

第4世代擬似共振制御 IC 「FA5640 シリーズ」

特集

"FA5640 Series" 4th-Generation Quasi-Resonant Control ICs

丸山 宏志 Hiroshi Maruyama

陳 健 Ken Chyen

山田谷 政幸 Masayuki Yamadaya

液晶 TV の電源制御 IC として、低スタンバイ電力化と音鳴り防止を両立した第4世代擬似共振制御 IC 「FA5640 シリーズ」を開発した。スイッチング周波数を調整するボトムスキップ機能に乱れがあると音鳴りとなるため、軽負荷時に負荷レベルの検出にヒステリシスを付けることで安定化させ、音鳴りを防止している。さらに負荷の軽いスタンバイ時はバースト動作となるが、音鳴りしない小さな電力以下でバースト動作を行うように最適化し、外部調整回路が不要で使いやすい製品となっている。

The FA5640 Series of 4th-generation quasi-resonant control ICs have been developed for power supply control ICs of LCD TVs, which can deliver low standby power while also preventing audible noise. Audible noise in switched mode power supplies occurs because of irregularities in the bottom-skip function that adjusts switching frequency. To prevent it, these ICs introduce hysteresis in the detection of load levels under light load conditions. A further optimization adjusts burst operation under light load standby conditions so that burst operation is performed at low power where audible noise is not produced. This eliminates the need for external circuits, making these chips easy to use.

1 まえがき

近年、液晶 TV が世界規模で普及し、待機電力の低減や低価格化で各社がしのぎを削り、LED バックライトパネルや超薄型 TV など、次々と大手メーカーから新モデルが市場に投入される状況となっている。

画面にノイズを出さないようにするために、液晶 TV 用のスイッチング電源は、65 W を超える大型パネルの液晶 TV では高効率を特徴とする電流共振方式が、65 W 以下の小型液晶 TV では部品コストが低い擬似共振方式が多用される。65 W 以下の 32 インチ液晶 TV は价格的に安く、販売数も多いため、今後も擬似共振電源制御 IC の需要が大きい。

富士電機では、IC の起動電流を AC100 V や AC230 V の商用交流電源から直接供給し、起動後はこの電流をオフできる高耐圧起動素子を内蔵した 8 ピンの擬似共振制御 IC の系列化を推進している。今回、軽負荷時の低電力化と音鳴り対策を強化した第4世代の擬似共振制御 IC を開発したので、その概要を紹介する。

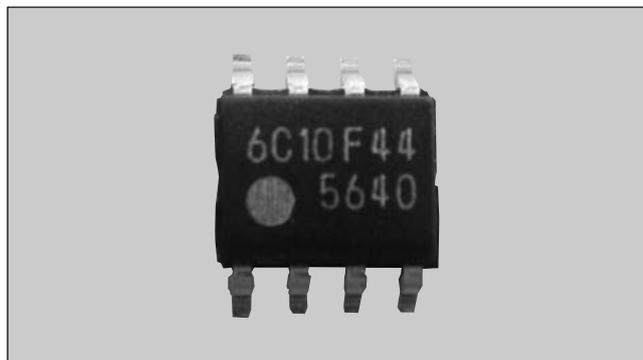


図1 FA5640Nの外観

2 製品の概要

擬似共振方式は、パワー MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) のターンオフ後の1次側トランスの共振ボトムで次のサイクルのターンオンを行うことにより、スイッチングノイズを抑えることが特徴である。最大負荷時に最小スイッチング周波数となり、負荷が軽くなるに従ってスイッチング周波数が増える。

そのため、制御 IC には軽負荷時に周波数が増えすぎないように、ターンオンする共振ボトムの回数を遅らせるボトムスキップ機能を内蔵している。このボトムスキップの乱れが軽負荷時に音鳴りとなる場合があり、今回開発した第4世代擬似共振制御 IC 「FA5640 シリーズ」では、ボトムスキップの安定化を行っている。

図1にFA5640シリーズの代表的な型式である

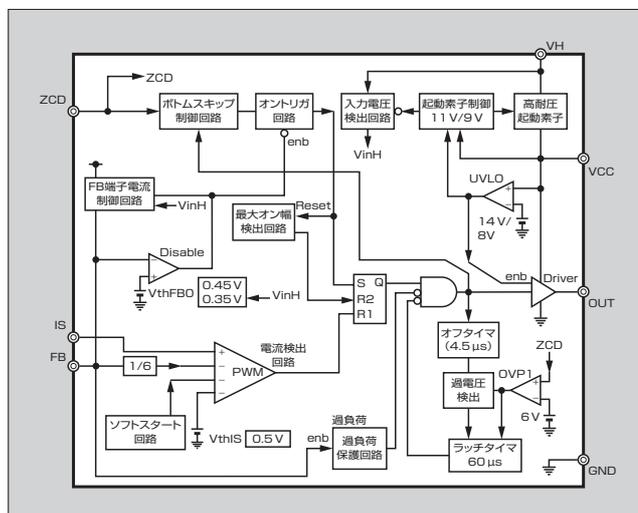


図2 FA5640Nのブロック図

表1 「FA5640シリーズ」と従来の「FA5571シリーズ」との比較

	FA5640シリーズ					FA5571シリーズ	
	FA5640	FA5641	FA5642	FA5643	FA5644	FA5571	FA5572
ボトムスキップ	オン-オフ幅切替え (ヒステリシスあり)					最大周波数制限 (ヒステリシスなし)	
電圧ゲイン Δ FB/ Δ IS	6倍					2倍	
IS最大入力電圧	0.5V \pm 30mV (AC100V入力)					1.0V \pm 0.1V	
パルス停止FB電圧 (バースト動作)	0.45V (電流換算比: 0.75, AC100V入力) 0.35V (電流換算比: 0.58, AC230V入力, FA5642は除く)					0.4V (電流換算比: 1.0)	
過負荷動作	自動復帰			ラッチ停止		自動復帰	ラッチ停止
過負荷タイム	200ms			256ms		200ms	
過電圧保護	ZCD>6V \pm 5% ターンオフ後検出 60 μ sタイムラッチ					ZCD>7.2V ターンオフ後検出 即ラッチ	
外部信号ラッチ	ZCD>6V 60 μ sタイムラッチ					ZCD>7.2V 57 μ sタイムラッチ	
最大オン幅制限	24 μ s					なし	
最小周波数制限	なし	25kHz	なし	25kHz	なし	なし	
IS端子過電圧ラッチ	なし			0.97V	なし	2.0V	
VCC端子UVLO* 電圧	14V/8V		10V/8V	14V/8V		18V/8V	
VH入力電圧切替え機能	あり (FBバースト電圧など)					なし	

*UVLO: Under Voltage Lock Out

FA5640Nの外観を、図2にブロック図を示す。また、FA5640シリーズと従来の「FA5571シリーズ」との比較を表1に示す。

3 製品の特徴

3.1 ボトムスキップ制御の安定化

従来のFA5571シリーズでは、最大周波数を制限することでボトムスキップ機能を実現している。スイッチング周期が設定より短い場合に共振ボトムでのターンオンをスキップする。ヒステリシスの設定がないため、ボトムスキップ数が増加すると周波数が低下し、スキップ数がまた元に戻ることを繰り返す不安定動作が発生し、音鳴りする場合があった。

そこで、FA5640シリーズでは、スキップ数を安定化させ、音鳴り(可聴帯域のノイズ)を防止するために次のような工夫を行った。ボトムスキップ機能は、図3のパワーMOSFETのドレイン波形のターンオンからターンオフ(オン幅)と、その後のフライバック期間が終わった最初のボトムまでをオン-オフ幅として、このオン-オフ幅が図4に点線で示した移行パルス幅となるとスキップ数が切り替わるようにした。さらに、図に示すように、この移行パルス幅には、負荷が減少する場合と増加する場合とで移行パルス幅を変化させてヒステリシスが生じるようにした。

3.2 バースト動作

電源の待機時など負荷が小さい場合にはFB端子へのフィードバック信号量が低下する。FA5640では、FB端子電圧がスイッチングパルス停止電圧以下になるとスイ

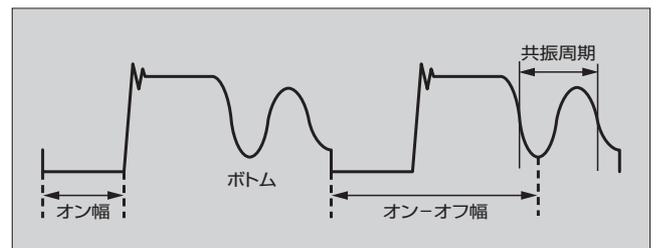


図3 擬似共振パワー MOSFET ドレイン波形

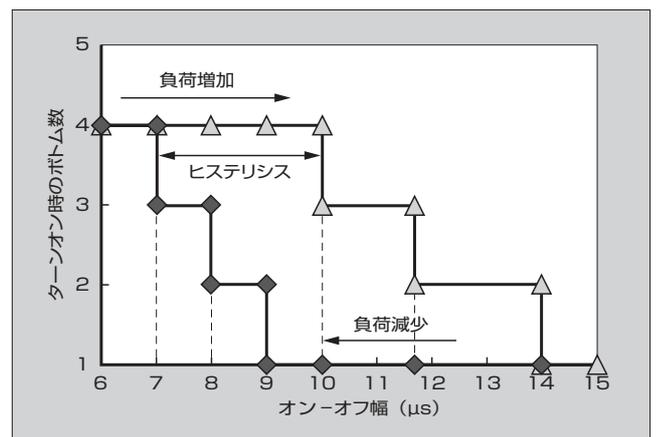


図4 ボトムスキップ移行時オン-オフ幅

チングを停止し、またこの電圧を超えるとスイッチングを再開することでバースト動作を行う。

FB電圧がこのパルス停止電圧より低下すると、FB端子からのソース電流を小さい値に切り替えることでFB電圧をパルス電圧より下側に振動させて停止期間を作る。FB電圧が再びパルス停止電圧まで上昇すると、FB端子

ソース電流を元に戻すことでFB電圧をパルス停止電圧より上側に振動させてスイッチングを再開する。このパルス停止電圧を挟んでFB端子の電圧を振動させ、安定したバースト動作を実現する。

なお、バースト動作移行時の出力電力が大きい場合には、バースト時の音鳴りが問題となる場合がある。FA5640では、1次側電流の設定を、従来のFA5571と比べて、AC100V入力においては0.75倍、AC230V入力においては0.58倍に切り替えることで、バースト時の音鳴りを防止している。

3.3 保護機能

(1) 過電圧保護

2次側出力電圧のトランスの巻数比分の電圧が発生する補助巻線電圧は、ZCD端子で監視して過電圧保護をかける。パワーMOSFETのターンオフ後、ZCD端子が過電圧しきい値以上で検出し、タイム期間60 μ sの間継続するとラッチ停止となる。

従来のFA5571に比べて検出電圧も $\pm 5\%$ に高精度化し、タイムの追加で瞬間のノイズによる誤動作を防止している。

(2) その他の保護機能

表1に示すように、過負荷保護は、自動復帰タイプのFA5640とラッチ停止タイプのFA5644を系列化している。

また、MOSFETの保護のため最大オン幅制限を追加し、さらに最低周波数制限（起動時に発生する異音対策）、IS端子過電圧ラッチ機能（部品短絡保護）、別電源からのVCC供給用にUVLOを低電圧化したタイプも系列化した。小電力のインクジェットプリンタから大型の事務機器用電

源など、液晶TV以外の用途にも適した低ノイズの電源を構成できる。

4 電源回路への適用効果

4.1 ボトムスキップ音鳴り対策

図5にFA5640で内蔵しているオン-オフ幅でのボトムスキップの動作を示す。図5(a)にAC100V入力時、図5(b)にAC230V入力時の出力電力に対するスイッチング周波数とオン-オフ幅をグラフ化した。

AC100V入力時、定格の96W出力時に50kHzで動作しており、これが最低の動作周波数となる。出力電力が低下するに従ってオン-オフ幅が狭くなり、スイッチング周波数は増加していく。図中の負荷減少でプロットした下側のラインをたどって、オン-オフ幅が9 μ sになった時点で、ターンオンする共振ボトムが1回目から2回目でターンオンする動作に切り替わる。このとき周波数は110kHzから80kHzに低下し、オン-オフ幅が9 μ sから10.5 μ sに広がって動作する。ボトムスキップのオン-オフ幅切替えの2回目から1回目に戻るパルス幅は14 μ sで、十分なヒステリシスが設定してある。このため切替りポイントで不安定動作は発生せず、ボトムスキップでは音鳴りはしない。

さらに出力電力が低下すると、同様にオン-オフ幅が次の切替りパルス幅になるごとにボトムスキップ数が増加し、最大4回目でターンオンするまでボトムスキップを変化させる。その結果、軽負荷時のスイッチングの周波数は、60~110kHzの範囲内となる。

また、AC230V入力時は、AC100V入力時に比べ全体

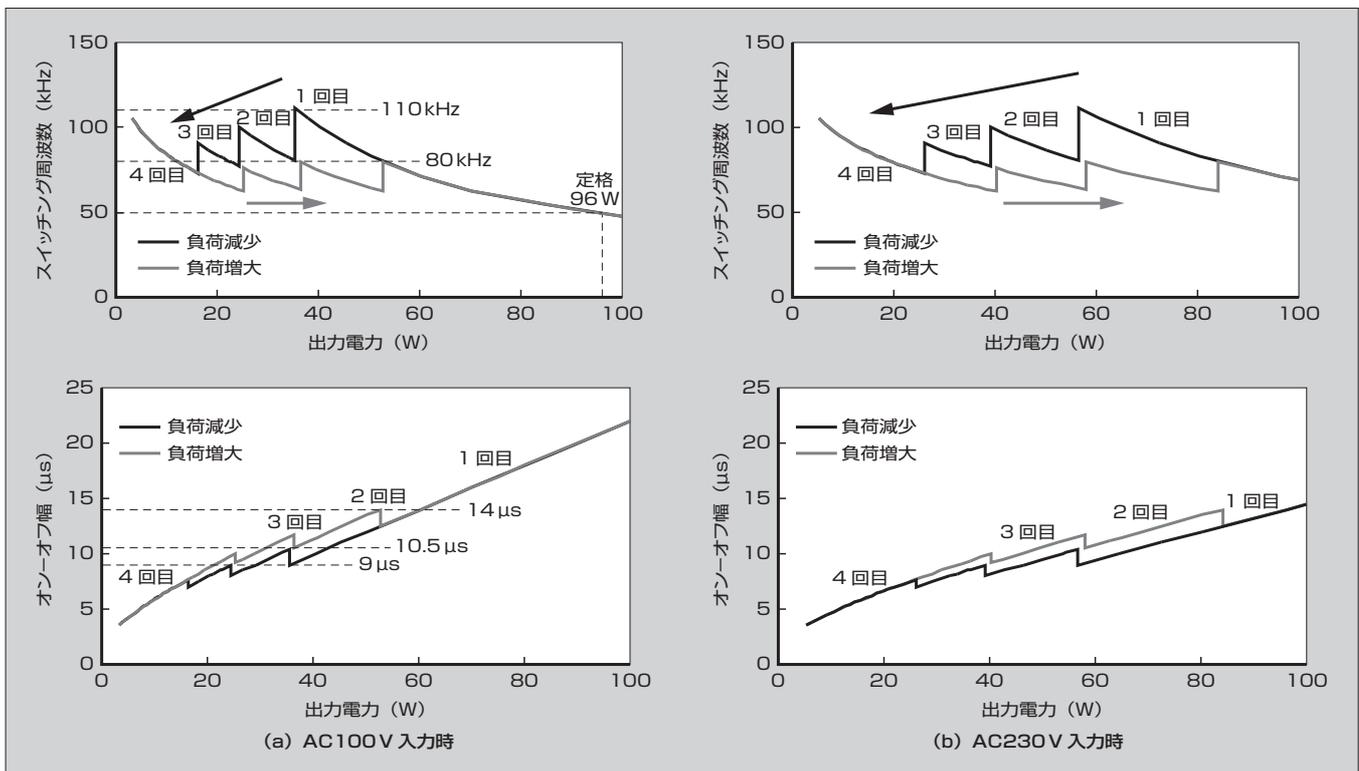


図5 出力電力とスイッチング周波数およびオン-オフ幅

的にオン・オフ幅が狭くなり、出力電圧が低下した場合には AC100V よりも出力電力の大きいレベルでボトムスキップが進む。このため全体的な周波数範囲は、AC100V 入力時と同じ周波数範囲内 (60 ~ 110 kHz) での動作となる。

4.2 バースト時音鳴り対策と部品削減

図6に、バースト動作から通常のスイッチング動作に戻る場合の出力電力を示す。

従来の FA5571 では、バースト時の出力電力が 10 ~ 18W と大きいと音鳴りが問題となる場合があり、外部回路でのバーストレベル調整で対応する必要があった。このため部品点数が増加するという欠点があった。

FA5640 では、パルス停止 FB 電圧の調整でバースト

時のパワー MOSFET の電流を下げ、バースト時の出力電力を約 50% に最適化し、最大でも 9W 以下に抑えている。この結果、バースト時の音鳴りを問題ないレベルまで低減し、かつ外部調整部品の削除を可能とした。図7に、FA5640 の評価用電源の回路図を示す。

4.3 待機時入力電力

図8に、30mW 出力時の待機時入力電力を示す。FA5640 では FA5571 と比べて、全入力電圧範囲での低電力化を実現している。特に入力電圧 AC150V 以上の高入力電圧時には、バースト停止時の FB ソース電流の切替比率を大きくする機能を内蔵し、バースト時の FB 端子電圧の振幅を大きくして、バースト周波数をより遅くしている (図9)。この効果によって、高入力電圧時の待機電

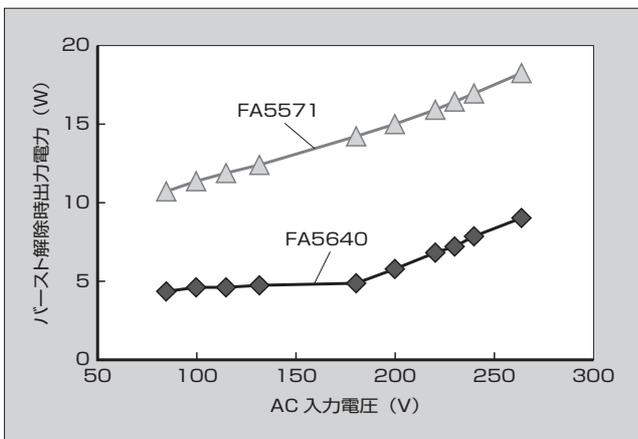


図6 バースト解除時出力電力

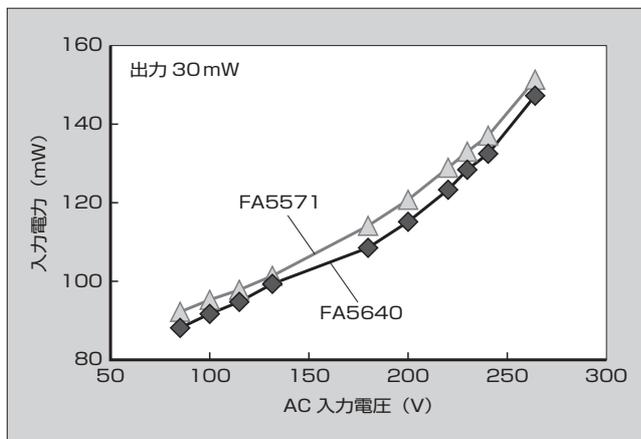


図8 待機時入力電力

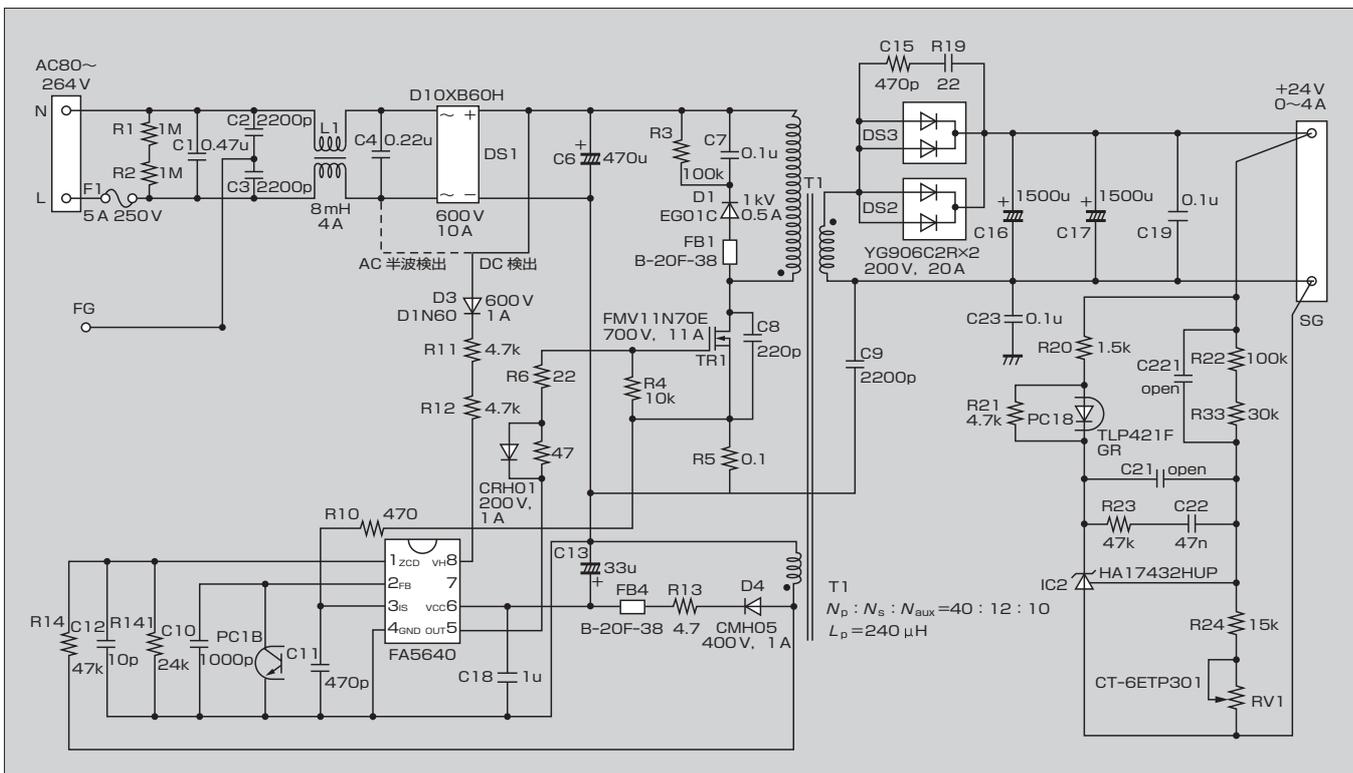


図7 FA5640 評価用電源回路 (24V/4A, 96W)

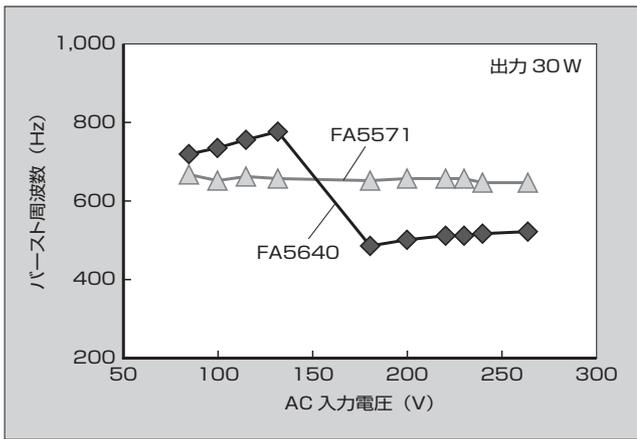


図9 バースト周波数 (入力電圧切替え)

力を低減し、またバースト周波数を AC100V 入力時よりさらに下げることによって、可聴範囲から外れ、音鳴りも抑えることができる。

5 あとがき

第4世代擬似共振制御IC「FA5640シリーズ」における軽負荷時および待機時の低電力化と、音鳴りの低減について紹介した。今後もさらなる低電力化要求に対応し、使いやすさを追究し、市場の要求に貢献できる電源制御IC

の製品化・系列化を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 丸山宏志ほか. 低待機電力擬似共振電源IC「FA5571シリーズ」. 富士時報. 2008, vol.81, no.6, p.415-418.



丸山 宏志

スイッチング電源制御ICの開発に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部松本工場技術統括部ディスクリート・IC技術部。



陳 健

スイッチング電源制御ICの開発に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部松本工場技術統括部ディスクリート・IC技術部。



山田谷 政幸

電源ICの開発に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部松本工場技術統括部ディスクリート・IC技術部主査。工学博士。電気学会会員。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。