

お客様各位

---

## カタログ等資料中の旧社名の扱いについて

---

2010年4月1日を以ってNECエレクトロニクス株式会社及び株式会社ルネサステクノロジが合併し、両社の全ての事業が当社に承継されております。従いまして、本資料中には旧社名での表記が残っておりますが、当社の資料として有効ですので、ご理解の程宜しくお願ひ申し上げます。

ルネサスエレクトロニクス ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2010年4月1日  
ルネサスエレクトロニクス株式会社

【発行】ルネサスエレクトロニクス株式会社 (<http://www.renesas.com>)

【問い合わせ先】 <http://japan.renesas.com/inquiry>

## ご注意書き

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りが無いことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。  
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット  
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、防災・防犯装置、各種安全装置、生命維持を目的として設計されていない医療機器（厚生労働省定義の管理医療機器に相当）  
特定水準： 航空機器、航空宇宙機器、海底中継機器、原子力制御システム、生命維持のための医療機器（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの、治療行為（患部切り出し等）を行うもの、その他直接人命に影響を与えるもの）（厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当）またはシステム等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。
10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。

注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

# ページャ用 PLL 周波数シンセサイザ IC μ PD2845GR の使い方と応用



## 目次

- 1. まえがき ..... 2
- 2. 製品概要 ..... 2
- 3. 応用設計方法 ..... 2
  - 3.1 マルチプライヤ PLL におけるカウント・データの算出 ..... 2
  - 3.2 ループフィルタの設計 ..... 3
  - 3.3 X'tal 発振回路の設計 ..... 6
  - 3.4 電源ラインの付線分け ..... 6
- 4. 応用回路例と特性 ..... 7
  - 4.1 応用回路例の構成 ..... 7
  - 4.2 C/N とロックアップ・タイム ..... 10
- 5. おわりに ..... 11
- 付録 (1) 応用評価基板の使用法 ..... 12
- 付録 (2) μ PD2845GR データ発生プログラムの使用法 ..... 15
- 付録 (3) 参考資料 ..... 19

### 使用上の注意事項

- (1) 微細加工 CMOS プロセスを使用していますので、静電気などの過大入力にご注意願います。
- (2) グラウンド・パターンは極力広く取り、接地インピーダンスを小さくしてください。  
特に各グラウンド端子はインピーダンス差が生じないように短く配線してください。
- (3) V<sub>DD</sub> 端子にはバイパス・コンデンサを挿入してください。
- (4) 各信号端子は、カップリング・コンデンサ等で DC カットしてください。
- (5) ループフィルタはご使用になる VCO の感度にあわせて設計してください。
- (6) VCO 信号の無入力時は、パワーセーブ状態にしてください。

本書は本製品の一般的なアプリケーションの概要すなわち、ループフィルタなど本製品に直接必要な外付け回路設計の考え方を一例として紹介するものです。本製品の保証としてはデータシートに規定している品質・特性であり、お客様の製品設計や応用に対して弊社は責任を負うものではないためです。

掲載の周辺回路は、本製品の動作評価のための一例であり、周辺回路形式や定数を推奨したり規定するものではありません。また応用システムの量産設計を対象とするものでもありません。というのは、ご使用になる外付け部品、実装パターン等により PLL 周波数シンセサイザの応用特性は変化するためです。

したがって、本書を参考にしてご計画のシステム要求特性に合わせてお客様の責において外付け回路を設計され、その応用回路特性をご確認の上ご使用いただきますようお願いいたします。

本資料は内容の充実のために予告なく改版する場合があります。

## 1. まえがき

ポケットベルの愛称で親しまれているページャは、日本ではビジネス・ユースから学生のコミュニケーション・ツールへと生活に浸透していきました。また、そのシステムも利用者の拡大のため FLEX-TD など新たなシステムが出現してきました。

本アプリケーションノートは、ページャの周波数選局を行うローカル周波数を制御する PLL 方式の周波数シンセサイザ LSI  $\mu$ PD2845GR の応用設計例を説明します。

なお、各製品の製品規格・仕様およびその条件につきましてはデータシートをご覧ください。

## 2. 製品概要

$\mu$ PD2845GR はページャ用 PLL 周波数シンセサイザとして開発した LSI です。本 LSI は低電圧 CMOS プロセスにより生産しており、1 V、1.3 mA<sub>TYP</sub> で動作します。またパワーセーブ機能を内蔵しているため待ち受け時の間欠制御が可能です。リセット機能を使うことによりコントロール・データを入力しなくても PLL ループによる VCO 周波数制御が可能です。パッケージは高密度・面実装に最適な 16 ピン・プラスチック SSOP (225 mil) です。

### 特 徴

- (1) 動作入力周波数： $f_{in} = 10 \text{ MHz} \sim 94 \text{ MHz}$ , 基準発振周波数： $f_{xtal} = 12.8 \text{ MHz}$
- (2) 動作電圧： $V_{DD1} = 1.00 \text{ V} \sim 1.15 \text{ V}@f_{in} = 10 \text{ MHz} \sim 70 \text{ MHz}$   
 $V_{DD1} = 1.05 \text{ V} \sim 1.15 \text{ V}@f_{in} = 10 \text{ MHz} \sim 94 \text{ MHz}$
- (3) 内蔵チャージポンプの電源電圧： $V_{DD2} = 3.0 \text{ V} \pm 300 \text{ mV}$
- (4) 消費電流： $I_{DD} = 1.3 \text{ mA}_{TYP}@f_{in} = 70 \text{ MHz}, f_{xtal} = 12.8 \text{ MHz}$
- (5) パワーセーブ機能により間欠制御が可能 (間欠制御時もデータ書き込みが可能)
- (6) リセット機能によりデータの書き込みをしなくても初期データ設定にて PLL 動作が可能。
- (7) 高密度・面実装に最適なパッケージ：16 ピン・プラスチック SSOP (225 mil)
- (8) 内蔵チャージポンプ出力の他に外付けチャージポンプ用出力を用意：ループフィルタの設計が自由

## 3. 応用設計方法

### 3.1 マルチプライヤ PLL におけるカウント・データの算出

本 LSI は CMOS プロセスのため上限動作周波数は 94 MHz となっています。したがって 150 MHz ~ 300 MHz で使用するには VCO 発振周波数を逡倍した信号をローカルとするマルチプライヤ PLL 方式が用いられます。N カウント (NT), リファレンス・カウント (RT) データの算出方については、データシートにも記載しておりますが、位相比較周波数 ( $f_r$ ) が分数周波数となるケースもあるため、ここにさらにわかりやすく説明します。マルチプライヤ PLL の場合、周波数シンセサイザの位相比較周波数 ( $f_r$ ) の逡倍 ( $m$ ) がシステムのステップ周波数 ( $f_{step}$ ) となるため、カウント数の計算式は下記のようになります。

$$f_r = \frac{f_{step}}{m} \quad (\text{Hz})$$
$$\frac{f_{vco}}{NT} = \frac{f_{xtal}}{RT} = f_r \quad (\text{Hz})$$
$$\therefore \frac{f_{vco}}{NT} = \frac{f_{xtal}}{RT} = \frac{f_{step}}{m}$$

したがって

— カウント数の計算式 —

$$NT = \frac{f_{vco}}{f_{step}} \times m \dots\dots\dots \text{VCO 側のトータル N カウント数}$$

$$RT = \frac{f_{xtal}}{f_{step}} \times m \dots\dots\dots \text{基準 X'tal 発振側のトータル・リファレンス・カウント数}$$

このように求められたカウント数 NT, RT は整数となりますので、データシートに示すように単純に 10 進数からバイナリ・コード (2 進数) に変換することによりカウント・データが求められます。

**3.2 ループ・フィルタの設計**

PLL シンセサイザの理論体系については一般の文献に記述されていますが、ここでは本 IC のループ・フィルタの設計に必要な理論式とそれにより得られる PLL 特性とを  $\mu$ PD2845GR と関連させながらご説明したいと思います。

ループ・フィルタの設計手順としては、使用する VCO, 位相比較器により決定する PLL ブロック・パラメータと、システム上要求される C/N やロックアップ・タイムから決定したダンピング・ファクタおよび自然角周波数のような PLL ループ・パラメータとによりループ・フィルタ回路定数をまず算出します。その後、実験によりボード上の配線インピーダンス等の影響を含んだ特性をモニタしながら、サイドバンド抑圧フィルタ等を付加したり、回路定数を見直しながらか特性を調整する方針で行います。

$\mu$ PD2845GR では内蔵チャージポンプにてパッシブ・フィルタを外付けすることで外付けの少ないループを組むことができるので、第 4 章ではパッシブ・フィルタでの設計例を述べていきます。(また本 LSI は電圧出力タイプのため、内部チャージポンプの出力換算抵抗値は 0  $\Omega$  です。)

ループ・フィルタの設計に必要なパラメータ

- ・ PLL ブロック・パラメータ: 位相比較器の利得  $K_\phi$ , VCO 感度  $K_V$ , N カウント数 NT
- ・ PLL ループ・パラメータ : ダンピング・ファクタ  $\zeta$ , 自然角周波数  $\omega_n$

**(1) ループ・フィルタ回路定数とパラメータの関係**

ループ・フィルタの回路定数の計算式は各形式ごとにその伝達関数から一般に下記に示されます。

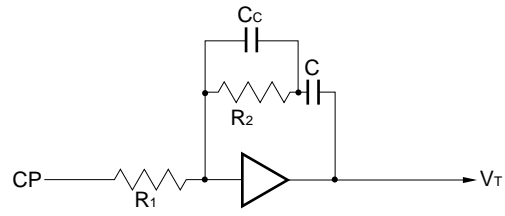
— アクティブ・ラグリード・フィルタの場合 —

$$R_1 = \frac{K_\phi \cdot K_V}{N \cdot \omega_n^2 \cdot C} \quad (\Omega)$$

$$R_2 = \frac{2 \cdot \zeta}{\omega_n \cdot C} \quad (\Omega)$$

$$C_C = \frac{1}{R_2 \cdot (5 \sim 10) \cdot \omega_n} = \frac{1}{R_2 \cdot \omega_C} \quad (F)$$

**図 3-1 アクティブ・ラグリード・フィルタ**

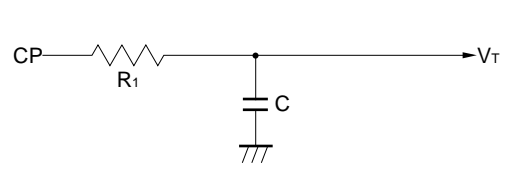


— パッシブ・ラグ・フィルタの回路の場合 —

$$R_1 = \frac{K_\phi \cdot K_V}{N \cdot \omega_n^2 \cdot C} \quad (\Omega)$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \omega_n^2 \cdot \zeta^2 C} \quad (\Omega)$$

**図 3-2 パッシブ・ラグ・フィルタ**

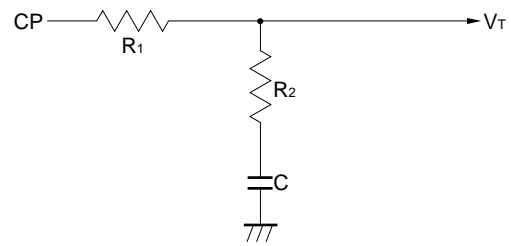


—パッシブ・ラグリード・フィルタの場合—

$$R_1 + R_2 = \frac{K_\phi \cdot K_V}{N \cdot \omega_n^2 \cdot C} \quad (\Omega)$$

$$R_2 = \frac{2\zeta}{\omega_n \cdot C} - \frac{N}{K_\phi \cdot K_V \cdot C} \quad (\Omega)$$

図 3-3 パッシブ・ラグリード・フィルタ



以上の式に示すように使用する位相比較器，VCO により決まる  $K_\phi$ ， $K_V$ ， $N$  および，ロックアップタイムを基準として，PLL ループ安定度により設定した  $\zeta$  と  $\omega_n$  との関係から計算によりループ・フィルタの回路定数が求められることになります。

以降にそれぞれのパラメータの求め方を説明していきます。

## (2) PLL ブロック・パラメータの求め方 ( $K_\phi$ ， $K_V$ ， $N$ )

PLL ブロックの各特性式は次のようになります。

—位相比較器の変換利得—

$$K_\phi = \frac{V_{OH} - V_{OL}}{2} \times \frac{1}{2\pi} \quad (\text{V/rad})$$

$$\therefore K_\phi = \frac{V_{DD} - GND}{2} \times \frac{1}{2\pi} \quad (\text{V/rad}) \dots *$$

\* 近似式

—VCO の感度—

$$K_V = \frac{\Delta f}{\Delta V} \times 2\pi \quad (\text{rad/V} \cdot \text{sec})$$

—N カウント数 (VCO 入力信号の分周数)—

$$N = \frac{f_{VCO}}{f_{ref}/R} \quad (\text{単位なし})$$

## (3) PLL ループ・パラメータの求め方 ( $\zeta$ ， $\omega_n$ )

PLL ループ・パラメータとして  $\omega_n$  と  $\zeta$  があります。 $\omega_n$  は自然角周波数であり，系を持続発振させた場合 ( $\zeta=0$ ) の振動角周波数です。この値によってリファレンス・スプリアス  $f_r$  の抑圧度や変調特性が決定します。 $\zeta$  はダンピング・ファクタと呼ばれるフィルタの減衰定数であり，オーバシュート，ロックアップ・タイム，ループ安定度，ステップ応答など 2 次系の過渡応答を決定するパラメータです。

$\zeta$  の決定は定常状態では  $\zeta = 0.5 \sim 1$  程度に選ぶのが最良とされています。一般には  $\zeta = 0.7$  付近とすることが多いようです。

また  $\omega_n$  の決定は収束したと判断する周波数誤差をもとに周波数ステップ入力に対する誤差応答の式から  $\omega_n t$  を算出し，最大可変周波数範囲でのロックアップ・タイムの目標値から求めることができます。

ここで  $\pm fe$  (Hz) に収束するとみなす場合， $\pm fe$  (Hz) の周波数誤差  $e(t)$  を求めます。

$\pm fe$  (Hz) の VCO 制御電圧は

$$V_e = \frac{2\pi \times (\pm fe)}{K_V} \quad (\text{V})$$

# 保守 / 廃止

したがって周波数誤差は

$$e(t)_{\pm fe} = \frac{|Ve|}{K_{\phi}} = \frac{2\pi \cdot fe}{K_{\phi} \cdot Kv} \quad (\text{rad})$$

周波数可変範囲  $\Delta\omega$  は

$$\Delta\omega = \frac{2\pi \cdot \Delta f}{N} \quad (\text{rad/sec})$$

周波数ステップ入力に対する誤差応答はフィルタの形式により異なります。それぞれのフィルタ形式ごとに式を示します。

— アクティブ・ラグリード・フィルタの誤差応答 —

$$\zeta < 1: e(t) = \frac{\Delta\omega}{\omega_n} e^{-\zeta\omega_n t} \frac{\sin \omega_n t \sqrt{1-\zeta^2}}{\sqrt{1-\zeta^2}}$$

$$\zeta = 1: e(t) = \frac{\Delta\omega}{\omega_n} e^{-\omega_n t} \omega_n t$$

$$\zeta > 1: e(t) = \frac{\Delta\omega}{\omega_n} e^{-\zeta\omega_n t} \frac{\sinh \omega_n t \sqrt{\zeta^2-1}}{\sqrt{\zeta^2-1}}$$

— パッシブ・ラグ・フィルタの誤差応答 —

$$\zeta < 1: e(t) = 2\zeta \frac{\Delta\omega}{\omega_n} + \frac{\Delta\omega}{\omega_n} e^{-\zeta\omega_n t} \left( \frac{1-2\zeta^2}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin \omega_n t \sqrt{1-\zeta^2} - 2\zeta \cos \omega_n t \sqrt{1-\zeta^2} \right)$$

$$\zeta = 1: e(t) = 2\zeta \frac{\Delta\omega}{\omega_n} + \frac{\Delta\omega}{\omega_n} e^{-\omega_n t} (2 + \omega_n t)$$

$$\zeta > 1: e(t) = 2\zeta \frac{\Delta\omega}{\omega_n} + \frac{\Delta\omega}{\omega_n} e^{-\zeta\omega_n t} \left( \frac{1-2\zeta^2}{\sqrt{\zeta^2-1}} \sinh \omega_n t \sqrt{\zeta^2-1} - 2\zeta \cosh \omega_n t \sqrt{\zeta^2-1} \right)$$

パッシブ・ラグリードフィルタでは、ループゲイン  $K (= K_{\phi} \cdot K_v)$  が非常に大きい場合はアクティブ・ラグリード・フィルタを使ったときと等価になり、 $K = \omega_n / 2\zeta$  の場合はパッシブ・ラグ・フィルタを使ったときと等価になります。

システムにより  $\Delta\omega$ ,  $\pm fe$  がわかれば  $\zeta$  を決め、周波数誤差内に収束する最小の  $\omega_n t$  を誤差応答の式を用いて次の関係が成立するように求めます。

$$e(t) = \frac{2\pi \cdot fe}{K_{\phi} \cdot Kv} \quad (\text{rad})$$

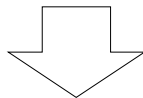
$\omega_n t$  が求まるとシステム目標のロックアップ・タイムに応じて  $\omega_n$  が算出できます。

ここでループフィルタの設計指針をまとめると次のようになります。

# 保守/廃止

## ループフィルタの設計指針

- PLL ブロック・パラメータ 一般的な特性式から求める。  
位相比較器の利得  $K_\phi$ , VCO 感度  $K_V$ , N カウント数 N  
(ループゲイン  $K = K_\phi \times K_V$ , ループフィルタ利得  $K_F$ )
- PLL ループ・パラメータ 逆ラプラス変換で導かれた誤差応答式から求める。  
ダンピング・ファクタ  $\zeta$ , 自然角周波数  $\omega_n$
- システム的なパラメータ システムにより決定。  
ロックアップ・タイム  $t$  (リファレンス・カウント数 R)

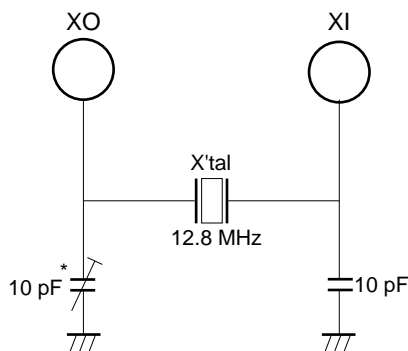


フィルタ回路定数 ラプラス変換で導かれた関係式を公式として使う。  
R, C

### 3.3 X'tal 発振回路の設計

X'tal 発振回路は,LSI のバラツキ以外にご使用の X'tal 発振子や外付けコンデンサ容量値などの特性により発振周波数が変動するため,一般に外付け容量としてトリマコンデンサを使用して発振周波数の調整をします。

図 3 - 4 X'tal 発振回路の外付け例



### 3.4 電源ラインの付線分け

PLL 回路は一般に外部からのノイズによりそのループ波形に影響を及ぼす場合があります。したがって  $V_{DD1}$ ,  $V_{DD2}$  および VCO の電源ラインには各回路の周波数に応じたバイパス・コンデンサを外付けしてその周波数帯のインピーダンスを下げてください。またこれら各電源ラインは付線分けを施し,べたグラウンドにするなどし,独立にしてノイズの回り込みの対策を行ってください。

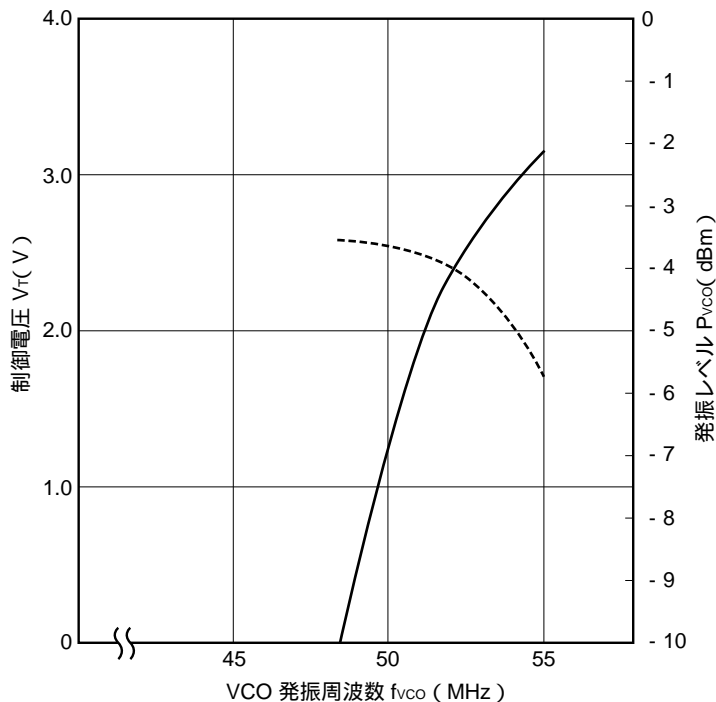




4-2 に示します。このように VCO 制御電圧的にも目標を満たしており、また発振レベルも全体域で -6 ~ -3.5 dBm @ZL = 50 Ω であり、μPD2845GR のプリスケラ入力振幅 200 mV<sub>P-P</sub> ~ V<sub>DD1</sub> ( -10 dBm 以上 @ZL = 50 Ω ) を満足しています。

つぎに設計した VCO の感度特性との関係からループフィルタを設計することにしました。また回路設計と並行してプログラム設計を行いました。

図 4-2 VCO の発振周波数 vs. 制御電圧および発振レベル (原振モニタによる)



PLL の位相比較周波数を 25 kHz ÷ 3 とするため、下記の式で N カウント数 NT とリファレンス・カウント数 RT を算出しました。

$$NT = \frac{f_{vco}}{f_{step}} \times m = \frac{50 \text{ MHz}}{25 \text{ kHz}} \times 3 = 6000$$

$$RT = \frac{f_{xtal}}{f_{step}} \times m = \frac{12.8 \text{ MHz}}{25 \text{ kHz}} \times 3 = 1536$$

ループフィルタは内蔵チャージポンプを使用したパッシブ・フィルタ 2 段にて構成することにし、ロックアップタイム等を決定する初段をラグリード・フィルタ、次段のスプリアス抑圧フィルタとしてラグ・フィルタを挿入する形式としました。

以上の条件から求められる PLL ブロック・パラメータは

位相比較器の利得	$K_\phi = 3.0 \text{ V} \div (4\pi) = 0.239 \text{ (V/rad)}$
VCO 感度	$K_v = (54.3 - 48.7 \text{ MHz}) \times 2\pi \div (3 \text{ V})$ $= 11.7 \times 10^6 \text{ (rad/V} \cdot \text{sec)}$
N カウント数	$N = 6000$

PLL パラメータ  $\zeta, \omega_n$  を求めていきます。

± 300 Hz の周波数誤差応答  $e(t)$  は

$$e(t)_{\pm 300 \text{ Hz}} = (2\pi \cdot 300 \text{ Hz}) \div (0.239 \cdot 11.7 \times 10^6) = 6.74 \times 10^{-4} \text{ (rad)}$$

# 保守 / 廃止

周波数可変範囲 $\Delta\omega$ は

$$\Delta\omega = 2\pi \cdot (54.3 - 48.7 \text{ MHz}) \div 6000 = 5864 \text{ (rad/sec)}$$

フィルタ形式はパッシブ・ラグリード・フィルタを用いるため、以下の公式が成り立つ筈です。

$$R_2 = \frac{2 \cdot \zeta}{\omega_n \cdot C} - \frac{N}{K_\phi \cdot K_V \cdot C} \text{ (}\Omega\text{)} > 0$$

$$\frac{1}{C} \left( \frac{2 \cdot \zeta}{\omega_n} - \frac{N}{K_\phi \cdot K_V} \right) > 0$$

$$\therefore \frac{2 \cdot \zeta}{\omega_n} > \frac{N}{K_\phi \cdot K_V} = \frac{6000}{0.239 \times 11.7 \times 10^6} = 2.15 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \omega_n < 930 \zeta$$

$\zeta = 1$  とするとパッシブ・ラグリード・フィルタのループゲイン  $K_\phi \cdot K_V$  が大きい場合の誤差応答式から

$$e(t) = \frac{\Delta\omega}{\omega_n} e^{-\zeta\omega_n t} \omega_n t$$

$e(t)$  は  $\pm 300 \text{ Hz}$  の周波数誤差応答  $e(t)$  以下の必要があるため

$$e(t) \quad e(t) \pm 300 \text{ Hz}$$

$$\frac{\Delta\omega}{\omega_n} e^{-\zeta\omega_n t} \omega_n t \quad 6.74 \times 10^{-4} \text{ (rad)}$$

$$\therefore \frac{5864}{\omega_n} e^{-1\omega_n t} \omega_n t \quad 6.74 \times 10^{-4}$$

$t = 20 \text{ ms}$  であるからこれを代入して

$$\frac{5864}{\omega_n} e^{-\omega_n \times 0.02} \omega_n \times 0.02 \quad 6.74 \times 10^{-4}$$

$$\therefore 5864 e^{-\omega_n \times 0.02} \times 0.02 \quad 6.74 \times 10^{-4}$$

$$e^{-\omega_n \times 0.02} \quad 5.75 \times 10^{-6}$$

$$\ln e^{-\omega_n \times 0.02} \quad \ln 5.75 \times 10^{-6}$$

$$\omega_n \times 0.02 \quad 12.07$$

$$\omega_n \quad 603$$

$$\therefore 603 \quad \omega_n < 930 \zeta = 930$$

よって PLL パラメータは以下の値とします。

ダンピング・ファクタ :  $\zeta = 1.0$   
 自然角周波数 :  $\omega_n = 700$

$C_1 = 3900 \text{ pF}$  とすると  $R_2 = 181 \text{ k}\Omega$  が求められます。

$R_1$  を同様に計算すると  $63 \text{ k}\Omega$  となります。

この値をもとに実験シカット・アンド・トライにより以下の回路定数を得ました。

$C_1 = 3900 \text{ pF}$   
 $R_2 = 130 \text{ k}\Omega$   
 $R_1 = 3 \text{ k}\Omega$

以上のループ・フィルタ回路定数から  $\zeta, \omega_n$  を逆算すると下記になります。

ダンピング・ファクタ :  $\zeta = 1.26$   
 自然角周波数 :  $\omega_n = 948$

$$\text{ここで } \omega_n = \sqrt{\frac{K_\phi \cdot K_V}{NC (R_1 + R_2)}}$$

$$\zeta = \sqrt{\frac{K_\phi \cdot K_V}{NC (R_1 + R_2)}} \left( CR_2 + \frac{N}{K_\phi \cdot K_V} \right) = \omega_n \left( CR_2 + \frac{N}{K_\phi \cdot K_V} \right)$$

リファレンス・スプリアスを抑圧するために後段に自然角周波数 $\omega_n$ の10倍程度にカットオフ角周波数 $\omega_c$ を設定したラグ・フィルタを構成しました。回路定数はカット・アンド・トライにより下記定数としました。

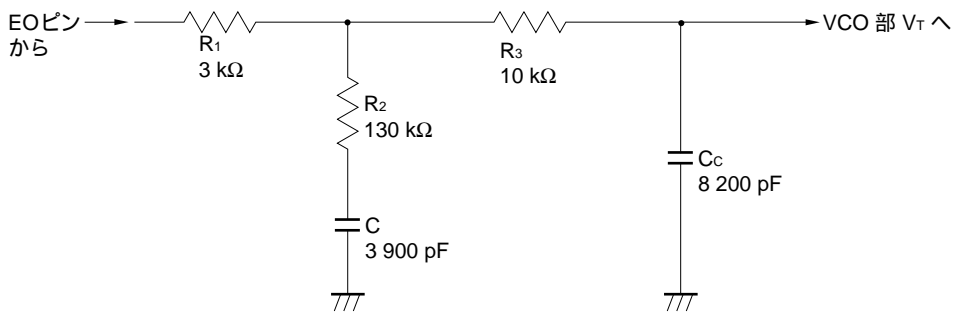
$R_3 = 10 \text{ k}\Omega$   
 $C_c = 8200 \text{ pF}$

実験結果からカットオフ角周波数を逆算すると下記ようになります。

カットオフ角周波数 :  $\omega_c = 12200$

$$\text{ここで } \omega_c = \frac{1}{C_c \cdot R_3}$$

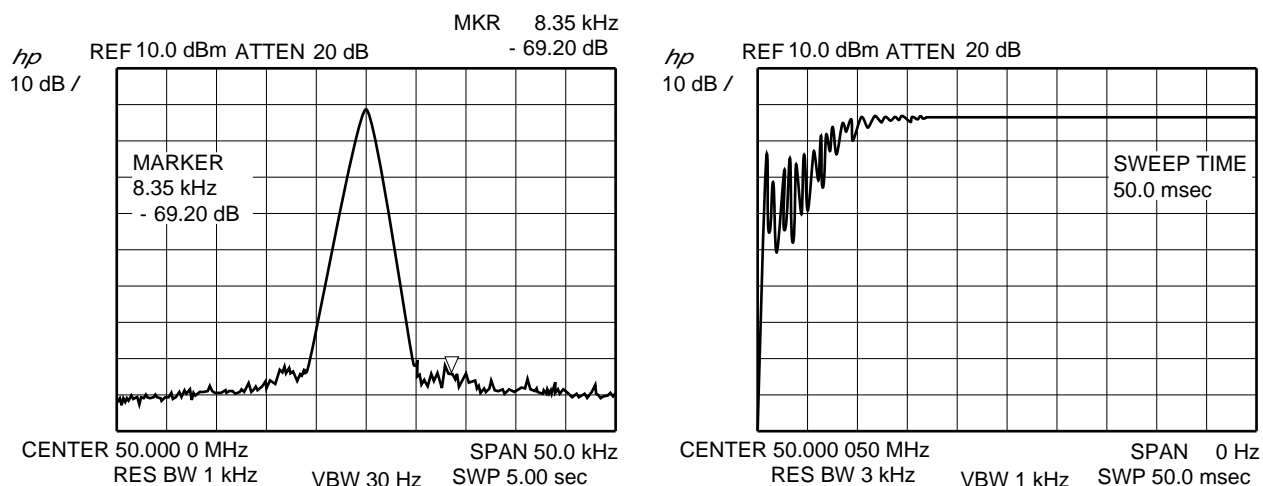
図 4 - 3 ループフィルタ回路構成



#### 4.2 C/N とロックアップタイム

本応用回路例でスペクトラム・アナライザを用いてモニタした VCO 原振のキャリア波形とスペクトラム・アナライザのゼロスパン・モードを使って実測したロックアップ・タイムを図 4 - 4 に示します。このように C/N = 69 dBc (@8.35 kHz 離調, BW : 1 kHz), 間欠動作における VCO 立ち上げ時のロックアップ・タイム  $t = 18 \text{ ms}$  (@ ±300 Hz 収束時) を実現しています。この両特性は外付けループ・フィルタ定数によりトレード・オフのため、本特性は一例です。

図 4 - 4 PLL 特性 (VCO 原振キャリア波形と過渡応答)



(1) 50 MHz キャリア波形 (N = 6000)

C/N = 69.2 dBc@8.333 kHz 離調, BW : 1 kHz  
 スプリアス : - 69.2 dBc@8.333 kHz (リファ  
 レンス・スプリアス)

(2) VCO 電源を OFF ON 時 (PLL 側は, VCO・

OFF 時にはパワーセーブ状態で, VCO・ON  
 と同時にパワーセーブを解除)

ロックアップタイム = 18 ms@ ±300 Hz 収束時

## 5. おわりに

以上, ページャ用 PLL 周波数シンセサイザ LSI  $\mu$  PD2845GR の使い方と応用についてご紹介いたしました。このように本製品はループフィルタの形式をユーザ側で自由に設計できるため, ページャの仕様に対する設計自由度があり, 優れた特性を得ることができます。

補 足  $\mu$  PD2845GR のご評価用ツールとして「評価用基板」と「データ発生用プログラム」がございます。付録にその取り扱い説明を行います。

## 付 録

### (1) 応用評価基板の使用法

#### 1.1 測定装置

電源，スペクトラム・アナライザ，データ発生用 PC98 パソコン，プリンタ・ケーブル。

#### 1.2 使用部品

VCO 構成部品，基準発振器構成用 X'tal など，その他外付け部品は「4．応用回路例と特性」をご参照ください。

#### 1.3 基板に部品を実装

「4．応用回路例と特性」を参考に外付け回路を設計し，部品を実装してください。

#### 1.4 測定準備

- ・VCO 波形をスペクトラム・アナライザでモニタします。
- ・ロックアップ・タイム測定は，簡易的にはスペクトラム・アナライザのゼロスパン・モードにより行い，正確にはタイムインターバル・アナライザにて行ってください。

#### 1.5 回路定数の調整

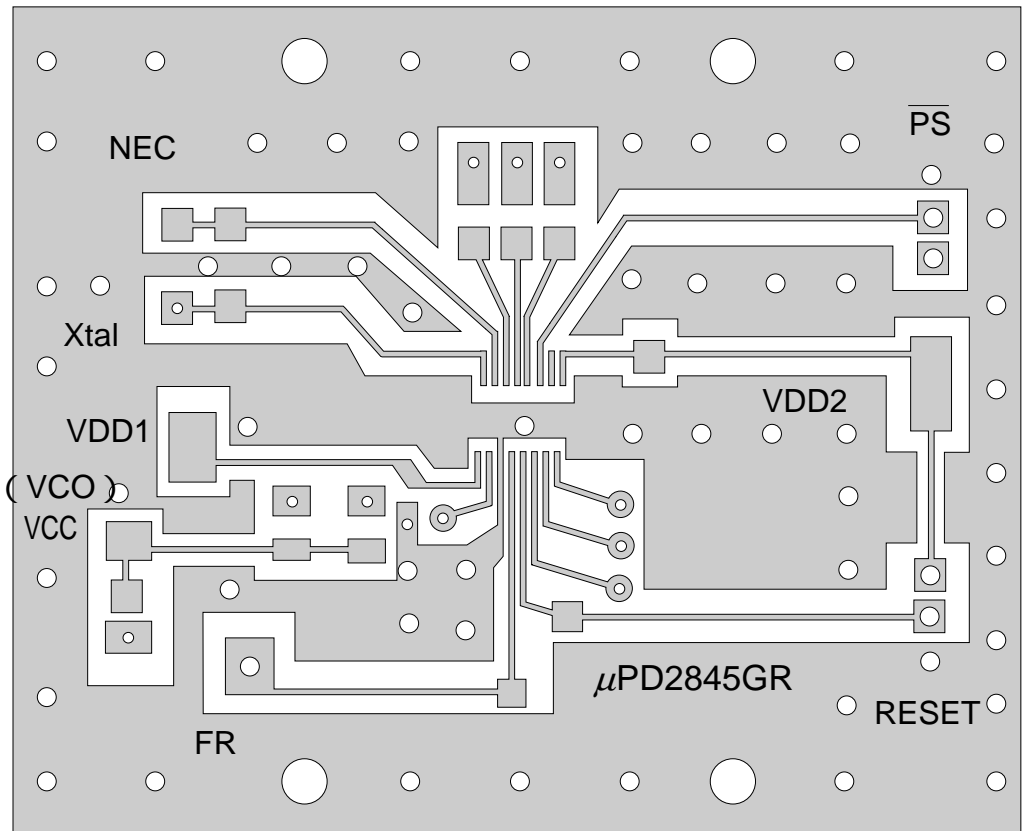
- ・ロックアップ・タイムは「3．応用設計方法」を参考に調整してください。

#### 1.6 備考

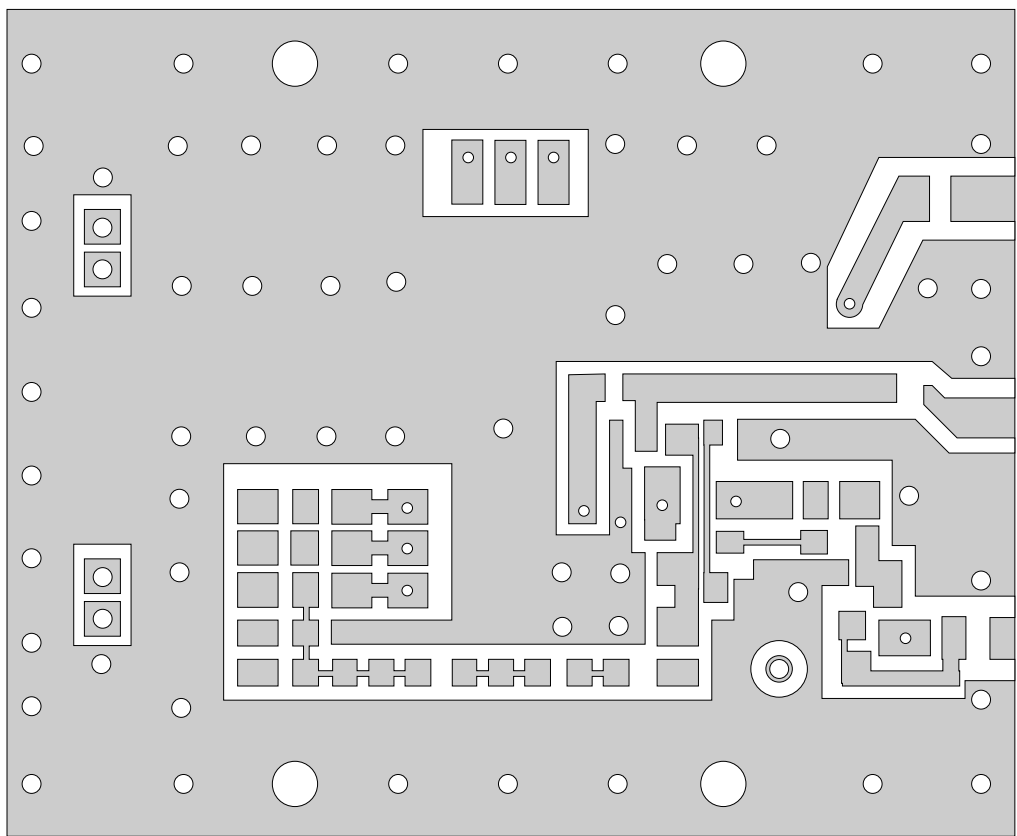
NEC 製データ発生プログラムを使用する場合は次項を参照願います。

# 保守/廃止

図付 - 1  $\mu$ PD2845GR 応用評価基板パターン図



IC 実装面



裏 面





**(2)  $\mu$  PD2845GR データ発生プログラムの使用法**

**はじめに**

$\mu$  PD2845GR 用データ発生プログラムは、NEC 製 PC98 シリーズパソコンを使用して、PC のプリンタ出力コネクタからシリアルデータを出力するソフトウェアです。専用のデータ発生ボードや PC の I/O ボードなどを必要とせず、簡易的に動作評価を行うことができます。

**1. 必要なもの**

- PC98 シリーズ パソコン
- プリンタケーブルおよび 36 ピン・アンフェノール・コネクタ
- プログラムディスク

**2. プログラムの起動方法**

フロッピーディスクから立ち上げると自動的にデータ発生プログラムが立ち上がります。  
ハードディスク等で使うときは、CONFIG. SYS に PRINT. SYS を設定し、以下のファイルを同一ディレクトリに収納した状態で D2845. EXE を実行します。

- N88BASIC. LIB
- D2845. EXE
- D2845. DEF

**3. プログラムの操作方法**

**基本操作**

トップメニューとサブメニューで構成しています。  
キーで黒枠が移動します。  
トップメニュー上で キーにより設定したい項目に黒枠を移動させ、リターンキーを押すとその項目のサブメニューに移ります。  
サブメニュー上で数字を入力し、リターンキーを押すと設定できます。  
トップメニュー上で SPACE キーを押すと現在設定されている内容を IC のデータフォーマットにて出力します (電源を一度 OFF した後やりセット後に再度同じ動作を行うときなどに使用)。  
HELP キーで現在設定している内容を表示します (設定状態の確認に使用)。他のキーを押すとトップメニューに戻ります。

**トップメニュー項目**

入力信号分周数
リファレンス周波数
FR 出力切り換え
終了

**サブメニュー項目**

**入力信号分周数**

入力信号分周数を 10 進数で入力してください。1024 ~ 262143
- > 分周

VCO 側の N カウント数 (分周数) を 10 進数で入力します。

# 保守 / 廃止

OP 出力切り換えデータを入力してください。

EO 端子 (内蔵 CP)	EOP, EON 端子 (外付け CP)			
Hi - Z	OFF	の時	00	
Hi - Z	使用	の時	01	
使用	OFF	の時	10	
使用	使用	の時	11	

- >

チャージポンプ出力の切り換えをメニュー右に示す 2 ビットのデータで入力します。

### リファレンス周波数

リファレンス入力周波数を入力してください

- >      MHz

基準発振周波数を MHz 単位で入力します。

ステップ周波数を入力してください

- >      MHz

ステップ周波数 (= 位相比較周波数) を kHz 単位で入力します。

### FR 出力切り換え

TEST ビット入力

00 の時 FR 出力

01 の時 L 出力

10 の時 UL 出力

11 の時 PC 出力

- >

TEST ビットの設定を行うサブメニューで、テスト端子 (FR ピン) の出力を設定できます。通常動作時は L 出力設定 (01 を入力) してください。

- 参考
- 01 の時 L 出力 : テスト端子 (FR ピン) からの出力は Low 出力
  - 00 の時 FR 出力 : テスト端子 (FR ピン) からリファレンス・カウンタで分周後のパルス (fr) を出力
  - 11 の時 PC 出力 : テスト端子 (FR ピン) から (パルススワロ) N カウンタで分周後のパルス (fp) を出力
  - 10 の時 UL 出力 : テスト端子 (FR ピン) から位相比較器での 2 信号 (fr と fp) のパルス差を HIGH 出力

#### 4. 出力の取り出し方

パソコンのプリンタ出力コネクタより  $\mu$ PD2845GR 用データを出力させます。

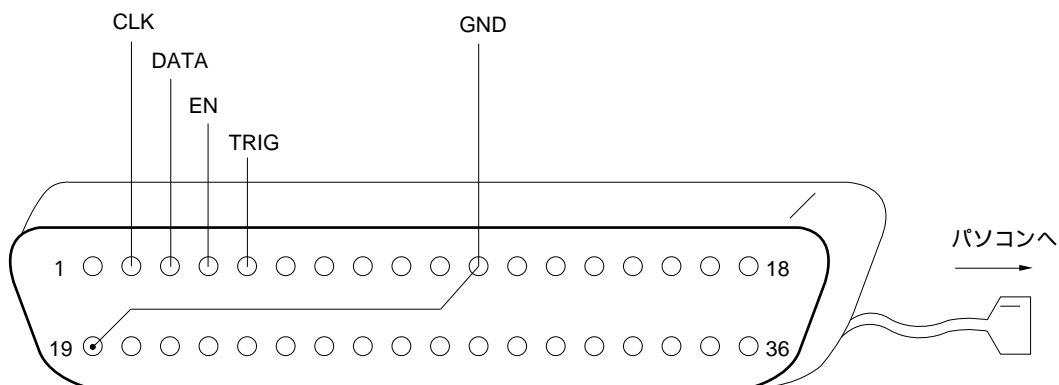
プリンタ出力コネクタにケーブルを接続し、先端は 36 ピン・アンフェノールのメスを取り付けます。36 ピン・アンフェノールのメスは次の様に接続しておきます。

36 ピン・アンフェノールのメスに下図のように配線します。

2 ピン : CLK , 3 ピン : DATA , 4 ピン : EN , 5 ピン : トリガとなります。

11 ピンと 19 ピンは GND ( IC の GND と共通 ) とします。

図付 - 2 プリンタケーブル外観

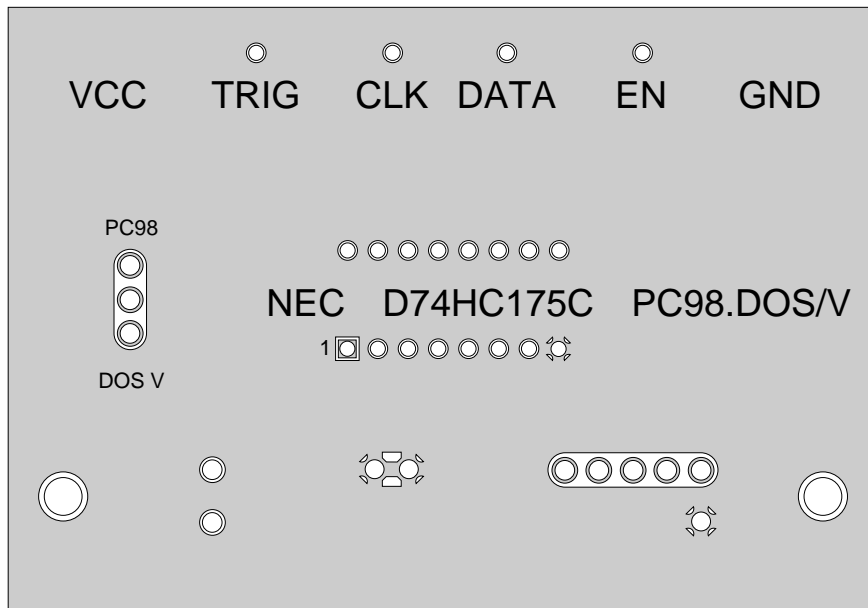


#### 5. プリンタ出力の伝送速度の調整

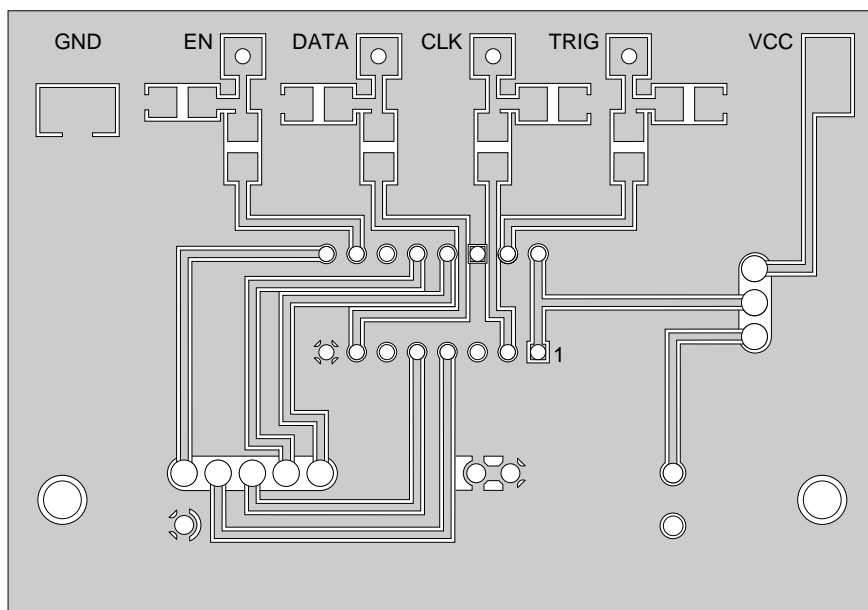
ノート・パソコンなど最近の PC98 パソコンではプリンタ出力の伝送速度が速いため、NEC 製 QUAD D-TYPE FLIP-FLOP・IC  $\mu$  PD74HC175C を用いた変換回路により伝送速度を調整すれば、本プログラムを修正することなく評価に使用できます。図付 - 3 にその変換ボードのプリント・パターンを示します ( $\mu$ PD74HC175C の仕様についてはそのデータシートをご参照ください)。

# 保守 / 廃止

図付 - 3 プリンタ出力 伝送速度変換用ボードのプリント・パターン



IC 実装面



裏 面

### 使用法

- (1) IC 実装面に  $\mu$  PD74HC175C と 36 ピン・アンフェノール・オスのコネクタを差し込み、裏面で半田付けします。
- (2) IC 実装面に表示している TRIG, CLK, DATA, EN は裏面の四角パターンと対応しています。この四角のパターンに IC に接続するデータライン用ケーブルを半田付けします。
- (3) 36 ピン・アンフェノールのオスとメスをつなげればプリンタ出力の伝送速度は PLL をコントロール可能な速度となります。
- (4) プリンタ出力は 5 V 系のため TRIG, CLK, DATA, EN を抵抗分圧により降圧します。
- (5) IC の 1 ピン, 16 ピンは PC98 の場合、アンフェノール側に接続してください。

**(3) 参考資料**

PLL を使った周波数シンセサイザ回路の基礎 資料番号 P12196J

μ PD2845GR データシート 資料番号 P12150J

**その他関連資料**

資料名	資料番号
NEC 半導体デバイスの信頼性品質管理	IEM-5069
NEC 半導体デバイスの品質水準	C11531J
半導体デバイス実装マニュアル	C10535J
半導体デバイスの品質保証ガイド	MEI-603
民生用高周波デバイス・セレクションガイド	P10100J
半導体総合セレクションガイド	X10678J

**注意** VCO や逡倍器などの周辺回路の設計についてはページャ受信機設計技術に関する文献(たとえばトリケプス社など)をご覧ください。

文書による当社の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。  
 本資料に記載された製品の使用もしくは本資料に記載の情報の使用に際して、当社は当社もしくは第三者の知的所有権その他の権利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。上記使用に起因する第三者所有の権利にかかわる問題が発生した場合、当社はその責を負うものではありませんのでご了承ください。

M4A 94.11

— お問い合わせは、最寄りのNECへ —

**【営業関係お問い合わせ先】**

半導体第一販売事業部 半導体第二販売事業部 半導体第三販売事業部	〒108-01 東京都港区芝五丁目7番1号 (NEC本社ビル)	東京 (03)3454-1111 (大代表)
中部支社 半導体第一販売部 半導体第二販売部	〒460 名古屋市中区錦一丁目17番1号 (NEC中部ビル)	名古屋 (052)222-2170 名古屋 (052)222-2190
関西支社 半導体第一販売部 半導体第二販売部 半導体第三販売部	〒540 大阪市中央区城見一丁目4番24号 (NEC関西ビル)	大阪 (06) 945-3178 大阪 (06) 945-3200 大阪 (06) 945-3208
北海道支社 札幌 (011)231-0161 東北支社 仙台 (022)267-8740 岩手支店 盛岡 (019)651-4344 山形支店 山形 (0236)23-5511 郡山支店 郡山 (0249)23-5511 いわき支店 いわき (0246)21-5511 長岡支店 長岡 (0258)36-2155 土浦支店 土浦 (0298)23-6161 水戸支店 水戸 (029)226-1717 神奈川支社 横浜 (045)324-5524 群馬支店 高崎 (0273)26-1255	太田支店 太田 (0276)46-4011 宇都宮支店 宇都宮 (028)621-2281 小山支店 小山 (0285)24-5011 長野支社 松本 (0263)35-1662 甲府支店 甲府 (0552)24-4141 埼玉支店 埼玉 (048)641-1411 立川支店 立川 (0425)26-5981 千葉支店 千葉 (043)238-8116 静岡支店 静岡 (054)255-2211 北陸支店 金沢 (0762)23-1621 福井支店 福井 (0776)22-1866	富山支店 富山 (0764)31-8461 三重支店 津山 (0592)25-7341 京都支社 京都 (075)344-7824 神戸支社 神戸 (078)333-3854 中国支社 広島 (082)242-5504 中取支店 鳥取 (0857)27-5311 岡山支店 岡山 (086)225-4455 四国支店 高松 (0878)36-1200 新居支店 新居浜 (0897)32-5001 松山支店 松山 (089)945-4149 九州支社 福岡 (092)271-7700

**【本資料に関する技術お問い合わせ先】**

半導体ソリューション技術本部 超高周波・光デバイス技術部	〒210 川崎市幸区塚越三丁目484番地	川崎 (044)548-8881	半導体 インフォメーションセンター FAX(044)548-7900 (FAXにてお願い致します)
半導体販売技術本部 東日本販売技術部	〒108-01 東京都港区芝五丁目7番1号 (NEC本社ビル)	東京 (03)3798-9619	
半導体販売技術本部 中部販売技術部	〒460 名古屋市中区錦一丁目17番1号 (NEC中部ビル)	名古屋 (052)222-2125	
半導体販売技術本部 西日本販売技術部	〒540 大阪市中央区城見一丁目4番24号 (NEC関西ビル)	大阪 (06) 945-3383	