

Hallo Michael,

ich weiß ja nicht, ob Du mit deinem Problem/Projekt inzwischen schon weitergekommen bist. Aber ich habe im Internet heute zufällig die folgende Seite entdeckt, die für dich vielleicht interessant sein könnte:

<http://www.datentechniker2004.de/projekte/temperatur/temperatur.shtml>

Dort gibt es auch die Dokumentation mit Erläuterungen und Schaltplan zu diesem Projekt als PDF-Datei:

<http://www.datentechniker2004.de/projekte/temperatur/files/temperaturmessung.pdf>

Du willst zwar die Luftfeuchtigkeit und nicht die Temperatur messen, aber die Sensoranbindung ist ja offensichtlich auch nicht dein Problem. Interessant ist jedoch, dass im obigen Projekt ebenfalls ein ZN427 als A/D-Wandler verwendet wird. Möglicherweise findest Du da einige Anregungen. Ich habe mir die Dokumentation zwar noch nicht im Detail durchgelesen, aber im Schaltplan ist zu erkennen, dass /BUSY und RD über einen Jumper direkt verbunden werden können. Somit werden die 8 Datenausgänge nach einer kompletten Wandlung automatisch freigegeben („Stand-Alone“ Betrieb) und das Ergebnis bei Bedarf auch direkt mit LEDs angezeigt. Der Eingang /WR ist im obigen Projekt leider nicht weiter beschaltet und wird dort nur für die Steuerung durch einen Mikrocontroller auf einen Steckverbinder geführt. Aber ich habe mir auch gerade mal das Datenblatt zum ZN427 etwas genauer angesehen und mir ein paar Gedanken zu diesem Thema gemacht.

Also zu deinen Fragen:

1. Ist die Direktverbindung zwischen /BUSY und RD möglich?
JA, siehe z.B. obiges Projekt. Außerdem ist diese Möglichkeit auch so im Datenblatt beschrieben (Seite 3, rechts oben):

The /BUSY output may be tied to the RD input to automatically enable the outputs when the data is valid.

Der Ausgang /BUSY kann mit dem Eingang RD verbunden werden, um die Ausgänge automatisch zu aktivieren sobald die Daten gültig sind.

Es ist also nicht erforderlich, die beiden Signale /BUSY und RD zur Signalverzögerung von einigen ns über 2 oder 4 Gatter zu verbinden, so wie AxelR es angedacht hatte. Es ist aber zu beachten, dass die Verbindung von /BUSY und RD nur für die Betriebsart „Stand-Alone“ angewendet werden kann. Sollten dagegen die Datenausgänge des ZN427 parallel mit Three-State Ausgängen von anderen ICs verbunden, also zu einem Bus zusammengeschaltet sein, darf der Ausgang /BUSY nicht zur Steuerung des Eingangs RD verwendet werden. Statt dessen muss dann die Steuerung von RD mit einem geeigneten Signal aus einer entsprechenden Ablaufsteuerung erfolgen. Nur so lässt sich die gleichzeitige Aktivierung mehrerer parallelgeschalteter Ausgänge, also ein möglicher Kurzschluss zwischen diesen Ausgangsstufen zuverlässig verhindern. Außerdem sind auch die Erläuterungen zu deiner zweiten Frage zu beachten, da die direkte Verbindung von /BUSY und RD unter Umständen auch hier weitere Konsequenzen (also für die Erzeugung des Startimpulses am Eingang /WR) nach sich zieht.

2. Wie kann ich den 5min Impuls für den Start einer Konvertierung generieren?
Da hat AxelR ja schon verschiedene Möglichkeiten angedeutet. Am einfachsten dürfte wohl die Erzeugung eines 5min Takts mit einem als astabilen Multivibrator beschalteten Timer IC NE555/LM555 (oder besser dessen modernere CMOS Variante LMC555/TLC555/ICM7555) sein. Laut Datenblatt braucht für die korrekte Funktion des ZN427 auch nicht unbedingt ein Monoflop zur Verkürzung des LOW Impulses nachgeschaltet zu werden (s. Datenblatt Seite 4, Punkt 4):

4. The start pulse operates as an asynchronous (independent of clock) reset that sets the MSB output to 1 and sets all other outputs and the end of conversion flag to 0. This resetting occurs on the low-going edge of the start pulse and as long as \overline{WR} is low the converter is inhibited. Conversion commences on the first active (negative going) clock edge after the \overline{WR} input has gone high again, when the MSB decision is made. A number of timing constraints thus supply to the start pulse.

4. Der Startpuls arbeitet als ein asynchrones (vom Takt unabhängiges) Rücksetzsignal, das den Ausgang MSB auf 1 setzt und alle anderen Ausgänge sowie das Flag „Ende der Konvertierung“ auf 0. Dieses Rücksetzen passiert mit der fallenden Flanke des Startpulses und der Umsetzer ist gesperrt solange \overline{WR} LOW ist. Die Umsetzung startet mit der ersten (fallenden) Flanke des Takts nachdem der Eingang \overline{WR} wieder auf HIGH gewechselt hat und das MSB bestimmt wurde. Für den Startpuls sind mehrere zeitliche Bedingungen einzuhalten.

(a) The minimum duration of the start pulse is 250ns, to allow reliable resetting of the converter logic circuits.

(a) Die minimale Dauer des Startpulses beträgt 250ns, um die Logik des Umsetzers zuverlässig zurückzusetzen.

(b) There is no limit to the maximum duration of the start pulse.

(b) Es gibt keine Einschränkung für die maximale Dauer des Startpulses.

...

Die weiteren Bedingungen beziehen sich auf einen möglichst schnellen und trotzdem zuverlässigen Start der Umsetzung. Diese sind hauptsächlich für die Anbindung an einen Mikrocontroller von Interesse, wenn die A/D-Umsetzung in schneller Folge und ohne Zeitverlust durchgeführt werden soll. Im vorliegenden Fall sind diese zusätzlichen Bedingungen wohl eher von untergeordneter Bedeutung und werden deshalb hier auch nicht weiter betrachtet.

Laut Datenblatt bewirkt also ein im Verhältnis zur Konvertierungsdauer extrem langer Startimpuls (hier bei normaler Beschaltung/Dimensionierung des Timers NE555/LM555 im Minutenbereich) keine fortlaufende Konvertierung, so wie es AxelR angenommen hat. Vielmehr wird die Konvertierung erst mit der positiven Rückflanke (Wechsel von LOW nach HIGH) des Startimpulses freigegeben und startet dann mit der folgenden negativen Flanke (Wechsel von HIGH nach LOW) des am Eingang CLOCK anliegenden Takts. Da die positive Flanke am Eingang \overline{WR} bei entsprechender Takterzeugung eben nur einmal alle 5 Minuten erfolgt, wird auch nur alle 5 Minuten eine Konvertierung durchgeführt, unabhängig wie

lang zuvor die LOW Zeit am Eingang /WR war (die Mindestdauer von 250ns natürlich vorausgesetzt). Allerdings ist hier jetzt zu beachten, dass der Ausgang /BUSY mit der negativen Flanke des Startimpulses an /WR auf LOW gesetzt wird. Wenn jetzt im vorliegenden Fall /BUSY und RD direkt miteinander verbunden sind, hat die Dauer des Startimpulses an /WR (also die LOW Zeit des erzeugten Startimpulses) einen direkten Einfluss auf die Datenausgänge. Diese werden hier also sofort mit der negativen Flanke des Startimpulses gesperrt (hochohmig) und bleiben dann auch während der gesamten LOW Zeit des am Eingang /WR anliegenden Startimpulses zuzüglich der für die eigentliche Konvertierung nach der positiven Flanke an /WR benötigten Zeit in diesem hochohmigen Zustand. Jetzt hängt es dann im wesentlichen von dem geforderten Verhalten der Datenausgänge, also von der verwendeten Folgeschaltung, ab ob ein im Vergleich zur Periodendauer extrem kurzer LOW Impuls an /WR erforderlich ist. Hier kann ich jetzt nur einige Überlegungen anstellen, da mir keine Informationen zur Beschaltung der Datenausgänge vorliegen. Aber allgemein gilt:

- Hat die Folgeschaltung einen eigenen Zwischenspeicher (Latch) zur Übernahme der Daten, spielt die Länge der LOW Zeit keine Rolle. In diesem Fall könnte die Datenübernahme z.B. mit dem Ausgang /BUSY gesteuert werden, d.h. die Daten werden mit HIGH an /BUSY übernommen und dann während der LOW Zeit im Latch gehalten. Mit dem nächsten HIGH an /BUSY werden die neuen Daten dann wieder ins Latch übernommen usw.
- Wenn die Folgeschaltung jedoch keinen Zwischenspeicher hat und z.B. direkt eine Anzeige steuert (siehe hierzu auch den obigen Link), ist es wahrscheinlich nicht erstrebenswert für die Dauer im Minutenbereich keine (gültigen) Daten zur Verfügung zu haben. In diesem Fall wird es wohl erforderlich sein, die Dauer der LOW Zeit am Eingang /WR möglichst kurz zu halten. Am einfachsten dürfte diese Impulsverkürzung mit einem entsprechend dimensionierten Monoflop zwischen dem Ausgang des 5 Minutentimers und dem Eingang /WR des ZN427 zu realisieren sein, so wie es AxelR schon vorgeschlagen hat. Im Fall der direkten Ansteuerung einer Anzeige sollte die Dauer dieses LOW Impulses dann ≤ 10 ms sein. Damit ist die Zeit, in der die Datenausgänge des ZN427 gesperrt sind, also auch keine Daten angezeigt werden können, dann kurz genug um, bedingt durch die Trägheit des menschlichen Auges, nicht mehr wahrgenommen zu werden. Ich habe aber bedenken, ob das Monoflop eingespart und statt dessen der astabilen Multivibrator so dimensioniert werden kann, dass er direkt einen so kurzen LOW Impuls und dann für 5 min HIGH ausgeben kann. (Das wäre dann wohl das, was AxelR als „hinkenden“ astabilen Multivibrator bezeichnet hat.) Theoretisch wäre zwar eine entsprechende Dimensionierung möglich, aber ob das in der Praxis dann so auch noch sauber und stabil funktioniert bleibt abzuwarten. Ich habe so ein extremes Tastverhältnis noch nie realisiert, behaupte aber nicht, dass es prinzipiell nicht möglich wäre. Das muss eben dann der Praxistest erst zeigen. Aber noch eine Bemerkung zum Vorschlag von AxelR, den astabilen Multivibrator alle 5 Minuten ein RS Flip-Flop setzen zu lassen und dann mit dem Übergang von LOW nach HIGH vom Ausgang /BUSY wieder zurückzusetzen. Im allgemeinen ein guter (und auch von mir bevorzugter) Lösungsan-

satz, da so auf einfache Weise ein Impuls genau mit der benötigten Länge erzeugt werden kann. Nur wird das im vorliegenden Fall nicht funktionieren. Bedingt durch die interne Ablauflogik des ZN427 wird die Konvertierung zwar mit der negativen Flanke am Eingang /WR (die jetzt also vom entsprechenden Ausgang des Flip-Flops kommen würde) vorbereitet, aber erst nach der folgenden positiven Flanke wirklich gestartet. Der Wechsel von LOW nach HIGH am Ausgang /BUSY, womit dann das Flip-Flop wieder zurückgesetzt werden soll, erfolgt aber erst nach Beendigung der Konvertierung. Diese wird jetzt aber nie gestartet, da erst das Rücksetzen des Flip-Flops den für den eigentlichen Konvertierungsstart benötigten Wechsel von LOW nach HIGH am Eingang /WR auslösen würde. Mit anderen Worten, das Flip-Flop wartet auf das Ende der Konvertierung, während der A/D-Wandler wiederum auf den erforderlichen Signalwechsel am Eingang /WR für den Start der Konvertierung wartet. Wenn das Flip-Flop jetzt nicht noch irgendwann auf einem anderen Weg zurückgesetzt wird, hat sich die Schaltung so also selbst verriegelt (Dead Lock). Dieser Umstand ergibt sich im vorliegenden Fall einfach aus der Tatsache, dass für die Durchführung einer Konvertierung sowohl die negative als auch die folgende positive Flanke am Eingang /WR benötigt wird.

- Die Dauer des LOW Impulses am Eingang /WR bekommt im vorliegenden Fall eigentlich nur durch die direkte Verbindung von /BUSY mit RD eine Bedeutung, da so das Startsignal über den Ausgang /BUSY die Aktivierung der Datenausgänge beeinflusst. Ohne diese Verbindung spielt das Verhältnis zwischen LOW und HIGH am Eingang /WR, wie ja bereits erläutert, überhaupt keine Rolle. Eventuell ist es eine Überlegung wert, diese Verbindung nicht vorzusehen, was die Erzeugung des Startimpulses für /WR vereinfachen würde (ein astabiler Multivibrator mit beliebigem Tastverhältnis würde dann ausreichen). Allerdings weiß ich jetzt nicht, ob dann in der Schaltung ein anderes geeignetes Signal zur Steuerung des Eingangs RD zur Verfügung stehen würde. Eventuell vereinfacht es die ganze Schaltung ja auch, wenn RD permanent auf HIGH gelegt (z.B. über einen 4K7 Widerstand mit Vcc verbunden) wird. Dies würde die Ausgänge ständig aktiv halten und es würden somit auch permanent Daten an den Ausgängen anliegen. Es ist jedoch zu beachten, dass in diesem Fall dann die entsprechenden Pegelwechsel während der Konvertierung direkt an den Datenausgängen wiedergespiegelt werden. Ob dies störend ist oder nicht, hängt wiederum von der Folgeschaltung ab, kann ich also nicht beurteilen. Im Fall einer direkten Anzeige sollte dies eigentlich kein Problem darstellen. Vorausgesetzt der Takt am Eingang CLOCK ist schnell genug, werden die einzelnen Pegelwechsel, also der Wechsel in der Anzeige, durch die Trägheit des menschlichen Auges wiederum überhaupt nicht wahrgenommen. Da ein Konvertierungszyklus 9 Takte benötigt, sollte die Frequenz am Eingang CLOCK also ≥ 900 Hz ($9 \times 1/10\text{ms}$) betragen. Aber in der Regel wird dieser Takt wohl sowieso wesentlich schneller ausgelegt sein, für die hier interessierende Betriebsart „Stand-Alone“ wohl so einige kHz. Unbedingt zu beachten ist jedoch auch der unter 1. schon gegebene Hinweis zur Parallelschaltung mehrerer Bausteine mit Three-State Ausgängen zu einem Bus. Sollte eine Busstruktur vorliegen, dürfen die Aus-

gänge selbstverständlich nicht permanent aktiviert sein. Dieser Fall scheint hier jedoch nicht vorzuliegen.

Abschließend noch der Hinweis, dass alle meine Überlegungen im Wesentlichen nur auf dem Studium des Datenblatts zum ZN427 beruhen, also keine Praxiserprobung erfahren haben und zum Teil auch auf Annahmen beruhen, da mir keine Informationen zum vollständigen Schaltungsentwurf bzw. zur konkreten Aufgabenstellung vorliegen. Sollte ich da etwas übersehen oder aber falsche Schlüsse gezogen haben, möge man mich bitte darauf hinweisen. Ansonsten hoffe ich, dass meine Gedanken soweit korrekt und auch hilfreich sind, zumindest aber einige Anregungen für weitere Überlegungen enthalten. Ich hoffe auch, dass ich meine Gedanken so einigermaßen verständlich zu Papier gebracht und keine zusätzliche Verwirrung gestiftet habe.

Ralph Burchert