

Betriebselektronik für Spektrosensoren und Detektorarrays

Übersicht Auslesebetriebsarten für Spektrosensoren

Technische Note

Dokument: Version 1.73_D, 29.11.2005 16:34



Sensorik und Systemtechnik

tec5 AG

In der Au 25

D - 61440 Oberursel / Taunus

Telefon: +49 (0)6171 / 9758 - 0

Fax: +49 (0)6171 / 9758 - 50

E-Mail: sales@tec5.com

Internet: www.tec5.com

© 1994 ... 2005 tec5 AG

Technische Änderungen vorbehalten!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Begriffserklärung.....	4
1.2	Besonderheit bei InGaAs-Sensoren.....	5
1.3	Hinweise zu den Ablaufdiagrammen.....	6
2	Software-gesteuerte synchrone Datenaufnahme.....	7
2.1	Allgemeines	7
2.2	StartNewScanWithoutCleaning.....	8
2.3	StartNewScanWithCleaning.....	9
2.4	SyncToContScan.....	10
3	Software-gesteuerte asynchrone Datenaufnahme (gepuffert).....	11
3.1	Allgemeines	11
3.2	GetLastScan.....	12
3.3	GetBufferedScan	14
4	Extern getriggerte Datenaufnahme.....	15
4.1	Allgemeines	15
4.2	ExternalTriggerSlope & ExternalTriggerPulse.....	16

Edition History

Version 1.50 Freigegebene Basisversion
Version 1.60 Erste Überarbeitung März 2003
Version 1.61 Burst für MOE-C161 ausgenommen
Version 1.70 Aktualisierung Juni 2005
Version 1.71 Besonderheit bei InGaAs Sensoren
Version 1.72 Erläuterung Datenübernahmephase
Version 1.73 Überarbeitung GetLastScan

1 Einleitung

Dieses Dokument erläutert die in den tec5-Betriebselektroniken und -Treibern für die Aufnahme von Spektraldaten implementierten Betriebsarten.

Die verschiedenen Betriebsarten sind jeweils für einen bestimmten Typ von Datenerfassungsaufgaben ausgelegt und optimiert.

Grundsätzlich können die Betriebsarten in 3 Gruppen zusammengefasst werden:

1. Software-gesteuerte synchrone Datenaufnahme
2. Software-gesteuerte asynchrone Datenaufnahme (gepuffert)
3. extern getriggerte Datenaufnahme

Zu den einzelnen Gruppen gehören die folgenden Betriebsarten:

1. Software-gesteuerte synchrone Datenaufnahme
 - StartNewScanWithoutCleaning
 - StartNewScanWithCleaning
 - SyncToContScan
2. Software-gesteuerte asynchrone Datenaufnahme (gepuffert)
 - GetLastScan
 - GetBufferedScan
3. Extern getriggerte Datenaufnahme
 - ExternalTriggerSlope
 - ExternalTriggerPulse

Alle tec5-Betriebselektroniken wurden speziell für den Betrieb von Spektralsensoren entwickelt. Die im wesentlichen in der Hardware/Firmware implementierten Betriebsarten laufen nach dem Start unabhängig und ohne Echtzeitanforderungen an den PC und das eingesetzte Betriebssystem ab. Innerhalb der Treiber werden die verschiedenen Betriebsarten parametrisiert, gestartet und die aufgenommenen Spektraldaten aus der Interfaceelektronik ausgelesen. Alle Vorgänge sind Interrupt-gesteuert, wobei durch die eingesetzten Zwischenspeicher keine Echtzeitanforderungen an das Betriebssystem des PC gestellt werden. Aufgrund der individuellen Eigenschaften der verschiedenen tec5-Betriebselektroniken wird nicht jede Betriebsart von allen Betriebselektroniktypen unterstützt (siehe unten). Dies hängt im wesentlichen von der Hardware (bzw. der Firmware-Version der CPLDs und des μ Cs), der Implementierung in den Treibern und der Funktionsbibliothek SDACQ32MP ab.

1.1 Begriffserklärung

Innerhalb dieses Dokuments werden verschiedene wiederkehrende Begriffe benutzt.

Integrationszeit:	Zeitabschnitt, in welchem der Spektralsensor die Messlichtmenge akkumuliert, Belichtungszeit
Auslesezeit:	Zeit, die benötigt wird, um den Spektralsensor auszulesen. Diese Zeit kann je nach Sensortyp Bestandteil der Integrationszeit sein (gilt z.B. für alle Si-PDA, gilt nicht z.B. für NIR-InGaAs-Arrays, Details siehe nächstes Kapitel).
Scan:	Auslesevorgang des Spektralsensors
Readout:	Auslesevorgang des Spektralsensors
Dummyscan:	Auslesen (und dabei implizites Löschen) des Spektralsensors <u>ohne</u> Speicherung der Spektraldaten
Datenscan:	Auslesen (und dabei implizites Löschen) des Spektralsensors <u>mit</u> Speicherung der Spektraldaten; ein Datenscan generiert einen Spektraldatensatz (Spektrum)
Messzyklus:	Sequenz von Dummyscan gefolgt von n^* (Abwarten der Integrationszeit mit anschließendem Datenscan)
Einzelscan:	Messzyklus, bestehend aus einem Dummyscan und einem Datenscan, Übertragung des (einen) Datensatzes an die Applikation
Mittelung:	Messzyklus, bestehend aus einem Dummyscan und n Datenscans, wobei die n Datenscans bereits im Treiber gemittelt werden und nur dieser (eine) gemittelte Datensatz an die Applikation übertragen wird ($1 \leq n \leq 100$)
Burst:	Messzyklus, bestehend aus einem Dummyscan und n Datenscans, wobei alle Datensätze direkt an die Applikation übertragen werden ($1 \leq n \leq 30.000$)
Treiber:	Erweiterung des Betriebssystems, um Interface-Elektroniken mit den verschiedenen PC-Bus-Ankopplungen (PCI, USB, ISA, PC/104) nutzen zu können. Der Treiber regelt die kompletten Hardware-Zugriffe, die Zyklussteuerung der verschiedenen Betriebsarten und die gesamte Datenaufnahme.
Funktionsbibliothek:	DLL (SDACQ32MP.DLL), die auf Applikationsebene das Interface zur Applikation bereitstellt. Die Funktionsbibliothek kontrolliert die verschiedenen Interfaces und Eigenschaften der Betriebselektroniken unter den verschiedenen Windows 32-bit Betriebssystemen.

1.2 Besonderheit bei InGaAs-Sensoren

Die in den folgenden Abschnitten wiedergegebenen Erläuterungen des Zeitverhaltens der Spektraldatenerfassung in den verschiedenen Betriebsarten geht davon aus, dass bei den Sensoren die Auslesezeit Bestandteil der Integrations- oder Belichtungszeit ist. Dies ist bei Si-PDAs und im wesentlichen auch bei CCD-Sensoren erfüllt.

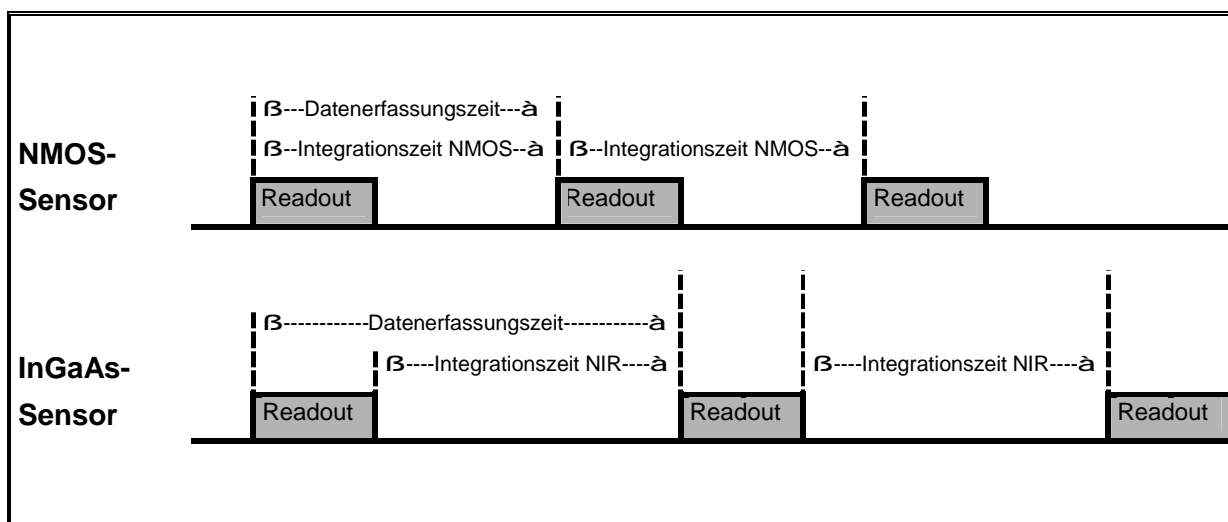
Bei NIR-InGaAs-Arrays ist die Belichtungsphase von der Auslesephase getrennt, d.h. für den Auslesevorgang wird die bis dahin akkumulierte Ladung eingefroren. Würde auf diese besondere Eigenschaft innerhalb der Elektronik keine Rücksicht genommen, würde sich die Belichtungszeit um die Auslesezeit reduzieren.

tec5 Betriebselektroniken reagieren beim Einsatz von NIR-Sensoren in der Form, dass die Gesamtzeit für eine Datenerfassung um den konstanten Betrag der Auslesezeit des Sensors intern verlängert wird. Damit ist sichergestellt, dass der Vorgabewert der ‚Integrationszeit‘ auch bei NIR-Sensoren exakt der Belichtungszeit entspricht.

Dieses Verfahren reduziert zwangsläufig die maximale Messfrequenz.

Hinweis:

Bei mehrkanaligen Anwendungen, die in den einzelnen Messkanälen Sensoren verschiedener Technologien einsetzen hat dieses Verfahren zur Folge, dass trotz Einstellung identischer Belichtungs- oder Integrationszeiten die Messzeitpunkte zeitlich auseinanderlaufen.



1.3 Hinweise zu den Ablaufdiagrammen

Datenübernahme

In den Ablaufdiagrammen symbolisiert die Phase ‚Datenübernahme‘ den Zeitabschnitt vom Beginn eines Scans (Analog/Digital-Wandlung des ersten Pixels) bis zu dem Zeitpunkt der Bereitstellung der Daten für die Übernahme durch die Applikationssoftware.

1) Für Elektroniken mit PC-Bus - Interface (PCI / PC-104) gilt folgender Ablauf:

- Während des Datenscans werden die Spektraldaten zunächst in einem FIFO-Speicher auf der Interfacekarte gepuffert
- Am Ende jedes Datenscans signalisiert die Elektronik dem PC den komplett im Zwischenspeicher bereitstehenden Spektraldatensatz über Interrupt
- Die Interrupt - Serviceroutine des Treibers liest die Daten im Anschluss an den Scan aus und bereitet sie für eine Übernahme durch die Applikationssoftware vor

2) Für Interfaceelektroniken mit serieller Busankopplung (USB) gilt:

- Bereits während des Datenscans werden die eingehenden Pixel der Spektraldaten in USB - Datenpakete der Größe 64 Bytes (USB1.1 Full-Speed) oder 512 Bytes (USB2.0 High-Speed) organisiert und bevorratet
- Der PC pollt bereits während des Scans den Status bereitstehender Datenpakete und ruft die Datenpakete über den USB ab

Der Zeitpunkt der Übergabe der Spektraldaten an die Applikation liegt also immer zeitlich hinter dem abgeschlossenen Datenscan und ist abhängig von der Performance/Auslastung des PCs und ggf. von der Bandbreite der seriellen Busverbindung.

2 Software-gesteuerte synchrone Datenaufnahme

2.1 Allgemeines

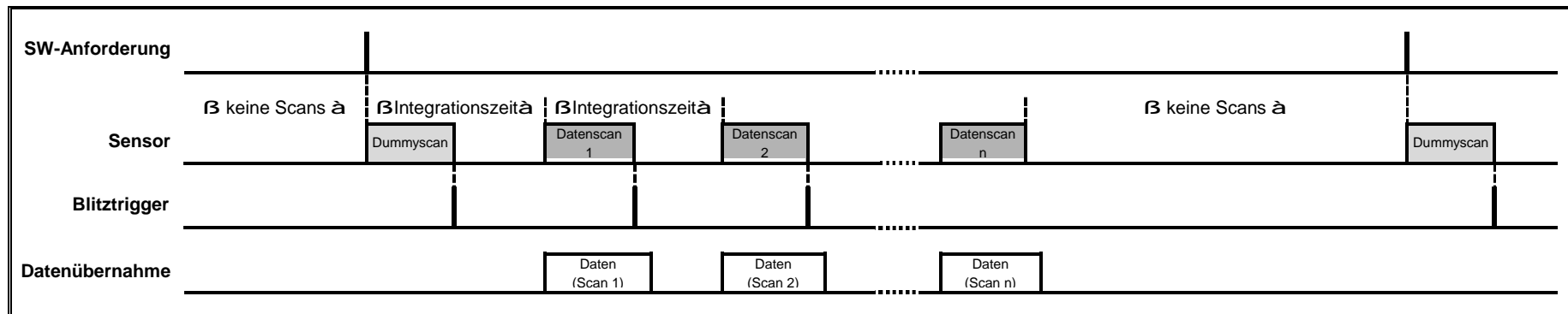
Die Gruppe der Software-gesteuerten synchronen Datenaufnahme umfasst alle Betriebsarten, bei denen der Messzyklus durch eine Anforderung (Software-Befehl) aus der Applikation ausgelöst wird. Hierbei ist sichergestellt, dass die aufgenommenen Spektraldaten nach der Anforderung durch die Applikation erfasst wurden und somit ein eindeutiger Zeitbezug gegeben ist.

2.2 StartNewScanWithoutCleaning

Die Betriebsart **StartNewScanWithoutCleaning** stellt einen einfachen Messzyklus, bestehend aus Dummyscan und n Datenscans, zur Verfügung. Der Messzyklus wird auf Anforderung der Applikation gestartet. Nach dem Start wird ein Dummyscan zum Löschen des Spektralsensors durchgeführt. Anschließend werden jeweils nach Ablauf der vorgegebenen Integrationszeit Datenscans ausgelöst. Der Messzyklus wird vom Treiber gestoppt, wenn die erforderliche Anzahl von Datenscans ausgeführt wurde.

Unterstützung der Betriebsart		
Einzelscan, Mittelung*, Burst* (* nicht bei MOE-C161)		
Betriebs-elektronik	Treiber (NT4.0 und WDM)	Funktionsbibliothek SDACQ32MP
PD-ISA16V3	ab Version 2.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-PCI01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-10401V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-USB01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
MOE-C161	ab Firmware 3.00	ab Version 1.6.0.0

Beispiel: Burst oder Mittelung über n Datenscans



2.3 StartNewScanWithCleaning

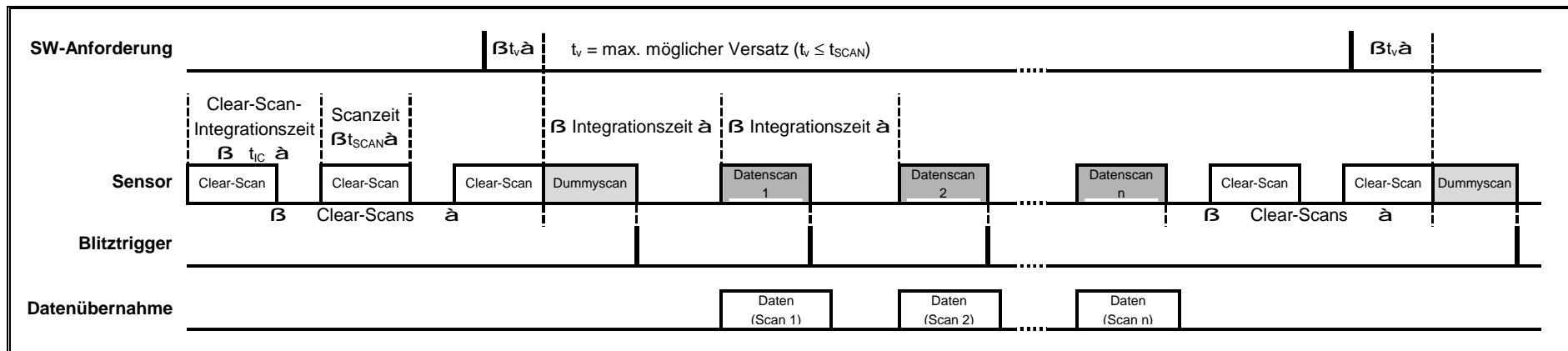
Die Betriebsart **StartNewScanWithCleaning** stellt eine Erweiterung der Betriebsart StartNewScanWithoutCleaning dar. Der Start des Messzyklus und die Aufnahme der Datensätze wird in gleicher Art und Weise realisiert. Da jedoch der Spektralsensor zwischen zwei Anforderungen in der Betriebsart StartNewScanWithoutCleaning nicht ausgelesen wird, kann es zu störenden Sättigungseffekten innerhalb des Spektralsensors kommen. Um diesen Effekt zu vermeiden, wird in der Betriebsart StartNewScanWithCleaning nach Abschluss des Messzyklus der Spektralsensor in einen kontinuierlichen Auslesemodus mit einer getrennt vorgebbaren Integrationszeit versetzt. Dieser Auslesemodus dient lediglich dem regelmäßigen Auslesen (Löschen) des Spektralsensors.

Bei einer Anforderung durch die Applikation wird zuerst der kontinuierliche Auslesemodus synchron gestoppt. Da ein ggf. laufender

Unterstützung der Betriebsart		
Einzelscan, Mittelung*, Burst* (* nicht bei MOE-C161)		
Betriebs-elektronik	Treiber (NT4.0 und WDM)	Funktionsbibliothek SDACQ32MP
PD-ISA16V3	ab Version 2.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-PCI01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-10401V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-USB01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
MOE-C161	ab Firmware 3.00	ab Version 1.6.0.0

Scan des Spektralsensors nicht unterbrochen wird, kann es somit zu einer Zeitverzögerung bis zum Start des Messzyklus kommen. Diese Zeitverzögerung kann maximal die notwendige Auslesezeit für den Spektralsensor betragen (z.B. MMS 256 Pixel mit FEE-HS = 1,5ms).

Beispiel: Burst oder Mittelung über n Datenscans



2.4 SyncToContScan

Die Betriebsart **SyncToContScan** stellt eine spezielle Nutzung des kontinuierlichen Auslesemodus bereit. Hierbei wird der Spektrosensor mit der gewählten Mess-Integrationszeit kontinuierlich ausgelesen, alle Daten werden jedoch verworfen. Bei einer Anforderung durch die Applikation wird auf den nächsten Datenscan synchronisiert und die Spektraldaten der n folgenden Datenscans übernommen.

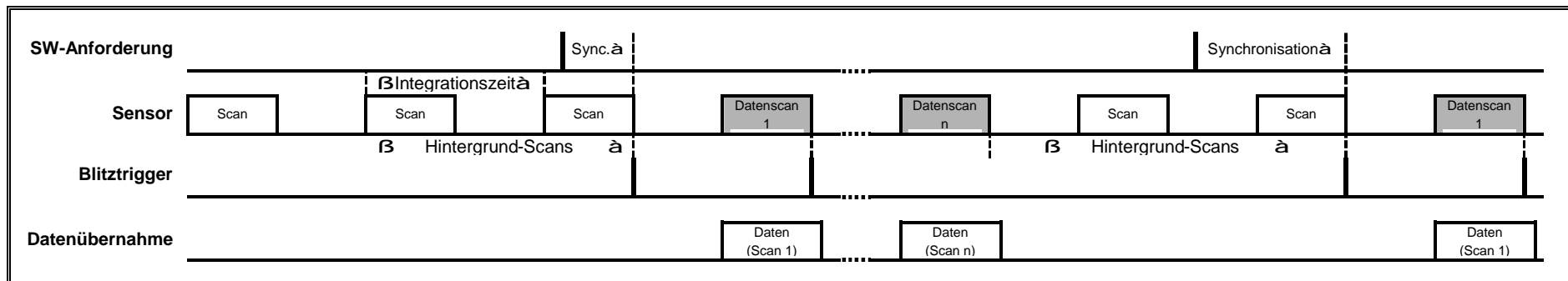
Nach einer Datenanforderung durch die Applikation, die immer asynchron – bedingt durch die Zufälligkeit der zeitlichen Abläufe in Hard- und Software - zu dem kontinuierlich laufenden Auslesevorgang ausgelöst wird, kommt es zu einer Delayzeit bis zum Start der relevanten Integrationszeit. Diese Delayzeit kann, durch die notwendige Synchronisation auf den ersten Datenscan, maximal eine Integrationszeit betragen.

Unterstützung der Betriebsart		
Einzelscan, Mittelung*, Burst* (* nicht bei MOE-C161)		
Betriebs-elektronik	Treiber (NT4.0 und WDM)	Funktionsbibliothek SDACQ32MP
PD-ISA16V3	ab Version 2.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-PCI01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-10401V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-USB01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
MOE-C161	ab Firmware 3.15	ab Version 1.6.0.0

Der laufende Messzyklus wird nicht unterbrochen, und somit wird der Spektrosensor in Bezug auf die Integrationszeit und die Zeit zwischen 2 Auslesevorgängen homogen betrieben.

Diese Betriebsart ist insbesondere für Spektrosensoren geeignet, die empfindlich auf eine Änderung der Integrationszeit reagieren und einige Scanzyklen benötigen um ein stabiles Messsignal bereitzustellen (z.B. NIR-InGAs-Sensoren).

Beispiel: Burst oder Mittelung über n Datenscans



3 Software-gesteuerte asynchrone Datenaufnahme (gepuffert)

3.1 Allgemeines

Die Gruppe der Software-gesteuerten asynchronen Datenaufnahme umfasst alle Betriebsarten, bei denen der Treiber, unabhängig von einer Anforderung durch die Applikation, ein oder mehrere Datensätze aufnimmt und in einem internen Puffer zwischenspeichert. Der Messzyklus wird hierbei nicht durch eine Daten-Anforderung (Software-Befehl) aus der Applikation ausgelöst. Die Applikation ruft lediglich bereits im Vorfeld aufgenommene Spektraldatensätze aus dem Puffer ab. Sollte zum Zeitpunkt der Anforderung noch kein Spektrum im internen Puffer hinterlegt sein, so wird innerhalb des Treibers auf den nächsten Datenscan gewartet.

In diesen Betriebsarten ist nicht sichergestellt, dass die aufgenommenen Spektraldaten tatsächlich nach der Anforderung durch die Applikation erfasst wurden. Somit ist kein eindeutiger Zeitbezug

gegeben. Die Applikation ist dafür verantwortlich, dass die aufgenommenen Spektraldaten schritthaltend vom Treiber abgeholt werden, andernfalls werden entsprechende Warnungen vom Treiber zurückgegeben.

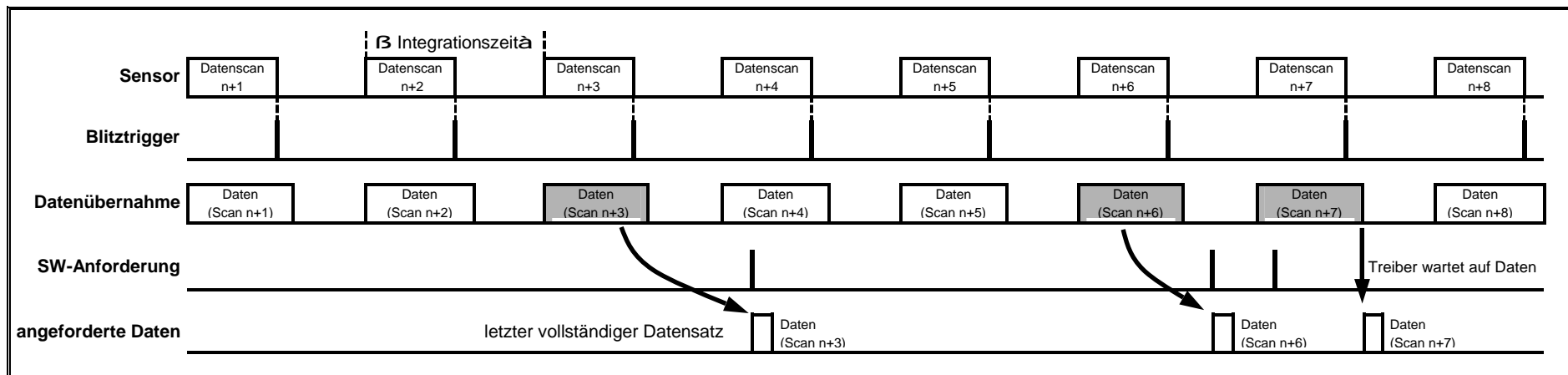
Durch die ständige Aufnahme der Datensätze innerhalb des Treibers wird besonders bei kleinen Integrationszeiten eine hohe bis sehr hohe CPU-Auslastung erreicht. Dies kann im Extremfall dazu führen, dass der PC ständig mit der Übertragung und Zwischenspeicherung der Datensätze beschäftigt ist. Aufgrund dieser Eigenschaft sollten diese Betriebsarten nicht über eine lange Zeit mit der kürzest möglichen Integrationszeit verwendet werden. Hierfür kann temporär in eine der synchronen Datenaufnahmen umgeschaltet werden.

3.2 GetLastScan

Die Betriebsart **GetLastScan** stellt für die Applikation die Möglichkeit bereit, jederzeit das letzte aufgenommene Spektrum (Einzelpektrum oder Mittelung) vom Treiber abholen zu können. Der Treiber speichert hierbei asynchron von etwaigen Anforderungen der Applikation ständig das letzte Spektrum in einem internen Zwischenspeicher ab. Dieser Datensatz kann jederzeit von der Applikation abgeholt werden. Sollte das aktuelle Spektrum bereits zur Applikation übertragen worden sein, so wird innerhalb des Treibers auf den nächsten Datenscan gewartet (Ausnahme MOE-C161: Hier wird auf Anforderung immer das aktuelle Spektrum übermittelt, auch wenn es bereits abgerufen wurde).

Diese Betriebsart ermöglicht der Applikation die lückenlose Aufnahme und Auswertung von kontinuierlich aufgenommenen Datensätzen.

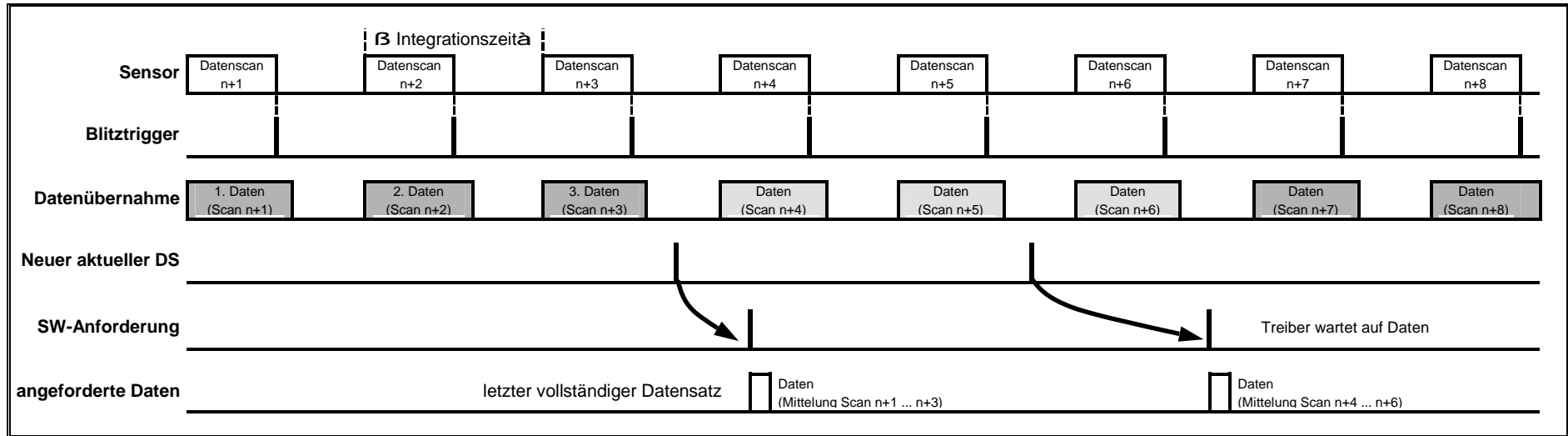
Beispiel 1: Einzelscan



Unterstützung der Betriebsart		
Einzelscan, Mittelung, Burst		
Betriebs-elektronik	Treiber (NT4.0 und WDM)	Funktionsbibliothek SDACQ32MP
PD-ISA16V3	nicht unterstützt	nicht unterstützt
PD-PCI01V1	ab Version 1.1.0.0	ab Version 1.6.4.0
PD-10401V1	ab Version 1.0.0.6	ab Version 1.6.4.6
PD-USB01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.4.6
MOE-C161	ab Firmware 3.00	ab Version 1.6.0.0

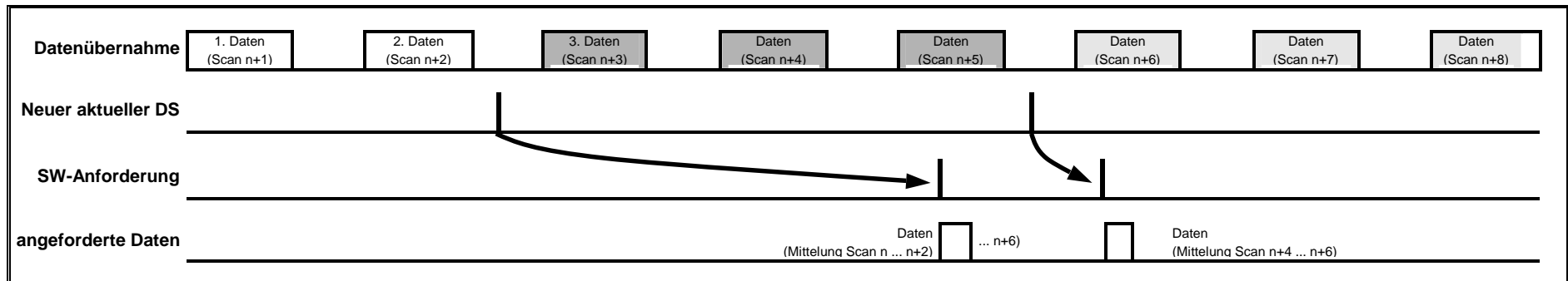
Hierbei muss jedoch die Applikation sicherstellen, dass die Datensätze schritthaltend (d.h. im Bezug auf die eingestellte Integrationszeit) abgeholt werden. Ist dies aufgrund sehr kleiner Integrationszeiten bzw. der Eigenschaften des eingesetzten Betriebssystems nicht immer möglich, sollte die Betriebsart **GetBufferedScan** eingesetzt werden.

Beispiel 2: Mittelung über 3 Datenscans



Anmerkung:

Je nach Phasenlage der SW-Anforderung zum festen Aufnahmeaster von n gemittelten Spektren können zwischen dem letzten Einzelspektrum des aktuellen Mittelungsergebnisses und der Softwareanforderung bis zu n Integrationszeiten liegen!



3.3 GetBufferedScan

Die Betriebsart **GetBufferedScan** stellt die Möglichkeit bereit, über einen Datenspeicher innerhalb des Treibers Datenscans lückenlos asynchron aufzunehmen, zwischenspeichern und für die Abholung durch die Applikation bereitzustellen.

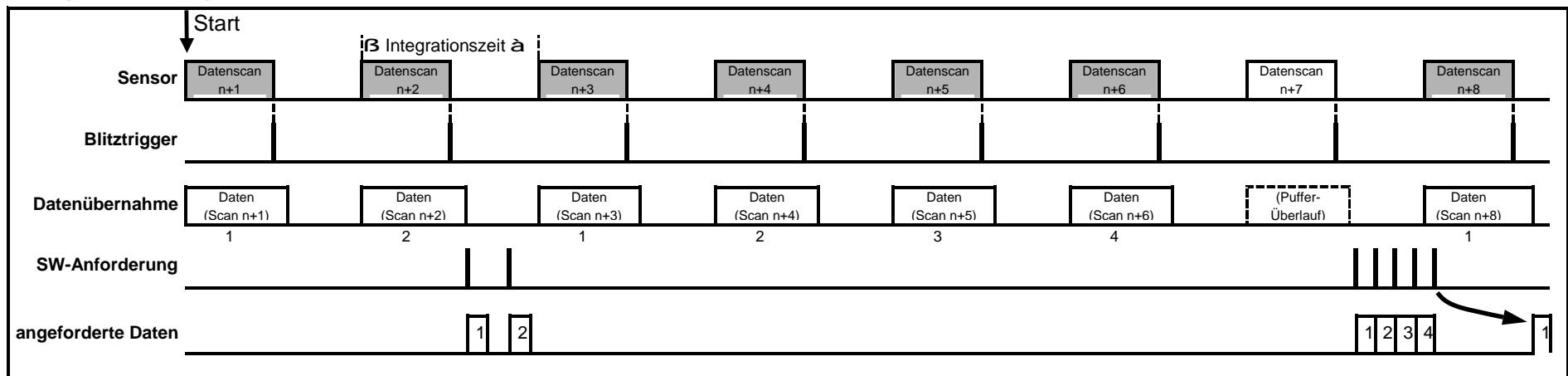
Tiefe Datenspeicher [Anzahl Datenscans]	
Max. 32767	Limit Treibersoftware
Max. 256	Limit bei Einsatz Funktionslibrary SQACQ32MP
12	Default-Datenspeichertiefe

Der Treiber speichert hierbei asynchron von etwaigen Anforderungen der Applikation die vorgegebene Anzahl an Datenscans lückenlos in dem treiberinternen Datenspeicher ab. Diese gepufferten Datensätze können jederzeit von der Applikation angefordert werden. Sollte kein Spektrum für die Abholung zur Verfügung stehen, wird innerhalb des Treibers auf den nächsten Datenscan gewartet.

Unterstützung der Betriebsart		
Einzelscan, Mittelung, Burst		
Betriebs-elektronik	Treiber (NT4.0 und WDM)	Funktionsbibliothek SDACQ32MP
PD-ISA16V3	nicht unterstützt	nicht unterstützt
PD-PCI01V1	ab Version 1.1.0.0	ab Version 1.6.4.0
PD-10401V1	ab Version 1.0.0.6	ab Version 1.6.4.6
PD-USB01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.4.6
MOE-C161	nicht unterstützt	nicht unterstützt

Diese Betriebsart gibt beim Abruf eines Datensatzes auch die Anzahl der bis zum Zeitpunkt des Abrufs zwischengespeicherten Datensätze an die Applikation zurück. Sollte die Applikation die Datensätze nicht rechtzeitig abholen und der Datenspeicher überlaufen, so wird eine entsprechende Warnung an die Applikation gegeben. Zusätzlich kann die Applikation die Anzahl der verlorenen Datensätze abfragen.

Beispiel: Datenspeichertiefe 4 Datensätze



4 Extern getriggerte Datenaufnahme

4.1 Allgemeines

Die Gruppe der extern getriggerten Datenaufnahme umfasst alle Betriebsarten, bei denen der Messzyklus durch ein externes Triggerereignis ausgelöst wird.

Nach einer Anforderung durch die Applikation wird die Betriebselektronik für einen extern getriggerten Messzyklus vorbereitet und in einen Wartezustand versetzt. Das Triggerereignis startet den Messzyklus bestehend aus Dummyscan und n Datenscans. Die Delayzeit t_D zwischen Triggerereignis und dem Start des Messzyklus ist abhängig von der gewählten Hardware und beträgt typisch weniger als 120 μ s.

Als Triggerereignis kann zwischen einem Impuls (positive Flanke) oder jedem Flankenwechsel (positive und negative Flanke) am 'ExternalScanTriggerInput' - Signal der Interfaceelektronik gewählt werden. Die Auswahl erfolgt über unterschiedliche Betriebsarten.

Für die Überwachung des externen Triggersignals kann eine Timeout-Wert vorgegeben werden. Wird nach einer Anforderung diese Zeit überschritten, wird die Anfrage abgebrochen und ein Fehler an die Applikation zurückgegeben.

4.2 ExternalTriggerSlope & ExternalTriggerPulse

Die Betriebsarten **ExternalTriggerSlope** und **ExternalTriggerPulse** stellen einen extern getriggerten Messzyklus, bestehend aus Dummyscan und n Datenscans zur Verfügung.

Der Messzyklus wird auf Anforderung der Applikation vorbereitet und durch ein Triggerereignis ausgelöst. Je nach Betriebsart wirkt ein Impuls (positive Flanke) oder jeder Flankenwechsel als Triggerereignis und startet den Messzyklus. Nach dem Start wird ein Dummyscan zum Löschen des Spektrosensors durchgeführt. Danach werden jeweils nach Ablauf der vorgegebenen Integrationszeit Datenscans ausgelöst. Der Messzyklus wird vom Treiber gestoppt, wenn die erforderliche Anzahl von Datenscans ausgeführt wurde.

Unterstützung der Betriebsart		
Einzelscan, Mittelung*, Burst* (* nicht bei MOE-C161)		
Betriebs-elektronik	Treiber (NT4.0 und WDM)	Funktionsbibliothek SDACQ32MP
PD-ISA16V3	ab Version 2.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-PCI01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-10401V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
PD-USB01V1	ab Version 1.0.0.0	ab Version 1.6.0.0
MOE-C161	ab Firmware 3.00	ab Version 1.6.0.0

Beispiel: Mittelung oder Burst über n Scans, impulsgetriggert

