (8" oder 5¼", single oder double density). Das Aufzeichnungsverfahren ist auf IBM-ähnliche Formate festgelegt. Daraus folgt, daß einige gängige Diskettenformate nicht behandelt werden können (zum Beispiel Apple).

Es stehen drei verschiedene Arbeitsweisen zur Verfügung: DMA-Betrieb, Interruptbetrieb und Polling. Die problemloseste Betriebsart ist der DMA-Betrieb, weil hier die DMA den schnellen Datentransfer übernimmt und der Hauptprozessor nur den Transfer überwacht. Außerdem ist es in dieser Betriebsart möglich, während des Datentransfers noch andere Interrupts zuzulassen. Das führt in den beiden anderen Betriebsarten normalerweise zu Lese- oder Schreibfehlern, da die Intervalle, in denen die Daten vom μ PD 765 abgeholt oder angeliefert werden müssen, sehr kurz sind (8" DD — 13 μ s, 8" SO oder 5¼" DD — 26 μ s). Es müssen für die Betriebsarten Interrupt und Polling sehr schnelle Routinen zur Verfügung stehen. Trotzdem ist in vielen Systemen double density auf 8"-Disketten nur bei DMA-Betrieb möglich.

Noch ein Hinweis für den Polling-Betrieb: Achten Sie darauf, daß Sie im Fehlerfall (kann Daten von Disk nicht lesen) keine Daten mehr von μ PD 765 abholen. Das heißt, in der Datentransferroutine muß eine Fehlerabfrage vorhanden sein, da der Controller sonst

derartig 'abstürzt', daß er nicht einmal mehr mit einem Hardware-Reset zurückzuholen ist. So ein Fehler ist nur durch das Abschalten der Betriebsspannung zu beheben.

Programmierung

Jedes Kommando besteht aus einer Befehlsphase, in der ein Befehl mit den entsprechenden Parametern an den μ PD 765 geschickt wird. Es folgt die Ausführungsphase, in der bei Schreib-, Lese- und Vergleichsbefehlen Daten transferiert werden. Als Abschluß liefert der μ PD 765 in der Ergebnisphase Statusinformationen. Da Kommando- und Ergebnisphase aus mehreren Bytes bestehen, gibt es ein Protokoll, das den Datenverkehr in dieser Phase regelt. Dazu muß das Hauptstatusregister befragt werden. In der Kommando- und der Ergebnisphase ist nur Pollingbetrieb möglich, das heißt, vor jedem Befehl muß im Hauptstatusregister nachgewiesen werden, ob das nächste Byte übertragen werden darf.

Die Kommunikation zwischen Hauptprozessor und Floppy-Controller läuft über zwei Ports, den Statusport (A0=0) und den Datenport (A0=1). Über den Datenport werden alle Kommandos gegeben, die Daten geschrieben beziehungsweise gelesen und alle Resultate abgeholt. Der Statusport greift auf das Hauptstatusregister zu und kann nur gelesen werden. Das Lesen dieses Registers hat

keinen Einfluß auf einen laufenden Befehl.

Im DMA-Betrieb erfolgt die Datenübertragung während der Ausführungsphase über den DMA-Port. Er hat einen eigenen Strobe-Eingang (DACK), der unabhängig vom Chip-Selekt ist.

Ebenso ist 'Terminal Count' (TC) ein unabhängiger Strobe-Eingang. Ein positiver Impuls an TC unterbricht die laufende Datenübertragung (wichtig bei Multisektortransfer).

Zu beachten ist, daß sämtliche Werte der Ergebnisphase vom Hauptprozessor abgeholt werden müssen. Der μ PD 765 reagiert sehr empfindlich auf Versäumnisse dieser Art.

Bei Lese-, Schreib- oder Vergleichsbefehlen arbeitet der μ PD 765 so lange, bis er entweder einen TERMINAL-COUNT-Impuls an dem entsprechenden Eingang erhält oder ein Fehler auftritt oder der letzte Sektor der Spur erreicht ist. Die letzte Möglichkeit erlaubt die Behandlung einer ganzen Spur mit einem einzigen Befehl. Sollte dabei ein Fehler auftreten, so wird der entsprechende Status auf jeden Fall angezeigt. Nach jedem Datentransfer zeigen die Resultate für Sektornummer und Spurnummer auf den nächsten zu schreibenden Sektor, wenn der Transfer erfolgreich war. Dabei ist zu beachten, daß auch dann, wenn die Seite 0 selektiert ist, nicht die Kopfadresse erhöht wird, sondern die Spurnummer. Beide Seiten kann

man mit einem Befehl lesen, wenn man das MT-Bit setzt. Dann werden nacheinander die Seite 0 und 1 behandelt.

Die Sektorgroße wird folgendermaßen angegeben:

- 00 — 128 Bytes
- 01 — 256 Bytes
- 02 — 512 Bytes
- 03 — 1024 Bytes usw.

Wenn die Sektorgroße 00 ist, wird die Anzahl der Bytes im Sektor durch die Sektorgroße bestimmt. Dabei gibt die Sektorgroße direkt die Anzahl der Bytes an:

- 01 — 1 Byte, 80 — 128 Bytes

Wenn die Sektorgroße nicht benutzt wird, sollte sie auf den Wert 0EFH eingestellt werden.

Daten lesen

Zum Lesen müssen 9 Bytes zum μ PD 765 transferiert werden, um alle notwendigen Parameter zu setzen. Der Floppycontroller sucht sich dann innerhalb der Spur den spezifizierten Sektor, den er dann liest und die Daten Byte für Byte an den Hauptprozessor überträgt. Am Ende des Sektors prüft der Controller automatisch die CRC-Bytes. Am Ende des Sektors muß ein positiver TERMINAL-COUNT-Impuls an den μ PD 765 angelegt werden, da dieser sonst ein Multi-Sektor-Lesen durchführt, das heißt, er liest bis zum Ende der Spur.

Gelöschte Daten lesen

Dieser Befehl wird genauso behandelt wie der Lesebefehl, nur sucht der Controller nach ei-

nem Sektor, der als gelöscht gekennzeichnet ist. Man verwechselt dieses 'gelöscht' nicht mit dem Löschen, wie es das Betriebssystem tut. Bei dieser Kennzeichnung wird in der Sektorinformation auf der Diskette ein Vermerk eingetragen, während das Betriebssystem nur die reinen Daten behandeln kann. Als gelöschte Sektoren kann man zum Beispiel defekte Floppysektoren bezeichnen, so daß sie im normalen Betrieb übersprungen werden.

Daten schreiben

Das Schreiben funktioniert entsprechend dem Lesen, nur werden in der Ausführungsphase die Daten zum μ PD 765 geschickt und auf der Floppy gespeichert.

Gelöschte Daten schreiben

Dieser Befehl funktioniert wie das Schreiben, nur wird der Sektor als gelöscht gekennzeichnet. Dieses ist eine Möglichkeit, um defekte Sektoren zu kennzeichnen. Siehe auch: Gelöschte Daten lesen.

Lesen einer kompletten Spur

Dieser Befehl liest eine Spur von Anfang bis Ende Bit für Bit. Es werden also außer den Daten auch die Sektorinformationen und die Synchronbits gelesen und zum Hauptprozessor übertragen. Allerdings muß der μ PD 765 auch bei diesem Befehl eine Sektorinformation in der Spur finden. Die Datenübertragung ist ansonsten wie bei einem normalen Lesebefehl.

Testen eines Sektors ("=", "<=", ">=")

Die Testbefehle erlauben es, Daten, die der Hauptprozessor anliert, mit den im selektierten Sektor gespeicherten zu vergleichen. Der Vergleich kann auf Gleichheit, kleiner-gleich oder größer-gleich erfolgen. Dabei hat das zuerst übertragene Byte den höchsten Stellenwert. Wenn man mit Multisektortransfer arbeitet, kann man die ganze Spur nach den gewünschten Daten absuchen. Dabei ist zu beachten, daß bei jedem Sektor die zu vergleichenden Daten wieder vom Hauptprozessor zum μ PD 765 übertragen werden müssen. In dieser Betriebsart beendet der μ PD 765 den Befehl, wenn die Daten die im Kommando angegebenen Bedingungen erfüllen.

ID-lesen

Dieser Befehl ermöglicht es, die augenblickliche Position des Kopfes festzustellen. Der μ PD 765 liest die nächstmögliche Sektorinformation und gibt sie mit dem Status aus. Dabei ist das Sektorformat unerheblich, das heißt, man braucht das Sektorformat nicht zu kennen und anzugeben, sondern der Controller liefert es frei Haus, sofern es ihm selbst bekannt ist.

Spur formatieren

Der μ PD 765 kann jeweils eine Spur formatieren. Die Sektorgröße entspricht dem Lesebefehl, die Anzahl der Sektoren pro Spur ebenfalls. Die Größe der Lücke zwischen ID und Daten ist variabel. Bei double density sollte sie 54 bei 256-Byte-Sektoren sein und 108 bei 1024-Byte-Sektoren. Bei single density wird der Wert halbiert. Das Füllbyte wird in die Datenbereiche geschrieben, der Wert ist normalerweise E5h.

Beim Formatieren muß für jeden zu formatierenden Sektor noch folgende Information übertragen werden:

Spurnummer
Kopfnummer
Sektornummer
Sektorgröße

Es werden also bei jedem Formatierungsvorgang pro Sektor 4 Bytes an den μ PD 765 übertragen. Diese Möglichkeit erlaubt es, die Spuren und Sektoren auch nicht fortlaufend zu nummerieren.

Rekalibrieren

Beim Rekalibrieren wird der Kopf so lange in Richtung Spur 0 bewegt, bis das Signal auftritt, daß Spur 0 erreicht ist, oder 77 Spuren überschritten sind. Der μ PD 765 besitzt für jedes Laufwerk ein Spurregister, das nach dem Einschalten oder einem Reset auf 0 steht und damit nicht unbedingt mit der tatsächlichen Kopfposition übereinstimmt. Deshalb muß für jedes Laufwerk nach einem Reset ein Rekalibrierungsbefehl folgen, da das Laufwerk sonst mechanisch beschädigt werden kann, wenn es beim Positionieren an den Anschlag läuft. Der Befehl wird wie ein Positionierbefehl behandelt. Hat das Laufwerk mehr als 77 Spuren, muß man diesen Befehl mehrmals aufrufen. Beim ersten Versuch gibt der Controller eine Fehlermeldung ab,

Bit	Funktion
Statusregister 0	
D7, D6	D7 = 0, D6 = 0 Normales Beenden eines Befehls
	D7 = 0, D6 = 1 Kommando gestartet, aber nicht erfolgreich beendet
	D7 = 1, D6 = 0 ungültiges Kommando wurde nicht gestartet
	D7 = 1, D6 = 1 während der Ausführung des Kommandos hat sich der Status der Ready-Leitung geändert.
D5	Ende eines Suchkommandos
D4	nach 77 Steps wurde beim Rekalibrieren die Spur 0 nicht gefunden
D3	Laufwerk nicht ready
D2	Kopfadresse
D1, D0	Adresse des selektierten Laufwerks
Statusregister 1	
D7	Ende der Spur, Zugriffsversuch auf einen Sektor nach dem Ende der Spur
D6	immer 0
D5	Checksum-error im Daten oder ID-Feld
D4	Der Datentransfer ist nicht schnell genug ausgeführt worden
D3	immer 0
D2	angegebene Sektorkennung kann nicht gefunden werden
D1	Diskette ist schreibgeschützt
D0	keine Sektorkennung vorhanden
Statusregister 2	
D7	immer 0
D6	gelöschter Sektor gefunden
D5	Checksum-error im Datenfeld
D4	Falsche Spurkennung
D3	bei Versuch 'Gleichheit'
D2	bei Vergleich keinen passenden Sektor gefunden
D1	Spurkennung 'FF'
D0	Datenfeldadresse nicht gefunden
Statusregister 3	
D7	Fault-Signal vom Laufwerk war aktiv
D6	Diskette ist schreibgeschützt
D5	Laufwerk Ready
D4	Kopf des Laufwerks ist auf Spur 0
D3	Laufwerk ist zweiseitig
D2	Kopfadresse
D1, D0	Laufwerkadresse
Hauptstatusregister	
D7	= 1: Das nächste Byte darf übertragen werden.
D6	Datenrichtungsanzeige. Wenn 1, wird vom μ PD 765 zum Hauptprozessor übertragen; wenn 0, vom Hauptprozessor zum μ PD 765.
D5	= 0: DMA-Mode
D4	= 1: Ein Schreib- oder Lesebefehl wird ausgeführt.
D3	Laufwerk 3 sucht Spur.
D2	Laufwerk 2 sucht Spur.
D1	Laufwerk 1 sucht Spur.
D0	Laufwerk 0 sucht Spur.

Tabelle 1. Die Statusregister

wenn der Kopf zufällig ganz innen steht. Das normale Spursuchen allerdings funktioniert auch mit mehr als 77 Spuren ohne weiteres.

Spur suchen

Vor jedem Lesen oder Schreiben muß der Kopf des Laufwerks auf die entsprechende Spur gebracht werden. Das geschieht mit diesem Befehl. Der μ PD 765 kann alle vier Laufwerke gleichzeitig suchen lassen. Aus diesem Grund hat der Such-Befehl keine Ergebnisphase, sondern am Ende des Suchens wird ein Interrupt erzeugt, der das Ende der Ausführungsphase anzeigt. Während der Ausführungsphase dürfen andere Suchkomman-

dos gestartet werden. Dabei ist zu beachten, daß jedes Suchkommando mit dem Befehl 'Interrupt Status abfragen' beendet wird, weil der μ PD 765 sonst eventuell keine weiteren Befehle mehr annimmt.

Interruptstatus abfragen

Interrupts werden vom μ PD 765 unter den folgenden Bedingungen erzeugt:

1. Beim Eintritt in die Ergebnisphase nach Schreib-, Lese-, Vergleichs- oder Formatbefehlen,
2. wenn die Ready-Leitungen der Floppylaufwerke ihren Status ändern,
3. nach einem Such- oder Rekalibrierkommando,

4. in der Ausführungsphase im NICHT-DMA-Mode.

Die Fälle 1 und 4 treten während der normalen Befehlsabarbeitung auf und können vom Hauptprozessor leicht erkannt werden. Die Fälle 2 und 3 können durch dieses Kommando erkannt werden.

Die Interrupts des μ PD 765 haben ein Problem:

Wenn mehrere Interruptbedingungen zusammentreffen, das heißt zwei Laufwerke gleichzeitig mit Suchen fertig werden oder gleichzeitig das Ready-Signal verändern, dann kann es passieren, daß der μ PD 765 einen Interrupt unterschlägt. Die INT-Leitung wird nicht gesetzt, aber der Interrupt ist durch das Kommando 'Interrupt Status' noch feststellbar. Man sollte daher nach einem Interrupt mit Hilfe dieses Kommandos feststellen, ob das der einzige Interrupt war.

Laufwerkdaten angeben

Die Zeitabstände zwischen den

Step-Impulsen sind für verschiedene Fabrikate unterschiedlich, ebenso die Zeit, die das Laufwerk braucht, um den Kopf zu laden. Daher müssen diese Zeiten für jedes Laufwerk angegeben werden. Achtung, der μ PD 765 hat diese Register nur einmal. Bei Betrieb von unterschiedlichen Laufwerken müssen diese Daten bei jedem Laufwerkwechsel neu eingegeben werden. 'Kopf abheben' bestimmt die Zeit, die der Kopf nach einem Kommando noch auf der Floppy bleibt.

Steprate: 4 Bit
Bei 8"-Laufwerken F = 1ms, ..., 0 = 15ms
bei 5"-Laufwerken F = 2ms, ..., 0 = 30ms
Kopfladen: 7 Bit
8" 00 = 2ms, 01 = 4ms, 02 = 6ms, ...
5" 00 = 4ms, 01 = 8ms, 02 = 12ms, ...
Kopf abheben: 4 Bit
8" 0 = 0ms, 1 = 16ms, 2 = 32ms, ...
5" 0 = 0ms, 1 = 32ms, 2 = 64ms, ...
non DMA: 1 Bit
1 kein DMA-Betrieb
0 DMA-Betrieb

Laufwerkstatus abfragen

Dieser Befehl stellt den momentanen Laufwerkstatus fest. Es ist der einzige Befehl, der Statusregister 3 benutzt.

Die Kommandos im Überblick

Die Schreib-/Lesebefehle								
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Befehl
MT	MF	SK	0	0	1	1	0	Daten lesen
MT	MF	SK	0	1	1	0	0	gelöschte Daten lesen
MT	MF	0	0	0	1	0	1	Daten schreiben
MT	MF	0	0	1	0	0	1	gelöschte Daten schreiben
0	MF	SK	0	0	0	1	0	Spur komplett lesen
MT	MF	SK	1	0	0	0	1	teste Sektor auf 'gleich'
MT	MF	SK	1	1	0	0	1	teste Sektor auf 'kleiner gleich'
MT	MF	SK	1	1	1	0	1	teste Sektor auf 'größer gleich'

Der Aufbau der Befehls- und Ergebnisphase entspricht dem für den Befehl 'Daten lesen' angegebenen (siehe unten).

Daten lesen								
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
MT	MF	SK	0	0	1	1	0	Befehlsphase
X	X	X	X	X	HD	US1	US0	
----- Spurnummer -----								
----- Kopfadresse -----								
----- Sektoradresse -----								
----- Sektorgröße -----								
----- letzte Sektornummer der Spur -----								
----- Lücke zwischen ID und Daten -----								
----- Sektorlänge wenn Sektorgröße 0 -----								
Die Daten werden gelesen								
----- Status 0 -----								
----- Status 1 -----								
----- Status 2 -----								
----- Spurnummer -----								
----- Kopfadresse -----								
----- Sektoradresse -----								
----- Sektorgröße -----								

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
nächstmögliche Sektor-ID lesen								
0	MF	0	0	1	0	1	0	Befehlsphase
X	X	X	X	X	HD	US1	US0	
Lesen der Sektor-ID								
----- Status 0 -----								
----- Status 1 -----								
----- Status 2 -----								
----- Spurnummer -----								
----- Kopfadresse -----								
----- Sektoradresse -----								
----- Sektorgröße -----								

Sektor formatieren								
0	MF	0	0	1	1	0	1	Befehlsphase
X	X	X	X	X	HD	US1	US0	
----- Sektorgröße -----								
----- Anzahl der Sektoren pro Spur -----								
----- Lücke zwischen ID und Daten -----								
----- Byte zum Füllen der Sektoren -----								
(normalerweise 0E5h)								
Formatieren einer Spur								
----- Status 0 -----								
----- Status 1 -----								
----- Status 2 -----								
----- Spurnummer -----								
----- Kopfadresse -----								
----- Sektoradresse -----								
----- Sektorgröße -----								

Rekalibrieren (Spur Null suchen)								
0	0	0	0	0	1	1	1	Befehlsphase
X	X	X	X	X	HD	US1	US0	
Suchen der Spur 0								

Spur suchen								
0	0	0	0	1	1	1	1	Befehlsphase
X	X	X	X	X	HD	US1	US0	
----- Spurnummer -----								
Spur suchen								

Interruptstatus abfragen								
0	0	0	0	1	0	0	0	Befehlsphase
----- Status 0 -----								
----- Spurnummer nach Suchbefehl -----								

Laufwerkdaten angeben								
0	0	0	0	0	0	1	1	Befehlsphase
<----- Steprate -----> <-Kopf abheben->								
<----- Kopf laden -----> non DMA								

Laufwerkstatus abfragen								
0	0	0	0	0	1	0	0	Befehlsphase
X	X	X	X	X	HD	US1	US0	
----- Status 3 -----								

Bitbezeichnungen in den Schreib-/Lesebefehlen:

- MT 'multitrack' = 1 sorgt dafür, daß die automatische Multi-Sektor-Funktion auf der zweiten Seite der Diskette fortgesetzt wird (sofern im Befehl nicht von vornherein die zweite Seite ausgewählt war).
- MF 'MFM-mode'; der Controller arbeitet mit double density, wenn dieses Bit gesetzt ist.
- SK 'skip' = 1, die gelöschten Sektoren werden übersprungen. Diese Möglichkeit ist bei CP/M und anderen Betriebssystemen nicht nutzbar, da diese von einer festen Spuraufteilung ausgehen.
- HD 'head' = 1 wählt die zweite Diskettenseite aus (nur bei Doppelkopf-Laufwerken).
- US0, 1 'unit select', binäre Laufwerkadresse