

DESIGN SHOWCASE

トリミング不要の電話トーンジェネレータ

電話線と接続する機器（モデムなど）の多くは、CPMとして知られる“通話進行監視”機能を適用しています。CPM回路は、人が行うように回線上の音を聞き、聞いた音に対して応答します。例えば、人が電話を掛ける時、まず発信音が聞こえてから電話番号をダイヤルする必要があります。これは、コンピュータでも同様です。

人が通話進行音を監視する場合、発信音の精度はそれほど重要ではありませんが、これをコンピュータで行うとなると、誤解釈を防ぐために発信音の精度仕様が必要となります。これに関しては、CCITTから北米精密可聴音計画（North American Precise Audible Tone Plan）が発表されています。以下の資料は、CCITTグリーンブック第VI-4巻からの引用です。

用途	周波数 (Hz)				電力 (交換時、発信音当たり)	カデンツ
	350	440	480	620		
ダイヤル	✓	✓			-13dBm0	連続
通話中			✓	✓	-24dBm0	0.5sec on; 0.5sec off
再要求			✓	✓	-24dBm0	0.2sec on; 0.3sec off* or 0.3sec on; 0.2sec off
呼出し中		✓	✓		-19dBm0	2sec on; 4sec off
通話		✓			-13dBm0	0.3sec on, every 10sec

シングルトーンまたはデュアルトーン発生用の簡単な回路を、図1に示します。これらのトーンには、±0.5%精度の周波数及び表の“カデンツ”欄に示したゲート化が必要です（カデンツはμPで制御可能）。このジェネレータは、CMP回路用のテスト入力のトーン発生部などに使用するアプリケーションに適しています。

正弦波の発生は、通常、同一周波数の方形波を発生するよりも困難です。最も簡単な方法は、まず所望の周波数の方形波をフィルタリングし、次に高調波を除去することによって基本正弦波、即ち所望の信号を得ることです。デュアルトーンジェネレータでは、2個の高調波除去フィルタが必要になるものと考えられますが、二つの方形波の周波数が近い場合には、フィルタ1個でも大丈夫です。

方形波は奇数高調波のみを含んでいることから、除去すべき最低周波数成分（臨界周波数）は、低い周波数の方形波の第三高調波です。フィルタは、高い周波数の方形波の基本成分を通過させることが必要です。2個のフィルタ使用を避けるためには、これら方形波周波数のいずれかが、フィルタのスイッチドキャパシタクロックの偶数分周でなければなりません。（この条件

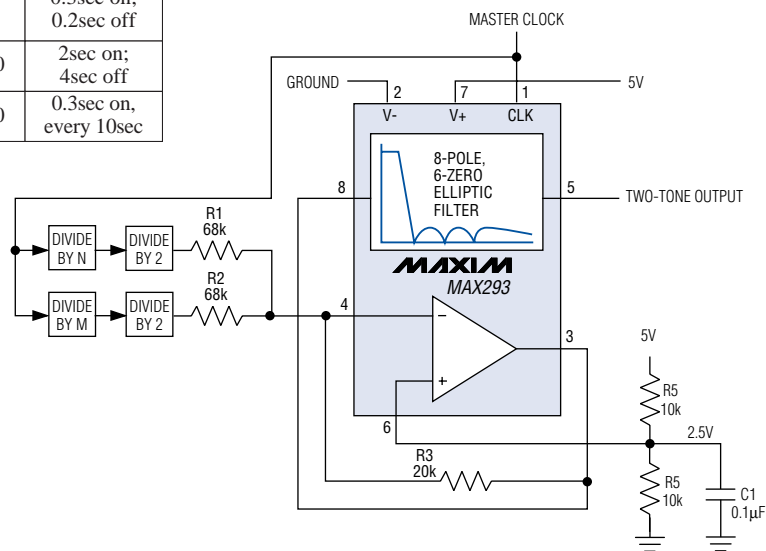


図1. このトーンジェネレータでは、ローパスフィルタIC1内の独立したオペアンプが、加算アンプとして動作します。このアンプのゲインレベルにより、ツートーン出力で、5Vロジック入力によってクリッピングが発生しないことを確実にします。

DESIGN SHOWCASE

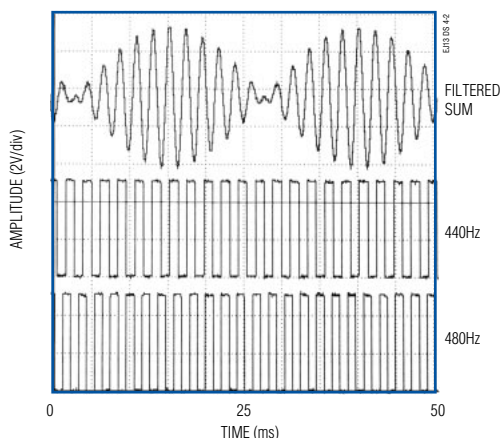


図2. これらの時間軸の波形は、“呼出し”信号に対する高低の方形波トーン（図の下側）とフィルタ後の正弦波の和（図の上側）を示します。

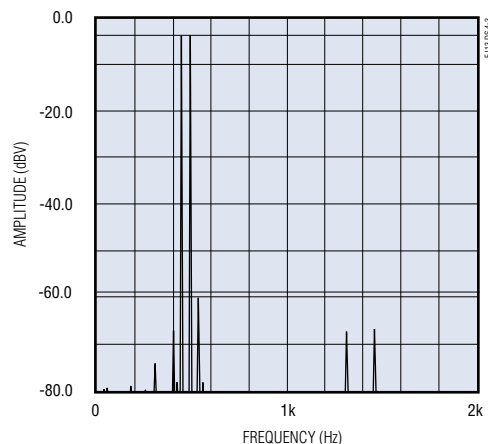


図3. 図2の上側のトレースの周波数スペクトルで、最も振幅の大きな部分（スプリアス周波数）は、2つのトーンレベルから少なくとも54dB低下しています。

は、信号が方形であること、即ち、50%のデューティサイクルであることを前提とします。）

またもう一つの条件として、フィルタのコーナ周波数に対する低トーンの第三高調波の比が、フィルタの遷移比よりも大きくなければならないということです。（遷移比とは、遮断帯域端を通過帯域端で割った値です。）各トーン対（または各トーン）を発生するために必要なパラメータの概要を下の表に示します。

遷移比1.5、クロック対コーナ比を100とするスイッチドキャパシタのローパスフィルタ（IC1）は、これら4つの条件をすべて満たしています。例えば、カットオフ周波数を528Hzに設定すると、440Hz及び480Hzを通過させることができます。この結果得られる792Hzの遮断帯域（528Hz×遷移比1.5）は、440Hz（1320Hz）の臨界第三高調波を遮断し、呼出し信号の発生を可能とします。

呼出し信号用として低トーン及び高トーンを発生するためには、それぞれ52.8kHzを120及び110で分周します。分周法は（読者に残しておきますが）、簡単な口

ジック、PAL、またはアップカウンタ/タイマチップで実現することができます。プログラマブル分周器を用いる場合には、50%のデューティサイクルを確保するために、2分周回路の後に用います。

呼出し信号に対するデュアルトーンを、時間軸（図2）及び周波数軸（図3）として図示します。周波数軸表示によって、ジェネレータにスプリアストーンの発生ないことを示しています。CPMアプリケーションの中には、周波数の確認とガードマージンをトーン検出で行っているものもあります。トーンエネルギーが、残留スペクトルエネルギーよりも大きいかどうかを確認することによって、トーンマージンにより、システムが音声や他の信号をCMPトーンと間違えることのないようにします。

（資料請求番号：5）

用途	低トーン	高トーン	臨界周波数	最低遷移比	クロック	低トーン除数	高トーン除数
ダイヤル	350	440	1050	1.70	61600	176	140
通話中/再要求	480	620	1440	1.61	89280	186	144
呼出し中	440	480	1320	2.50	52800	120	110
通話待ち（割り込み）	440	—	1320	2.50	52800	120	—

注：3つの主クロック周波数には、共通倍数として34,374,800があります。