



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

SLAピンでのBEMFの測定方法

要約

非常に高い精度でストールとステップロスを検出するアルゴリズムに加えて、トルクに対応できるアプリケーションを実現できるように、AMIS-305xxは速度/負荷角度(SLA)ピンを実装しています。このピンはモータのBEMF (Back Electro Magnetic Force、逆起電力)電圧を反映する電圧を出力します。

SLAピンを誤った方法で使用することを防止するために、このアプリケーション・ノートではSLAピンで正しいBEMF電圧を測定するためにモータ・ドライバを動作させる方法について説明します。

はじめに

「コイル電流ゼロ・クロス」と呼ばれるタイミングごとに、BEMFがサンプリングされます。電気的周期ごとに各コイルで2つのゼロ・クロス位置が存在し、その結果、電気的周期ごとに合計4つのゼロ・クロス位置が存在します。要約すると、電気的周期ごとにBEMF電圧を4回測定できます。電気的周期ごとにBEMF電圧を4回測定することは可能ですが、実際に4回測定することを意味するわけではありません。モータ・ドライバを使用してBEMF電圧のサンプリングを行うのは、マイクロステップ位置が

「コイル電流ゼロ・クロス」に重なっているときだけです。この場合にのみ、BEMF電圧の正しい表現(注1)をSLAピンで測定できます。マイクロステップ位置が「コイル電流ゼロ・クロス」に重なっていない場合、SLAピンで測定されるのは誤った値です。

コイル電流ゼロ・クロス

以下の各図に、AMIS-305xxで利用できる合計7つのステッピング・モードのうち4つを示します。

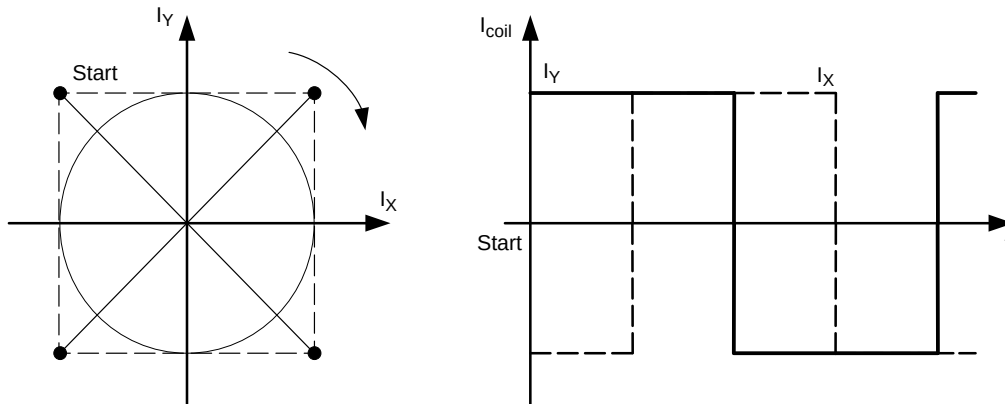


Figure 1. Full Step Mode

1. The voltage measured on the SLA-pin only represents the BEMF voltage. Depending on the SLA Gain setting [1] the SLA voltage will be equal to 1/2 or 1/4 of the real BEMF voltage.

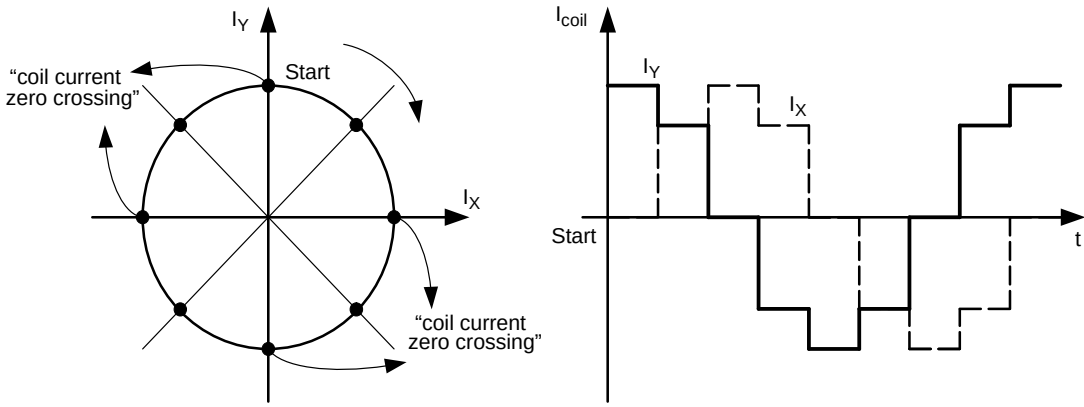


Figure 2. Half Step Compensated Mode

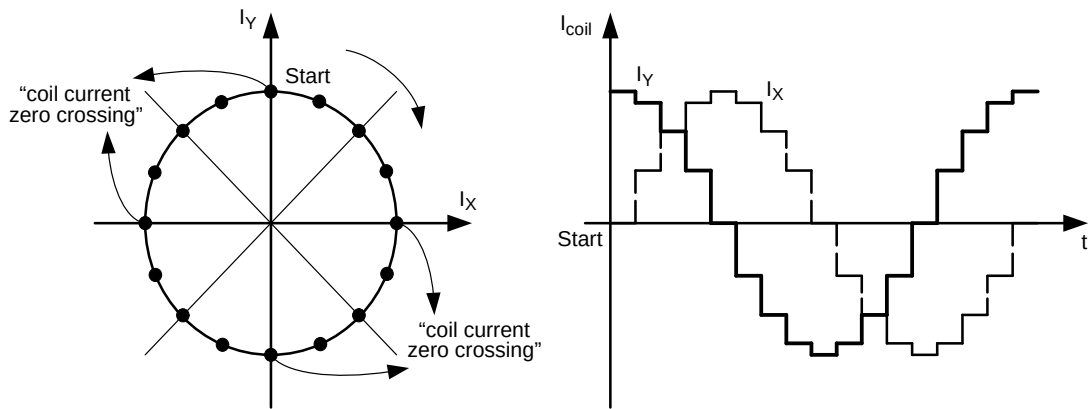


Figure 3. 1/4th Stepping Mode

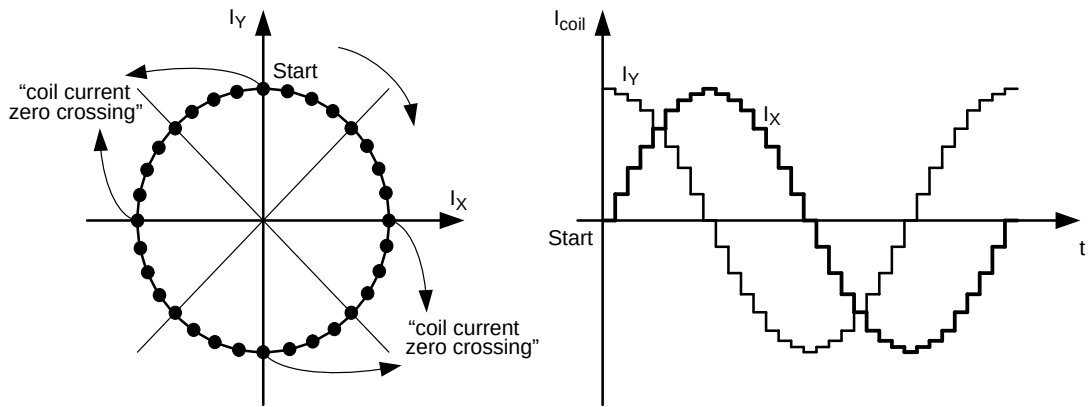


Figure 4. 1/8 Stepping Mode

上記の図に示すように、フル・ステップ・モードを除き、マイクロステップ位置は「コイル電流ゼロ・クロス」に重なっています(注2)。マイクロステッ

プ位置が「コイル電流ゼロ・クロス」に重なっている場合のみ、BEMF電圧の正しい表現値がSLAピンで測定されます。

2. See the Full Step Stepping Mode section for more info on full step stepping mode.

AMIS-305xxのいくつかのステッピング・モードで、様々な柔軟性を実現できますが、正しい方法で使わないと問題が発生するおそれもあります。

Figure 5に、誤った方法で複数のステッピング・モード間で切り替えを行った場合に、どのような問題が発生するかを示します。

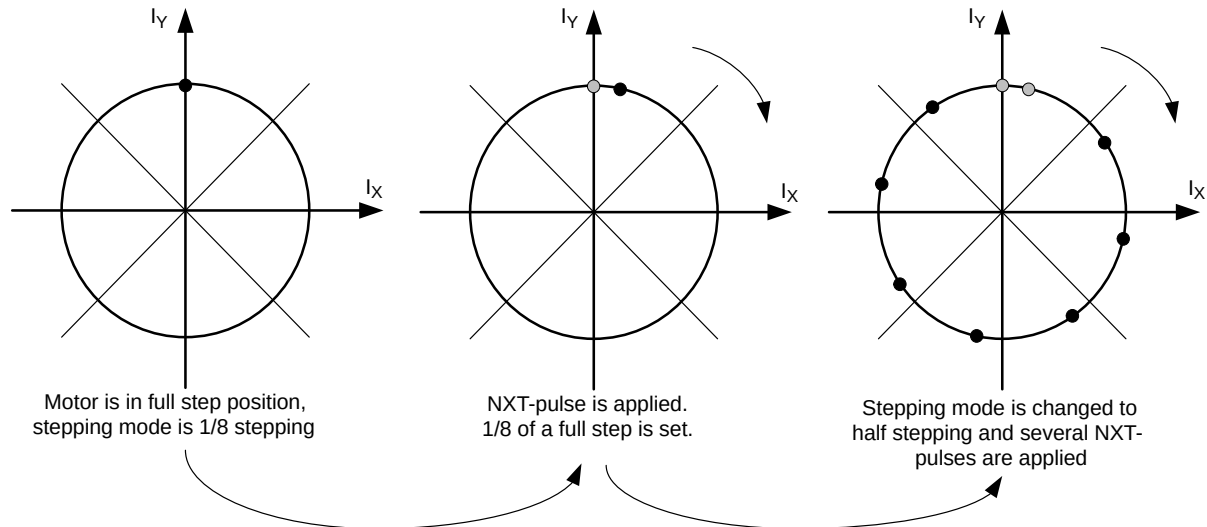


Figure 5. Changing of Stepping Mode in an Incorrect Way

上記の各図は、ステッピング・モードを低い分解能に変更するときには注意する必要があることを示しています。低いステッピング・モードに変更するとき、オフセットが作り出され、どのマイクロステップ位置も「コイル電流ゼロ・クロス」に重ならなくなるおそれがあります。この場合、ステップ・モ

ータ・ドライバはBEMF電圧のサンプリングを行わなくなり、SLAピンでBEMF電圧の誤った表現値が測定されることになります。

次の図に、再度ハーフ・ステッピングを示しますが、今度はオフセットが含まれています(Figure 5の右側に示すのと同じ)。

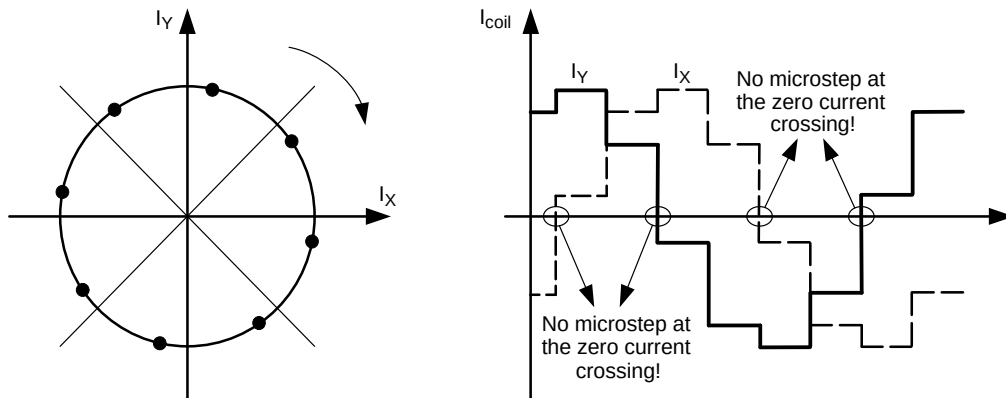


Figure 6. Half Stepping with Offset

7ページのTable 1を使用すると、オフセットを作らずにステッピング・モードを変更できるマイクロステップ位置を把握できます(AMIS-305xxのステータス・レジスタ3を参照)。分解能の高い解像度への変更はいつでもできます。低い解像度への変更がで

きるのは、マイクロステップ位置が低いステッピング・モードにも存在する場合のみです。詳細については、「SLAチェック」セクションのTable 1を参照してください。

以下のオシロスコープ波形では、1/8マイクロステップで測定したコイル電流とSLA電圧を示します。最初のプロット(Figure 7)ではオフセットが作り出されていないので、マイクロステップ位置が「コイル電流ゼロ・クロス」に重なっています。SLAピンで測定される電圧は、ステッパ・モータの実際のBEMF電圧を表現しています。

2番目のプロット(Figure 8)ではオフセットが作り出されています。どのマイクロステップ位置も「コイル電流ゼロ・クロス」に重なっていません。SLAピンで測定される電圧はステッパ・モータの実際のBEMF電圧を表現していません。

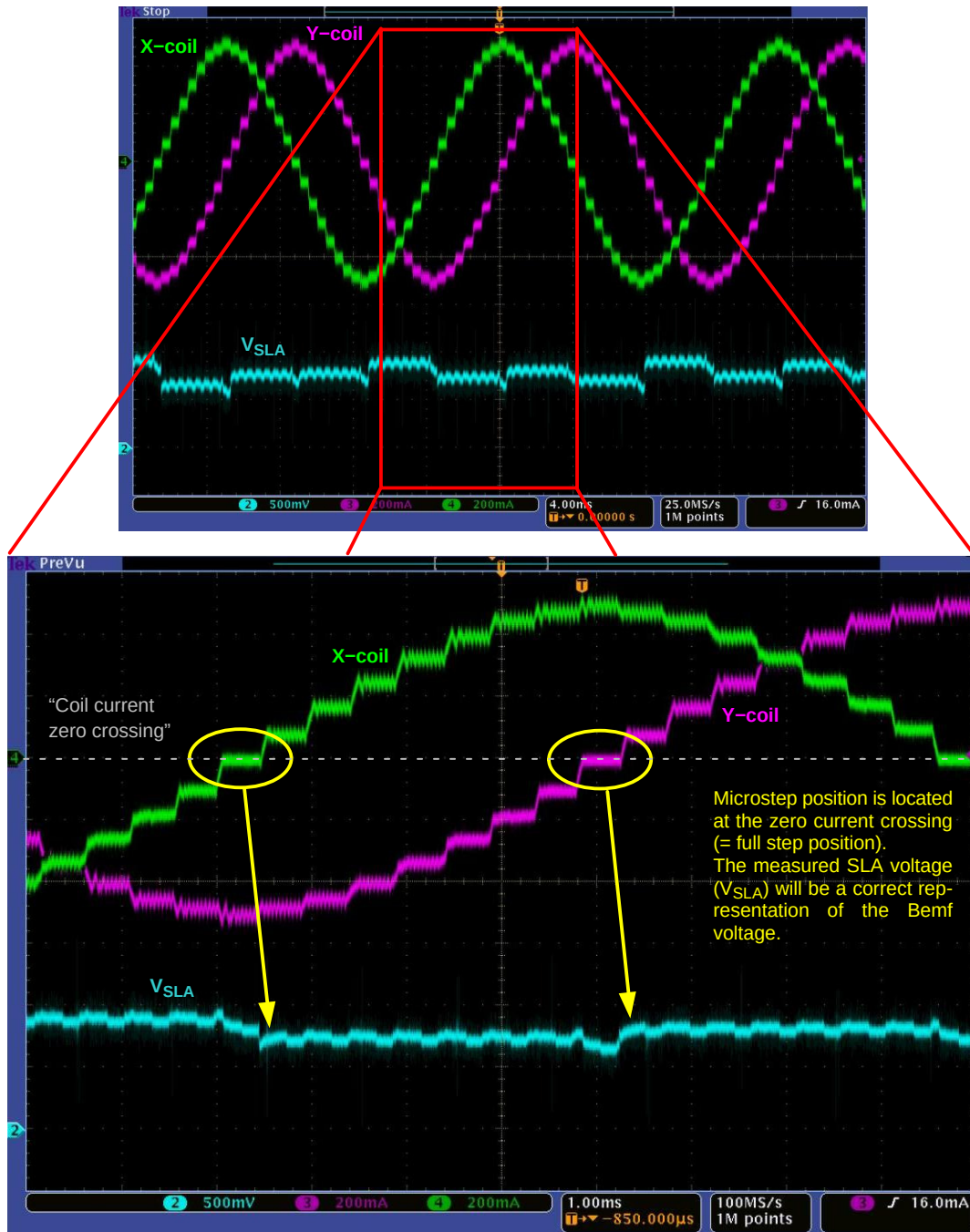


Figure 7. Oscilloscope Plot of 1/8 Microstepping with Microstep Position Located at the Zero Current Crossing

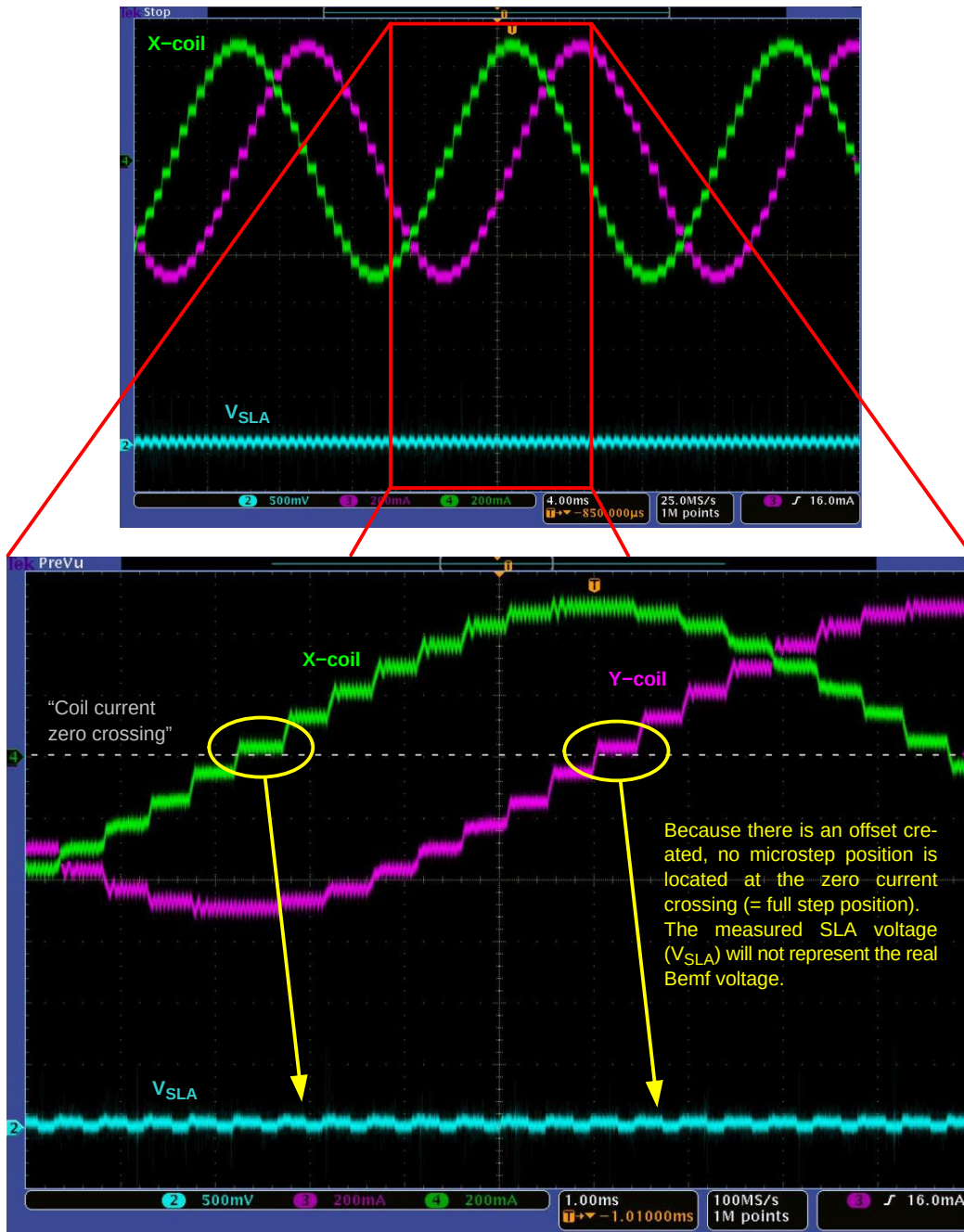


Figure 8. Oscilloscope Plot of 1/8 Microstepping with No Microstep Position Located at the Zero Current Crossing

SLAチェック

マイクロコントローラはステッパ・モータ・ドライバを制御しますが、オフセットが不必要に作り出される可能性は常に存在します。マイクロステップ位置を読み取る(ステータス・レジスタ3)方法で、マイクロコントローラはオフセットが作り出されるかどうかをチェックできます。

Table 1に、フル・ステップを除く他のすべてのステッピング・モードで起こりえる、すべてのマイクロステップ位置を示します。どの瞬間であっても、読み出されたマイクロステップ位置が(特定のステッピング・モードに対して)この表に記載された値に等しい場合、オフセットは作られません(Figure 9も参照)。別の値が読み出された場合は、オフセットが作り出され、どのマイクロステップ位置も「コイル電流ゼロ・クロス」に重ならなくなります(Figure 10も参照)。その場合、SLA電圧はステッパ・モータの実際のBEMFを表していません。

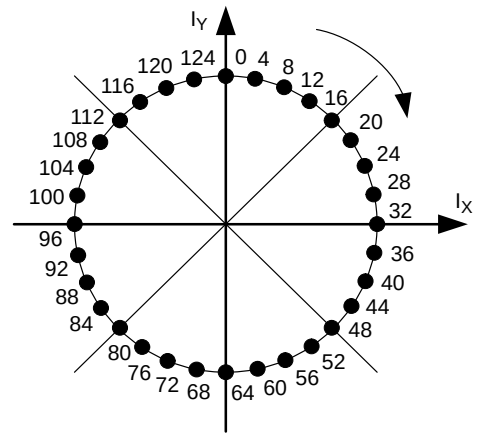


Figure 9. Possible Microstepping Positions for Correct Bemf Measurement (1/8 Microstepping)

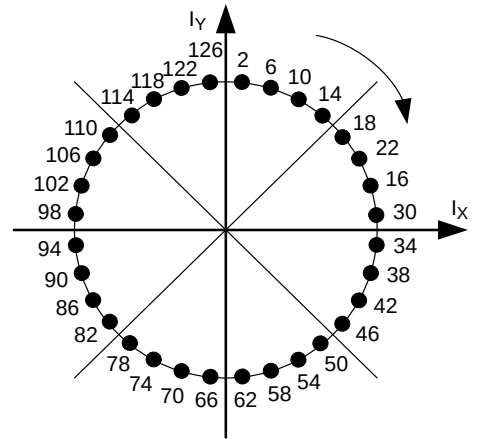


Figure 10. Example of 1/8 Microstepping with Offset

Table 1. MICROSTEP POSITIONS FOR DIFFERENT STEPPING MODES (NO OFFSET)

Stepping Mode					Stepping Mode					Stepping Mode				
1/32	1/16	1/8	1/4	1/2	1/32	1/16	1/8	1/4	1/2	1/32	1/16	1/8	1/4	1/2
0	0	0	0	0	43					86				
1					44	44	44			87				
2	2				45					88	88	88	88	
3					46	46				89				
4	4	4			47					90	90			
5					48	48	48	48	48	91				
6	6				49					92	92	92		
7					50	50				93				
8	8	8	8		51					94	94			
9					52	52	52			95				
10	10				53					96	96	96	96	96
11					54	54				97				
12	12	12			55					98	98			
13					56	56	56	56		99				
14	14				57					100	100	100		
15					58	58				101				
16	16	16	16	16	59					102	102			
17					60	60	60			103				
18	18				61					104	104	104	104	
19					62	62				105				
20	20	20			63					106	106			
21					64	64	64	64	64	107				
22	22				65					108	108	108		
23					66	66				109				
24	24	24	24		67					110	110			
25					68	68	68			111				
26	26				69					112	112	112	112	112
27					70	70				113				
28	28	28			71					114	114			
29					72	72	72	72		115				
30	30				73					116	116	116		
31					74	74				117				
32	32	32	32	32	75					118	118			
33					76	76	76			119				
34	34				77					120	120	120	120	
35					78	78				121				
36	36	36			79					122	122			
37					80	80	80	80	80	123				
38	38				81					124	124	124		
39					82	82				125				
40	40	40	40		83					126	126			
41					84	84	84			127				
42	42				85									

透過モード

マイクロステップ位置が「コイル電流ゼロ・クロス」に重なっている場合でも、SLAピンの電圧がステッパ・モータの実際のBEMF電圧を表す、という説明が100%正確であるとは限りません。無電流状態に移行したときにコイル電圧が測定されます。このときコイル電流はまだ0になっていない(全電流がコイルから流れ出すのに時間がかかる)ため、コイル電

圧は電源電圧(V_{BB}) + 0.6 Vにクランプされます。コイル電流が0になった時点で、コイル電圧は減衰します(過渡動作)。コイル電圧は減衰して、ステッパ・モータのBEMF電圧に等しくなります。コイル電圧がモータのBEMF電圧に等しくなるのはこの瞬間のみです。

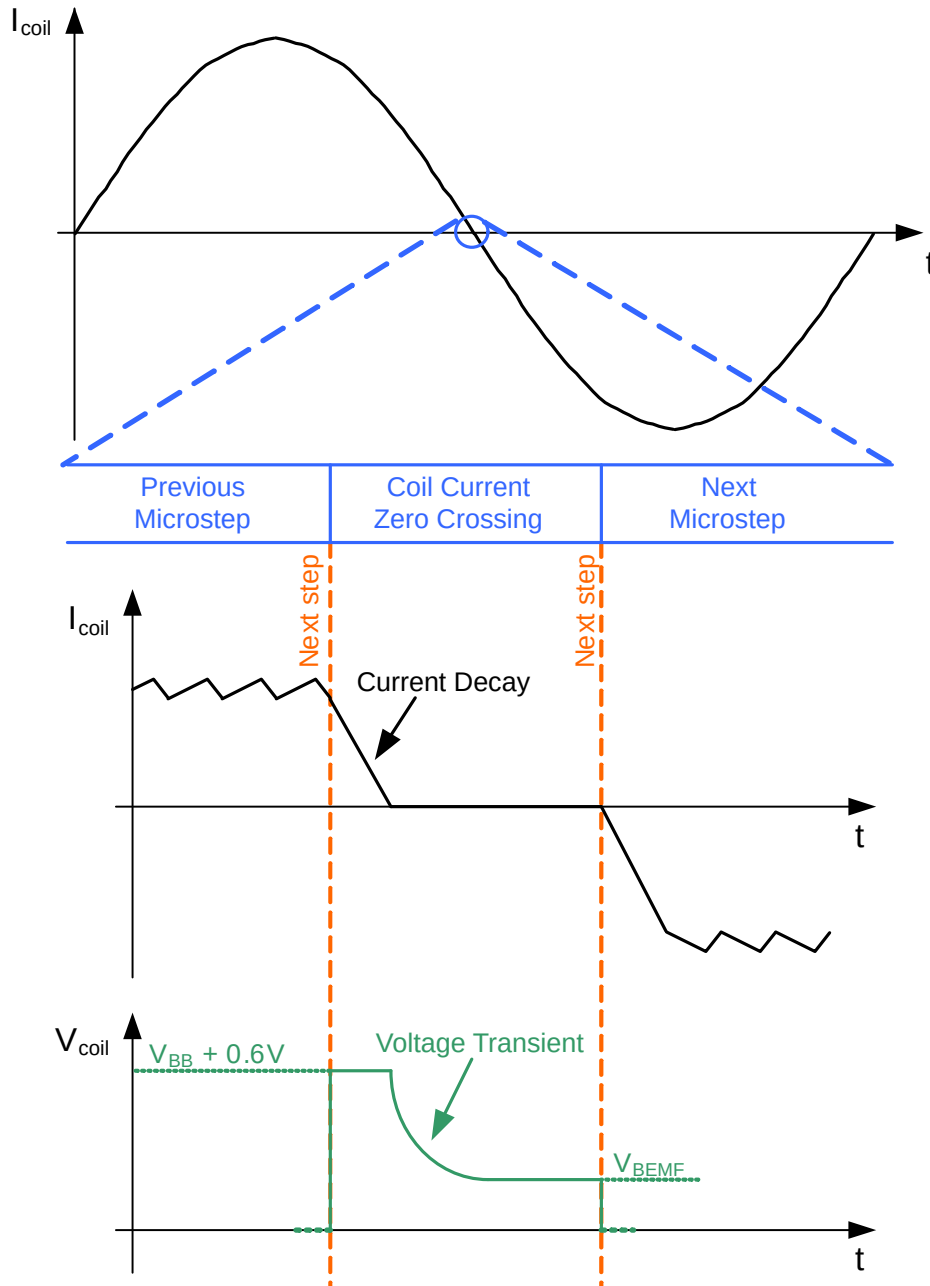


Figure 11. Coil Voltage Behavior During Current Less State

ステッパ・モータ速度の設定が高すぎる場合は、過渡動作が終了する前に、次の(マイクロ)ステップが設定される可能性があります。この場合、SLAピンの電圧が実際のBEMF電圧を表すことはありません。

この状況に該当しているかどうか判断できるように、AMIS-305xxはいわゆる「透過」モードを備えています。このモードでは、SLAピンで無電流状態時のコイル電圧を測定できます。これにより、この段階のうちにコイル電圧の過渡動作を監視して、ステッパ・モータの実際のBEMF電圧をサンプリング可能かどうか確認できます。

「透過」モードで動作している場合は、モータが「コイル電流ゼロ・クロス」に重なっているときに、SLA電圧はPWM周波数と同じレートで更新されます。過渡動作を監視できます。

Figure 12からわかるように、次の(マイクロ)ステップが設定される前に、過渡動作は終了しています。ステッパ・モータの実際のBEMF電圧を測定できます。

無電流状態時にコイル電圧の過渡動作を確認する作業を行うのは、(大部分のアプリケーションで)開発段階のみです。最終アプリケーションでは、この過渡動作全体をサンプリングする必要はありません。このため、AMIS-305xxには「非透過」モードというモードがあります。

このモードでも、コイル電流が0のときに、コイル電圧がPWMレートでサンプリングされますが、SLAピンの電圧が更新されるのは、「コイル電流ゼロ・クロス」状態が終了した後になります(Figure 12も参照)。過渡動作は、マイクロコントローラからは認識されません(大部分のアプリケーションではこの認識も不要)。

無電流状態の終了時にのみSLA電圧が更新されることに注意してください。無電流状態中に測定されたSLA電圧は、実際には直前のフル・ステップでのBEMF電圧を表しています。

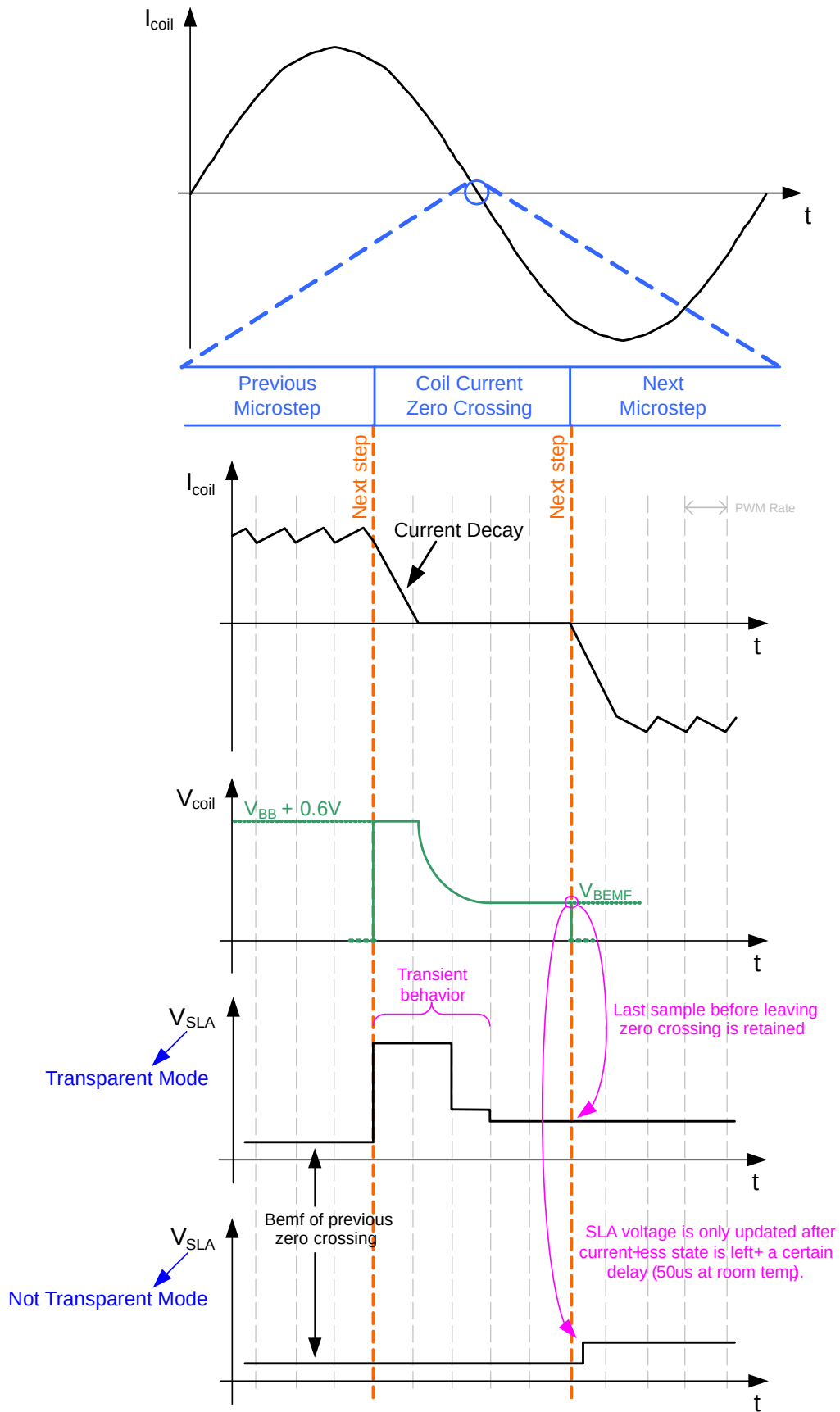


Figure 12. Voltage Measured on the Coil and SLA-pin for 'Not Transparent' Mode

最大動作速度

「透過モード」で説明したとおり、いつBEMFを測定すべきか注意する必要があります。コイル電流ゼロ・クロスが開始された後、実際のBEMFを測定できるようになるまでにある程度時間がかかります(Figure 11を参照)。コイル電流ゼロ・クロスの段階が終了するのが早すぎる場合は、誤ったBEMFサンプリングを行う(つまり、SLAピンでの測定電圧が実際のBEMFを表していない)結果になります。このため最大動作速度が制限されます。

最大動作速度は以下のパラメータに依存します。

- ステップ・モータ
- コイル電流
- 動作電圧
- ステッピング・モード

直列抵抗が小さい(数Ω以下)ステップ・モータを選択するのが最善です。高速アプリケーションの場合は、インダクタンスの小さいステップ・モータを選択することも重要です。

ステップロスなしで負荷を回転させるのに十分なトルクをステップ・モータが生成できる方法で、コイル電流を定義する必要があります。

静穏動作を実現するには、分解能の高いステッピングモードを推奨します。ただし、後で説明するように、この場合は最大回転速度が制限される結果になります。

動作電圧は、使用するモータ、動作速度、コイル電流に依存します。定格動作範囲内で、ステップ・モータを動作させることが重要です。

最大動作速度を見つける最善の方法は、測定に基づいて判断することです。この目的にAMIS-3052x評価キットを使用できます。AMIS-3052x評価キットは、オン・セミコンダクターのWebサイト(www.onsemi.com)で注文できます。以下のステップで、AMIS-3052x EVKを使用して最大動作速度を求める方法を説明します。

ステップ1: AMIS-3052xマザーボードからコンデンサC3を取り外します(回路図とレイアウトはグラフィカル・ユーザ・インタフェースにある)。このコンデンサはSLA信号をフィルタリングします。最終アプリケーションではこのコンデンサを追加することが推奨されますが、このコンデンサは今回の測定に影響を及ぼすので、今は取り外しておきます。

ステップ2: 評価キットのセットアップを実施します(評価キットに付属の資料を参照)。正しい動作電圧を使用していること(必要な場合は独自の電源に接続)、および正しいステップ・モータを使用していることを確認します。

ステップ3: どの信号もNXTピンに接続しないでください。

ステップ4: CLRピンを1回押して、デジタルをクリアします。

ステップ5: コイル電流とステッピング・モードを設定します(コントロール・レジスタ0)。

ステップ6: SLA Transparency (SLA透過性)をTransparent (透過モード)に設定し、モータ・ドライバを有効にします(コントロール・レジスタ2)。

ステップ7: NXT信号を接続します。NXT周波数を非常に小さい値に設定します。BEMFが発生しないように、回転子を非常にゆっくり回転させる必要があります。

ステップ8: Vマイクロステッピング位置を読み取る(ステータス・レジスタ3)方法で、オフセットが作り出されていないことを確認します。AMIS-3052x評価キットのグラフィカル・ユーザ・インタフェース(GUI)にあるCheck SLA Output (SLA出力のチェック)を有効にすると、この作業を簡単に実施できます(Figure 13を参照)。このチェックを行う場合、オフセットが作り出されていると、(ステータス・レジスタ3を読み出したときに)マイクロステッピング位置が赤色で表示されます。

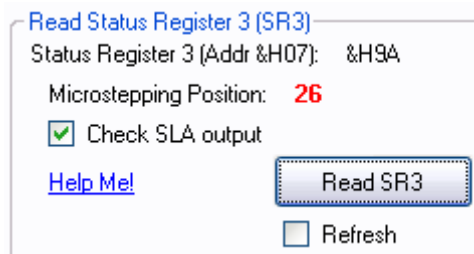


Figure 13. Check SLA Output

SR3を読み出した後、マイクロステッピング位置が赤色になっている場合は、ステップ1に戻ります。

ステップ9: どちらかのコイルでコイル電流を測定し、SLAピンで電圧を測定して、NXTピンを監視します。最善の方法は、コイル電流ゼロ・クロスの時点でオシロスコープをトリガすることです。

Figure 14に、12 V、415 mAのコイル電流で動作しているNidec Servoステップ・モータで測定した結果を示します。ステッピング・モードは、1/8マイクロステッピングに設定しました。

コイル電流ゼロ・クロスを拡大表示します。NXT信号の立上りエッジ(紫色の曲線)で、コイル電流は0に安定化されています。SLA電圧(黄色い曲線)は5 Vにクランプされていることに注意してください。

い。コイル電圧(オシロスコープ波形には表示されていない)がVbat + 0.6 Vにクランプされていることが原因です(Figure 11を参照)。この後、SLA電圧が0に低下することを確認できます。これは過渡的な部

分の一部です(Figure 11を参照)。SLA電圧が、PWM周波数と同じレートでのみ更新されることに注意してください(この結果、SLA電圧にステップが生じる)。

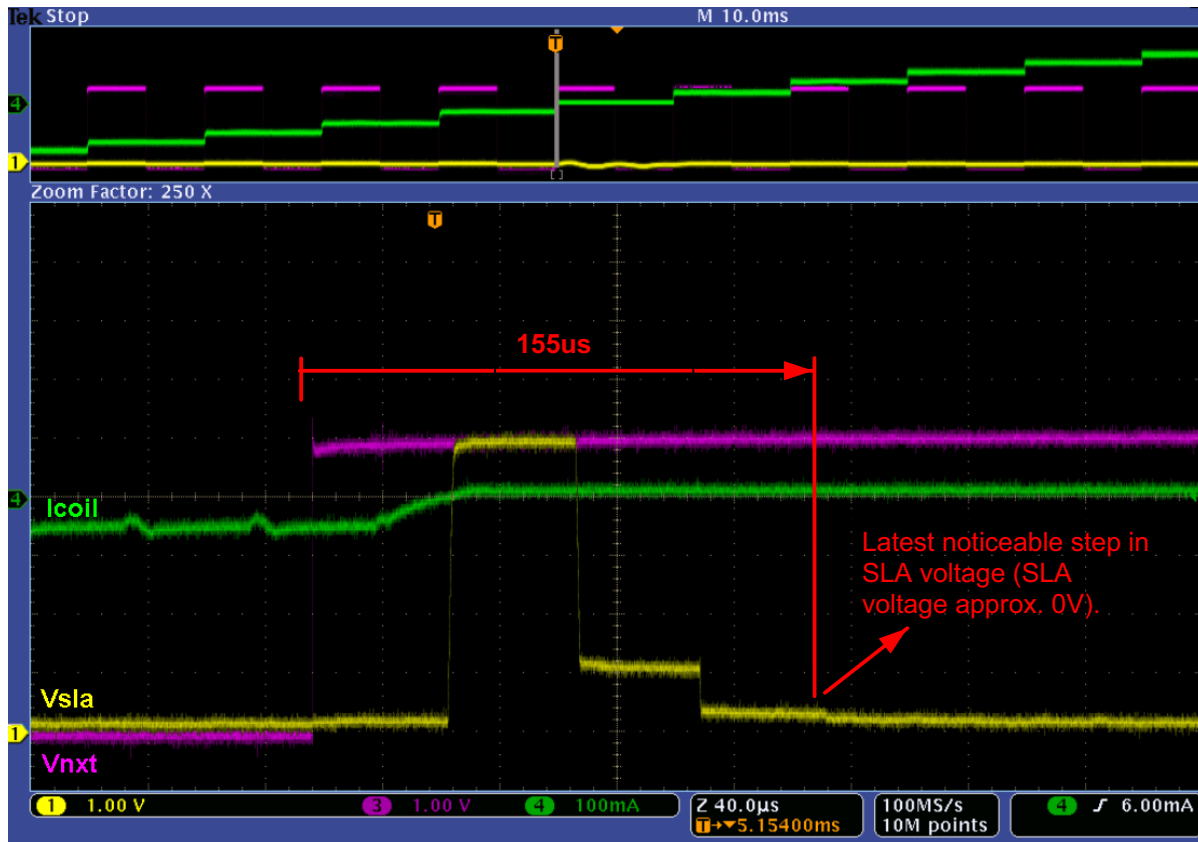


Figure 14. Define Maximum Operating Speed

NXT信号(紫色の曲線)の立上りエッジからSLA電圧(黄色の曲線)の認識可能な最も遅いステップまでの時間によって、最大動作速度が定義されます。

Figure 14からわかるように、この時間は約155 μsです。

使用しているステッピング・モードが1/8マイクロステッピングで、コイル電流ゼロ・クロスが最低155 μsを要することを理解すれば、NXTの最大周波数は次のようになります。

$$\frac{1}{155 \mu s} = 6450 \text{ Hz} \quad (\text{eq. 1})$$

この結果、速度は次のようになります。

$$\frac{6450 \text{ Hz}}{8} = 806 \frac{\text{FS}}{\text{sec}} \quad (\text{eq. 2})$$

Figure 15に、800 FS/sec (最大速度に近い値)のときの結果を示します。この速度で測定されたSLA電圧は、引き続き実際のBEMF (ゼロ・クロス終了時に測定)を表しています。

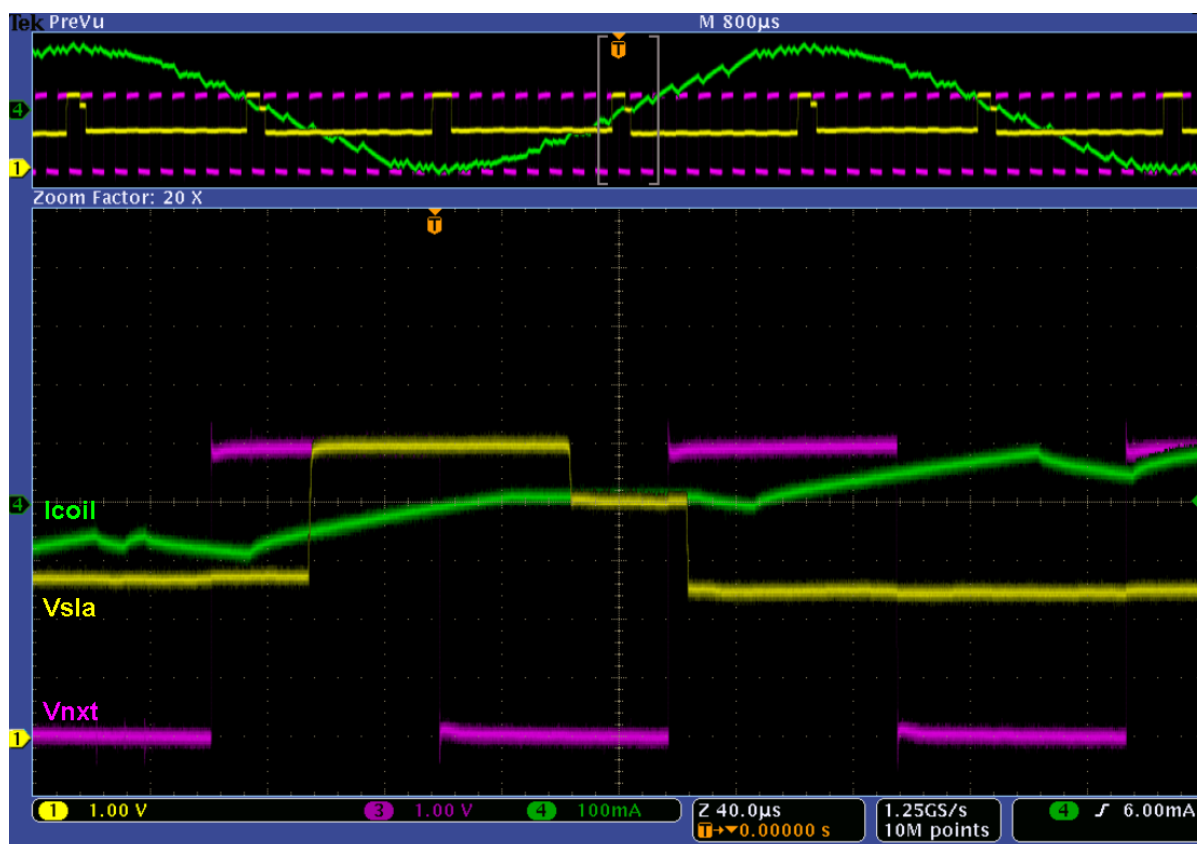


Figure 15. SLA Voltage at 800 Full Steps / sec

SLA Transparency (SLA透過性)をNot Transparent (非透過)に設定した(コントロール・レジスタ2)場合、Figure 16でSLA電圧が安定していることに注意してください。

い。Not Transparent (非透過)の場合は、SLA信号からクランプと過渡的動作が取り除かれ、BEMFをよりの確に表示することができます(Figure 12も参照)。

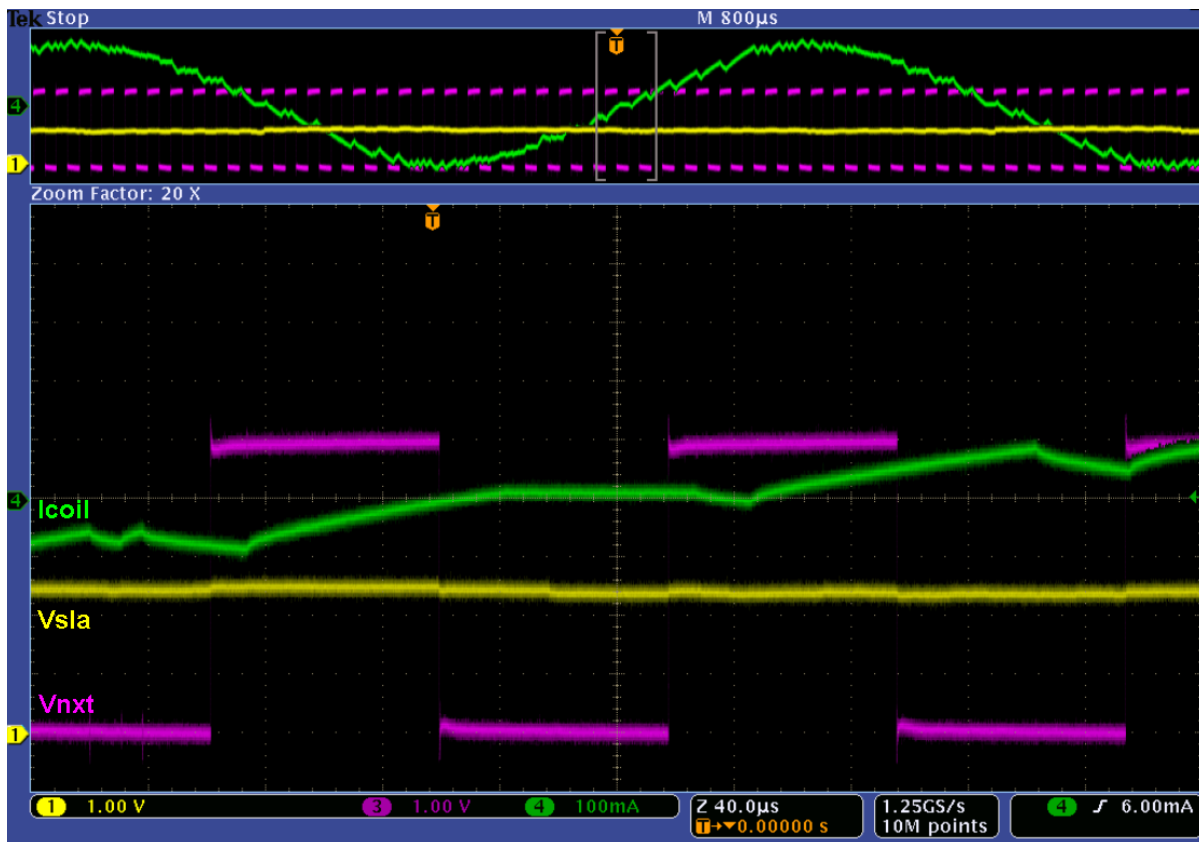


Figure 16. SLA Voltage at Maximum Speed in Not Transparent Mode

Figure 16で、測定したSLA電圧が約2.5 Vであることを注意してください。仮に測定した電圧が5 Vにクランプされている場合は、生成されたBEMFが高すぎる可能性があります。SLA Gain (SLAゲイン)を1/4に設定します(コントロール・レジスタ2)。NXT周波数が7 kHz (875 FS/sec)に上昇した場合、時にBEMFのサンプリングが速

すぎて、誤ったSLA電圧が生じることがあります(Figure 17を参照)。その結果、コイル電流ゼロ・クロスが早く終了して、過渡部分がサンプリングされるため、SLA電圧が大きくなります(Figure 11も参照)。

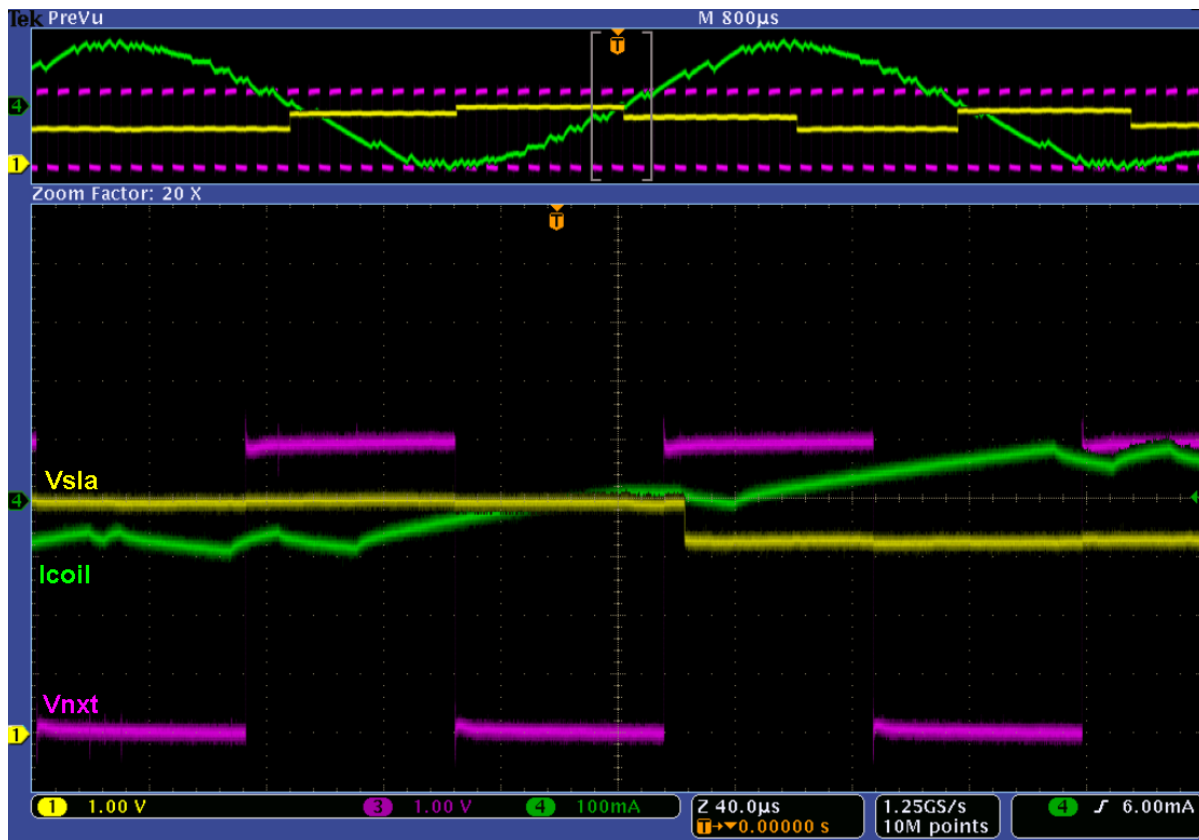


Figure 17. Too High Speed Results in Incorrect BEMF Sampling

最大動作速度が所要動作速度より低い場合は、アプリケーション・パラメータの一部を変更して最大動作速度を高くする必要があります。以下に、実行可能な調整をいくつか示します。

- 直列抵抗が小さいステッパ・モータを選択します。
- インダクタンスが小さいステッパ・モータを選択します。この変更を行うと、トルクに影響を及ぼすことに注意してください。
- 動作電圧を高くします。
- より小さなコイル電流を選択します。これによりトルクが小さくなります。

- 分解能が低いステッピング・モードを選択します (例えば、1/8の代わりに1/4を選択)。これによりコイル電流ゼロ・クロスの時間が長くなります。

上記パラメータのどれも変更する必要なく、最大動作速度を大きくする方法は、コイル電流ゼロ・クロス長くすることです。この原理はAMIS-3062xでも使用されており(www.onsemi.comを参照)、Min Samples (最小サンプル数)と呼ばれています。詳細については、アプリケーション・ノート [AND8371/D](#) (英語)を参照してください。

フル・ステップ・ステッピング・モード

上記のすべての説明は、ステッピング・モードがフル・ステップに設定されていない場合にのみ有効です。モータ・ドライバをハード・リセットした後、フル・ステップ・モードは常にハーフ・ステップの位置のいずれかから始まること、つまりどのマイクロステップ位置も「コイル電流ゼロ・クロス」に重ならないことがその理由です(Figure 1も参照)。

「コイル電流ゼロ・クロス」に重なるようにステップ位置を移動する目的でオフセットを作り出すこと、つまりこのステッピング・モードでBEMFを測定できるようにすることは不可能です。

ただし、ステッパ・モータをフル・ステップ・モードで動作させると同時にBEMF電圧を測定することは可能です。AMIS-305xxのハーフ・ステップ・ステッピング・モード設定を使用して、ステッパ・モータをフル・ステップ・モードで動作させるには、以下の手順に従ってください。

1. モータ・ドライバをリセットします
2. コイル電流を設定します。ステッピング・モードを補償付きハーフ・ステップに設定します。

3. モータ・ドライバを有効にします(ステッパ・モータをフル・ステップ位置に合わせる必要がある)
4. フル・ステップを設定する必要があるが生じるたびに、2個のNXTパルスを高速かつ互いの間隔をほとんど空けずに印加してください(NXTピンの制限を考慮)。

次の図では、AMIS-305xxのステッピング・モードが補償付きハーフ・ステップに設定されているにもかかわらず、ステッパ・モータがフル・ステップ・モードで動作していることがわかります。モータのインダクタンスが比較的大きいので、2個のNXTパルスの間隔(Figure 18の拡大部分を参照)とドライバの内部遅延は非常に短い時間であり、この時間内でハーフ・ステップ位置に到達することは決してありません。これ以降、ステッパ・モータは、フル・ステップ・モードで動作します。

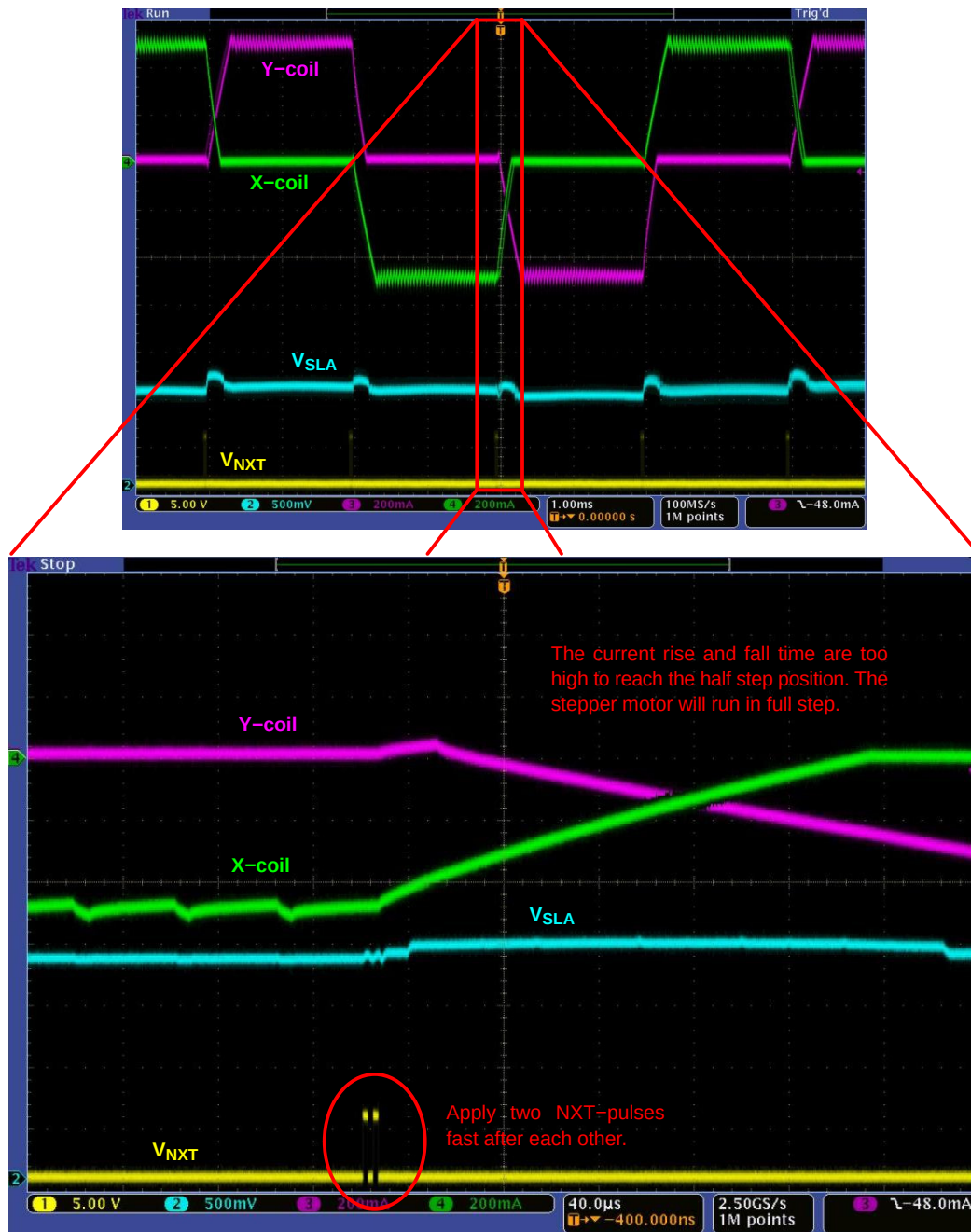


Figure 18. Operating Stepper Motor in Full Step by Using Half Step Stepping Mode

高温

ステッパ・モータ・ドライバが高温で動作している場合は、実施する2回のサンプリングの間にSLA電圧が降下する可能性があります。この場合は、望ま

しくない結果になります。このため、SLA電圧を更新直後に測定することが重要です。

次のオシロスコープ波形に、この問題を示します。

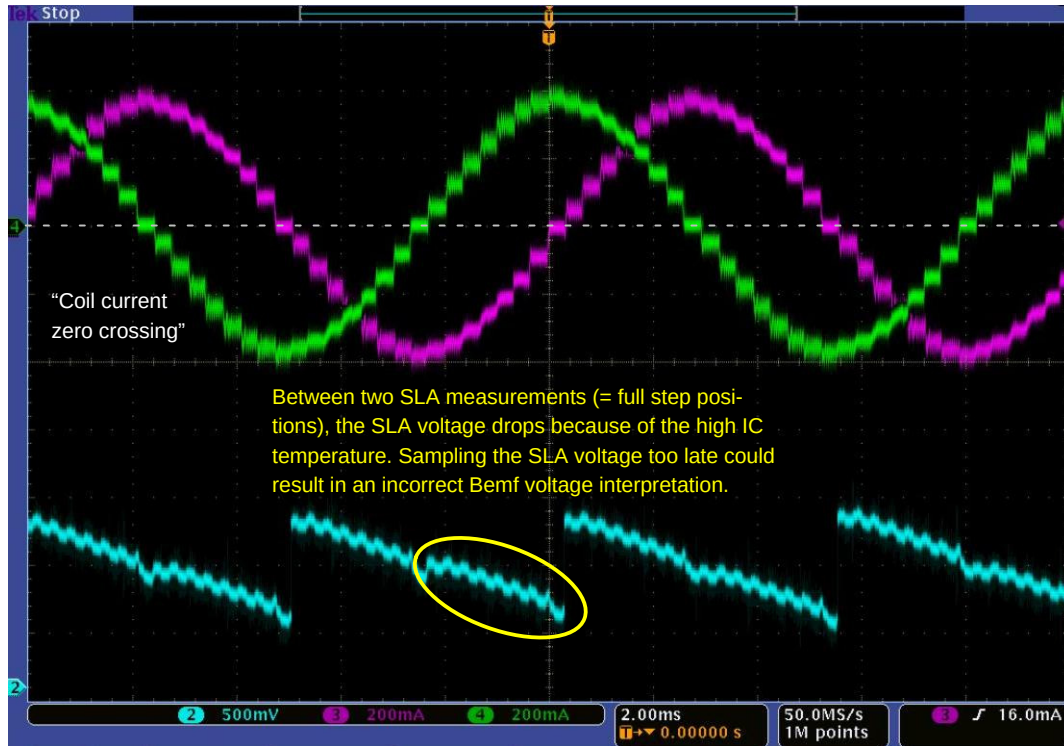


Figure 19. Decrease of SLA-voltage at High Temperature

図からわかるように、2つのフル・ステップ位置の間でSLA電圧が降下しています。マイクロコントローラまたはDSPによるSLA電圧のサンプリングが遅すぎる場合は、BEMF電圧が誤って解釈されることになります。更新直後にSLA電圧をサンプリングすると、温度効果が結果に及ぼす影響は最小限で済みます。

PCB設計を適切に行うと、SLA電圧降下を緩和できます。この事態を予測して十分大きいPCBヒートシンクを採用するか、追加ヒートシンクを使用して熱をパッケージから放散すると、ダイ温度が低下し、SLA電圧の降下が緩和されます。

SLA電圧のサンプリング

Figure 20に、代表的なアプリケーション回路図を示します。

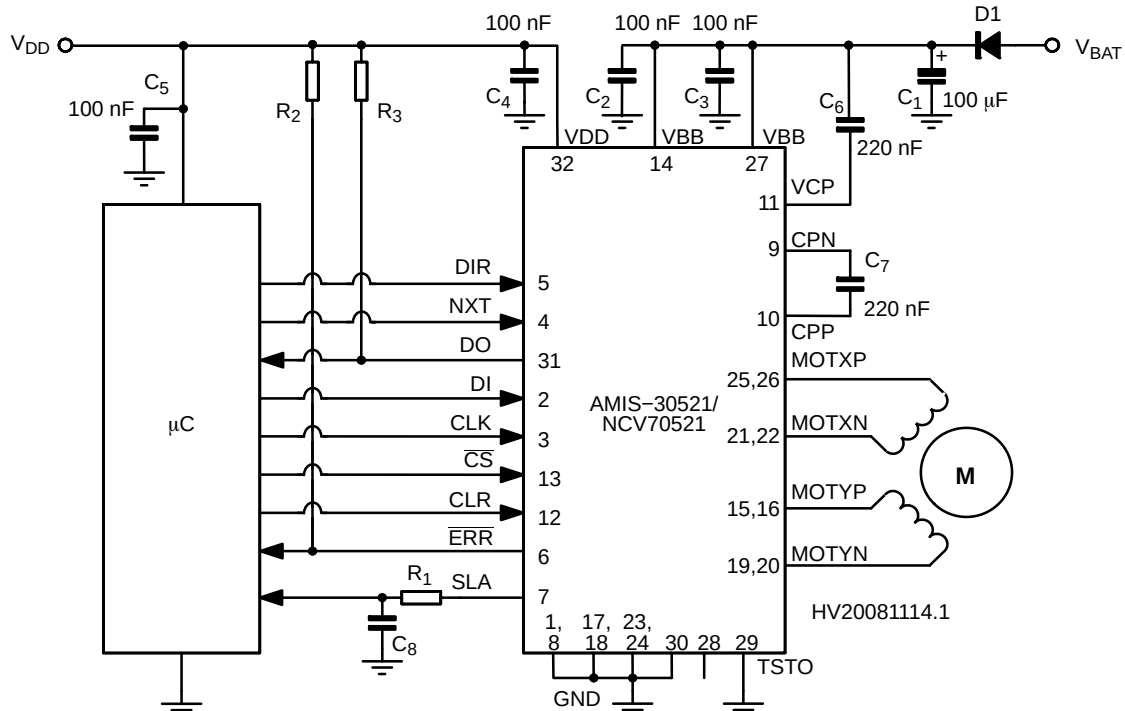


Figure 20. Typical Application Schematic

SLA電圧のサンプリングは、マイクロコントローラのADCで実行します。フル・ステップごとにBEMFを1回サンプリングできるので、高いサンプリング・レートを使用する必要はありません。ADCの分解能は、希望するSLA電圧測定精度によって異なります³。

「透過モード」で説明したように、SLA電圧が更新されるのは、コイル電流ゼロ・クロス終了後のみです(非透過モードの場合)。SLA電圧をサンプリングするときは、この点に留意してください。また、ローパス・フィルタ(R1とC8)によって、測定される信号に遅延が発生します。

透過モードではSLA電圧がPWM周波数と同じレートで更新されるので、コイル電流ゼロ・クロスの間

に、すでにBEMFの測定を終了している可能性があります。クランピング部分と過渡部分がどれだけ持続するかがわかっている場合(「最大動作速度」セクションで定義済み)、マイクロコントローラはこの更新部分の直後にSLA電圧をサンプリングできます。あるいは、状況をより簡潔にするために、マイクロコントローラは次のマイクロステップを指定した瞬間に、SLA電圧をサンプリングすることもできます。非透過モードの場合のように、追加の遅延⁴を導入する必要はありません(Figure 21を参照)。

透過モードでは、過渡動作はSLAピンに現れます。マイクロコントローラは単にこれを見捨てるだけです。

3. The coil voltage is sampled by a Sample-and-Hold circuit. There is no digital conversion done by AMIS-305xx.

4. If the stepper motor is operated close to the maximum operating speed it's advised to introduce a delay between the NXT pulse and sampling of the SLA voltage.

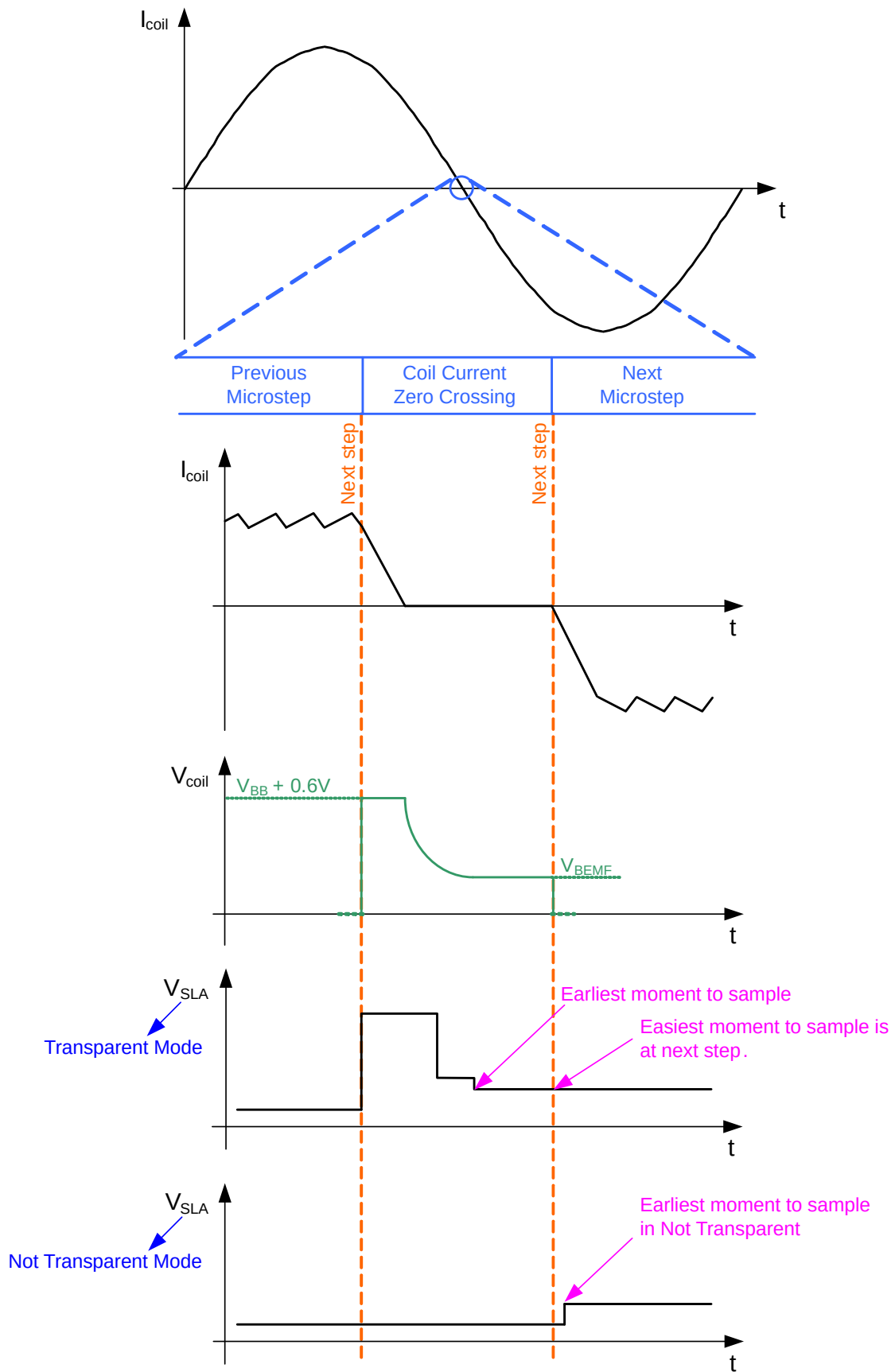


Figure 21. Difference Between Transparent and Not Transparent Mode

例

以下に、SLAピンの使用例をいくつか示します。これらの例で示すフローチャートは、マイクロコントローラのファームウェアの動作を表しています (Figure 20を参照)。本書に記載する例とフローチャートはすべて、説明を簡略化し、SLAピンの使用方法をより深く理解できるようにすることのみを目的としています。

モータの駆動

Figure 22に、ステッパ・モータを駆動する簡単な方法を示します。この例では、まだSLAピンを使用していません。このアプリケーションに電源が投入

されると、マイクロコントローラが初期化されます。この動作の後、コイル電流とステッピング・モードが設定されます。モータ・ドライバが有効になり、NXTパルスが送信されてモータが回転します。タイマは2個のNXTパルスの間隔を判定し、これによって回転速度が決まります。理論的には、ステッパ・モータは最大速度まで加速されるはずですが、本書では触れていません。ここでは、加速なしで始動できるだけの回転速度が低い速度と想定しています。また、回転速度は最大動作速度より遅くなければなりません(「最大回転速度」セクションを参照)。

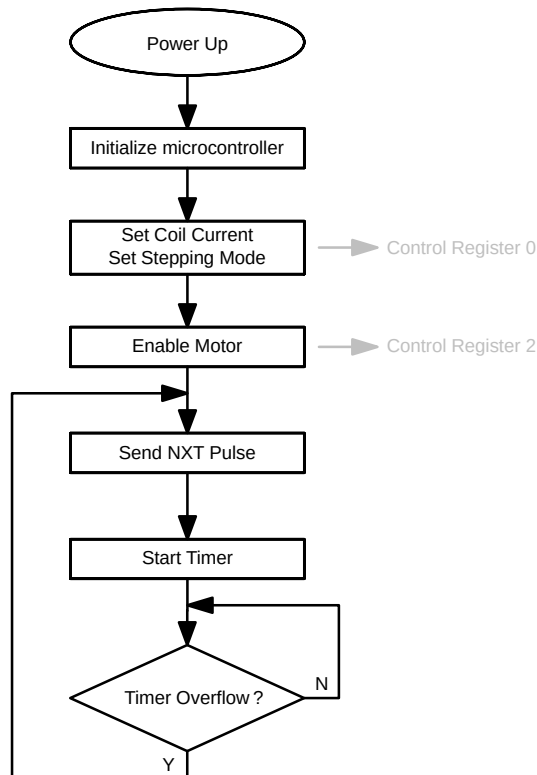


Figure 22. Simple Motor Control Example

上記のフローチャートは、ステッパ・モータを駆動する非常に簡単な例です。診断は実施されておらず、ステッパ・モータが回転しているかどうかの確認も行われていません。この例の意図は、最小オーバヘッドでモータを回転させることだけです。実際の用途でのステッパ・モータの駆動はこれより複雑になりますが、本書では説明していません。

SLAのサンプリング

Figure 23のフローチャートに、1/8マイクロステッピングでの動作時にSLA電圧をサンプリングする時期を示します。

NXTパルスを送信するたびに、コイル電流ゼロ・クロス・フェーズが終了したかどうかをマイクロコントローラがチェックします。終了していた場合、マイクロコントローラはSLA電圧が更新されると判断し、SLAピンのサンプリングを行います。SLAピンをサンプリングする前に、追加の遅延が付加されます(モータ・ドライバ内部での更新用遅延については、「透過モード」を参照)。

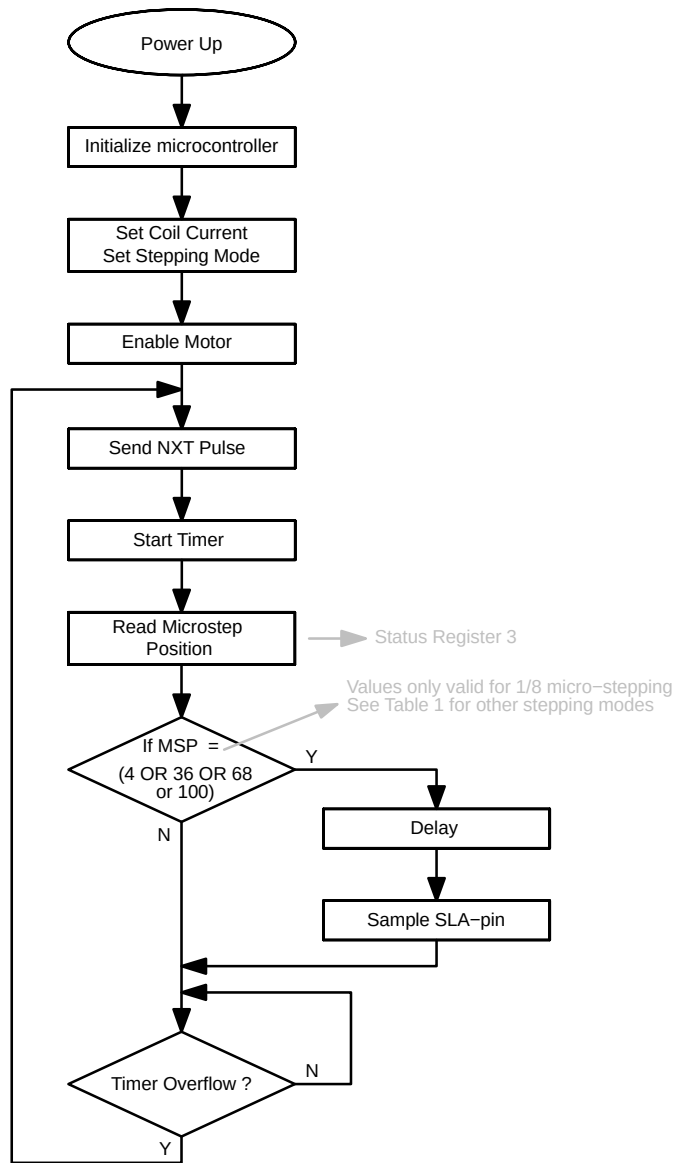


Figure 23. Sample SLA Voltage (1/8 Microstepping)

上記フローチャートの欠点は、マイクロステップ位置を読み出す必要があることです。この作業には時間がかかる(SPI通信)ので、最大動作速度が制限されます。必要な場合は、マイクロコントローラが独自の位置判定機能を実装して位置追跡を行うこともできます。そうすればSPI通信は不要になります。ただし、これについては本書の範囲外です。

透過モードをNot Transparent (非透過)とTransparent (透過)のどちらかに設定した場合は、上記フローチャートを使用できます。ただし、Transparent (透過)を使用する場合、SLAピンのサンプリング前の遅延を取り除くことができます。

Transparent (透過)モードを選択する場合、コイル電流ゼロ・クロス中に、SLAピンはすでにサンプリングされた可能性があります。これをFigure 24に示します。

コイル電流ゼロ・クロスに移行した時点で、SLAピンのサンプリングが実行されます。サンプリング前に、遅延が追加されます。この場合は、クランピング・フェーズと過渡フェーズが確実に終了し、実際のBEMFがサンプリングされるよう、この遅延が必要です(Figure 11とFigure 21も参照)。

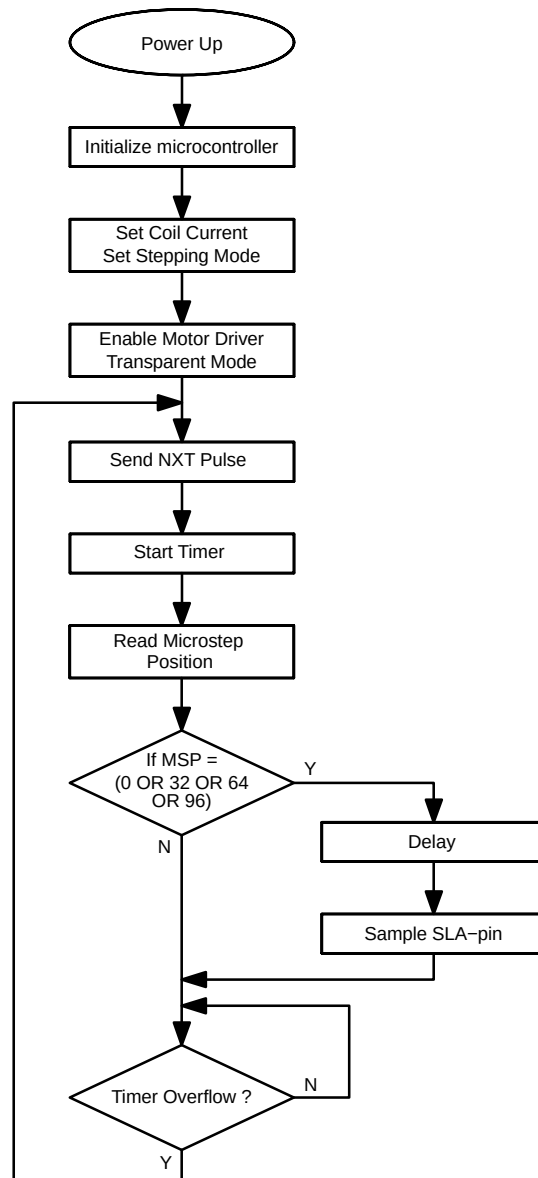


Figure 24. Sample SLA Voltage in Transparent Mode

ストールの検出

Figure 25のフローチャートに、ストール検出(Figure 24に基づく)の簡単な実装を示します。サンプリングされたSLA電圧が閾値と比較されます。サンプリングされたSLA電圧が閾値以下の場合には動作を停止します。閾値は、モータが自由回転しているときに、サンプリングされたSLA電圧が閾値より高くなるように設定する必要があります。モータが回転しなくなると、BEMFが低下しそれに応じてSLA電圧も低下するため、ストールを検出できます。回転が停止します。

Figure 25に示すフローチャートを実装しても、おそらく失敗すると考えられます。最初のコイル電流ゼロ・クロス時点でSLA電圧がすでにサンプリングされているためです。回転を開始する際に、BEMFで発振が観測され(回転子の加速)、SLA電圧でも同様の動作が観測されます。実際はストールが発生していないにもかかわらず、これらの発振がストール検出を誘発する可能性があります。最初のフル・ステップの間はストール検出をスキップするのが最良です。ただし、これは本書の範囲外です。

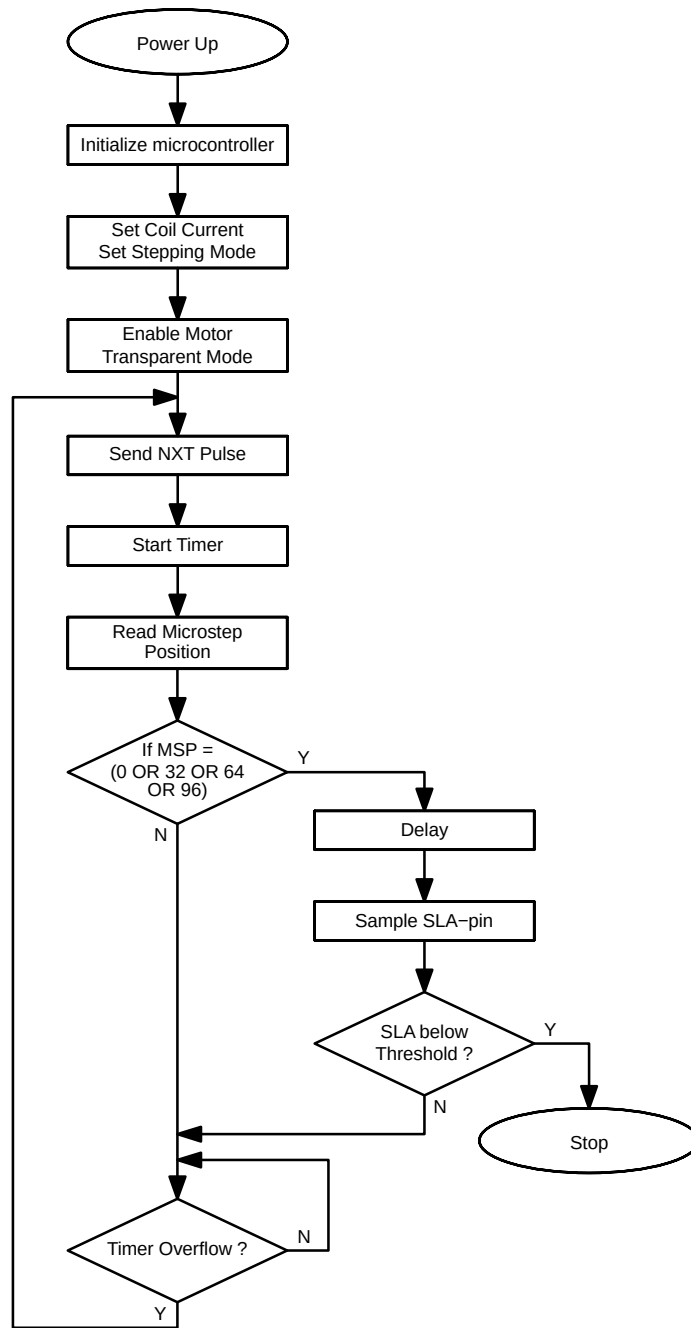


Figure 25. Simple Stall Detection

SLAチェック

Figure 25に示すフローチャートを使用すると、正しい方法でSLA電圧をサンプリングし、簡単なストール検出を実行できます。この状況で発生する可能性がある唯一の問題はオフセットです。何らかの理由でオフセットが作り出された場合は、どのマイクロステップもコイル電流ゼロ・クロスに重なりません。SLA電圧をサンプリングすることも、ストール検出を実施することもできません。

Figure 26に、この問題に対する簡単な解決方法を示します。オフセットが検出された場合は、動きが停止します。実用的なアプリケーションでは、マイクロコントローラが是正操作を実行するか、問題を報告することができます。これについては本書の範囲外です。

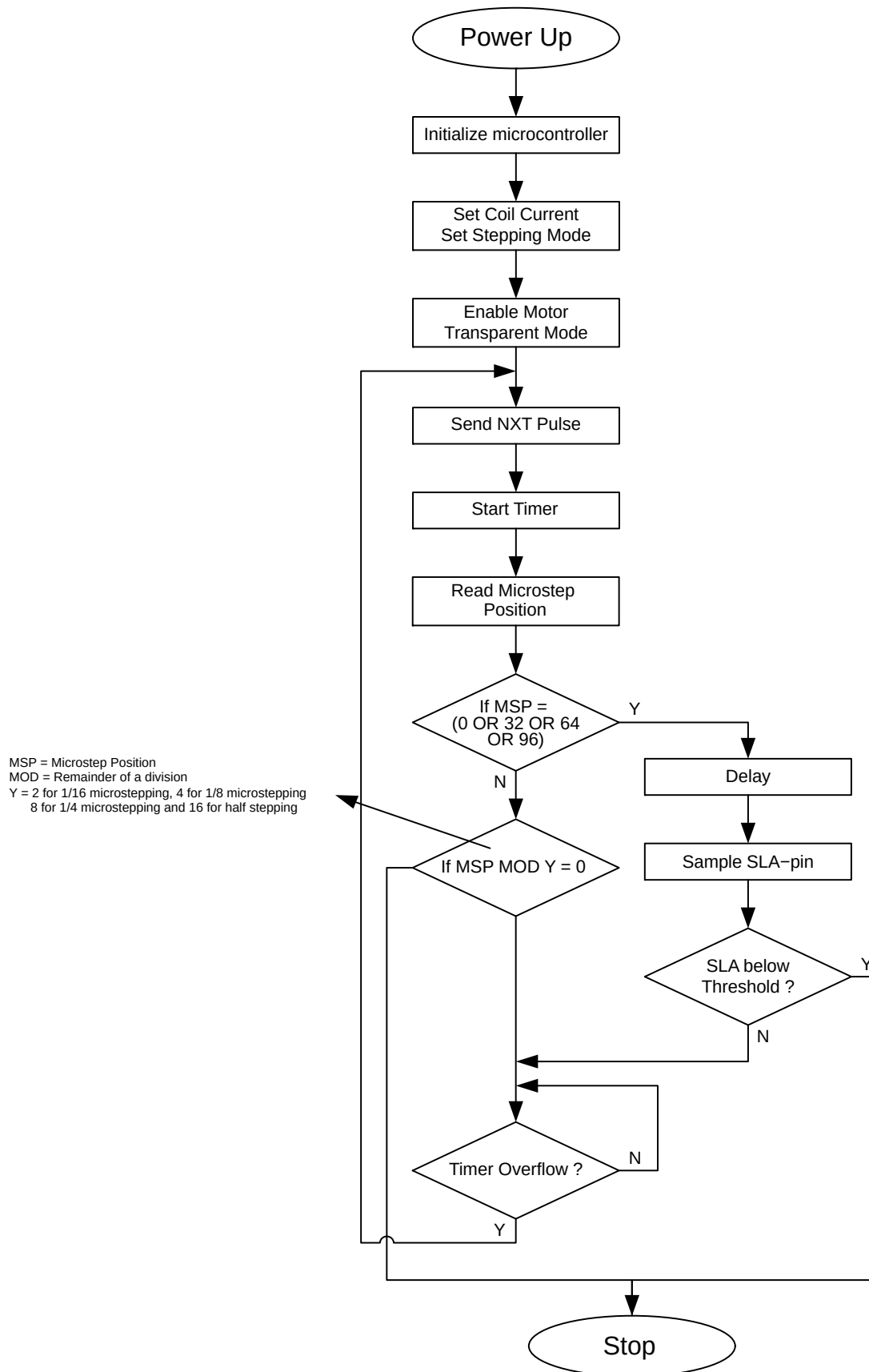


Figure 26. SLA Check

Figure 26で示した方法でSLAピンをサンプリングすると、正しい瞬間にサンプリングを実行し、実際のBEMFを確実に測定できます。オフセットやストール状態も検出されます。正しい瞬間にSLAピンをサンプリングすると、温度効果は除去されます(「高温」を参照)。

ADCを搭載していないマイクロコントローラ

上記フローチャートを実装するには、ADC搭載マイクロコントローラを使用する必要があります。状況によっては、このようなADCは利用できません。この状況でストール検出を可能にする簡単な方法は、コンパレータを使用することです。

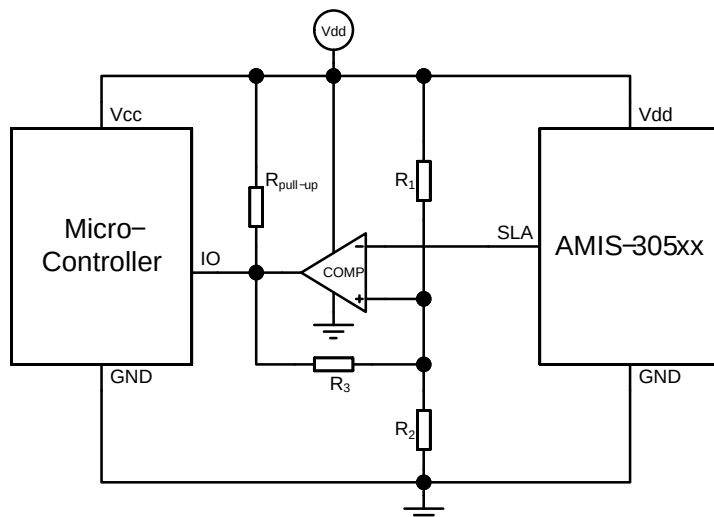


Figure 27. Stall Detection with Comparator

R1とR2で閾値レベルを設定します。R3でノイズに起因するトグルを回避するヒステリシスを追加します。マイクロコントローラはデジタルIOピンを監視することで、SLA電圧が閾値を超えているかそれ以下かをチェックできます。

ストール検出を実装する方法も同様です。Figure 26に示すフローチャートとの唯一の違いは、ADCを使用してSLA電圧をサンプリングする代わりに、IOピンのステータスをチェックして、SLA電圧が閾値レベルを超えているかそれ以下かを判定していることです。このデジタルIOのステータスがチェックされる瞬間は同じです。

可変閾値が必要な場合は、R1とR2をポテンショメータまたはマイクロコントローラで制御されるデジタル・ポテンショメータに置き換えることができます(デジタル・プログラマブル・ポテンショメータとコンパレータについては、www.onsemi.comを参照)。

R3は必須ではありませんが、SLAピンのノイズに起因するトグルを回避する目的で推奨されます。R3を使用しない場合は、SLAピンにローパス・フィルタを追加する必要があります(Figure 20も参照)。

デジタルIOを使用すると、マイクロコントローラのCPUから負荷を解放する利点も得られます。アナログ値のサンプリングには、ある程度時間がかかる場合があります。デジタル・ピンを監視するとCPUの負荷は小さくなります。

まとめ

AMIS-305xxのSLAピンを適切に使用しない場合、最高のストール、ステップロス、またはトルク適応アルゴリズムを実装しても実用になりません。いくつかの簡単なガイドラインに従うことにより、適切かつ信頼性の高い方法でSLAピンを使用することができます。

参考資料

[1] AMIS-305xx Data Sheet (www.onsemi.com)

会社情報と製品情報

オン・セミコンダクターの製品やサービスについての詳細は、<http://www.onsemi.com>にある当社のWebサイトにアクセスしてください。

ON Semiconductor及びON SemiconductorのロゴはON Semiconductorという商号を使うSemiconductor Components Industries, LLC 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における商標です。ON Semiconductorは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。ON Semiconductorの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。ON Semiconductorは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。ON Semiconductorは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害など一切の損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。お客様は、ON Semiconductorによって提供されたサポートやアプリケーション情報の如何にかかわらず、すべての法令、規制、安全性の要求あるいは標準の遵守を含む、ON Semiconductor製品を使用したお客様の製品とアプリケーションについて一切の責任を負うものとします。ON Semiconductorデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。ON Semiconductorは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。ON Semiconductor製品は、生命維持装置や、いかなるFDA (米国食品医薬品局)クラス3の医療機器、FDAが管轄しない地域において同一もしくは類似のものと分類される医療機器、あるいは、人体への移植を対象とした機器における重要部品などへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にON Semiconductor製品を購入または使用した場合、たとえ、ON Semiconductorがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、ON Semiconductorとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。ON Semiconductorは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative