

## ST25R3916B/17B/20B デバイスで EMVCo<sup>®</sup>および NFC フォーラム用にアクティブ波形補正(AWS)を使用する方法

### 概要

このアプリケーション・ノートは、ST25R3916B/17B/20B(以下、ST25R3916B ファミリ)デバイスのアクティブ波形補正(AWS)機能の使用方法を示すガイドです。機能の概要と、環境条件の変化に合わせて波形を調整するレジスタの使用方法を解説します。

本書の例や説明は、ST25R3916B デバイスに基づいていますが、手法やツールは同じファミリの他の製品にも適用できます。

## 1 説明

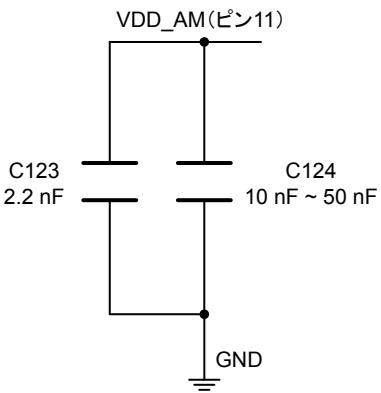
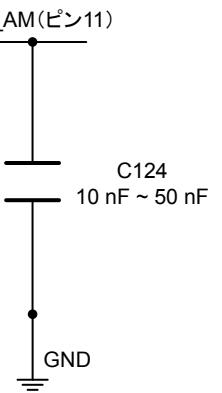
ST25R3916B は、ST25R3916 デバイスの改良製品であり、前バージョンの機能の大半が引き継がれています。このため、新しいアクティブ波形補正機能は、ST25R3916B デバイスの電源投入後、自動的には有効化されません。新しく導入された機能が許す範囲で、ST25R3916 の動作を変えないようにしています。ST25R3916 用の既存の手順やソフトウェアは、次のいくつかの注意点を踏まえたうえで再利用できます。

- 送信ドライバ・レジスタ 0x28h には特別な注意が必要です。詳細は、以下のとおりです。
  - ドライバの範囲をビット単位で示す d\_res が、以前の ST25R3916 の設定から拡張されており、いずれの設定も一致しません。
  - 同レジスタの変調指数の範囲も 0% ~ 82% に拡張されています。
- ST25R3916 で使用していた am\_mod の設定は、ST25R3916B では同じ変調指数になりません。
- IO コンフィギュレーション・レジスタ 2 の act\_amsink は、AWS を使用しない場合、1 にしか設定できず、VDD\_AM には 2.2  $\mu$ F のコンデンサが接続されます。

ST25R3916B 固有のアクティブ波形補正 (AWS) 機能を使用するには、補助変調設定でロジックを有効化するとともに、対応する AWS レジスタを設定する必要があります。さらに、10 nF ~ 50 nF の外付け VDD\_AM コンデンサも選択する必要があります。ST のデモ・ボードには通常 22 nF が実装されています。コンデンサの値は、負荷とドライバの電流消費で決まり、使用条件ごとに評価する必要があります。ただし、アプリケーションで大きな負荷/電流が予想される場合、VDD\_AM コンデンサの値は大きくなる傾向があります。

注 ST25R3916 の推奨事項とは異なり、AWS を使用する場合は、VDD\_AM ピンに 2.2  $\mu$ F のコンデンサは挿入しないでください。

表 1. ST25R3916 と ST25R3916B のピン出力の比較

ST25R3916 の非 AWS モードにおける ST25R3916B の VDD_AM コンデンサの要件	新しい波形補正機能を使用する場合 (rgs_am = 1) の ST25R3916B の VDD_AM コンデンサの要件
	

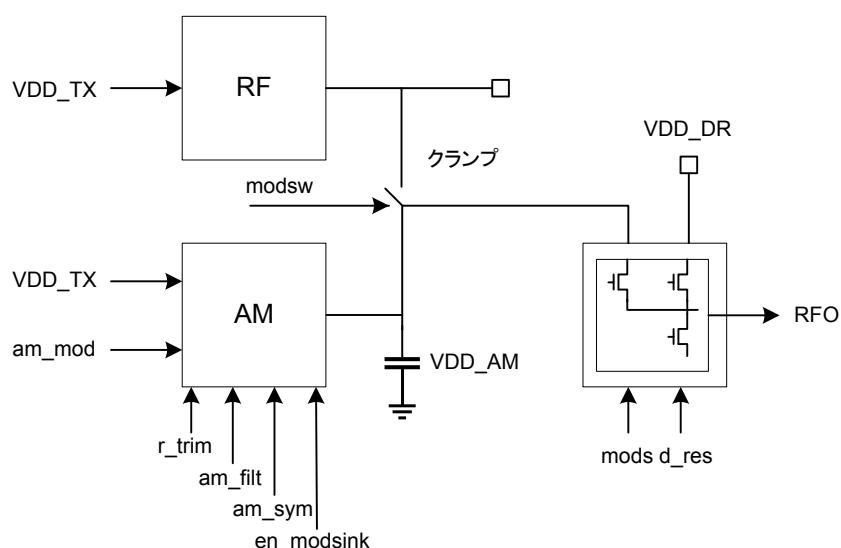
## 2

## AWS の仕組み

AWS 機能は、RF レギュレータおよび AM レギュレータから構成されます。RF ドライバ段への信号供給を「実行」するために必要なロジックとレジスタが含まれます。基本的な NFC 変調は、ハードスイッチングによる RF レベルのオン/オフか、RF レベルから AM レギュレータなどで供給される中間レベルに切り換えることで実現します。ハードスイッチングによる方法では、波形を能動的にモデル化することができません。したがって、システムの応答動作は、アンテナ整合ネットワーク、アンテナのパラメータ、その他アンテナ特性に影響を与える環境要因などの物理的な制約で決まります。

ST25R3916B ファミリーの AWS 用コア・レジスタは、おもに AM レギュレータ・ブロックに関係しており、am\_mod、am\_filt、am\_sym などのビットがあります。am\_filt は、AM リファレンス電圧の 1 次フィルタの時定数を設定します。この設定は、最終的に信号の遷移時間に作用します。つまり、am\_filt は RC 時定数の容量値を制御します。am\_filt の値が大きいほど、信号の遷移時間は長く、小さいほど短くなります。

図 1. AWS の仕組み



ドライバ・レベルでは、RF と AM レギュレータの間にクランプ機能が追加されています。実際に RF レベルへの切り換えが行われる前に、AM レベルを RF レベルに近づけることを目的としています。これは、前述の RF ドライバのハードスイッチングが持つ短所を補う機能です。クランプは、規定されたキャリア周期であるという観点から modsw ビットで制御されます。ドライバ段ブロックの mods ビットは、駆動する AM レベルと、VDD\_DR から発生する RF の最大レベルとの間の切り換えを制御します。mods ビットは、キャリア周期数で規定され、タイミングの観点からは modsw 切り換えの後に起動する必要があります。

AWS レジスタの名称の末尾が「1」のタイマ(tmodsw1 など)は、立ち下がリエッジで起動するタイマを表します。同様に、名称の末尾が「2」のタイマ(tmodsw2 など)は、立ち上がりエッジ(変調の終了時)に起動します。

OOK および ASK における低速、中速、高速の遷移を選択する代表的なプリセット値は、次の表に示す設定によって適用できます。

表 2. プリセット値

低速遷移	中速遷移	高速遷移
AWS コンフィギュレーション 2: am_filt<3:0> = 0xCh	AWS コンフィギュレーション 2: am_filt<3:0> = 0x8h	AWS コンフィギュレーション 2: am_filt<3:0> = 0x4h
AWS 時間 1 = 0x01h	AWS 時間 1 = 0x01h	AWS 時間 1 = 0x01h
AWS 時間 3 = 0x9Ch	AWS 時間 3 = 0x79h	AWS 時間 3 = 0x57h
AWS 時間 4 = 0x0Ah	AWS 時間 4 = 0x07h	AWS 時間 4 = 0x06h

表 2 には、特定の波形特性に対する代表的な設定を示しましたが、必要な波形の勾配を実現するには、さらに調整が必要です。表 3 に、最速および最遅の波形遷移を実現する、より詳細な設定を示します。

表 3. 波形遷移

am_filt	tmods2	tmodsw2	波形遷移時間
0	1	0	最速
1	2	1	-
2	3	2	-
3	4	3	-
4	5	4	-
5	6	5	-
6	7	6	-
7	8	7	中速
8	9	8	
9	10	9	-
10	11	10	-
11	12	11	-
12	13	12	-
13	14	13	-
14	15	14	-
15	15	15	最遅

これらの設定は、最終的なアンテナに合わせて個別の調整が必要になる場合があります。その詳細も本書で説明しています。

ST25R3916B の特定の AWS を有効化するには、以下のレジスタを設定する必要があります。

- レジスタ空間 B のレジスタ 0x28h(補助変調設定レジスタ)を 0x94h に設定
  - ビット dis\_reg\_am = 1
  - ビット lm\_dri = 1(パッシブ負荷変調の場合のみ必要)
- ビット rgs\_am = 1
  - レジスタ空間 B のレジスタ 0x2Eh(AWS コンフィギュレーション)を 0x08h に設定
  - ビット vddrf\_cont = 1

OOK(例: NFC-A)または ASK(例: NFC-B、NFC-F)変調のどちらを送信するかに応じて、異なるレジスタ設定を適用する必要があります。

OOK:

- 送信ドライバ・レジスタの am\_mod<0:3>を 0xFXh に設定します。変調時の VDD\_AM レベルが最低(変調指数 82%)に設定されます。
- AWS コンフィギュレーション 2 レジスタに 0x1Xh を書き込み、am\_sym をクリアし、en\_modsink をセットします。これによって、OOK を使用する場合に非対称の波形が有効になり、強いシンクが選択されます。

ASK:

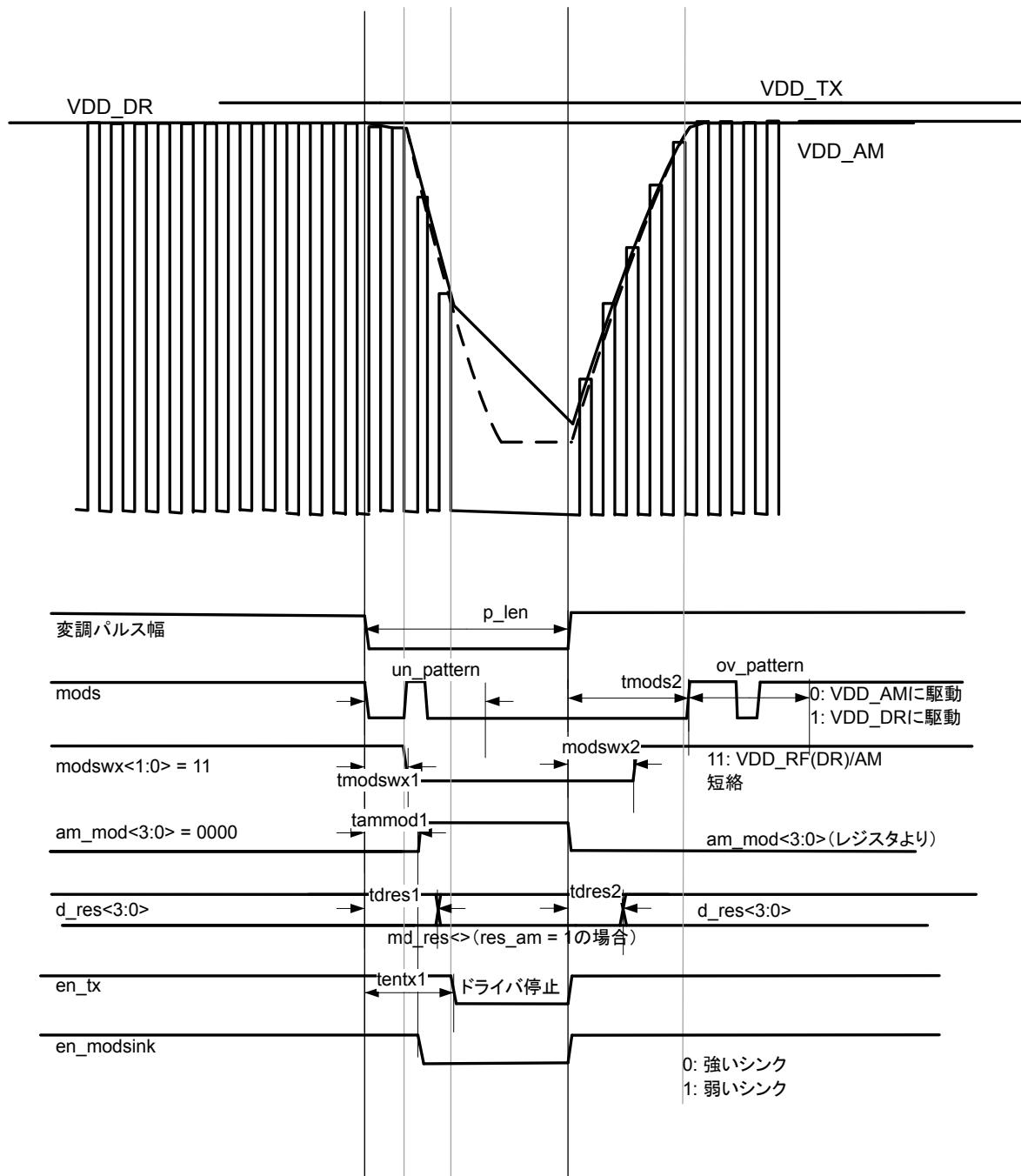
- 送信ドライバ・レジスタの am\_mod<0:3>を必要な変調指數に設定します。例えば、0x4Xh は~12%に相当します。
- AWS コンフィギュレーション 2 レジスタに 0x2Xh を書き込み、am\_sym をセットし、en\_modsink をクリアします。これによって、ASK を使用する場合に対称の波形が有効になり、弱いシンクが選択されます。

## 2.1

## OOK 使用時のタイミング関連の情報

次の図は、OOK 変調でアクティブ波形補正を行うときの、ビットとタイミングの関係を示したものです。

図 2. OOK 波形のビットとタイミングの関係



変調パルス幅は、レジスタ空間 A のアドレス 0x05h にある p\_len ビットを使用して、13.56 MHz クロックの周期数で定義します。RF 抽象化レイヤ(RFAL)に反映されるデフォルト値は、すべてのボー・レートおよびテクノロジーに十分適合しますが、当然、必要に応じて調整が可能です。波形成形の中心的な役割を果たす AWS 機能に加えて、アンダーシュートとオーバーシュートのビットを適用できます。アンダーシュート・パターンは最初の立ち下がりエッジ・パルスに適用されるのに対し、オーバーシュート・パターンの先行ビットつまり LSB は tmodsw2 タイミングの経過後から適用されます。オーバーシュート・パターンやアンダーシュート・パターンを使用する前に、まずは AWS レジスタで波形を調整することを推奨します。

tmods2 と tmmodsw2 は、それぞれドライバの RF への切り換えとクランプを閉じるタイミングを規定します。詳細は、セクション 2.1.1 OOK 波形の立ち上がりエッジ調整に関する説明で説明しています。

VDD\_AM の変調指数は am\_mod<3:0>で設定し、100%の OOK 変調を実現するには、適切な設定が必要です。信号は、am\_filt ビットで定義された特定のフィルタ曲線にしたがって、この VDD\_AM レベルに追従します。信号を適切に整形するには、am\_mod を最大値である 82%に設定する必要があります。

tdres<3:0>ビットは、AWS モードでは使用しません。これらのビットは、ドライバの抵抗を変化させることで変調の一時停止を実現する、代替手段として使用できます。ST25R3916B では、変調の一時停止を VDD\_AM レギュレータと tentx1 のタイミングで実現していたことを思い出してください。

AWS タイミング 3 レジスタの tentx1 ビットにより、ドライバによる電磁界放射を停止するタイミングを、fc 周期数で設定できます。106 kbit/s の NFC-A では、100% 変調が必要であることから、いずれかの時点でドライバは RF 電磁界の放射を停止、および開始する必要があります。これは、tentx1 の設定によって実現でき、設定しない場合、変調の一時停止の全期間にわたり VDD\_AM レベルが保持されます。tentx1 は、立ち下がりエッジの形状を調整するためにも使用できます。もう一方の側の RF 電磁界の開始は、自動的に行われます。

ST25R3916B デバイスは、一定量の電流は内部でシンクできます。この電流シンクを、充電された VDD\_AM デカップリング・コンデンサから引き抜く電力を増加させ立ち下がり時間を短縮する目的で使用します。対応するビットの名前は en\_modsink です。en\_modsink を 1 または 0 に設定することで、使用する変調特性に応じてデバイスのシンク機能を「強」または「弱」に設定できます。NFC-A の 100% 変調の場合、変調の一時停止中に VDD\_AM をすばやく放電する必要があります。そうした効果を得るために、このモードでは強いシンクを使用します(図 2 参照)。NFC-B 変調では、変調が一時停止しないため en\_modsink は 0 のままにして、変調中は弱いシンクを有効にします。

## 2.1.1

### OOK 波形の立ち上がりエッジ調整に関する説明

アンテナ波形の特性を評価する場合、過渡現象については、いわゆる中程度のプリセット設定から着手することを推奨します。これらの設定を表 1 に示します。いずれも、すべてのテクノロジーおよびボーラートに適用できます。中程度のプリセットとは、AWS フィルタ設定や切り換えの設定で、搭載されている調整可能な刻みの中央に相当する値を選択することを意味します。まず NFC-A の 106 kbit/s の立ち上がりリスロープを例に、AWS レジスタ、およびビットの使用方法と相互作用について説明します。立ち上がりエッジの重要な設定は、レジスタの am\_filt, tmods2, tmmodsw2 で行います。各ビットの波形への効果をわかりやすく示すために、下図では、これら 3 つのビットを中程度のプリセットから若干調整しています。

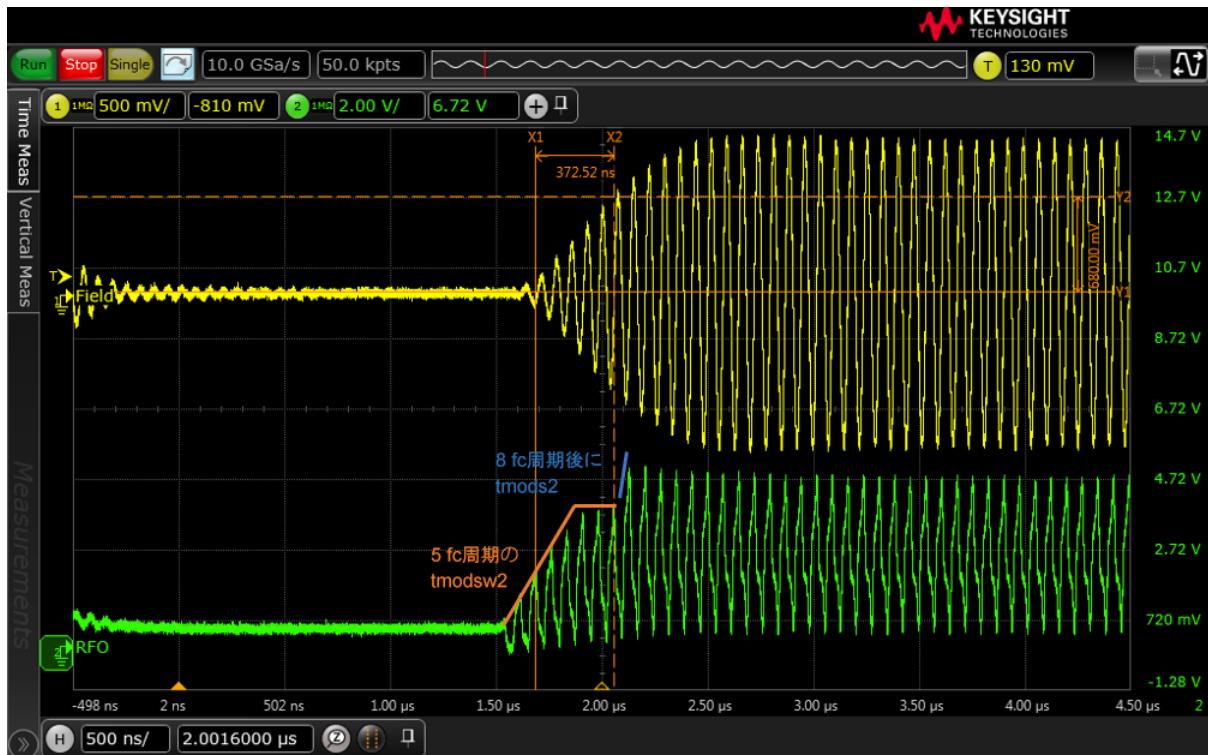
図 3. 中程度のプリセットから若干変更した設定

Transmit AM (tr_am)	OOK	▼ R:0x0003 M:0x04 V:0x00
AM Modulation Index (am_mod)	82%	▼ R:0x0028 M:0xf0 V:0xf0
AWS shaping symmetry (am_sym)	Nonsymmetrical shape (for OOK)	▼ R:0x006f M:0x20 V:0x00
AWS enable strong sink (en_modsink)	Strong sink	▼ R:0x006f M:0x10 V:0x10
AWS filter speed (am_filt)	0x09	▼ R:0x006f M:0x0f V:0x09
AWS hard switch at rising edge (tmods2)	8 fc periods	▼ R:0x0076 M:0x0f V:0x08
AWS soft switch at rising edge (tmmodsw2)	5 fc periods	▼ R:0x0077 M:0x0f V:0x05

この設定で得られる図 4 の波形は、リーダのアンテナ近傍に HLZ(高線形負荷)の EMVCo 基準 PICC 2 を置いて測定したもので、黄色のチャネル 1(ラベル名「Field」)には、基準 PICC のピックアップ・コイルで測定された、緩やかに増加する波形が示されています。緑色のチャネル 2 は、対応する信号を RFO の一つで直接測定した結果です。波形を調整する際、RFO の測定は必須ではありませんが、測定することで各ビットの効果を直接確認できます。

- はじめに、am\_filt を中間の値である 09h に設定した AM レギュレータにより、5 キャリア周期かけてランプアップして変調を開始します。
- その後、AM と RF 間のクランプが閉じて、規定された RF 値へと変調がランプアップするまで、この AM レベルをさらに 3 キャリア周期だけ保持します。
- 5 ~ 60% で測定した信号の立ち上がり時間は約 372 ns です。

図 4. アンテナで測定された RF 電磁界と RFO 信号



適切な波形が得られ、オーバーシュートも一切発生していないように見えます。特段の調整は必要ありません。しかし、信号の立ち上がり時間(立ち上がり時間)を短縮するために、3つのビットを調整することは可能です。セクション 2 で述べたように、RC 時定数を変更して信号の遷移を高速化するには、am\_filt の設定を小さくする必要があります。経験則として、am\_filt、tmods2、tmodsw2 の3つのビットの値は、互いに密接に連動させる必要があります。したがって、am\_filt を 04 に設定した場合は、tmods2 と tmodsw2 もこの値近辺に設定します。

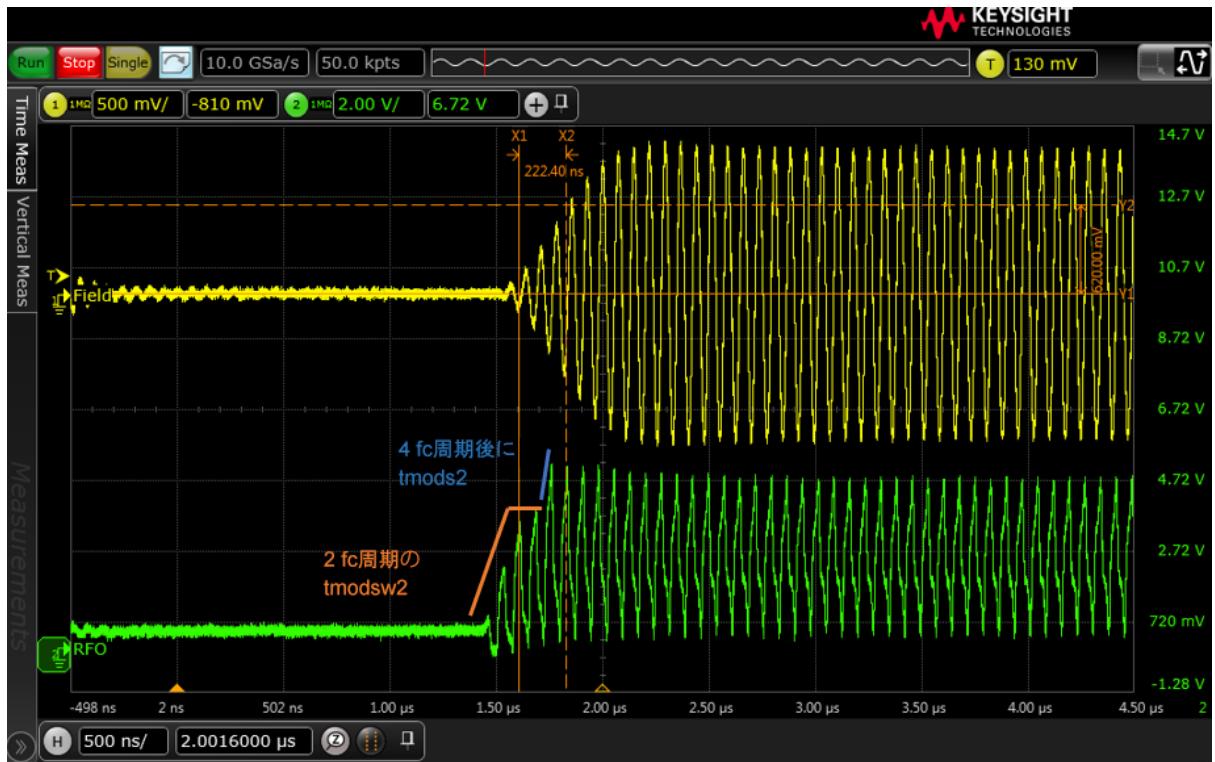
図 5 に、信号の立ち上がり時間を短縮するための am\_filt、tmods2、tmodsw2 の調整方法を示します。

図 5. 信号立ち上がり時間を改善する設定

Transmit AM (tr_am)	OOK	R:0x0003 M:0x04 V:0x00
AM Modulation Index (am_mod)	82%	R:0x0028 M:0xf0 V:0xf0
AWS shaping symmetry (am_sym)	Nonsymmetrical shape (for OOK)	R:0x006f M:0x20 V:0x00
AWS enable strong sink (en_modsink)	Strong sink	R:0x006f M:0x10 V:0x10
AWS filter speed (am_filt)	0x04	R:0x006f M:0x0f V:0x04
AWS hard switch at rising edge (tmods2)	4 fc periods	R:0x0076 M:0x0f V:0x04
AWS soft switch at rising edge (tmodsw2)	2 fc periods	R:0x0077 M:0x0f V:0x02

図 5 の設定による波形(図 6)を見ると、波形全体の美しさを損なわずに、立ち上がり時間が 372 ns から 222 ns に短縮されているのがわかります。RFO 信号(チャネル 2)にはフィルタの設定が反映されています。AM リファレンス電圧によって 2 キャリア周期かけて変調がランプアップし、今回も AM と RF 間のクランプが閉じ、規定された RF 変調レベルに達するまで、さらに 2 周期そのレベルを保持しています。

図 6. フィルタの速度設定を短くした場合の RF 電磁界と RFO 信号



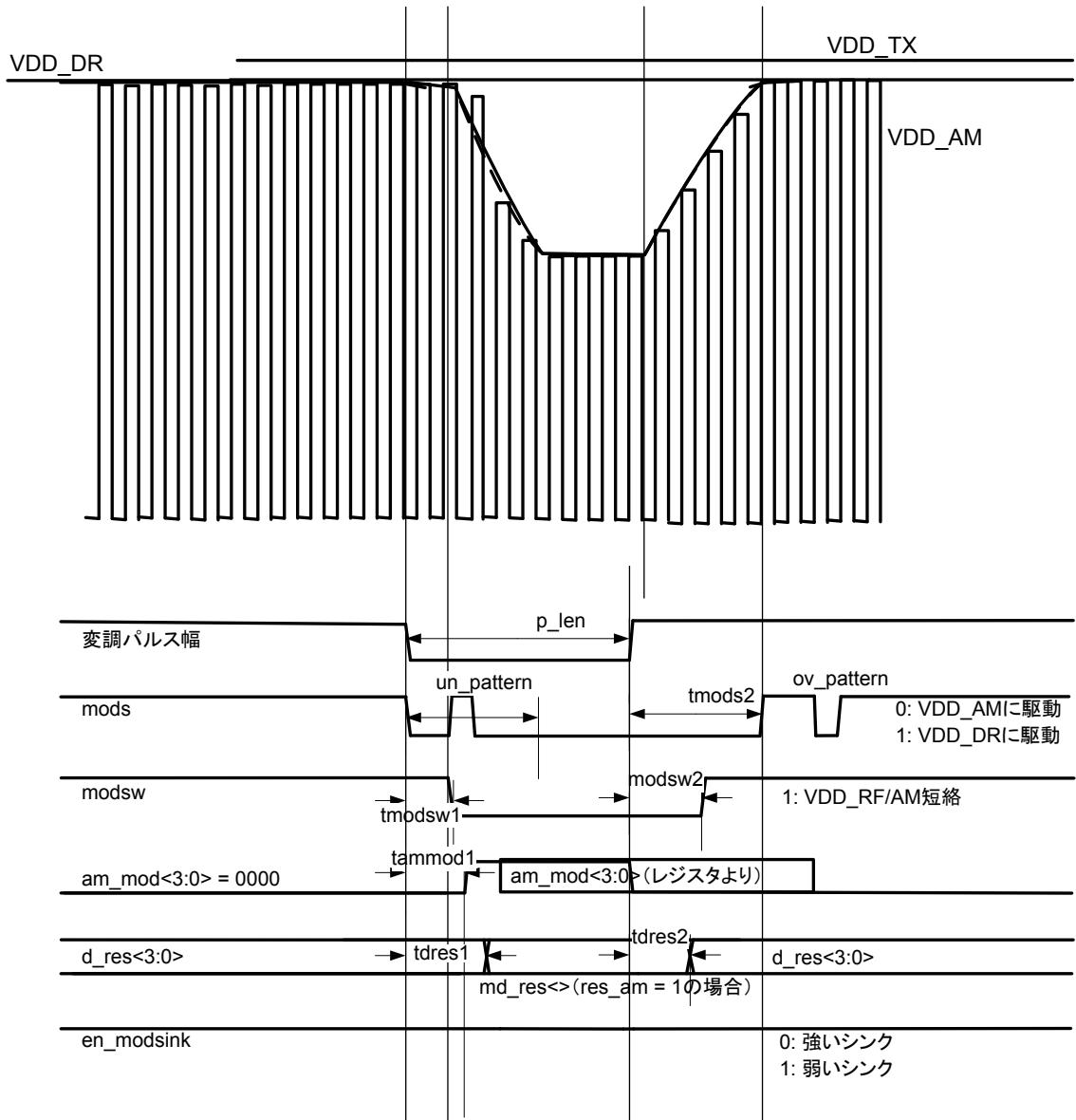
信号の立ち上がり時間を伸ばすには、am\_filt, tmods2, tmodsw2 に大きな値を設定しますが、ここでは説明しません。

## 2.2

## ASK 使用時のタイミング関連の情報

次のグラフは、ASK 変調でアクティブ波形補正を行うときの、ビットとタイミングの関係を示したものです。

図 7. ASK 波形のビットとタイミングの関係



ASK 変調におけるビットとタイミングの関係は、en\_modsink ビットの扱いを除いて、OOK 変調と同じです。図 7. ASK 波形のビットとタイミングの関係に示すとおり、NFC-B 変調中にドライバは停止しませんが、VDD\_AM のレベルは変調の一時停止中も全期間にわたり維持されます。さらに、変調率を 100% にする必要はないため、変調中に多くのエネルギーをシンクする必要はありません。したがって、en\_modsink ビットは、常に 0 のままで構いません。

## 2.2.1

## ASK 波形の立ち上がりエッジ調整に関する説明

たとえば、NFC-B 波形特性は、NFC-A の場合と極めて類似した方法で調整できます。ただし、変調の全期間にわたり、ビット tentx1 を有効にして、en\_modsink を 0 に設定します。これは、ASK 変調では駆動電磁界を完全には停止しないためです。そのため、内部シンクは「弱」に設定できます。適切な変調特性を得るためのエネルギー量はアンテナ・タンクから容易に引き出せるからです。

ASK 変調では立ち下がりと立ち上がりで対称なスロープが適切に維持されるように、am\_sym ビットを対称波形に設定する必要があります。

図 8 に、DUT の直上に基準 PICC と、もう一つリーダ・デバイスを配置することで、アンテナを「人為的」に「強く」デチューンさせたときの様子を示します。レジスタとフィルタのアナログ設定には、図 9. フィルタ設定に示した値を使用しました。得られた波形を見ると、タイプ B 変調でオーバーシュートとアンダーシュートが発生しており、これは NFC フォーラムや EMVCo レベルの一般的な規格準拠試験にとって、当然のことながら望ましくない結果です。図 8 に黄色で示したチャネル 1 はアンテナにおける RF 電磁界、緑色で示したチャネル 2 は RFO ピンでの測定値を示しています。

図 8. オーバーシュートとアンダーシュートが発生した NFC-B 変調



図 9. フィルタ設定

Transmit AM (tr_am)	AM	▼	R:0x0003 M:0x04 V:0x04
AM Modulation Index (am_mod)	11%	▼	R:0x0028 M:0xf0 V:0x30
AWS shaping symmetry (am_sym)	Symmetrical shape (for ASK)	▼	R:0x006f M:0x20 V:0x20
AWS enable strong sink (en_modsink)	Weak sink	▼	R:0x006f M:0x10 V:0x00
AWS filter speed (am_filt)	0x04	▼	R:0x006f M:0x0f V:0x04
AWS hard switch at rising edge (tmods2)	5 fc periods	▼	R:0x0076 M:0x0f V:0x05
AWS soft switch at rising edge (tmodsw2)	2 fc periods	▼	R:0x0077 M:0x0f V:0x02
User Defined	0074	0f	R:0x0074 M:0x0f V:0x0f
User Defined	0071	ff	R:0x0071 M:0xff V:0x00

図 8. オーバーシュートとアンダーシュートが発生した NFC-B 変調で観測されたアンダーシュートとオーバーシュートの不具合を解消するために、次の点を考慮する必要があります。図 9. フィルタ設定による am\_filt、tmods2、tmods2 の設定値は小さく、ステップ応答が高速であることを意味しますが、これには既知の欠点があります。したがって、フィルタ曲線を長くした方が、過渡現象が緩和され、立ち上がりエッジが遅くなるだけでなく、アンダーシュートやオーバーシュートに対する制御も容易になります。このため、am\_filt の値を 0x0C、tmods2 を 10 fc 周期、tmodsw2 を 5 fc 周期に調整することで、AM レギュレータから RF レギュレータへの遷移時間を長くします。さらに、値 09 によりオーバーシュート・パターンを適用し、立ち上がりエッジをさらに滑らかにしました。得られた波形および RFO 信号を下図に示します。

図 10. 設定によって調整された波形



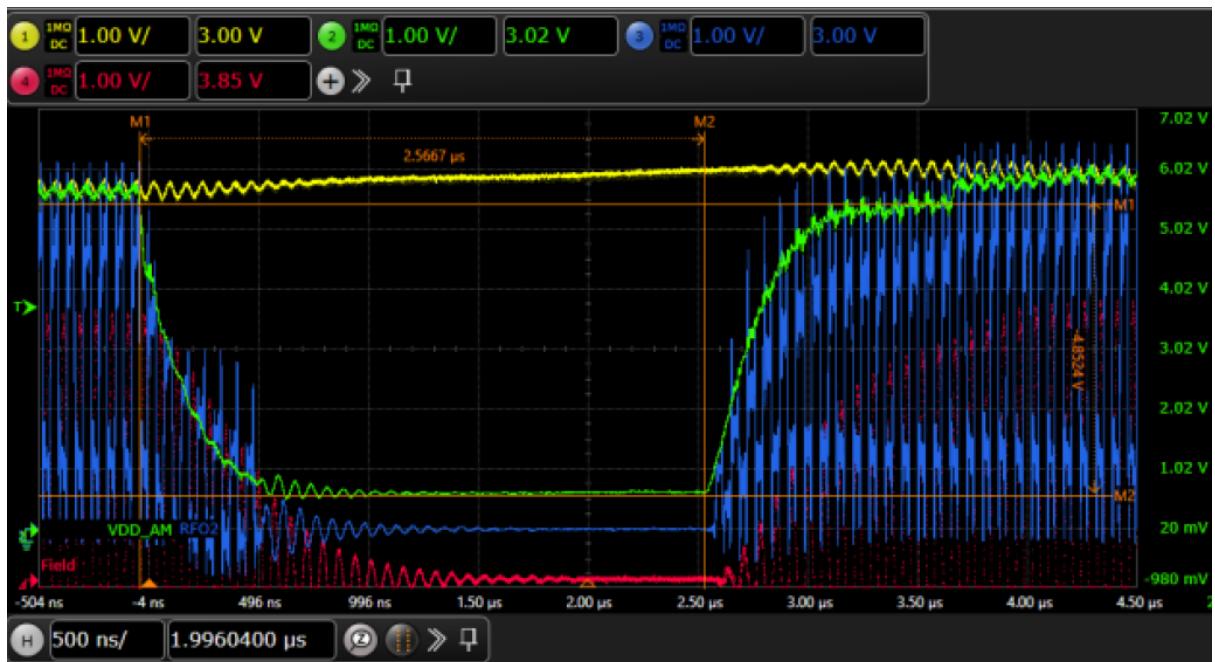
図 11. 設定

Transmit AM (tr_am)	AM	R:0x0003 M:0x04 V:0x04
AM Modulation Index (am_mod)	11%	R:0x0028 M:0xf0 V:0x30
AWS shaping symmetry (am_sym)	Symmetrical shape (for ASK)	R:0x006f M:0x20 V:0x20
AWS enable strong sink (en_modsink)	Weak sink	R:0x006f M:0x10 V:0x00
AWS filter speed (am_filt)	0x0C	R:0x006f M:0x0f V:0x0c
AWS hard switch at rising edge (tmods2)	10 fc periods	R:0x0076 M:0x0f V:0xa
AWS soft switch at rising edge (tmodsw2)	5 fc periods	R:0x0077 M:0x0f V:0x05
User Defined	0074 0f 0f	R:0x0074 M:0x0f V:0x0f
User Defined	0071 ff 09	R:0x0071 M:0xff V:0x09

### AWS コンフィギュレーション・レジスタ 1 - vddrf\_rx\_only ビット

vddrf\_rx\_only を 1 に設定できるのは、内部 LDO をバイパスする場合のみです。バイパスするには、VDD\_RF/VDD\_DR を VDD/VDD\_TX に接続します。OOK と ASK 変調で変調の一時停止期間が終了する各時点で、ドライバは VDD\_AM から元の VDD\_RF に切り換えられます。この切り換えでも過渡現象が発生し、アンテナの LC タンクに大きな負荷が存在する場合、その影響も大きくなります。

図 12. 変調一時停止期間の終了における過渡現象



vddrf\_rx\_only を 1 に設定すると、この影響が受信期間まで長引く可能性があります。ドライバは、受信期間の直前まで VDD\_AM レベルに維持されます。そのため、この新たな過渡現象は受信の直前に発生しますが、変調信号が立ち上がる間に除去されていた可能性があります。同じ原理は、NFC-B 変調にも当てはまります。

図 13. vddrf\_rx\_only を 1 に設定



### 3 まとめ

このアプリケーション・ノートでは、各アプリケーションに対応した各種 AWS レジスタおよびビットを設定するための初步的な指針について示しました。AWS の設定については、まずプリセット値を使用し、その後、段階的に設定を改善していくことを推奨します。波形調整の原理は OOK と ASK で変わりませんが、内部シンク、信号の対称性、変調指数には異なる設定が必要であり、いずれも重要です。アクティブ波形補正機能にも、信号応答に関する一般的な回路理論は適用されます。つまり、遷移の勾配を急峻にすれば、規格の特定の要件は満たせるかも知れませんが、ある程度のオーバーシュートが発生する可能性も高くなります。適切な信号応答と結果が得られるように、整合回路部品と AWS 設定の間に適切なトレードオフが維持されていることを常に確認してください。

## 改訂履歴

表 4. 文書改版履歴

日付	版	変更内容
2022 年 5 月 19 日	1	初版発行
2022 年 8 月 02 日	2	更新: • セクション 2 AWS の仕組み

## 目次

1	説明 .....	2
2	AWS の仕組み .....	3
2.1	OOK 使用時のタイミング関連の情報 .....	5
2.1.1	OOK 波形の立ち上がりエッジ調整に関する説明 .....	6
2.2	ASK 使用時のタイミング関連の情報 .....	9
2.2.1	ASK 波形の立ち上がりエッジ調整に関する説明 .....	9
3	まとめ .....	13
	改訂履歴 .....	14
	表一覧 .....	16
	図一覧 .....	17

## 表一覧

表 1.	ST25R3916 と ST25R3916B のピン出力の比較 . . . . .	2
表 2.	プリセット値 . . . . .	3
表 3.	波形遷移 . . . . .	4
表 4.	文書改版履歴 . . . . .	14

## 図一覧

図 1.	AWS の仕組み	3
図 2.	OOK 波形のビットとタイミングの関係	5
図 3.	中程度のプリセットから若干変更した設定	6
図 4.	アンテナで測定された RF 電磁界と RFO 信号	7
図 5.	信号立ち上がり時間を改善する設定	7
図 6.	フィルタの速度設定を短くした場合の RF 電磁界と RFO 信号	8
図 7.	ASK 波形のビットとタイミングの関係	9
図 8.	オーバーシュートとアンダーシュートが発生した NFC-B 変調	10
図 9.	フィルタ設定	10
図 10.	設定によって調整された波形	11
図 11.	設定	11
図 12.	変調一時停止期間の終了時における過渡現象	12
図 13.	vddrf_rx_only を 1 に設定	12

**重要なお知らせ(よくお読み下さい)**

STMicroelectronics NV およびその子会社(以下、ST)は、ST 製品および本書の内容をいつでも予告なく変更、修正、改善、改定および改良する権利を留保します。購入される方は、発注前に ST 製品に関する最新の関連情報を必ず入手してください。ST 製品は、注文請求書発行時点で有効な ST の販売条件に従って販売されます。

ST 製品の選択並びに使用については購入される方が全ての責任を負うものとします。購入される方の製品上の操作や設計に関して ST は一切の責任を負いません。明示又は默示を問わず、ST は本書においていかなる知的財産権の実施権も許諾致しません。

本書で説明されている情報とは異なる条件で ST 製品が再販された場合、その製品について ST が与えたいかなる保証も無効となります。

ST および ST ロゴは STMicroelectronics の商標です。ST の登録商標については ST ウェブサイトをご覧ください。[www.st.com/trademarks](http://www.st.com/trademarks)

その他の製品またはサービスの名称は、それぞれの所有者に帰属します。

本書の情報は本書の以前のバージョンで提供された全ての情報に優先し、これに代わるものです。

この資料は、STMicroelectronics NV 並びにその子会社(以下 ST)が英文で記述した資料(以下、「正規英語版資料」)を、皆様のご理解の一助として頂くために ST マイクロエレクトロニクス株が英文から和文へ翻訳して作成したものです。この資料は現行の正規英語版資料の近時の更新に対応していない場合があります。この資料は、あくまでも正規英語版資料をご理解頂くための補助的参考資料のみにご利用下さい。この資料で説明される製品のご検討及びご採用にあたりましては、必ず最新の正規英語版資料を事前にご確認下さい。ST 及び ST マイクロエレクトロニクス株は、現行の正規英語版資料の更新により製品に関する最新の情報を提供しているにも関わらず、当該英語版資料に対応した更新がなされていないこの資料の情報に基づいて発生した問題や障害などにつきましては如何なる責任も負いません。

© 2022 STMicroelectronics – All rights reserved