

# 低待機電力対応 擬似共振制御IC

## FA5640N / 41N / 42N / 43N / 44N / 48N

### Datasheet

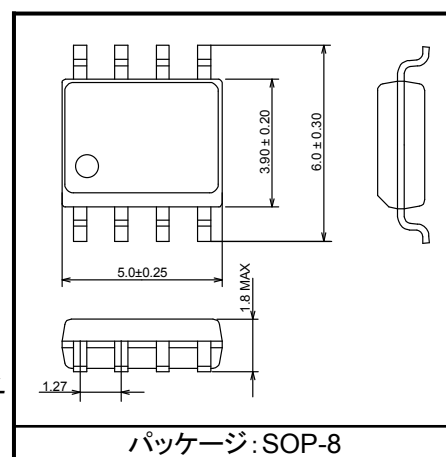
#### 1. 概要

FA5640シリーズは、低待機電力に優れた擬似共振型スイッチング電源制御ICです。

8ピンの小型パッケージにもかかわらず豊富な機能を集積し、外付け部品点数が少なくなるため、省スペースでコストパフォーマンスの高い電源が構成出来ます。

#### 2. 特長

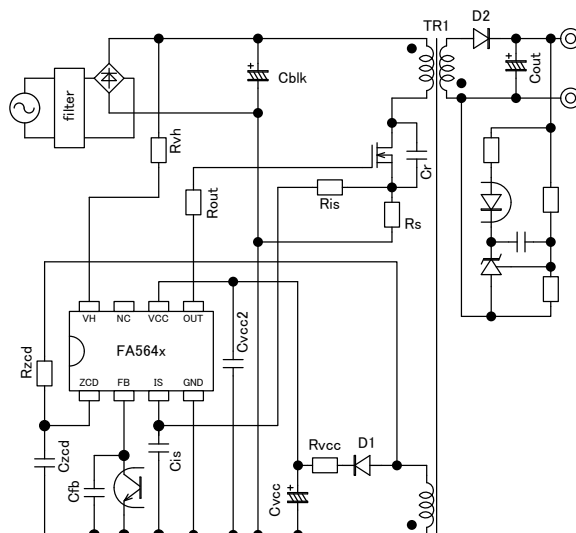
- ・ 擬似共振型スイッチング電源
- ・ 低待機電力に優れた電源
- ・ 起動回路の内蔵により、低消費電力化を実現
- ・ 低消費電流、動作時:0.85mA
- ・ オンオフ幅検出によるボトムスキップ数コントロール
- ・ 軽負荷時バースト動作機能
- ・ パワーMOSFETを直結可能なドライブ回路を内蔵、  
出力電流:0.5A(シンク)/0.25A(ソース)
- ・ 過負荷保護機能内蔵(自動復帰、タイマラッチ)
- ・ 2次側過電圧検出によるラッチ保護機能内蔵
- ・ 入力電圧補正機能を内蔵。  
IS端子の最大入力スレッショールド電圧とパルス停止FB電圧を切り替え
- ・ 低電圧誤動作防止回路を内蔵。  
ONスレッショールド電圧は14Vと10Vのラインアップあり
- ・ パッケージ : SOP-8



#### 型式別機能一覧

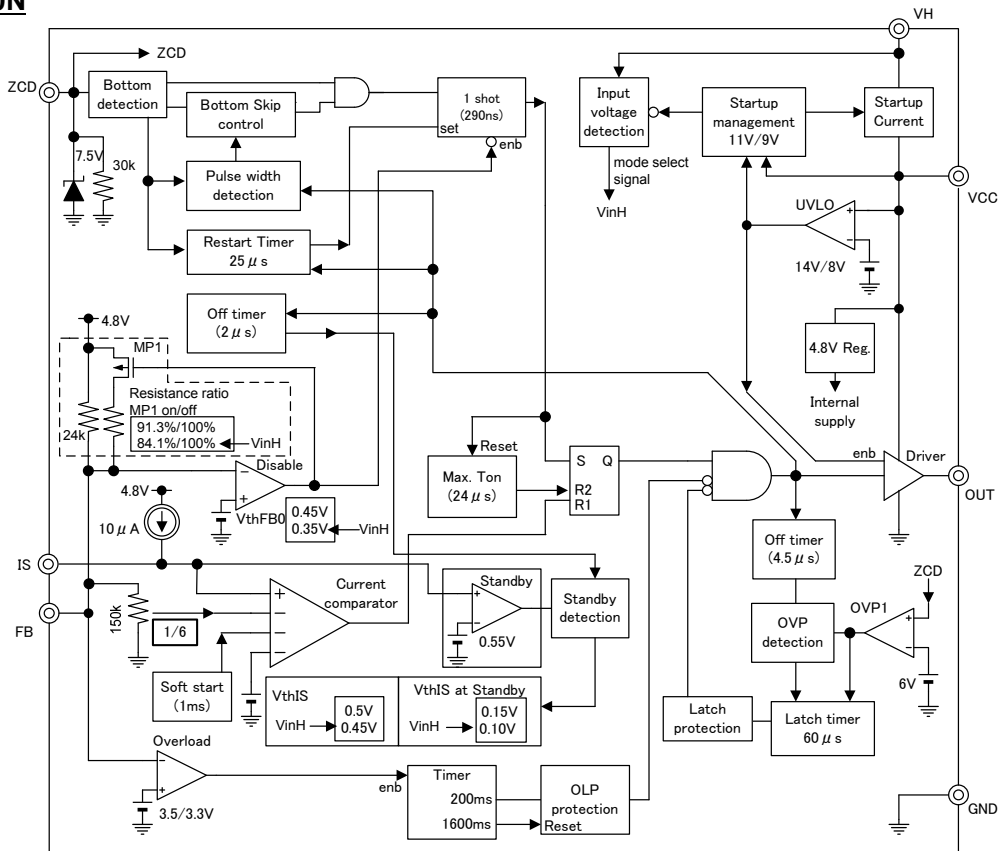
| 型式      | 過負荷保護  | ONスレッショールド電圧 | 入力電圧補正機能 | 最小発振周波数制限機能  | リスタートパルス遅延時間  | IS端子ラッチ機能 | 外部信号検出による過負荷保護レベル切替 | 1stトムONから2ndトムON状態に切替る目安周波数 |
|---------|--------|--------------|----------|--------------|---------------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| FA5640N | 自動復帰   | 14V          | 有り       | 無し           | 25us          | 無し        | 有り                  | 110kHz                      |
| FA5641N | 自動復帰   | 14V          | 有り       | <b>25kHz</b> | <b>7.6us</b>  | 無し        | 有り                  | 110kHz                      |
| FA5642N | 自動復帰   | <b>10V</b>   | 無し       | 無し           | 25us          | 無し        | 有り                  | 110kHz                      |
| FA5643N | 自動復帰   | 14V          | 有り       | <b>25kHz</b> | 25us          | 有り        | 無し                  | 110kHz                      |
| FA5644N | タイマラッチ | 14V          | 有り       | 無し           | 25us          | 無し        | 有り                  | 110kHz                      |
| FA5648N | 自動復帰   | 14V          | 有り       | 無し           | <b>12.5us</b> | 無し        | 無し                  | <b>260kHz(高速化)</b>          |

#### 3. 回路図

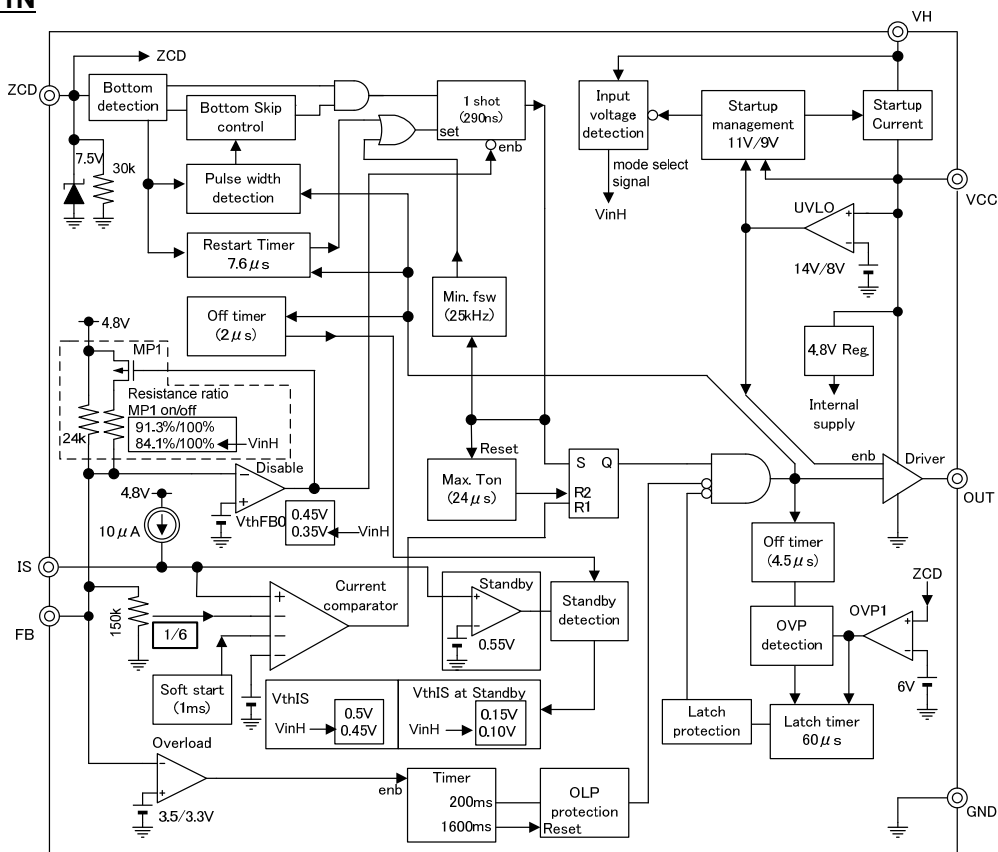


#### 4. ブロック図

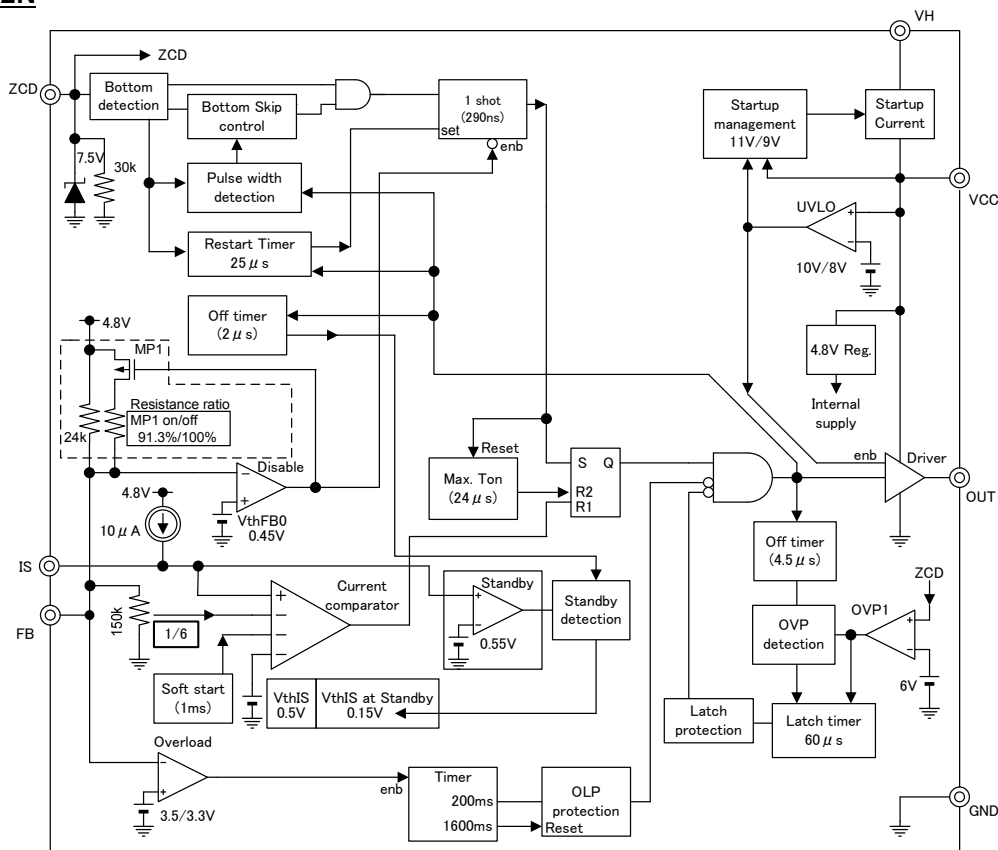
# FA5640N



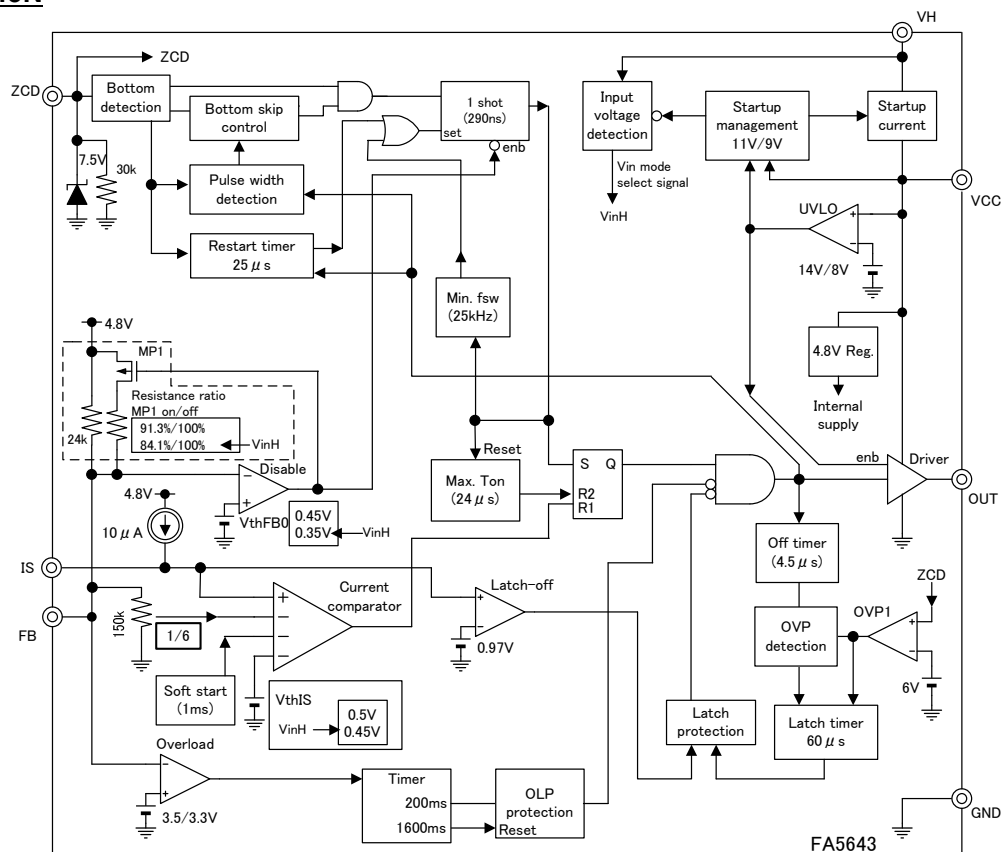
**FA5641N**



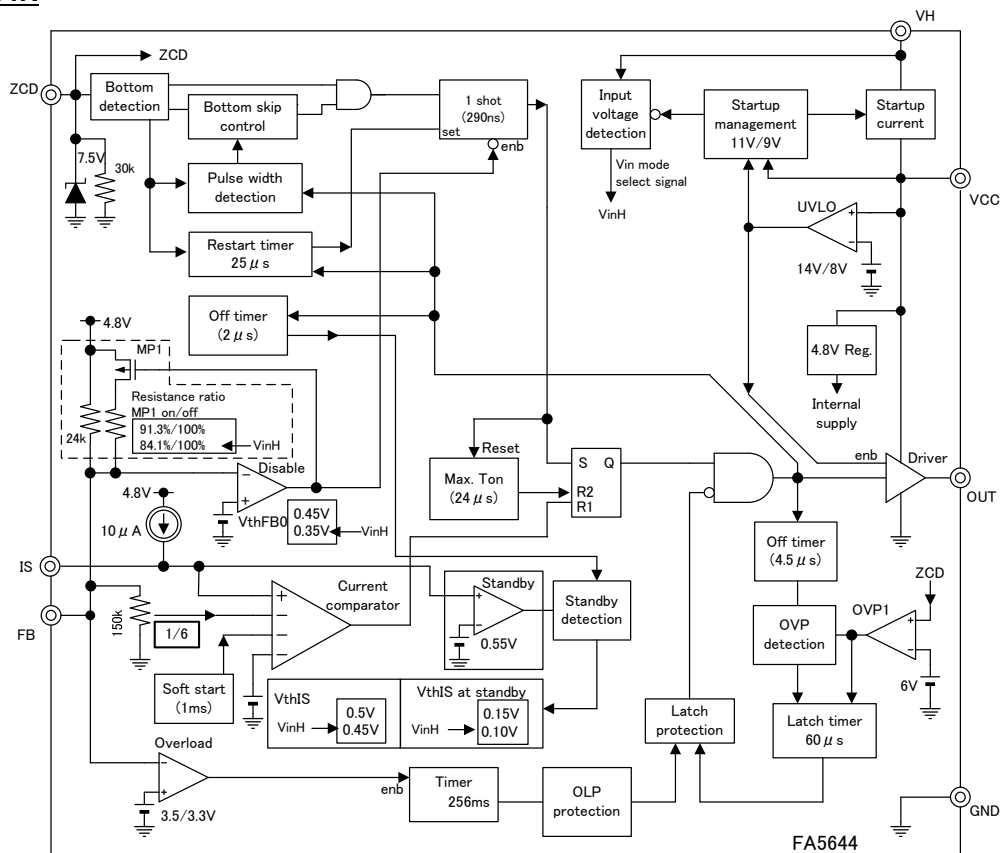
**FA5642N**



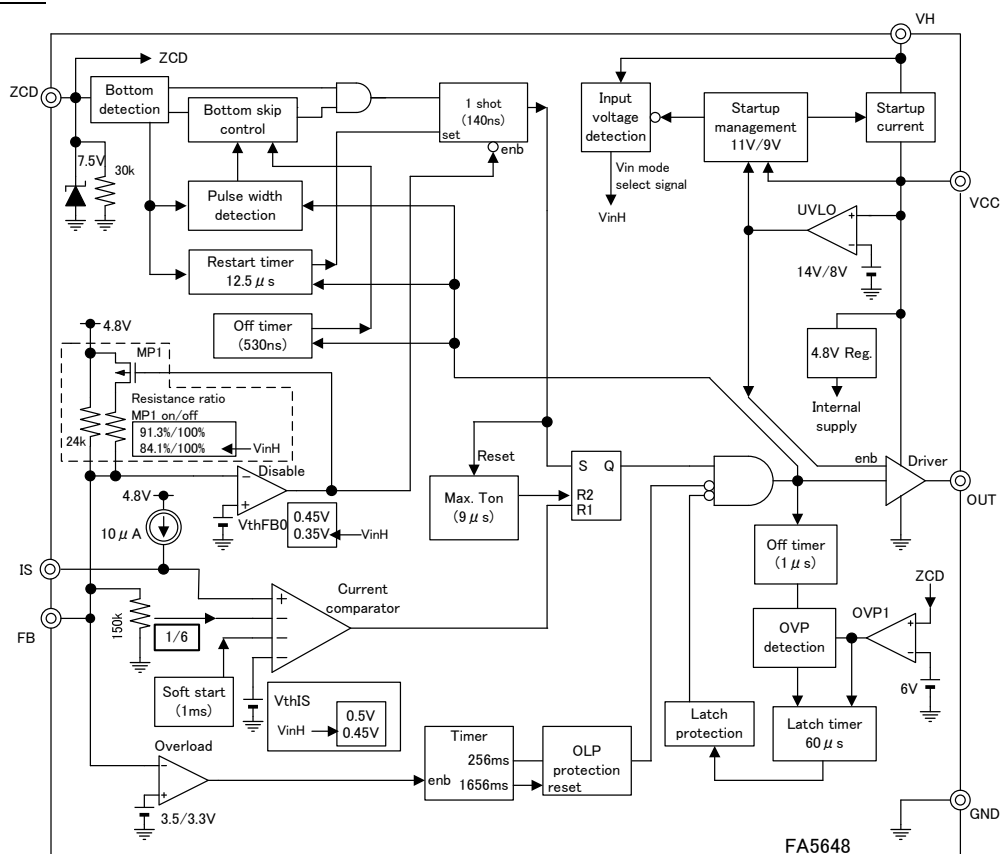
**FA5643N**



**FA5644N**

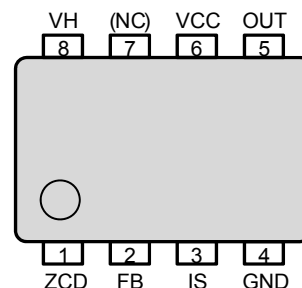


**FA5648N**



## 5. 端子の機能説明

| 端子番号 | 端子記号 | 端子機能                    | Note   |
|------|------|-------------------------|--------|
| 1    | ZCD  | ゼロ電流検出入力、過電圧検出          | *1, *2 |
| 2    | FB   | フィードバック入力、過負荷検出、バースト制御  | *1     |
| 3    | IS   | 電流センス入力、過電流制限、スタンバイ信号検出 | *1, *2 |
| 4    | GND  | グラウンド                   | —      |
| 5    | OUT  | 出力                      | *2     |
| 6    | VCC  | 電源供給端子、低電圧保護、VH端子電流制御   | *1, *2 |
| 7    | (NC) | (No connection)         | —      |
| 8    | VH   | 高電圧入力                   | *2     |



Notes)

\*1 端子－GND間にコンデンサを接続

\*2 抵抗を接続

## 6. 定格と特性

絶対最大定格を越えた場合、誤動作または素子が破壊する可能性があります。

電流値の“-”はソース、“+”はシンクを表します。

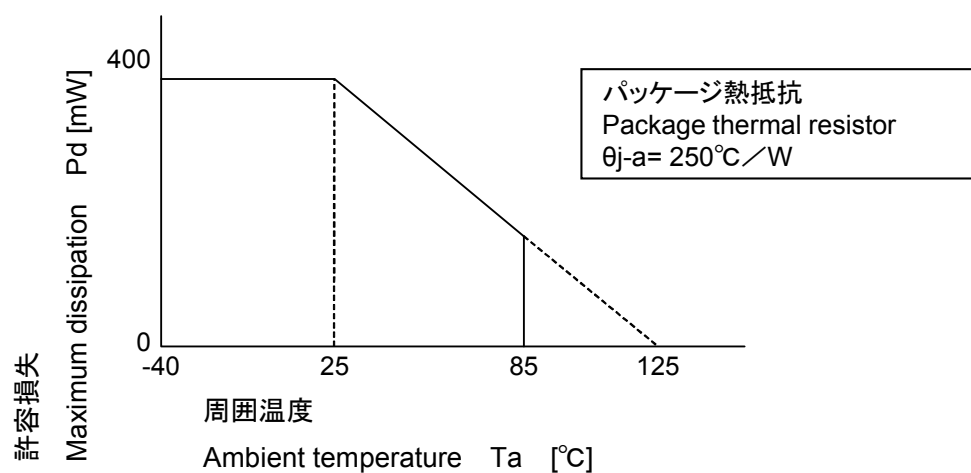
### (1)絶対最大定格

| Item            | Symbol   | Value           | Unit |
|-----------------|----------|-----------------|------|
| 電源電圧            | Vcc      | 28              | V    |
| OUT端子出力ピーク電流 *3 | IoH      | -0.25           | A    |
|                 | IoL      | +0.5            | A    |
| OUT端子電圧         | Vout     | -0.3 to Vcc+0.3 | V    |
| FB, IS端子入力電圧    | Vfb, Vis | -0.3 to 5.0     | V    |
| FB, IS端子電流      | Ifb, Iis | -0.3 to +0.3    | mA   |
| ZCD端子電流         | IsoZCD   | -2.0            | mA   |
|                 | IziZCD   | +3.0            | mA   |
| ZCD端子電圧         | Vzcd     | -2 to +8        | V    |
| VH端子入力電圧        | VVH      | -0.3 to 500     | V    |
| 全損失 (Ta=25℃)    | Pd       | 400             | mW   |
| 動作ジャンクション温度     | Tj       | -40 to +125     | ℃    |
| 保存温度            | Tstg     | -40 to +150     | ℃    |

Notes)

\*3. ピーク電流が絶対最大定格値以内であっても、通常動作状態でICの許容損失、使用温度条件を超える場合があります。電源電圧と負荷電流を考慮した上、全損失、動作ジャンクション温度、推奨動作温度の範囲内でご使用ください。

※許容損失低減特性



(2)推奨動作条件

| Item        | Symbol | MIN. | TYP. | MAX. | Unit |
|-------------|--------|------|------|------|------|
| 電源電圧        | Vcc    | 11   | 15   | 26   | V    |
| VH端子高電圧入力   | Vvh    | 50   | —    | 450  | V    |
| VCC端子容量     | Cvcc   | 10   | 47   | 220  | uF   |
| ターンオフ時の共振周期 | Trs    | —    | 2    | 4    | us   |
| 動作周囲温度      | Ta     | -40  | —    | 85   | °C   |

### (3)電氣的特性

特に指定のない場合の測定条件は以下の通りです。なお条件に記載の電圧はDC入力の値です。  
(AC入力の値ではありません。)

VCC=15V, VH=141V, VZCD=0V, VFB=3V, VIS=open, OUT=open (no load), Tj=25°C

Notes)

(1)“\*1”を記載した項目については全数試験を実施していません。規格値は設計保証となります。

(2)“—”を記載した欄の保証値はありません。

(3)出力電流特性において、“-”はソース電流、“+”はシンク電流を表します。

### 3-1.電流センス部 (IS端子)

| Item            | Symbol  | Condition                                                                                                             | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| 入力バイアス電流        | IIS     | Vis=0V                                                                                                                | -15  | -10  | -5   | uA   |
| 最大入力スレッショールド電圧  | VthIS1  | Vfb=3.2V, Vvh=141V                                                                                                    | 0.47 | 0.5  | 0.53 | V    |
|                 | VthIS2  | FA5640/41/43/44/48<br>Vfb=3.2V, Vvh=324V                                                                              | 0.42 | 0.45 | 0.48 | V    |
| 電圧ゲイン           | AvIS    | $\Delta Vfb/\Delta Vis$                                                                                               | 5.4  | 6.0  | 6.6  | V/V  |
| 最小オン幅           | Tonmin  | FA5640/41/42/44<br>Vfb=3.2V, Vis=1.5V                                                                                 | 205  | 290  | 375  | ns   |
|                 |         | FA5643<br>Vfb=3.2V, Vis=0.75V                                                                                         |      |      |      |      |
|                 |         | FA5648<br>Vfb=3.2V, Vis=1.5V                                                                                          | 95   | 140  | 185  | ns   |
| 出力遅延時間 *1       | TpdIS   | FA5640/41/42/44/48<br>IS input: 0V to 1.5V<br>(Pulse signal)<br><br>FA5643<br>IS input: 0V to 0.75V<br>(Pulse signal) | 30   | 70   | 150  | ns   |
| ラッチ停止スレッショールド電圧 | VthISat | FA5643                                                                                                                | 0.9  | 0.97 | 1.1  | V    |

### 3-2.フィードバック部 (FB端子)

| Item      | Symbol        | Condition                                                     | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------|---------------|---------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| パルス停止FB電圧 | VthFB01       | DUTY=0%<br>Vvh=141V                                           | 405  | 450  | 495  | mV   |
|           | VthFB02       | FA5640/41/43/44/48<br>DUTY=0%<br>Vvh=324V                     | 315  | 350  | 385  | mV   |
| FB端子抵抗    | Rfb11         | Vfb=1V to 2V<br>Vvh=141V                                      | 14.2 | 18.9 | 23.6 | kΩ   |
|           | Rfb12         | FA5640/41/43/44/48<br>Vfb=1V to 2V<br>Vvh=324V                | 13.0 | 17.4 | 21.7 | kΩ   |
|           | Rfb21         | Vfb=0V to 0.3V<br>Vvh=141V                                    | 15.5 | 20.7 | 25.9 | kΩ   |
|           | Rfb22         | FA5640/41/43/44/48<br>Vfb=0V to 0.3V<br>Vvh=324V              | 15.5 | 20.7 | 25.9 | kΩ   |
| FB端子電流    | Ifb0          | Vfb=0V                                                        | -260 | -200 | -160 | uA   |
| FB端子抵抗比率  | $\angle Rfb1$ | $\angle Rfb1 = Rfb11/Rfb21$<br>Vvh=141V                       | 89.3 | 91.3 | 93.3 | %    |
|           | $\angle Rfb2$ | FA5640/41/43/44/48<br>$\angle Rfb2 = Rfb12/Rfb22$<br>Vvh=324V | 82.1 | 84.1 | 86.1 | %    |

**3-3.ゼロ電流検出部 (ZCD端子)**

| Item                                               | Symbol   | Condition                                      | Min. | Typ.  | Max.  | Unit |
|----------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------|------|-------|-------|------|
| 入カスレッシュホールド電圧                                      | Vthzcd1  | Vzcd decreasing                                | 40   | 60    | 80    | mV   |
|                                                    | Vthzcd2  | Vzcd increasing                                | 100  | 150   | 220   | mV   |
| ヒステリシス幅                                            | Vhyzcd   | Vthzcd2-Vthzcd1                                | 30   | 90    | 150   | mV   |
| 最小検出可能パルス幅 *1                                      | Tzcdmin  | ZCD input pulse<br>Vpulse=1V to 0V<br>f=100kHz | 300  | —     | —     | ns   |
| 入カクランプ電圧                                           | Vih      | Izcd=+3mA<br>(high state)                      | 6.5  | 7.5   | 9.5   | V    |
|                                                    | Vil      | Izcd=-2mA<br>(low state)                       | -1.0 | -0.8  | -0.4  | V    |
| ZCD端子内部抵抗                                          | Rzcd     | Vzcd=1V to 5V                                  | 22.5 | 30    | 37.5  | kΩ   |
| ZCD遅延時間                                            | Tzcd     | ZCD pulse:1V to 0V,<br>OUT: turn-on            | 50   | 150   | 300   | ns   |
| ターンオンボトム回数切換時の<br>オンオフパルス幅<br>(FA5640/41/42/43/44) | Tb12     | Changed 1st bottom to<br>2nd bottom            | 8.1  | 9.0   | 9.9   | us   |
|                                                    | Tb21     | Changed 2nd bottom to<br>1st bottom            | 12.6 | 14.0  | 15.4  | us   |
|                                                    | Tb23     | Changed 2nd bottom to<br>3rd bottom            | 7.2  | 8.0   | 8.8   | us   |
|                                                    | Tb32     | Changed 3rd bottom to<br>2nd bottom            | 10.5 | 11.67 | 12.84 | us   |
|                                                    | Tb34     | Changed 3rd bottom to<br>4th bottom            | 6.3  | 7.0   | 7.7   | us   |
|                                                    | Tb43     | Changed 4th bottom to<br>3rd bottom            | 9.0  | 10.0  | 11.0  | us   |
| ターンオンボトム回数切換時の<br>オンオフパルス幅<br>(FA5648)             | Tb12     | Changed 1st bottom to<br>2nd bottom            | 3.45 | 3.83  | 4.21  | us   |
|                                                    | Tb21     | Changed 2nd bottom to<br>1st bottom            | 4.95 | 5.50  | 6.05  | us   |
|                                                    | Tb23     | Changed 2nd bottom to<br>3rd bottom            | 3.15 | 3.50  | 3.85  | us   |
|                                                    | Tb32     | Changed 3rd bottom to<br>2nd bottom            | 4.35 | 4.83  | 5.31  | us   |
|                                                    | Tb34     | Changed 3rd bottom to<br>4th bottom            | 2.85 | 3.17  | 3.49  | us   |
|                                                    | Tb43     | Changed 4th bottom to<br>3rd bottom            | 3.75 | 4.17  | 4.59  | us   |
| リスタートパルス遅延時間                                       | Trestart | FA5640/42/43/44<br>OUT=low, Vzcd=0V            | 20   | 25    | 30    | us   |
|                                                    |          | FA5641<br>OUT=low, Vzcd=0V                     | 6.7  | 7.6   | 8.5   | us   |
|                                                    |          | FA5648<br>OUT=low, Vzcd=0V                     | 10   | 12.5  | 15    | us   |

**3-4.電圧保護 (ZCD端子)**

| Item           | Symbol | Condition                                                     | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|----------------|--------|---------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| 過電圧スレッシュホールド電圧 | Vovp   | Vzcd is increased, and<br>timer latch function is<br>operated | 5.7  | 6.0  | 6.3  | V    |
| 過電圧検出タイミング     | Tlat1  | FA5640/41/42/43/44<br>Delay from turn-off                     | 3.5  | 4.5  | 5.5  | us   |
|                |        | FA5648<br>Delay from turn-off                                 | 0.8  | 1.0  | 1.3  | us   |
| タイマーラッチ遅延時間    | Tlat2  | Delay from upper the<br>Vovp voltage                          | 40   | 60   | 80   | us   |

**3-5. 負荷保護 (FB端子)**

| Item                | Symbol | Condition                                                  | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|---------------------|--------|------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| 過負荷保護<br>スレッショールド電圧 | Volp1  | Vfb increasing                                             | 3.3  | 3.5  | 3.8  | V    |
|                     | Volp2  | Vfb decreasing                                             | 3.0  | 3.3  | 3.6  | V    |
| ヒステリシス幅             | Hysolp | Volp1-Volp2                                                | 0.1  | 0.2  | 0.3  | V    |
| OLP停止遅延時間           | Tolp   | FA5640/41/42/43<br>Delay from Vfb>Volp1                    | 140  | 200  | 260  | ms   |
|                     |        | FA5644<br>Delay from Vfb>Volp1                             | 195  | 256  | 320  | ms   |
|                     |        | FA5648<br>Delay from Vfb>Volp1                             | 200  | 256  | 333  | ms   |
| OLP停止出力時間           | Toff   | FA5640/41/42/43<br>The OFF time only by<br>internal signal | 980  | 1400 | 1820 | ms   |

**3-6. ソフトスタート部**

| Item      | Symbol | Condition        | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|-----------|--------|------------------|------|------|------|------|
| ソフトスタート時間 | Tsoft  | at start-up only | 0.7  | 1.0  | 1.3  | ms   |

**3-7. スタンバイ・モード機能 (IS端子) (FA5640, FA5641, FA5642, FA5644)**

| Item                     | Symbol   | Condition                              | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|--------------------------|----------|----------------------------------------|------|------|------|------|
| IS端子スタンバイ検出電圧            | VISstb   | Read timing is turn-off<br>after Tstb. | 0.5  | 0.55 | 0.6  | V    |
| 検出タイミング                  | Tstb     | Delay from turn-off                    | 1.5  | 2.0  | 2.5  | us   |
| スタンバイ時最大入力スレッショ<br>ールド電圧 | VthISst1 | Vfb=3.2V<br>Vvh=141V                   | 0.12 | 0.15 | 0.18 | V    |
|                          | VthISst2 | FA5640/41/44<br>Vfb=3.2V<br>Vvh=324V   | 0.07 | 0.10 | 0.13 | V    |

**3-8. その他の保護機能**

| Item    | Symbol | Condition                                       | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|---------|--------|-------------------------------------------------|------|------|------|------|
| 最大オン幅   | Tonmax | FA5640/41/42/43/44<br>Vis=0V, Vis=2V<br>Vzcd=0V | 20   | 24   | 28   | us   |
|         |        | FA5648<br>Vis=0V, Vis=2V<br>Vzcd=0V             | 8    | 9    | 10   | us   |
| 最小発振周波数 | Fmin   | FA5641/43<br>Vis=0V, Vfb=3.2V                   | 20.8 | 25   | 30.3 | kHz  |

**3-9. 出力部 (OUT端子)**

| Item       | Symbol | Condition                  | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|------------|--------|----------------------------|------|------|------|------|
| L出力電圧      | VOL    | IOL=100mA<br>Vcc=15V       | 0.5  | 1.0  | 2.0  | V    |
| H出力電圧 *1   | VOH    | IOH=-100mA,<br>Vcc=15V     | 12   | 13.2 | 14.5 | V    |
| 立ち上がり時間 *1 | tr     | Vcc=15V, CL=1nF<br>Tj=25°C | 20   | 40   | 80   | ns   |
| 立ち下がり時間 *1 | tf     | Vcc=15V, CL=1nF<br>Tj=25°C | 12.5 | 25   | 60   | ns   |

**3-10. 高電圧入力部 (VH端子, VCC端子)**

| Item                                              | Symbol  | Condition                                                                                          | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|---------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| VH端子入力電流                                          | IVHrun  | Vvh=400V,<br>Vcc > Vstoff                                                                          | 10   | 30   | 60   | uA   |
|                                                   | IVH1    | Vvh=100V, VCC=6.5V                                                                                 | 4.0  | 8.0  | 10.5 | mA   |
|                                                   | IVH0    | Vvh=100V, VCC=0V                                                                                   | 0.49 | 0.7  | 1.4  | mA   |
| VCC端子充電電流                                         | lpre1   | Vcc=8V, Vvh=100V                                                                                   | -10  | -7.4 | -3.7 | mA   |
|                                                   | lpre2   | Vcc=13V, Vvh=100V<br>At UVLO mode                                                                  | -9   | -5.7 | -3   | mA   |
| 入力電圧モード設定の<br>切替スレッシュホールド電圧 (DC<br>入力時)           | VHdcH   | FA5640/41/43/44/48<br>Vcc>Vstoff<br>VH pin input voltage is<br>increasing by DC<br>voltage.        | 200  | 226  | 250  | V    |
|                                                   | VHdcL   | FA5640/41/43/44/48<br>Vcc>Vstoff<br>VH pin input voltage is<br>decreasing by DC<br>voltage.        | 190  | 212  | 235  | V    |
| ヒステリシス幅<br>(DC入力時のみ)                              | VHdcHys | FA5640/41/43/44/48<br>VH: DC voltage input<br>VHdcH-VHdcL                                          | 8    | 14   | 18   | V    |
| AC正弦波半波入力時電圧検出<br>切替スレッシュホールド電圧<br>(AC入力電圧換算値) *1 | VHac    | FA5640/41/43/44/48<br>Vcc>Vstoff<br>VH pin input Voltage is<br>half-wave rectified AC<br>waveform. | 141  | 160  | 177  | Vrms |
| 入力電圧機能切替遅延時間                                      | TpdVH   | FA5640/41/43/44/48<br>Vcc>Vstoff<br>(VCC charge off)                                               | 11   | 30   | 70   | ms   |

**3-11. VCC回路部 (VCC端子)**

| Item           | Symbol | Condition                            | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|----------------|--------|--------------------------------------|------|------|------|------|
| ONスレッシュホールド電圧  | VCCon  | FA5640/41/43/44/48<br>Vcc Increasing | 12.5 | 14   | 15.5 | V    |
|                |        | FA5642<br>Vcc Increasing             | 9    | 10   | 11   | V    |
| OFFスレッシュホールド電圧 | VCCoff | Vcc decreasing                       | 7    | 8    | 9    | V    |
| ヒステリシス幅(UVLO)  | Vhys1  | FA5640/41/43/44/48<br>VCCon-VCCoff   | 5    | 6    | 7    | V    |
|                |        | FA5642<br>VCCon-VCCoff               | 1.5  | 2    | 2.5  | V    |
| 起動電流停止電圧       | Vstoff | Vcc Increasing                       | 9.5  | 11   | 12.5 | V    |
| 起動電流リセット電圧     | Vstrst | Vcc decreasing                       | 8    | 9    | 10   | V    |
| ヒステリシス幅(起動電流)  | Vhys2  | Vstoff-Vstrst                        | 1.6  | 2.0  | 2.6  | V    |

FB電圧VfbとFB分圧電圧Vfbdの関係

**3-10.消費電流 (VCC端子)**

| Item     | Symbol | Condition                                                                                                                         | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|----------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| 動作時電源電流  | ICCop1 | FA5640/41/42/44/48<br>Vfb=2V, IS=open<br>Vzcd=0V<br>OUT= no load<br><br>FA5643<br>Vfb=2V, IS=0.75V<br>Vzcd=0V<br>OUT= no load     | 0.7  | 0.85 | 1.5  | mA   |
|          | ICCop2 | FA5640/41/42/44/48<br>Duty cycle=0%,<br>Vfb=0V, IS=open<br>Vzcd=0V<br><br>FA5643<br>Duty cycle=0%,<br>Vfb=0V, IS=0.75V<br>Vzcd=0V | 0.6  | 0.8  | 1.1  | mA   |
| ラッチ時電源電流 | ICClat | FB=open<br>Vcc=11V<br>At latch-mode                                                                                               | 100  | 200  | 350  | uA   |

## 7. 特性曲線

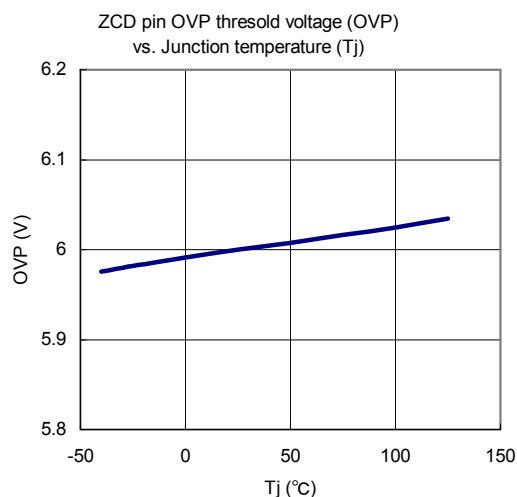
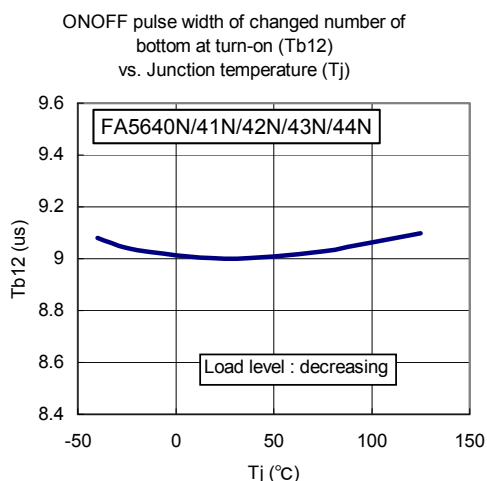
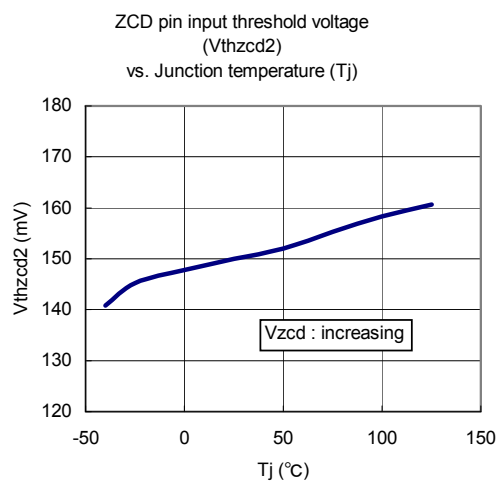
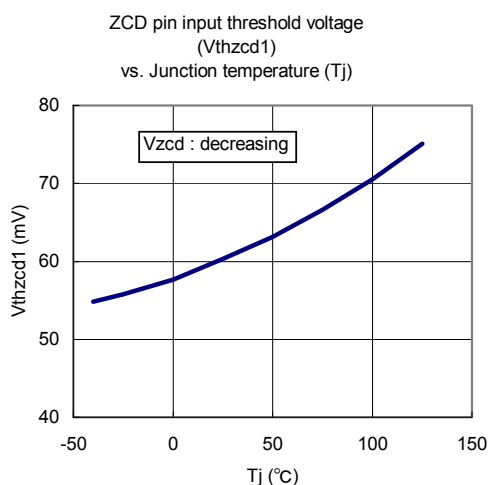
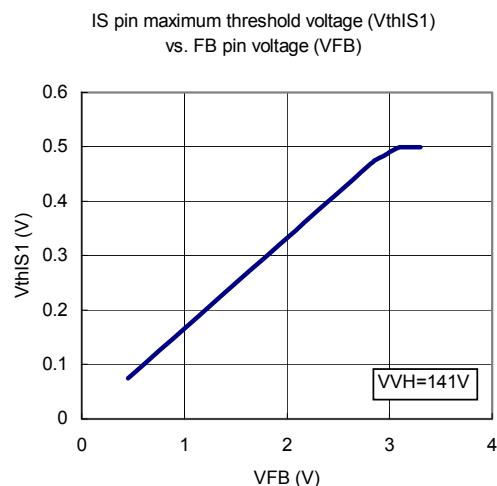
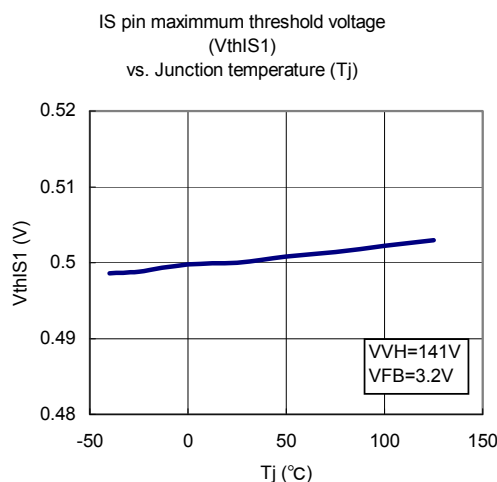
特に指定のない場合の測定条件は以下の通りです。

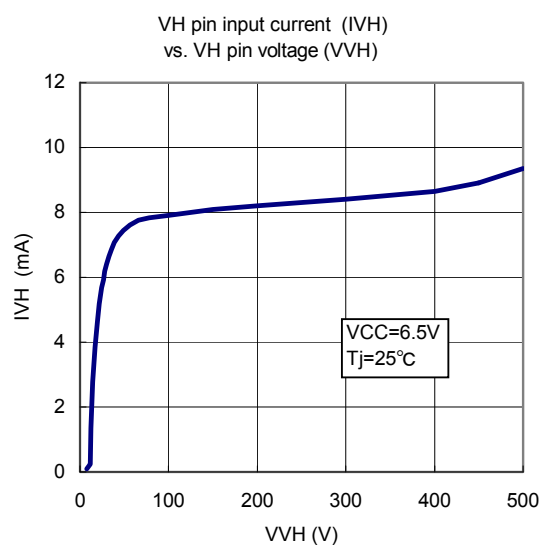
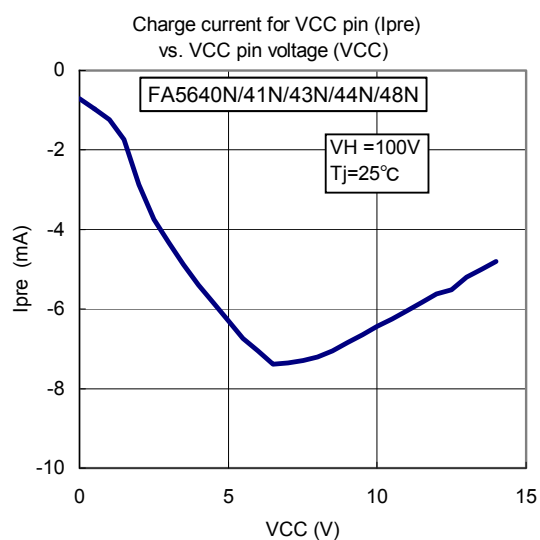
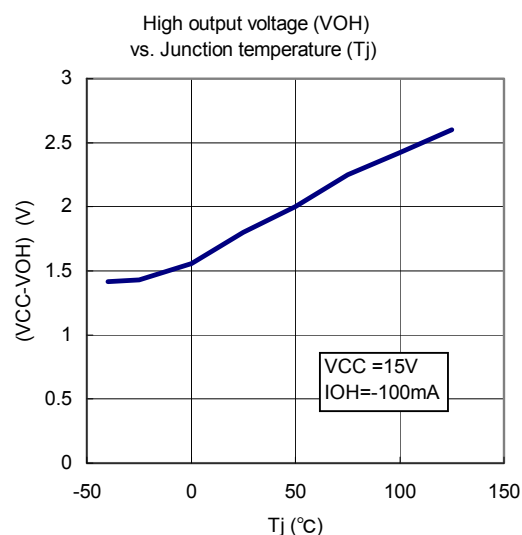
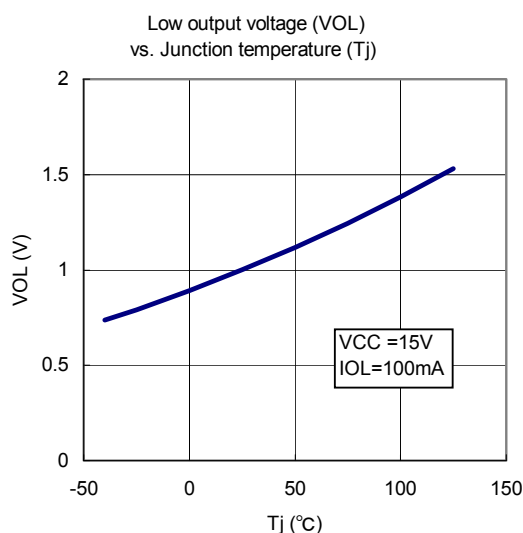
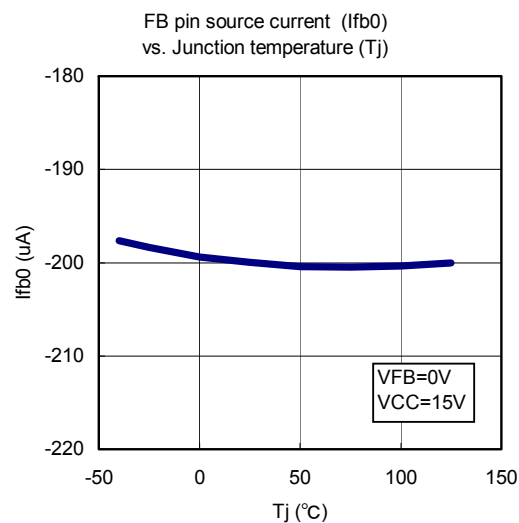
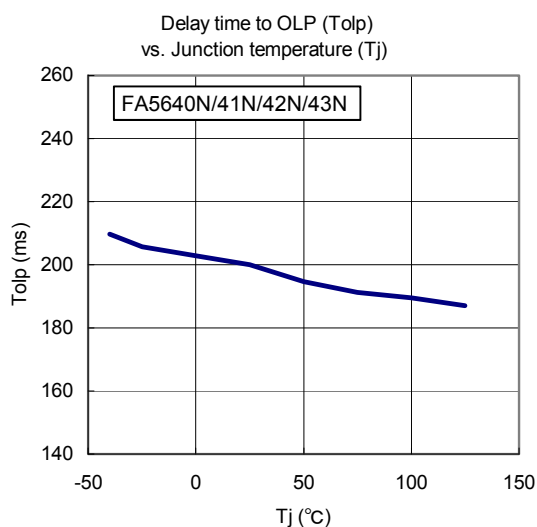
VCC=15V, VH=141V, VZCD=0V, VFB=3V, IS=open, OUT=open (no load), Tj=25°C,

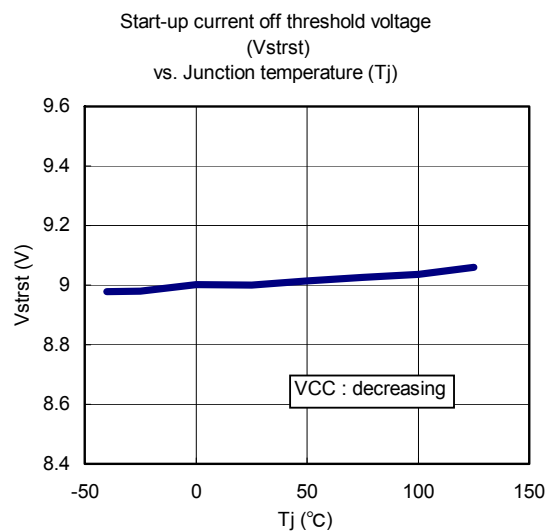
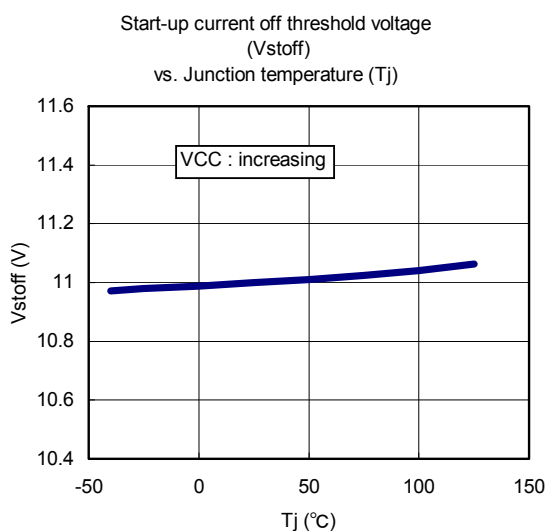
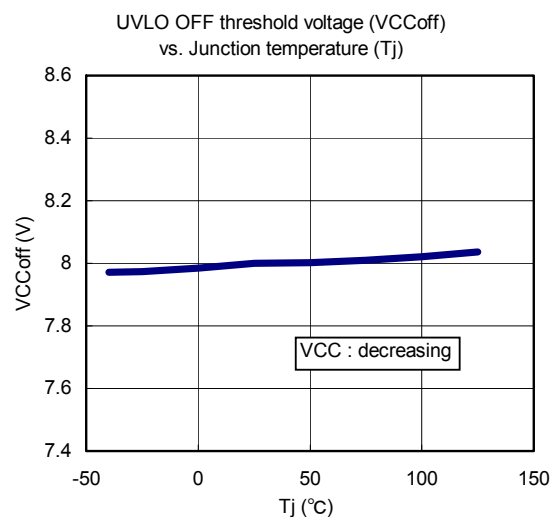
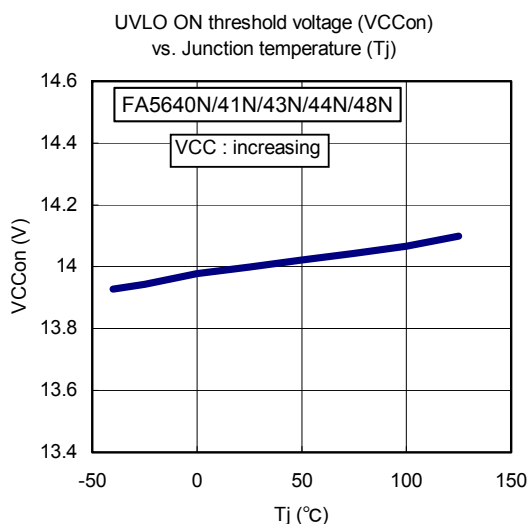
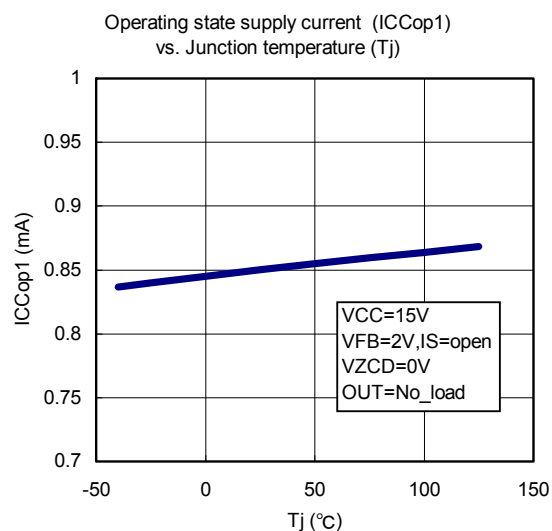
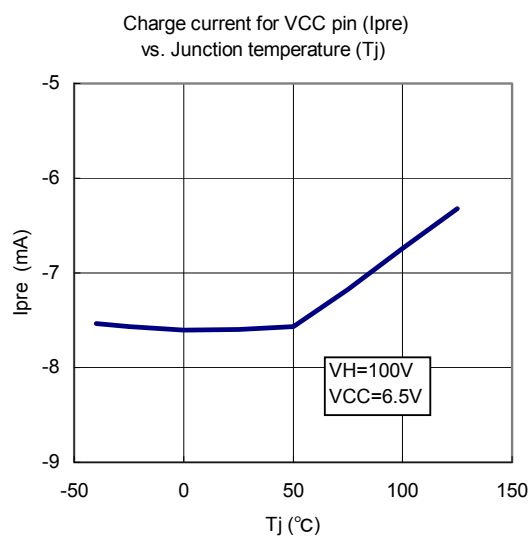
注意)

(1)出力電流特性において、“-”はソース電流、“+”はシンク電流を表します。

(2)ここに記載したデータは、代表的なICの特性を示すもので、特性を保証するものではありません。







## 8. 回路動作の概要(以下説明文中の規格値は、特に記載のない限りtyp値です。)

本ICを使用した電源は、固定周波によるスイッチングではなく、自励発振により動作します。これを、図1の概略回路図と図2の概略動作波形で説明します。

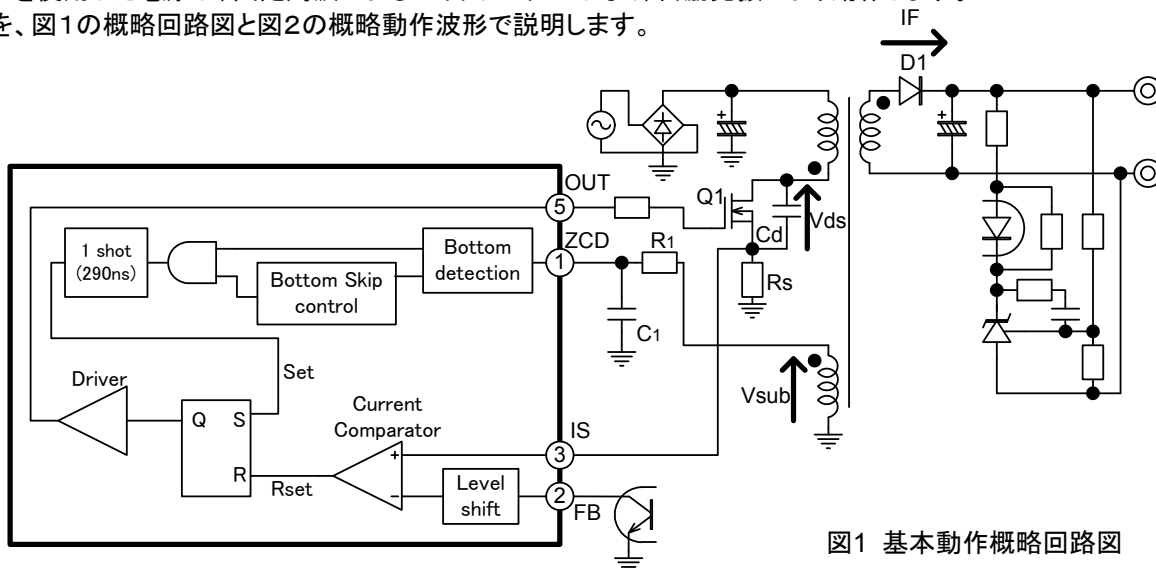


図1 基本動作概略回路図

### (1)スイッチング動作

#### t1~t2

Q1がオンし、Q1ドレイン電流 $I_d$ (T1の1次側電流)はゼロから上昇していきます。Q1の電流値は $R_s$ で電圧に変換され、IS端子に入力されます。

#### t2

Q1の電流が、FB端子の電圧で決まる電流コンパレータの基準電圧に達すると、リセット信号がR-Sフリップフロップに入力され、Q1はオフします。

#### t2~t3

Q1がオフすると、トランスの巻線電圧は反転し、トランスからD1を通して2次側にIF電流が供給されます。

#### t3~t4

トランスから2次側への電流の供給が終りD1の電流がゼロになると、トランスのインダクタンスとコンデンサ $C_d$ の共振により、Q1の電圧は急速に低下します。同時にトランスに設けた補助巻線電圧 $V_{sub}$ も急速に低下していきます。

ZCD端子にはこの補助巻線電圧を入力しますが、途中に設けられた $R_1$ と $C_1$ のCR回路により、若干の遅延時間が発生します。

#### t4

ZCD端子の電圧が、ボトム検出の入カスレッショールド電圧よりも低下すると、R-Sフリップフロップにセット信号が入力され、Q1は再びターンオンします。補助巻線とZCD端子の間に設けたCR回路での遅延時間を適切に設定することで、Q1の電圧が最も低下した点でターンオンさせることができます。この作用によりターンオンのスイッチングロスをも最小限に抑えることができます。

(t1へ戻る)

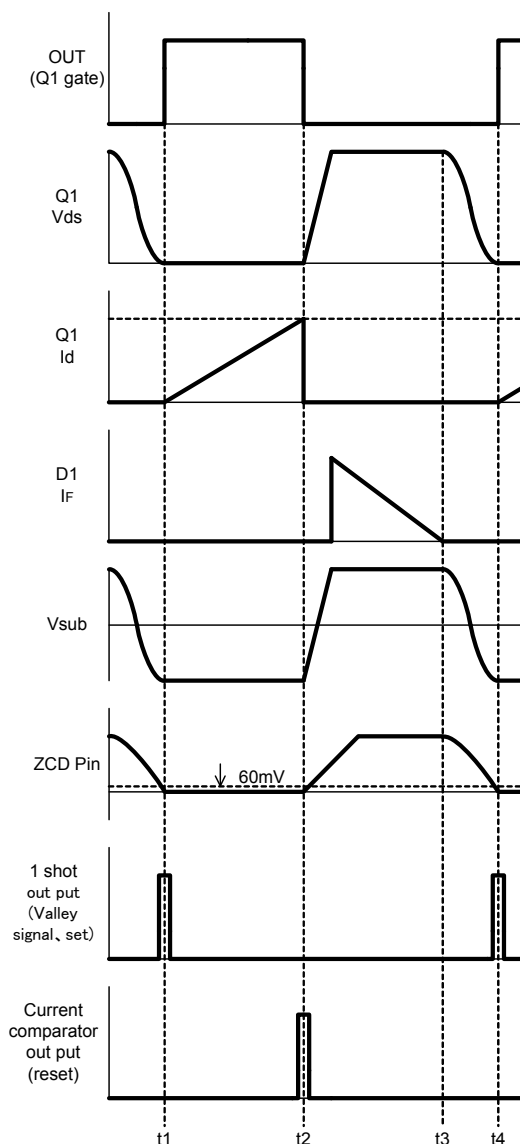


図2 スwitching動作 各部波形(概要)

以降、t1 からt4 を繰り返し、スイッチングを継続します。

## 9.機能の説明 (以下説明文中の規格値は、特に記載のない限りtyp値です。)

### (1)定常動作、ボトムスキップ動作及び、パースト動作

・定常動作、ボトムスキップ動作 (FA5640/41/42/43/44/48 ただし,FA5648はボトム回数切替時オンオフパルス幅が異なりますので詳細は仕様を参照下さい。)

図3のようにドライバー信号のターンオンからフライバック電圧の終わりまでのオンオフ期間を検出し、その時間に応じてボトムスキップ回数を固定動作します。オンオフ幅とボトムスキップ回数の関係は図4のようなヒステリシス幅を持っており、波形の乱れを防止してトランスの音鳴りを低減しています。図5にスイッチング周波数、図6にオンオフ幅の出力電力に対する切り替わりイメージを示します。

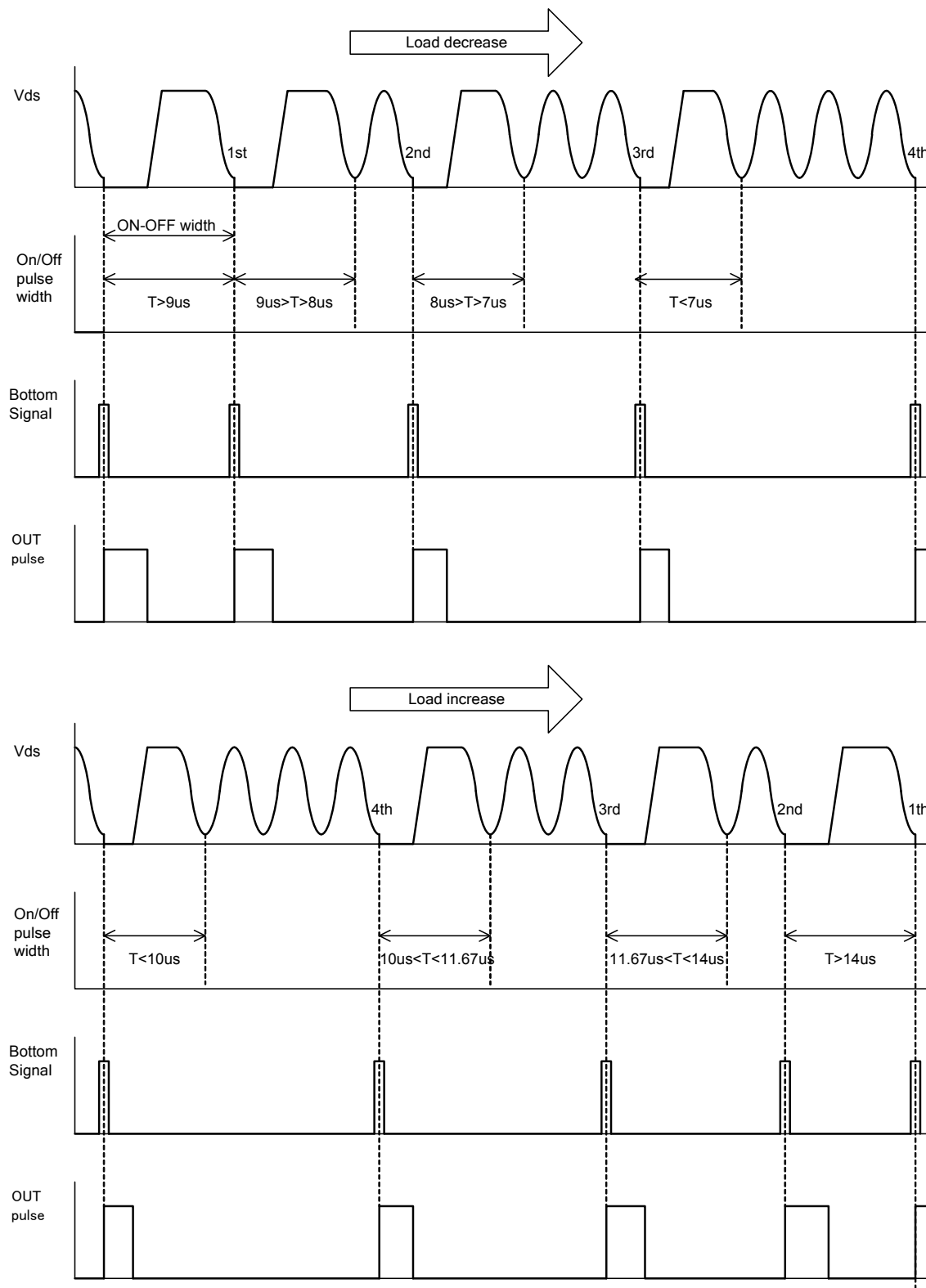


図3 定常動作、ボトムスキップ動作タイミングチャート

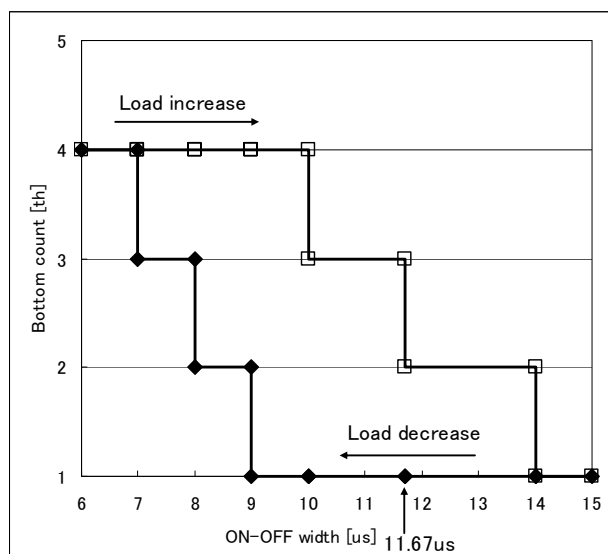


図4 ボトムスキップ移行時オンオフ幅

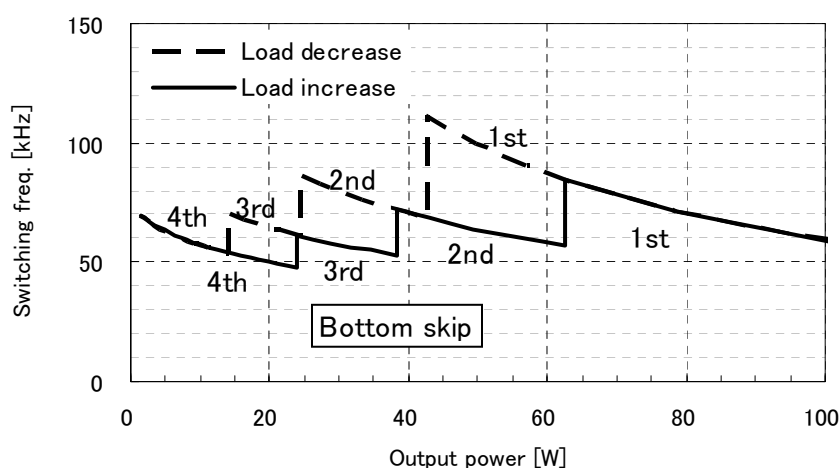


図5 スイッチング周波数の切り替わりイメージ

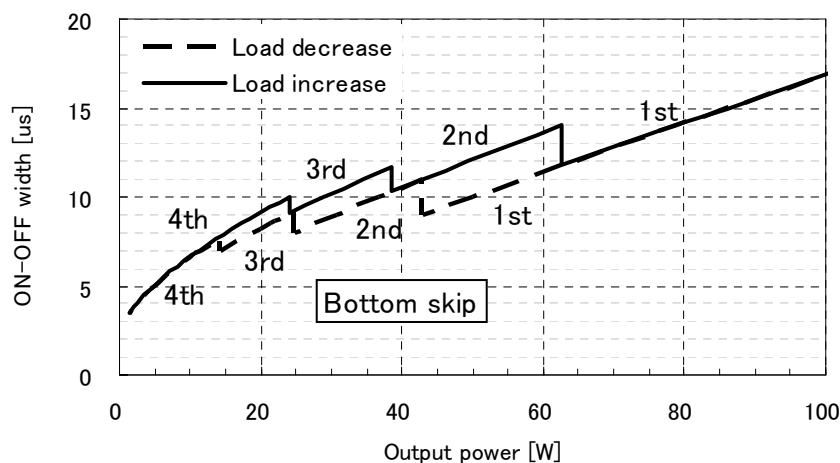


図6 オンオフ幅の切り替わりイメージ

**・バースト動作**

FB端子電圧が低下してパルス停止FB電圧より下がるとスイッチングを停止し、逆にFB電圧が上昇してパルス停止FB電圧より高くなるとスイッチングを再開します。FB端子電圧はパルス停止FB電圧を挟んでオーバーシュート、アンダーシュートをおこします。このオーバーシュート期間を使って連続パルスを出し、アンダーシュート期間で長い周期のバースト周波数を得ます。パルス停止FB電圧は入力電圧補正され、低入力電圧時は0.45Vに、高入力電圧時には0.35V (FA5642は除く) に切り替わります。

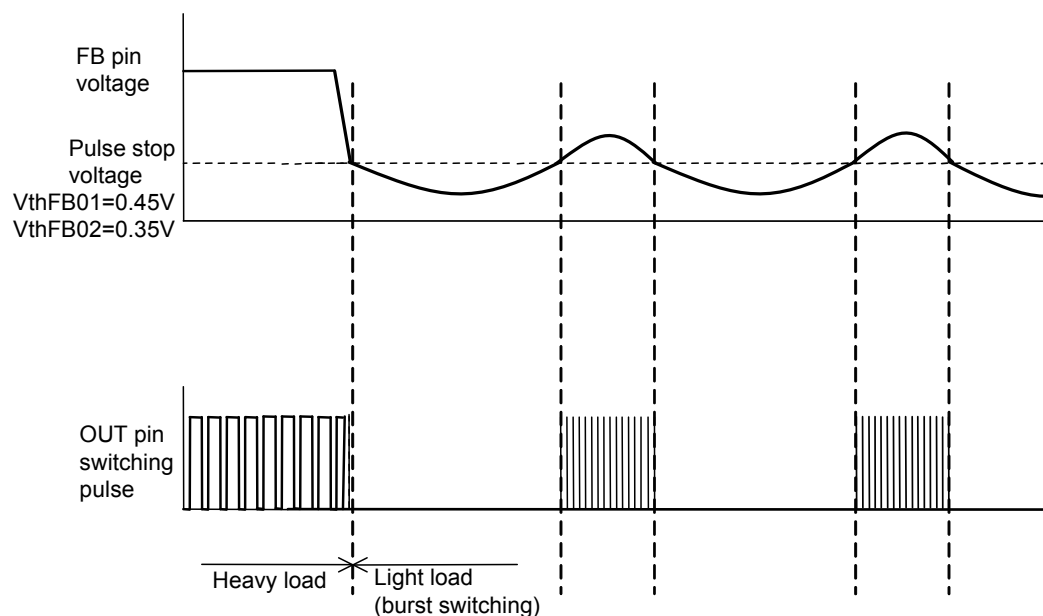


図7 軽負荷時バースト動作

## (2) 起動回路と補助巻線電圧

電源投入時には、VH端子を通して起動回路からVCC端子に供給される電流によりVCC端子に接続されたコンデンサが充電され電圧が上昇します。この電圧がONスレッシュホールド電圧14Vまたは10Vを超えると内部回路用電源が起動し、ICが動作を開始しスイッチングを開始します。この時、VCC補助巻線から供給される電圧が9Vよりも大きい場合、起動回路は起動時のみ動作し、起動後は補助巻線の電圧を電源として動作します。一方、補助巻線電圧が9Vよりも小さい場合、起動回路のオンオフによりVCCを9Vと11Vの間に保ち動作を継続します。

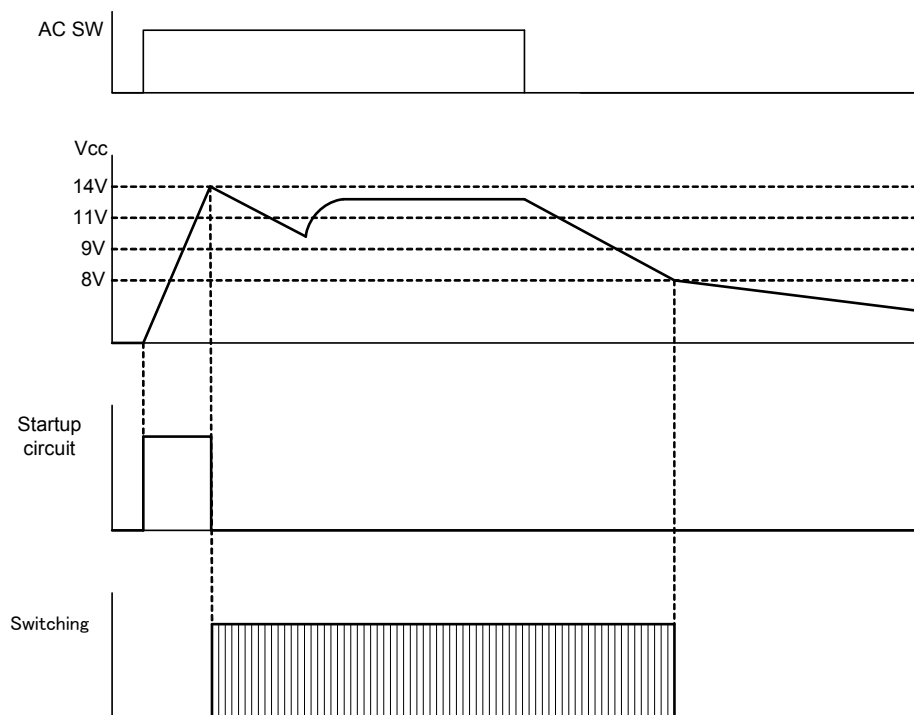


図8 起動と停止（補助巻線電圧が9Vより大きい）

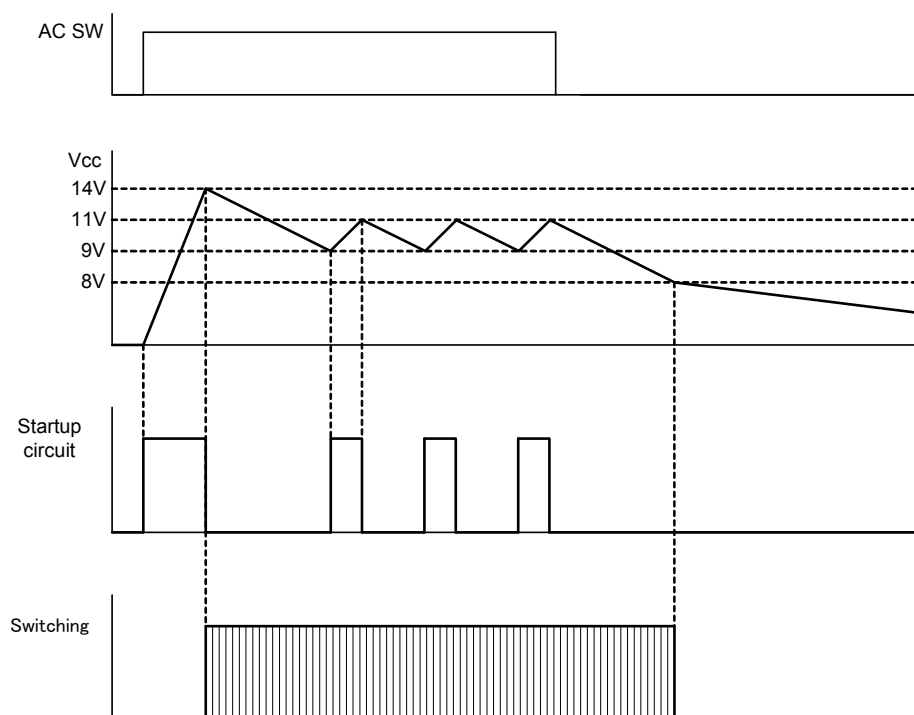


図9 起動と停止（補助巻線電圧が9Vより小さい）

### (3) 過負荷時動作

■自動復帰型の場合 (FA5640/41/42/43/48 ただし, FA5648のOLP停止遅延時間は256msです。)

内蔵のタイマーを使い、過負荷状態が200ms以上続くと強制的にスイッチングを停止します。スイッチングが停止し、補助巻線からの電流供給が無くなりVCC端子電圧が9V以下になると起動回路が動作し、VCCを9Vから11Vに保ちます。スイッチングを停止してから1400ms経過すると再度スイッチングが再開されますが、その時、過負荷状態が継続していれば起動と停止を繰り返します。負荷が正常に復帰すると通常動作に戻ります。

なお、起動時はタイマーで設定された200ms内に、出力電圧が設定値まで上昇する必要があります。

自動復帰動作は内蔵タイマーによる動作のため、VCC端子に直接外部電源を入力した場合でも自動復帰動作します。

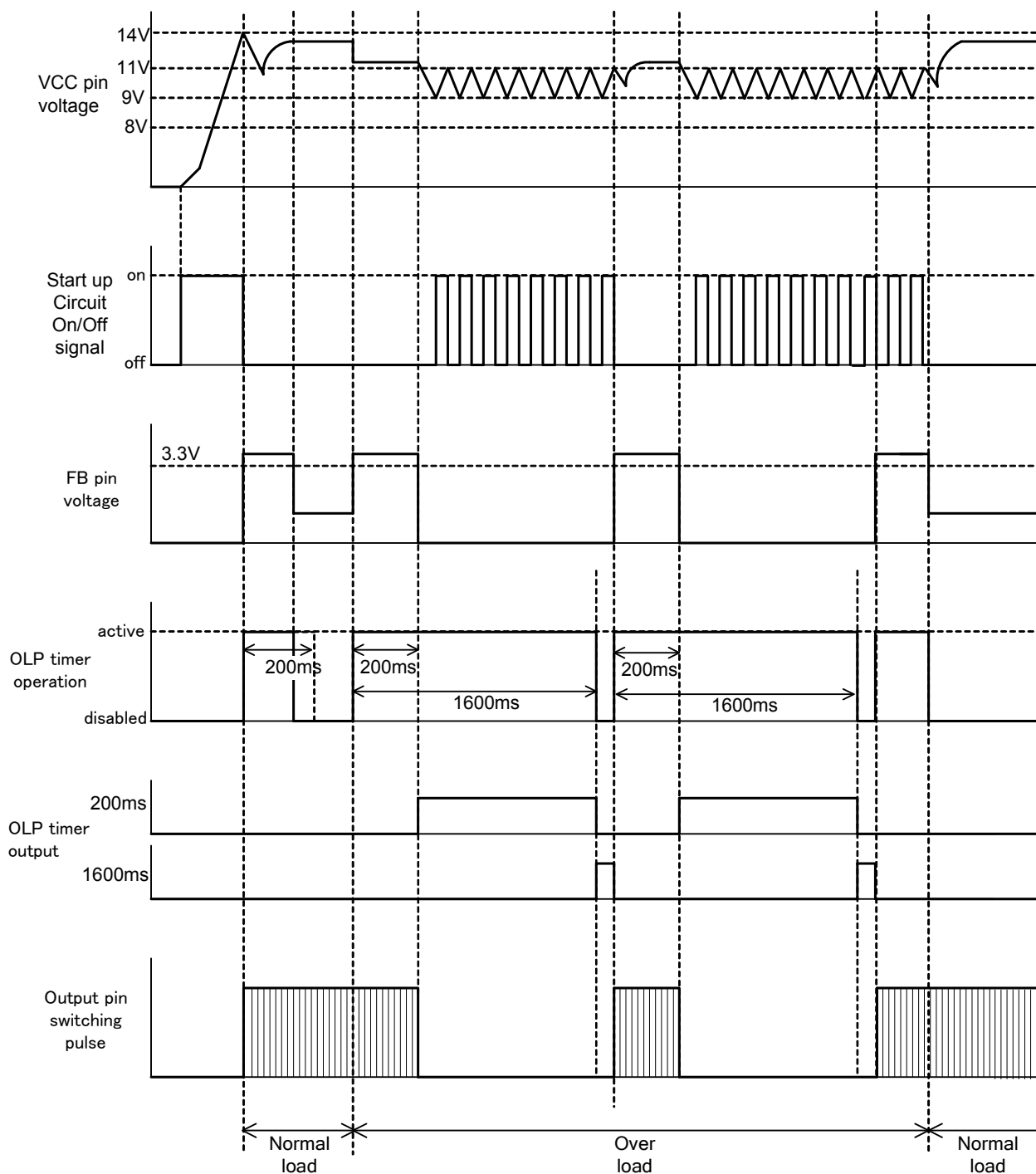


図10 過負荷時動作(自動復帰型)

■タイマラッチ型の場合 (FA5644)

内蔵タイマーを使い、過負荷状態が256ms以上続くとスイッチングは停止し、この状態を保持しラッチモードになります。過負荷ラッチでスイッチングが停止している状態では起動回路によりVCCが供給され、動作停止状態を保持します。

過負荷ラッチをリセットするには、入力電圧を遮断することで起動回路からVCCの供給を停止させ、VCCをOFFスレッシュホールド電圧8.0V以下に引き下げる必要があります。

なお、起動時はタイマーで設定された256ms以内に、出力電圧が設定値まで上昇する必要があります。

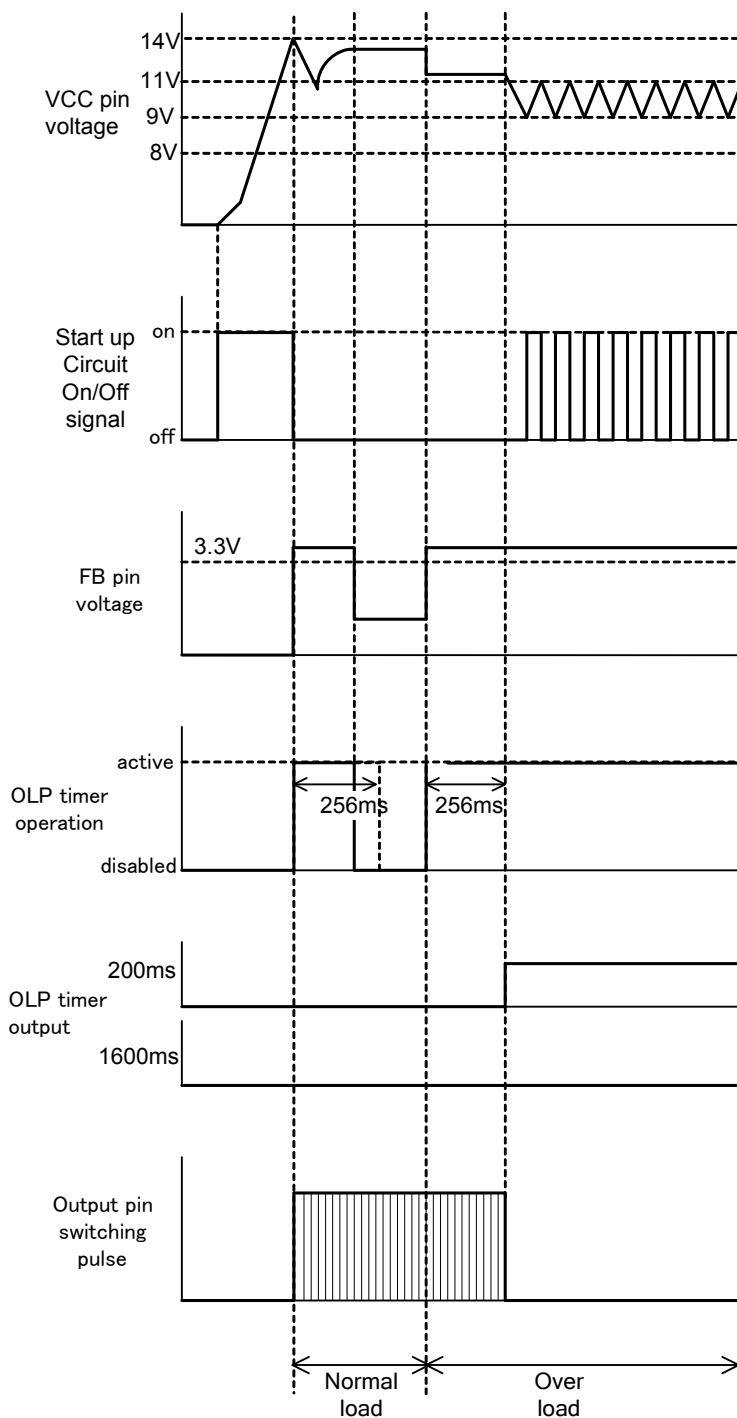


図11 過負荷動作(タイマラッチ型)

**(4) 2次側過電圧保護機能**

2次側出力電圧が過電圧状態になると、補助巻線の電圧も上昇します。ZCD端子には、この補助巻線の電圧をパルスバイパルスで検出する機能があり、ターンオフから4.5us(FA5648:1.0us)の時点でZCD端子電圧が6.0V以上の状態が60us以上の検出を継続するとスイッチングをラッチ停止します。この状態は、入力電圧を遮断しVCC電圧がUVLOのOFFスレッシュホールド電圧以下になるまで保持されます。

(例えば40kHzでスイッチングしている場合、60us × 40kHz=2.4となり2回以上の検出が必要)

**(5) 外部ラッチ機能**

ZCD端子を外部より6.0V以上に60us以上の間プルアップする事でスイッチングをラッチ停止します。この状態は入力電圧を遮断し、VCCがUVLOのOFFスレッシュホールド電圧以下になるまで保持されます。

**(6) 入力電圧検出による各スレッシュレベル補正 (FA5642を除く)**

VH端子のピーク電圧の検出により、各スレッシュホールド電圧は入力電圧に応じて補正されます。入力電圧により切り替わるスレッシュホールド電圧は、バーストモードの切り替わり負荷に関するパルス停止FB電圧と、バースト周波数に関するFB端子抵抗比率、IS端子の過電流制限レベルとなる最大入カスレッシュホールド電圧と、スタンバイモード時の過電流制限レベルとなるスタンバイ時最大入カスレッシュホールド電圧です。

**(7) 起動・停止時の最大ON幅の制限、発振周波数の制限**

最大オン幅を24us(FA5648:9us)に制限しており、起動時や停止時のトランスの音鳴りを低減しています。また、FA5641/43は最小発振周波数機能を備えており、さらなる音鳴り低減を図っています。詳細は10. (9)その他設計上のアドバイスを参照して下さい。

**(8) 外部信号検出による過負荷保護レベル切替 (スタンバイ・モード機能) (FA5643/48を除く)**

外部信号により、MOSFETのオフ期間にIS端子の電圧をIS端子スタンバイ検出電圧以上に上昇させることで、過負荷保護レベルの切り替えを行うことができます。実際は、IS端子の過電流制限レベルである最大入カスレッシュ電圧を切り替えることにより、通常動作時の過負荷保護レベルの約1/7程度に電力を制限することが出来ます。

例えば、スタンバイ時には、電源の電力制限をするような場合に使用します。

**(9) リスタート動作**

起動時などZCD端子のボトム検出によるターンオンが出来ない場合、強制的にMOSFETをオンさせるためにタイマーによるリスタート動作を行います。リスタート動作は、OUT出力がL出力(MOSFETがOFF)で、ZCD端子の電圧が入カスレッシュホールド電圧(Vthzcd2)の150mV以下の状態になるとタイマーがカウントを開始し、リスタートパルス遅延時間を過ぎるとMOSFETをオンします。

**(10) IS端子タイマラッチ機能 (FA5643のみ)**

トランスショート保護を目的として、IS端子に0.97V以上の電圧が印加されると瞬時にラッチ停止する機能が内蔵されています。この状態は入力電圧を遮断し、VCCがUVLOのOFFスレッシュホールド電圧以下になるまで保持されます。

**10. 各端子の使用方法和設計のアドバイス** (以下説明文中の規格値は、特に記載のない限りtyp値です。)

**(1) 1番端子 (ZCD端子)**

**機能**

- (i) MOSFETをオンさせるタイミングを検出します。
- (ii) 外部信号によりラッチ停止します。
- (iii) 2次側過電圧時にラッチ停止します。

**使用方法**

**(i) ターンオンタイミング検出**

・ 接続方法

トランスに設けた補助巻線との間に、R1とC1のCR回路を通して接続します。(図12)  
補助巻線の極性には注意して下さい。

・ 動作

ZCD端子が60mVよりも低下すると、MOSFETをターンオンさせます。補助巻線電圧は、スイッチングに合わせて、正負両方向に大きく変化します。この電圧からICを保護するために、クランプ回路が設けられており、補助巻線電圧が正の場合は図13のように、負の場合には図14のように電流を流し、ZCD端子の電圧をクランプします。

起動時などZCD端子のボトム検出によるターンオンが出来ない場合、強制的にMOSFETをオンさせるためにタイマーによるリスタート動作を行います。リスタート動作は、OUT出力がL出力(MOSFETがOFF)で、ZCD端子の電圧が入カスレッシュホールド電圧 ( $V_{thzcd2}$ ) の150mV以下の状態になるとタイマーがカウントを開始し、リスタートパルス遅延時間25us (FA5641:7.6us, FA5648:12.5us) を過ぎるとMOSFETをオンします。

**(ii) 外部信号によるラッチ停止**

・ 接続方法

外部信号により、ZCD端子をプルアップします。1次側過電圧の場合の接続例を図15に示します。(定数は一例であり、実機にて動作を確認して下さい。)

・ 動作

ZCD端子電圧が6.0Vを超え、これが60us以上継続するとラッチ停止し、出力のスイッチングを停止します。

ラッチ停止すると、VCC電圧は起動回路により保持され、ラッチ停止状態が継続されます。

リセットは、VCCをUVLOのOFFスレッシュホールド電圧以下に引き下げることで行われます。

**(iii) 2次側過電圧時のラッチ保護**

・ 接続方法

(i) のターンオンタイミング検出と同じ。

・ 動作

2次側の出力電圧 ( $V_o$ ) が過電圧状態になると、補助巻線電圧及びZCD端子電圧も上昇します。

MOSFETがオフしてから4.5us (FA5648:1.0us) の時点で、ZCD端子電圧が6.0V以上の状態が60us以上継続するとラッチ停止となり、出力のスイッチングが停止します。(図16)

ラッチ停止すると、VCC電圧は起動回路により保持され、ラッチ停止状態が継続されます。

リセットは、VCCをUVLOのOFFスレッシュホールド電圧以下に引き下げることで行われます。

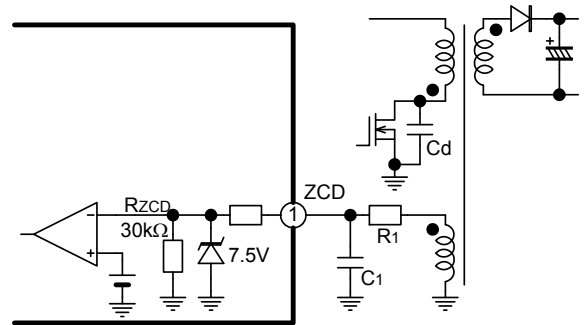


図12 ZCD端子回路

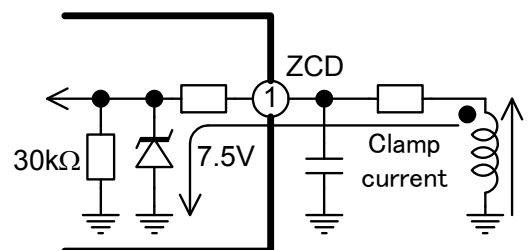


図13 クランプ回路(補助巻線が正電圧)

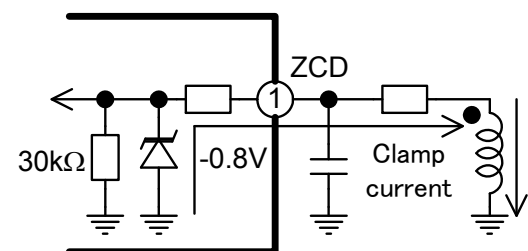


図14 クランプ回路(補助巻線が負電圧)

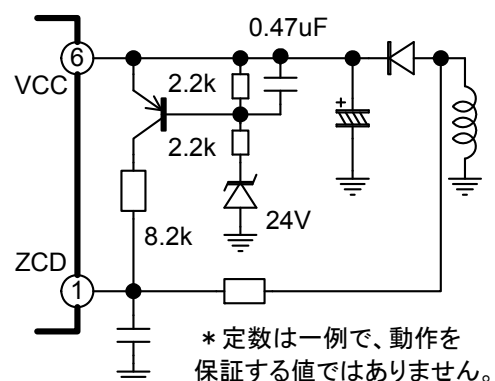


図15 1次側過電圧保護回路

\* 定数は一例で、動作を保証する値ではありません。

## ■ 設計のアドバイス

ターンオンの直前に、MOSFETのドレイン電圧はトランスのインダクタンスと共振用コンデンサCdの共振により振動します。この共振の谷でMOSFETがオンするようにC1を調整します。(図17、18参照)

過電圧スレッシュホールド電圧が5.7V(min.)のため、通常動作時はZCD端子電圧が5.7Vを超えないように、同時にZCD端子電流が絶対最大定格を超えないように抵抗R1を選定します。以下の計算式を満足するように決定して下さい。

$$V_{ZCD} = V_{thOVP} \times V_{Ns} / V_{OVP}$$

$V_{ZCD}$  : 通常動作時ZCD端子電圧

$V_{thOVP}$  : ZCD端子過電圧スレッシュホールド電圧 (5.7V)

$V_{Ns}$  : 通常動作時トランス二次巻き線電圧 ( $V_o + V_F$ )

$V_{OVP}$  : 過電圧ラッチをかけた出力電圧

$$V_{Nsub} = V_{Ns} \times N_{sub} / N_s$$

$V_{Nsub}$  : トランス補助巻き線電圧

$N_{sub}$  : トランス補助巻線数

$N_s$  : トランス二次巻線数

$$V_{ZCD} = V_{Nsub} \times R_{ZCD} / (R_1 + R_{ZCD})$$

よりR1を求めると

$$R_1 = V_{Nsub} \times R_{ZCD} / V_{ZCD} - R_{ZCD}$$

$R_{ZCD}$  : ZCD端子内部抵抗(30kΩ)

ZCD端子の内部抵抗のばらつきにより、過電圧保護レベルの精度が問題になる場合は、図18のように内部抵抗と並列にR2を追加して下さい。過電圧保護レベルのばらつき低減のためには、R2を追加することを推奨します。R2を追加した場合、R1の計算式は、

$$R_1 = \frac{R_{ZCD} \times R_2}{R_{ZCD} + R_2} \left( \frac{V_{Nsub}}{V_{ZCD}} - 1 \right)$$

となります。

ZCD端子入力電流(絶対最大定格)のソース電流とシンク電流はそれぞれ-2.0mA、+3.0mAとなっているため、同時に以下の式を満足する必要があります。

$$R_1 > \sqrt{2} \times V_{AC(max)} \times N_{sub} / N_p / I_{SoZCD}$$

$I_{SoZCD}$  : ZCD端子入力電流(ソース電流=-2mA)

$$R_1 > \left( V_{OUT(max)} \times \frac{N_{sub}}{N_s} - 7.5 \right) / I_{SiZCD}$$

$I_{SiZCD}$  : ZCD端子入力電流(シンク電流=+3mA)

$V_{OUT(max)}$  : 過電圧時の最大出力電圧

ボトム検出のタイミングが合えばC1は接続しなくても可です。なお、スイッチングのサージなどにより、R1を適切に調整してもZCD端子入力電流が仕様を満足できない場合は、図18のようにZCD-GND間にショットキーダイオードを追加して下さい。

またR1とC1の定数が適切でないと、過電圧保護が正常に動作しなくなる場合があります。図19に過電圧保護時のZCD端子波形を示します。図19上段のZCD端子波形は、2次側過電圧時に正常に電圧を検出し、保護動作によりラッチ停止しますが、下段のZCD端子波形は、4.5us(FA5648:1.0us)時に過電圧スレッシュホールド電圧まで上昇していないため、保護動作が働きません。その場合はR1及びC1を調整して下さい。

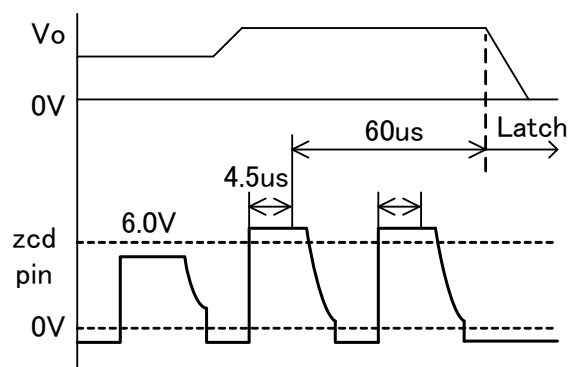


図16 2次側過電圧時のZCD端子波形

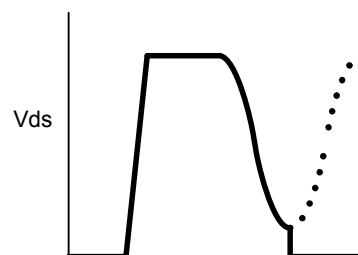


図17 Vds波形

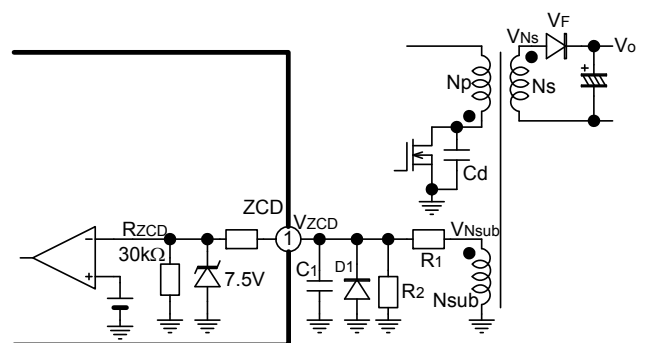


図18 ZCD端子周辺部品

## (2) 2番端子 (FB端子)

### 機能

- (i) 2次側エラーアンプからのフィードバック信号を入力します。
- (ii) 過負荷状態の検出を行います。
- (iii) バースト動作のためスイッチングを停止します。

### 使用方法

#### (i) フィードバック信号入力

##### ・接続方法

フォトカプラの受光側を接続します。同時に、ノイズ防止のため、フォトカプラと並列にコンデンサを接続します。(図20)

##### ・動作

IC内部電源から抵抗を通して、バイアスされています。

FB端子の電圧はレベルシフトされて電流コンパレータへ入力され、IS端子で検出するMOSFETの電流信号のスレッシュホールド電圧を与えます。

#### (ii) 過負荷検出

##### ・接続方法

- (i) のフィードバック信号入力と同じです。

##### ・動作

過負荷状態になり電源の出力電圧が設定した値より低くなると、FB端子は上昇します。FB端子の電圧が過負荷保護スレッシュホールド電圧3.5Vを超えると過負荷状態と判定します。自動復帰型の場合、過負荷状態では間欠動作になり、過負荷状態が解除されると通常動作に戻ります。タイマラッチ型の場合、過負荷状態になるとスイッチングを停止し、この状態を保持しラッチモードとなります。詳しい動作については、9.(3)過負荷時動作を参照して下さい。

#### (iii) バースト動作のためスイッチングを停止

##### ・接続方法

- (i) のフィードバック信号入力と同じです。

##### ・動作

軽負荷時はFB端子電圧が低下しますが、この電圧がパルス停止FB電圧以下になるとスイッチングを一次停止し、それ以上になるとスイッチングを再開します。この動作を繰り返すことにより、バースト動作を実現します。バースト動作時はFB端子電圧を大きくアンダーシュートさせるために、内部のFB端子抵抗を切り替えます。(図20)

本ICでは、バースト動作に入る負荷ポイントの入力電圧依存性を補正するためにパルス停止FB電圧を、バースト周波数(バースト動作時のFB端子電圧の振れ幅)の入力電圧依存性を補正するためにFB端子抵抗比率を切り替えています。

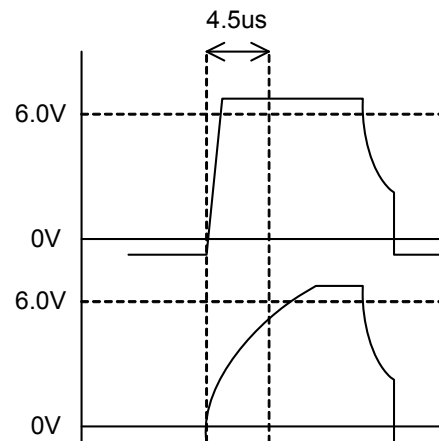


図19 過電圧時のZCD端子波形

### ■ 設計のアドバイス

FB端子は、電流コンパレータのスレッシュホールド電圧を与える端子であり、ここにノイズが入ると出力パルスの乱れの原因になります。通常はノイズ防止のため、図20に示すように1000pF～0.01μF程度のコンデンサを接続して使用します

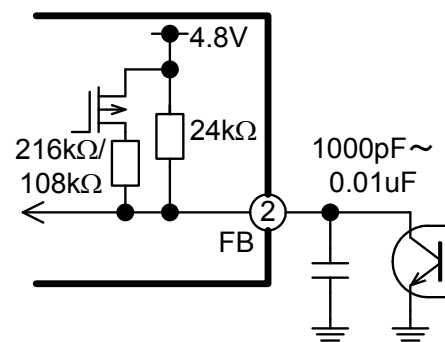


図20 FB端子回路

### (3) 3番端子 (IS端子)

#### 機能

- (i) MOSFETの電流値を検出し電流を制限します。
- (ii) 外部信号により、電流制限最大スレッシュホールド電圧を切り替えます。(スタンバイ・モード機能) (FA5643/48を除く)
- (iii) トランスショート保護の検出を行う。(FA5643のみ)

#### 使用方法

##### (i) 電流検出と電流制限

###### ・接続方法

MOSFETのソース端子とGND間に電流検出抵抗 $R_s$ を接続します。この抵抗に発生したMOSFETの電流信号を入力します。(図21)

###### ・動作

IS端子に入力されたMOSFETの電流信号は、電流コンパレータに入力され、FB端子で決まるスレッシュホールド電圧に達するとMOSFETはオフします。このFB端子電圧が出力電圧からのフィードバック回路により変化し、MOSFETの電流をコントロールします。

また、電流コンパレータには最大入力スレッシュホールド電圧も入力されており、起動時などの過渡状態や過負荷などの異常状態でも、この電圧に相当する電流でMOSFETの電流は制限されます。

過負荷状態が続くと過負荷保護機能によりラッチ停止しますが、入力電圧が高いほどラッチ停止時の出力電力が大きくなります。本ICでは、過負荷検出レベルの入力電圧依存性を補正するために、最大入力スレッシュホールド電圧を、低入力電圧時では0.5Vに、高入力電圧時では0.45Vに切り替えます。

##### (ii) 外部信号による電流制限最大スレッシュ電圧の切替

###### ・接続方法 (スタンバイ・モード機能 FA5643/48を除く)

図22のように、補助巻線とIS端子間にダイオード、電流制限用抵抗、トランジスタスイッチ、フォトカプラなどを追加します。

###### ・動作

MOSFETがオンしている期間、IS端子にはMOSFETの電流信号が入力されFB端子で決まるスレッシュホールド電圧と比較されます。本ICでは、オフ期間のIS端子の電圧レベルを検出しており、ターンオフ後2 $\mu$ sの時点のIS端子電圧をIS端子スタンバイ検出電圧0.55V以上に上昇させることにより、IS端子の最大入力スレッシュホールド電圧が切り替わります。通常動作時の過負荷検出レベルの約1/7程度に制限されるように設定されていますが、トランスの仕様、部品定数によって制限される電力は変化しますので確認が必要です。

本機能は、スタンバイ時には電源の電力制限をするような場合に使用します。実際は、IS端子の最大入力スレッシュホールド電圧が低入力時では0.15Vに、高入力時では0.1Vに切り替わります。

外部信号からLow信号が入力されると、トランジスタTr1はオフ、フォトカプラもオフしトランジスタTr2は導通状態となり、IS端子は補助巻線電圧の影響を受けます。補助巻線電圧は、MOSFETがオフの期間は正電圧、オンの期間は負電圧となりますが、ダイオードD1とD2の働きにより、IS端子電圧はMOSFETがオフの期間のみ、正電圧側に引き上げられます。

##### (iii) トランスショート保護の検出 (FA5643のみ)

###### ・接続方法

(i) の電流検出、電流制限と同じです。

###### ・動作

トランスショート保護を目的として、IS端子に0.97V以上の電圧が印加されると瞬時にラッチ停止する機能が内蔵されています。この機能は、トランスショート以外でも、IS端子に0.97V以上の電圧が印加されると瞬時にラッチ停止する為、雷サージなど入力側から高電圧が印加されると保護動作が働きラッチ停止する可能性があります。

その場合は、図23のIS端子フィルタ $R_{is}$ 、 $C_{is}$ の定数及び入力ラインのサージ保護素子などの調整を行って下さい。

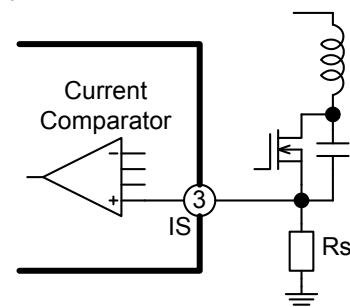


図21 IS端子回路

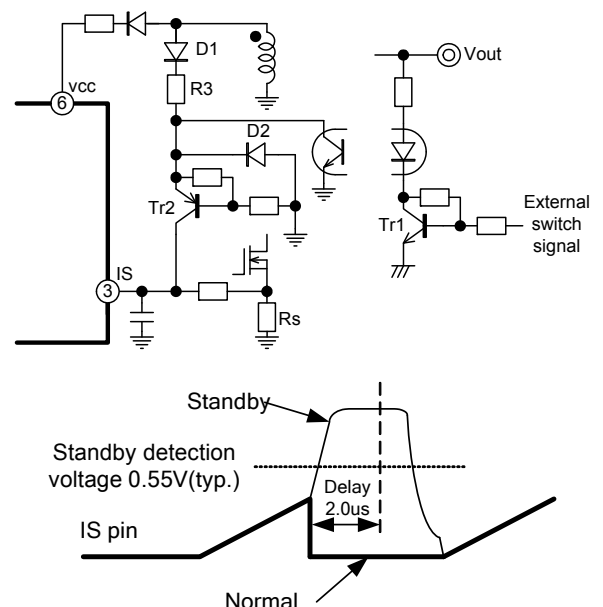


図22 スタンバイ検出時の電力制限回路と波形

## ■ 設計のアドバイス

### (1)フィルタの挿入

本ICはMOSFETのターンオン部分に発生するサージ電流の影響を抑えるため、ブランキング機能を内蔵しています。しかし、このターンオン部分で発生するサージが大きい場合や、外部からのノイズにより誤動作を起こす場合があります。このような場合は図24のようにIS端子にCRフィルタを追加して下さい。フィルタはノイズの大きさに応じて設定しますが、 $R_{is} \times C_{is}$ の時定数は最大500ns程度までを推奨します。ただし、フィルタの時定数によって、過負荷検出レベルや、バースト動作に切り替わる負荷ポイント(バーストポイント)が変化し、音鳴りや待機電力に影響する可能性があります。十分確認して下さい。

### (2)軽負荷時のバースト動作ポイントの調整1

負荷が重い時にバースト動作に入ると、トランスから音鳴りする場合があります。バーストポイントを下げたい場合は、IS端子とOUT端子間に抵抗R4を追加します(図25)。R4を接続するとIS端子電圧にはMOSFETがオンの時に正のバイアス電圧が印加され、FB端子電圧が高めで推移します。FB端子電圧が0.45V(低入力電圧時)以下になるとバースト動作になるため、FB端子電圧が高めで推移していると、軽負荷時にバースト動作し難くなります。IS端子とOUT端子間に抵抗を追加する場合、 $R_{is}$ が小さいと効果が出ない可能性がありますので、フィルタの時定数を固定しながら $C_{is}$ を小さく、 $R_{is}$ を大きくして下さい。(R4を追加する場合 $R_{is}=470\Omega$ 程度推奨)  
ただし、待機電力が増加したり、過負荷検出レベルが変化します。特に本ICでは過負荷検出レベルの入力電圧依存性を補正していますが、この比率がずれますので十分確認して下さい。

### (3)軽負荷時のバースト動作ポイントの調整2

トランスの音鳴りは問題ない場合で、負荷が重い状態からバースト動作に入れて、軽負荷時の効率を上げたい場合は、IS端子と補助巻線間に抵抗R5を追加して下さい(図26)。ただし、過負荷検出レベルが変化します。特に本ICでは過負荷検出レベルの入力電圧依存性を補正していますが、この比率がずれますので十分確認して下さい。

### (4) 外部信号による電流制限最大スレッシュ電圧の切替 (FA5643/48を除く)

図22のダイオードD1及びD2は、VCC端子と補助巻線間のダイオードと共通の部品を使用できます。MOSFETがOFFの期間の補助巻線電圧は、二次側出力電圧と二次側巻線数と補助巻線数の比率で決まる電圧が出力されます。IS端子電圧の引き上げレベルはターンオフ後2us時点のIS端子電圧が、IS端子スタンバイ検出電圧0.55V以上になるように、抵抗R3の値を決定して下さい

この場合、 $R_{is}$ が小さいとIS端子の電圧が上昇しない可能性がありますので、(2)の軽負荷時のバースト動作ポイントの調整1の記述内容と同様にフィルタの定数を調整して下さい。

ダイオードD2は、ダイオードD1と同様にIS端子に負電圧が印加され、異常動作することを防止するダイオードです。ダイオードD1だけでは不十分な場合が多いため追加することを推奨します。

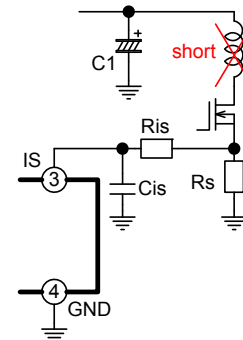


図23 トランスショート保護

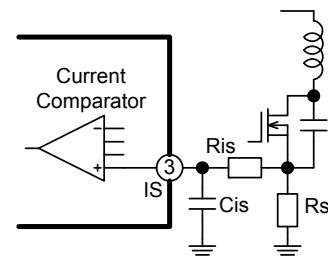


図24 IS端子のフィルタ

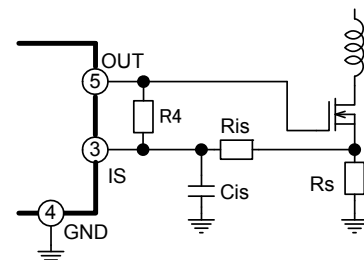


図25 バースト動作ポイント調整1

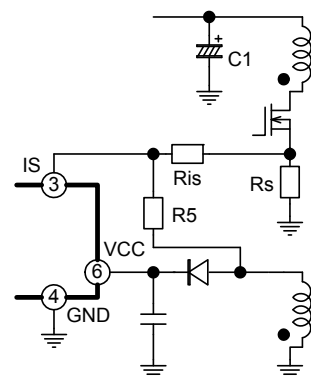


図26 バースト動作ポイント調整2

#### (5) 過負荷検出レベルの微調整

過負荷検出レベルは基本的に抵抗 $R_s$ により決まりますが、微調整したい場合は、図27のように抵抗 $R_6$ を追加して $R_s$ と $R_6$ で抵抗分圧した電圧をIS端子に入力して下さい。

#### (4) 4番端子 (GND端子)

##### 機能

IC各部の電圧の基準となります。

#### (5) 5番端子 (OUT端子)

##### 機能

MOSFETを駆動します。

##### 使用方法

###### ・接続方法

抵抗を通して、MOSFETのゲート端子に接続します。  
(図28,図29,図30)

###### ・動作

MOSFETをオンさせる期間は、H出力状態になり、ほぼVCC電圧が出力されます。  
MOSFETをオフさせる期間は、L出力状態になり、ほぼ0Vの電圧が出力されます。

#### ■ 設計のアドバイス

OUT端子の電流制限やゲート端子電圧の振動防止などを目的にゲート抵抗を接続します。

ICの出力電流の定格は、ソース0.25A、シンク0.5Aですので、これを超えないようにゲート抵抗を調整して下さい。

#### (6) 6番端子 (VCC端子)

##### 機能

(i) ICの電源を供給します。

##### 使用方法

###### ・接続方法

一般には、トランスに設けた補助巻線電圧を整流・平滑して接続します。(図31)

なお、補助巻線はZCD端子に接続するものと兼用可能です。

###### ・動作

通常動作時に補助巻線から供給される電圧は、11～26V(推奨動作条件)になるように設定します。起動回路は、VCC端子電圧が起動電流リセット電圧9V以下になると動作しますので、起動回路を動作させないために11V以上を推奨します。

補助巻線を使用せず、起動回路から供給される電流でICを動作させることも可能ですが、待機電力が大きくなりますので基本的に推奨しません。もし起動回路のみで動作させる場合は、VH端子の起動抵抗を調整してICで消費する電力を低減する必要があります。しかし抵抗を大きくしすぎると、VCCに供給できる電流が不足し、動作しなくなる可能性もありますので、調製には十分注意が必要になります。また、電源の回路構成や定数によっては、対応不可能になる場合もあります。

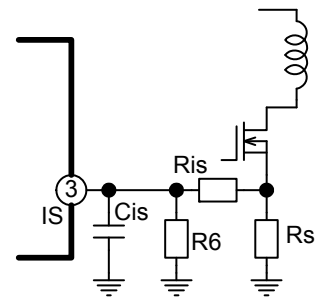


図27 過負荷検出レベルの調整

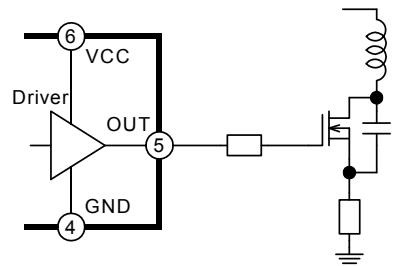


図28 OUT端子回路(1)

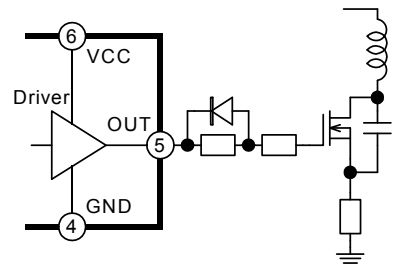


図29 OUT端子回路(2)

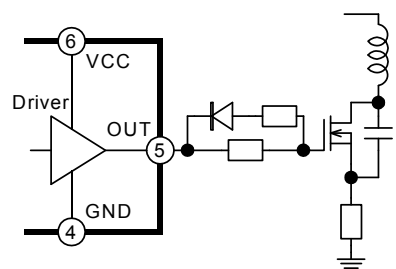


図30 OUT端子回路(3)

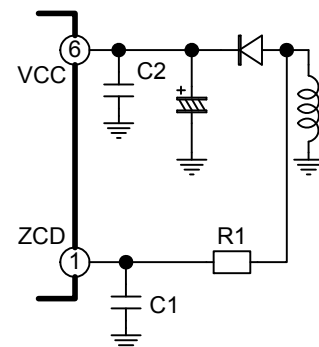


図31 VCC回路

## ■ 設計のアドバイス

### (1) バイパスコンデンサの接続

VCC端子には、MOSFETを駆動する瞬間に大電流が流れるため、比較的大きなノイズが発生し易くなります。また、補助巻線から供給される電流からもノイズが発生します。このノイズが大きいと、ICの誤動作の原因になる可能性がありますので、図31のようにVCC-GND間に電解コンデンサとは別に、ICのVCC端子の直近にバイパスコンデンサC2(0.1 $\mu$ F以上)を追加して下さい。

### (2) 電源電圧入力範囲調整

電源電圧の推奨動作範囲は11V~26Vです。負荷が軽い時はVCC端子電圧は低下し、負荷が重い時は電圧が上昇し、推奨動作範囲から外れることがあります。その場合は、VCC端子とダイオード間の抵抗を変更して電圧調整を行って下さい。また、抵抗の足元にビーズコアを追加することにより電圧変化が抑えられる場合があります。

上記対策で不十分な場合は、トランスの二次巻き線と補助巻き線をバイファイラ巻きにすることを推奨します。

### (3) VCC端子に直接電源供給する場合

VH端子を使用せずにVCC端子に直接電源を供給する場合は、VH端子をオープンまたは、VH端子とVCC端子をショートして使用して下さい

VH端子をGNDに接続した状態で使用すると、リーク電流が発生する場合があります。

### (7) 7番端子 (N.C.)

高圧端子の隣接端子のため、IC内部とは未接続です。(プリント基板上のパターンもオープン状態にして下さい。)

### (8) 8番端子 (VH端子)

#### 機能

- (i) 起動電流を供給します。
- (ii) 入力電圧を検出して入力電圧補正をかけます。  
(FA5642を除く)

#### 使用方法

##### (i) 起動電流を供給します。

##### ・接続方法

高圧ラインに接続します。整流後に接続する場合には、数k $\Omega$ の起動抵抗を介して接続します。(図34) 一方、整流前に接続する場合には、数k $\Omega$ の起動抵抗とダイオードを介して高圧ラインに接続します。(図32、図33)

(図32、図33)

##### ・動作

本ICは耐圧500Vの起動回路を内蔵しており、低消費電力化を実現できます。高圧ラインへの接続方法を図32から図34に示します。

図32の接続は最も一般的な接続方法で、VH端子をAC入力電圧の半波整流波形に接続する方法です。

この方法は、3つの接続方法の中では最も起動時間が長くなります。また、過負荷保護や過電圧保護により、ICがラッチ停止後、AC入力電圧を遮断すると、VH端子からの電流の供給がなくなるため、数秒程度の短時間でラッチ停止状態のリセットが可能になります。

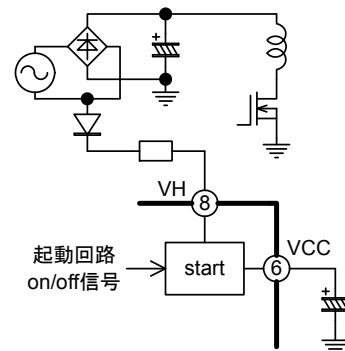


図32 VH端子回路(1)

図33の接続は、VH端子をAC入力電圧の全波整流波形に接続する方法です。この方法は図32の半波整流に比べ起動時間をおよそ半分と短くすることができ、AC入力電圧を遮断することで、ラッチ停止状態のリセット時間も図32と同様に短時間で行うことができます。ただし、この接続方法は入力電圧補正機能を内蔵しているラインナップでは入力検出機能が正常に動作しない場合がありますのでFA5642のみ推奨します。

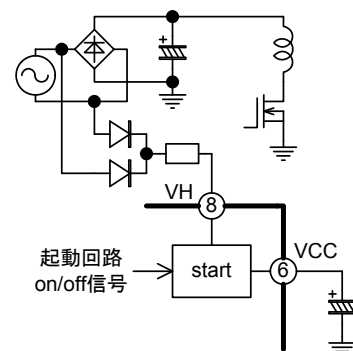


図33 VH端子回路(2)

図34の接続は、VH端子をAC入力電圧の整流平滑後に接続する方法です。この方法は3つの接続の中で最も起動時間が短くなる方法です。しかし、この方法の場合、ICがラッチ停止した後AC入力電圧を遮断しても、入力コンデンサに充電された電圧がVH端子に加わるため、ラッチ停止状態がリセットするまでに時間がかかります。使用条件にもよりますが、一般的にAC入力を遮断して、数分かかりますのでご注意ください。

電源投入時には、VH端子を通して起動回路からVCC端子に供給される電流によりVCC端子に接続されたコンデンサは充電され電圧が上昇、低電圧誤動作防止回路(UVLO)部のONスレッショールド電圧14Vまたは10Vを超えると内部回路用電源が起動し、ICが動作を開始します。

補助巻線からVCC供給がある場合は、起動回路は遮断状態になります。補助巻線からの電源供給が無い場合は、起動回路から供給される電流で、ICは通常動作を行います。待機電力が大きくなりますので基本的に推奨しません。

もし起動回路のみで動作させる場合は、VH端子の起動抵抗を調整してICで消費する電力を低減する必要があります。しかし抵抗を大きくしすぎると、VCCに供給できる電流が不足し、動作しなくなる可能性もありますので調整には十分注意が必要になります。また、電源の回路構成や定数によっては、対応不可能になる場合もあります。

VH端子からVCC端子に供給される電流はVCC=6.5Vの状態では約8mAですが、端子間ショートのようなアブノーマル状態では電流が制限され、VCC=0Vでは0.7mAに低減しています。

#### (ii)入力電圧のピーク電圧を検出して入力電圧補正をかけます。(FA5642を除く)

##### ・接続方法

(i)の起動電流の供給と同じです。

##### ・動作

VH端子に整流後の電圧が入力されている場合、VH端子電圧の上昇時は226V、下降時は212Vにて入力電圧による補正のために、各スレッショールド電圧が切り替わります。半波整流が入力されている場合は160Vrmsで切り替わります。入力電圧機能切替遅延時間は30msです。

入力電圧により切り替わるスレッショールド電圧は、バーストモードの切り替わり負荷に関するパルス停止FB電圧と、バースト周波数に関するFB端子抵抗比率、IS端子の過電流制限レベルとなる最大入力スレッショールド電圧と、スタンバイモード時(FA5643/48は除く)の過電流制限レベルとなるスタンバイ時最大入力スレッショールド電圧です。

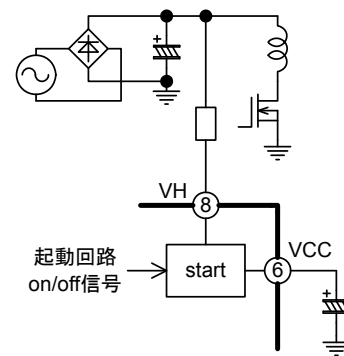


図34 VH端子回路(3)

## ■ 設計のアドバイス

### (1)起動抵抗

VH端子には、ACラインのサージ電圧によるICの破壊を防止する目的で、起動抵抗を2k~10kΩの範囲で直列に接続することを推奨します。この起動抵抗により、起動時間や起動電圧を調整することはできません。あまり大きな抵抗を接続すると起動できなくなる可能性がありますので注意が必要です。

### (2)VCC端子に直接電源供給する場合

VH端子を使用せずにVCC端子に直接電源を供給する場合は、VH端子をオープンまたは、VH端子とVCC端子をショートして使用して下さい。VH端子をGNDに接続した状態で使用すると、リーク電流が発生する場合があります。

### (9) その他設計上のアドバイス

#### (1) 最小発振周波数制限による起動時のサージ

FA5641/43は、起動／停止時の音鳴りを軽減するために最小発振周波数制限機能を内蔵しています。しかし、この機能により、起動時に電流連続モードで動作する期間が発生し、二次側ダイオードのサージ電圧が大きくなる可能性があります。ダイオードのサージが懸念される場合は最小周波数制限機能のない系列品をご検討ください。

#### (2) ボトムスキップ時のスイッチング周波数

本ICは、ZCD端子を利用してオンオフ幅を検出して、ボトムスキップ回数をコントロールしており、負荷に合わせて最大で4回目のボトムでオンするところまで、ボトムスキップします。この時、電源の仕様やトランスの設計条件などによっては、ボトムスキップ時のスイッチング周波数が40kHz以下になる場合があります。例えば、この周波数が他の機器と干渉して問題になる場合は、MOSFETのドレインソース間に接続している共振コンデンサを調整して下さい。容量を小さくすると共振周波数が高くなり、ボトムスキップ時のスイッチング周波数を高くすることが出来ます。

#### (3) 各端子への負電圧印加による誤動作防止

ICの各端子に大きな負電圧が印加されると、IC内部の寄生素子が動作し、誤動作の原因になる場合があります。各端子に加わる電圧は-0.3V以下にならないように注意して下さい。

OUT端子には、MOSFETがオフした後に発生する電圧の振動が、MOSFETの寄生容量を通してOUT端子に印加され、OUT端子に負電圧が加わる場合があります。

またIS端子には、MOSFETのターンオン部分で発生するサージ状の電流の振動で、ZCD端子には補助巻線からのノイズにより負電圧が加わる場合がありますし、その他の端子についてもノイズにより負電圧が印加される場合があります。このような場合には、各端子とGNDとの間にショットキーダイオードを接続して下さい。ショットキーダイオードの順方向電圧で各端子の負電圧を抑える事が可能です。この場合、ショットキーダイオードには、順方向電圧の低いものを使用して下さい。

OUT端子にショットキーダイオードを接続した場合の例を、図35に示します。

#### (4) 損失計算

ICを定格内で使用するには、ICの損失を求める事も必要になってきます。しかし、ICの損失は直接測定しにくいいため、ここでは計算で概略を求める例を記載します。

VH端子に印加される電圧をVth、動作中にVH端子に流入する電流をIVHrun、電源電圧をVcc、ICの消費電流をICCop1、使用するMOSFETのゲート入力電荷量をQg、スイッチング周波数をfswとすると、ICの全損失Pdの概算値は以下の関係式で求められます。

$$P_d \approx V_{CC} \times (I_{CCop1} + Q_g \times f_{sw}) + V_{th} \times I_{VHrun}$$

この概算値は実際の値より大きくなる傾向があります。また、各特性値には温度特性やバラツキがありますので、これらを十分考慮して下さい。

#### 計算例)

AC100V入力で、VH端子を半波整流波形に接続した場合、VH端子に加わる平均電圧は約45Vとなります。

この状態で、Tj=25℃の場合において、Vcc=15V、Qg=80nC、fsw=60kHzとします。スペックよりIVHrun=30uA、ICCop1=0.85mAですので、標準的なICの損失は、

$$P_d \approx 15V \times (0.85mA + 80nC \times 60kHz) + 45V \times 30uA \\ \approx 86.1mW \text{ となります。}$$

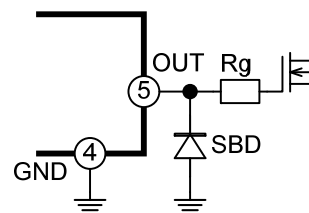


図35 OUT端子負電圧防止

## 11. パターン設計上の注意点

スイッチング電源はパルス状の大きな電流がGND経路に流れ、サージ電圧(ノイズ)が発生する事により、制御ICの誤動作(電圧不安定、波形不安定、異常ラッチ停止等)を起こす可能性があります。  
また、雷サージ試験、AC入力サージ試験及び静電気試験等の外部サージ電圧によって誤動作する可能性があります。  
これらの誤動作を防止するために、以下の内容に十分配慮しパターン設計を実施してください。

### ・スイッチング電源における電流経路

- ①AC電源整流後の電解コンデンサから、トランス一次巻き線、MOSFET及び電流検出抵抗に流れる主電流
- ②トランスの補助巻き線から電解コンデンサに流れる電流と、電解コンデンサから制御IC、MOSFETのゲートに流れる駆動電流
- ③出力フィードバック信号などの制御ICの制御電流
- ④一次、二次間に流れるフィルター電流及びサージ電流

### ・パターン設計上のポイント

- ・上記①～④項のマイナス側パターンは、それぞれ干渉を受けない様に分離してください。
- ・MOSFETのサージ電圧を小さくするために、主回路電流が流れる経路は最短のループにしてください。
- ・VCC端子-GND間の電解コンデンサは、極力ICの近くに配置してください。
- ・VCC端子に接続されるノイズ除去用のセラミックコンデンサ、またはフィルムコンデンサはICの直近に配置し最短の配線で接続してください。
- ・FB端子、IS端子、ZCD端子などのフィルター用コンデンサは、各端子の直近に配置し最短で接続してください。  
特に、FB端子とIS端子のマイナス側パターンは、できれば他のパターンと分離してICのGND端子に最短で接続して下さい。
- ・ICや信号系の部品は、主回路ループ内には配置しないでください。
- ・トランスからはリーケージインダクタンスが発生します。この影響を避けるために、トランスの直下に高いインピーダンスの制御回路部品及びパターンの配置は避けてください。

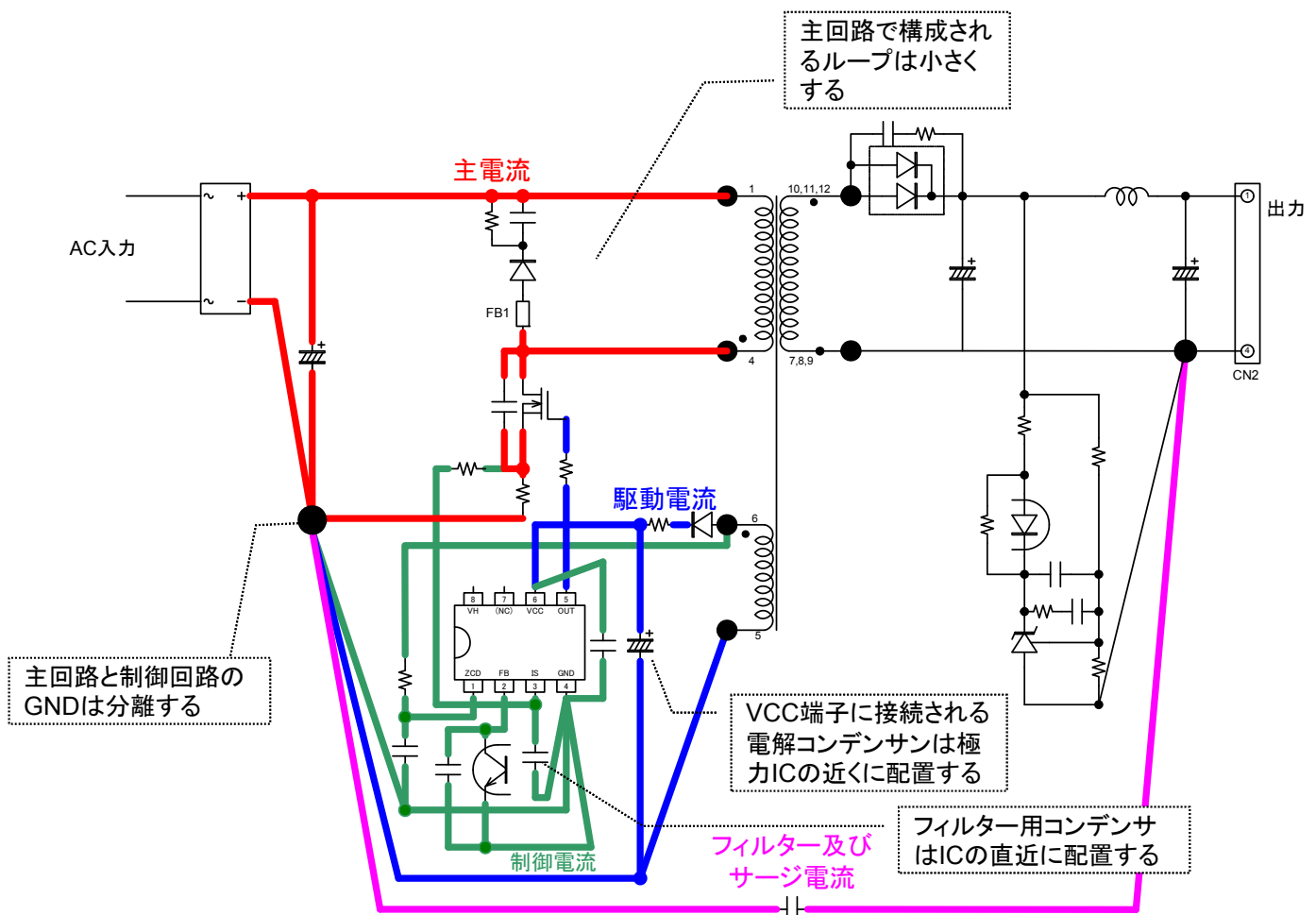
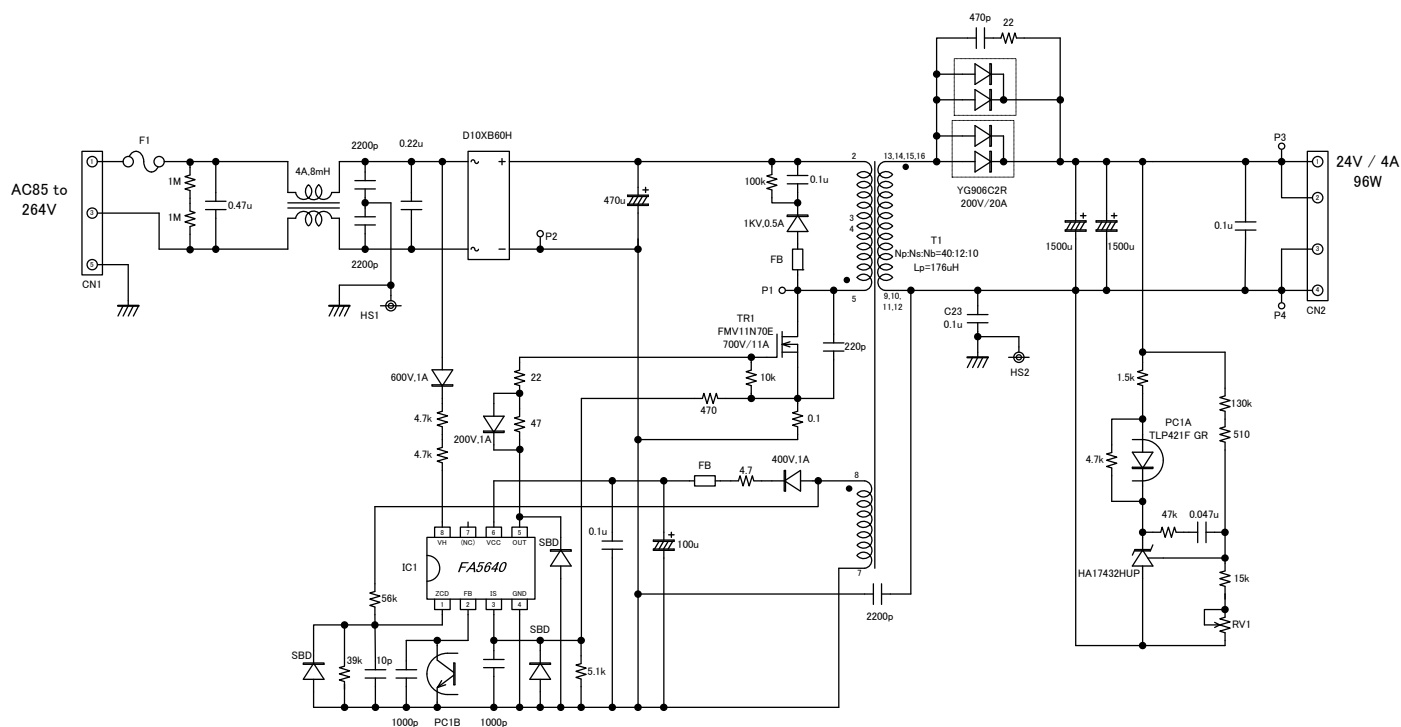


図36 パターン設計メージ図

## 12. 応用回路例

この応用回路例は、各系列IC共通の仕様となっています。



ご注意) この応用回路例は、本ICの代表的な使用方法を説明するための参考資料であり、動作や特性を保証するものではありません。

## ご注意

1. この資料の内容(製品の仕様、特性、データ、材料、構造など)は2016年9月現在のものです。  
この内容は製品の仕様変更のため、または他の理由により事前の予告なく変更されることがあります。この資料に記載されている製品を使用される場合には、その製品の最新版の仕様書を入手して、データを確認してください。
2. 本資料に記載してある応用例は、富士電機製品を使用した代表的な応用例を説明するものであり、本資料によって工業所有権、その他権利の実施に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
3. 富士電機(株)は絶えず製品の品質と信頼性の向上に努めています。しかし、半導体製品はある確率で故障する可能性があります。  
富士電機製半導体製品の故障が、結果として人身事故、火災等による財産に対する損害や、社会的な損害を起こさぬように冗長設計、延焼防止設計、誤動作防止設計など安全確保のための手段を講じてください。
4. 本資料に記載している製品は、普通の信頼度が要求される下記のような電子機器や電気機器に使用されることを意図して造られています。  
・コンピュータ・OA機器・通信機器(端末)・計測機器・工作機械  
・オーディオビジュアル機器・家庭用電気製品・パーソナル機器・産業用ロボット など
5. 本資料に記載の製品を、下記のような特に高い信頼度を持つ必要がある機器に使用をご予定のお客様は、事前に富士電機(株)へ必ず連絡の上、了解を得てください。この資料の製品をこれらの機器に使用するには、そこに組み込まれた富士電機製半導体製品が故障しても、機器が誤動作しないように、バックアップ・システムなど、安全維持のための適切な手段を講じることが必要です。  
・輸送機器(車載、鉄道、船舶用など)・幹線用通信機器・交通信号機器  
・ガス漏れ検知及び遮断機・防災／防犯装置・安全確保のための各種装置
6. 極めて高い信頼性を要求される下記のような機器には、本資料に記載の製品を使用しないでください。  
・宇宙機器・航空機搭載用機器・原子力制御機器・海底中継機器・医療機器
7. 本資料の一部または全部の転載複製については、文書による当社の承諾が必要です。
8. 本資料の内容にご不明の点がありましたら、製品を使用する前に富士電機(株)または、その販売店へ質問してください。本注意書きの指示に従わないために生じたいかなる損害も富士電機(株)とその販売店は責任を負うものではありません。

- 本資料の内容は、改良などのために予告無く変更することがあります。
- 本資料に記載されている応用例や部品定数は、設計の補助を目的とするものであり、部品バラツキや使用条件を十分に考慮したものではありません。  
ご使用にあたっては、これら部品バラツキや使用条件等を考慮した設計をお願いします。