

光変調型フォトIC

光変調型フォトICは、光による物体検出用として開発されたフォトICです。光による物体検出には、通常フォトインタラプタやフォトリフレクタのように1対の受光／発光素子が用いられ、物体による光の遮断あるいは反射を利用します。受光素子に室内光などの外乱光が入射した場合、受光素子は外乱光を検知し誤動作するかもしれません。このような場合、信号光と外乱光の波長の違いを利用し、光学フィルタなどを用いて誤動作を防止する方法がありますが、外乱光が強い場合には十分な対策にはなりません。光変調型フォトICは、同期検出方式を採用し、外乱光の入射に対して誤動作が少なく、安定した出力を得ることができます。同期検出方式は、信号光をパルス変調し、そのタイミングに同期して信号検出を行う方式であり、非同期に入力されるノイズ光の影響を低減することができます。

1 特長

▶ 外乱光の入射に対して誤動作の少ない検出

光変調型フォトICには、発振器、タイミング信号発生回路、LED駆動回路、フォトダイオード、プリアンプ、コンパレータ、信号処理回路、出力回路などがモノリシックに形成されています。外部にLEDを接続することにより、同期検出を行います。同期検出方式は、信号光をパルス変調し、そのタイミングに同期して信号検出を行う方式であり、非同期に入力される外乱光や単発の同期外乱光の影響をなくすることができます[図1-2]。

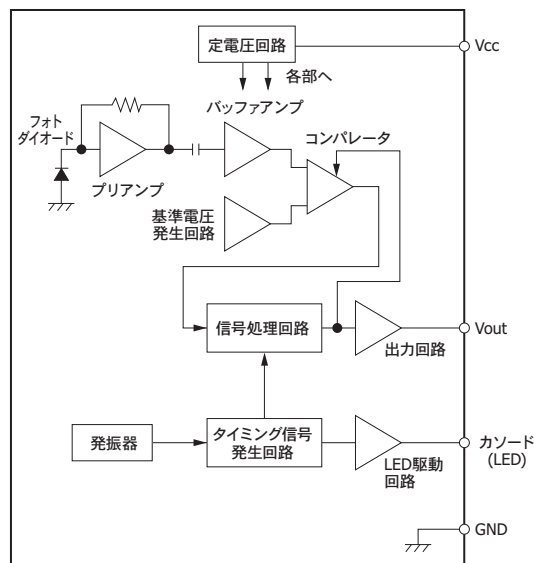
▶ 外乱光許容照度が高いタイプ、高感度タイプなどを用意

外乱光許容照度が高いタイプ (10000 lx typ.)、高感度タイプ (最低検出レベル: 0.2 $\mu\text{W}/\text{mm}^2$ typ.)、発光素子との結線が不要な非同期タイプを用意しています。また、各種形状のパッケージ (DIP, SIP, 表面実装型) を取りそろえています。

外乱光許容照度が高いタイプ (S4282-51, S6986, S10053)のプリアンプには、直流光入射に対して特別な対策が追加されており、高照度の直流外乱光の入射下でも信号光の検出が可能です。一方、高感度タイプ

(S6809, S6846, S7136/-10)では、検出距離を長くすることができます。

[図1-1] ブロック図、真理値表

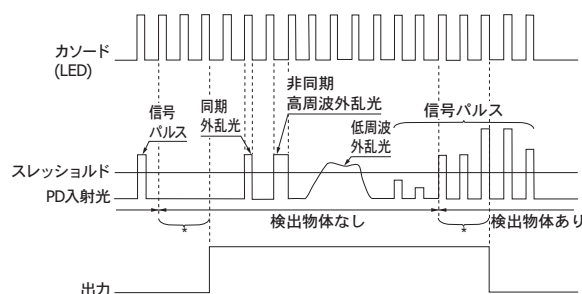


真理値表

入力	出力レベル
光オン	Low
光オフ	High

KPIC0002JB

[図1-2] タイミングチャート

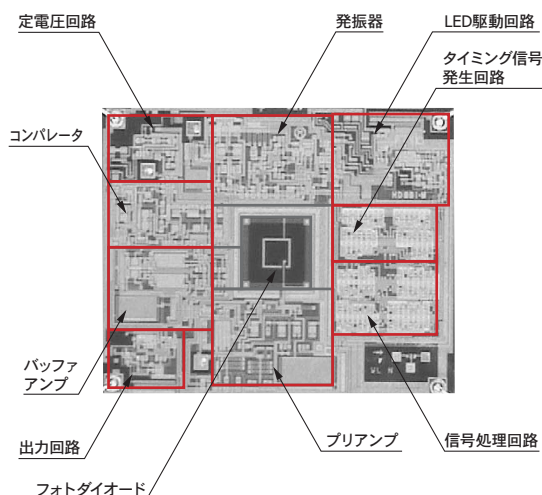


* 3回連続して同期検出が行われたときは「信号あり」、3回連続して同期検出が行われなかったときは「信号なし」の判定

注) 各外乱光の除去については、「4.外乱光の除去原理」を参照してください。

KPIC00182JA

[図1-3] チップ拡大写真とブロック配置



2 構造

光変調型フォトICの回路ブロックの構成について説明します。

(1) 発振器、タイミング信号発生回路

発振器において内蔵コンデンサへの定電流による充放電を行うことにより、基準発振出力を生成します。発振出力は、タイミング信号発生回路に入力され、LED駆動用パルス、デジタル信号処理用の各種タイミングパルスを生成します。

(2) LED駆動回路

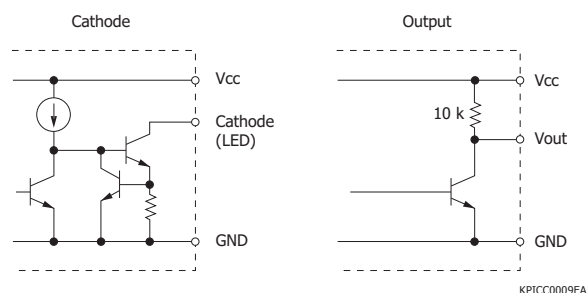
タイミング信号発生回路で生成されたLED駆動用パルスによって外付けのLEDを駆動するための回路です。駆動デューティ比は1/16で、S4282-51、S6986、S10053は定電流ドライブ、S6809、S6846、S7136/-10はオープンコレクタドライブです。

(3) フォトダイオード、プリアンプ

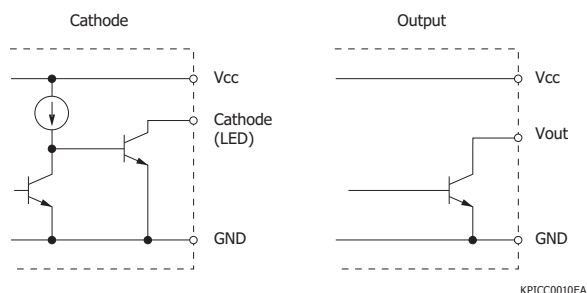
フォトダイオードの光電流は、プリアンプを通して電圧に変換されます。外乱光許容照度が高いタイプ (S4282-51、S6986、S10053) のプリアンプでは、図2-2に示すAC増幅回路を使用しており、信号検出感度を落とさずに直流および低周波の外乱光に対するダイナミックレンジを拡大しています。

[図2-1] 出力端子構成図

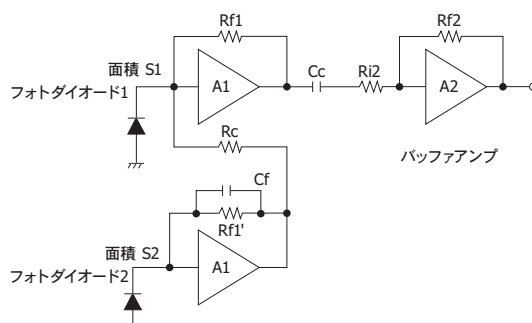
(a) S4282-51, S6986, S10053



(b) S6809, S6846, S7136/-10



[図2-2] プリアンプ部のブロック図
(S4282-51, S6986, S10053)



(4) C結合、バッファアンプ、基準電圧発生回路

C結合によって低周波外乱光を除去し、同時にプリアンプ部のDCオフセットを除去します。バッファアンプでは、コンパレートレベルまで増幅します。基準電圧発生回路は、コンパレートレベル信号を発生します。

(5) コンパレータ

コンパレータには、ヒステリシス機能が付加しており、入射光の微小変動によるチャタリングを防止します。

(6) 信号処理回路

信号処理回路は、ゲート回路とデジタル積分回路で構成されています。ゲート回路は、コンパレータ出力を弁別する回路であり、非同期外乱光による誤動作を防止します。同期外乱光は、ゲート回路で除去できないため、後段のデジタル積分回路で除去します。

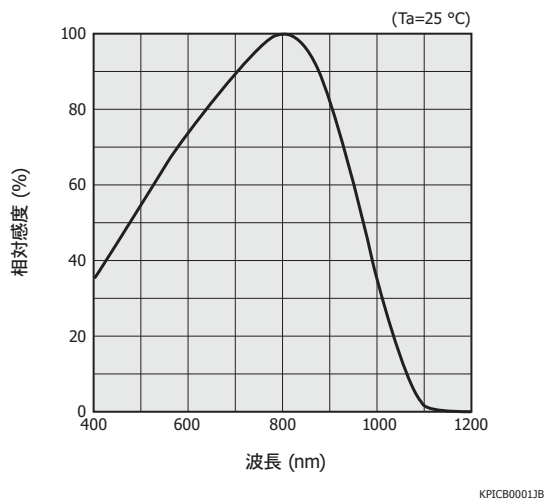
(7) 出力回路

出力回路は、信号処理回路の出力をバッファし、外部に出力する回路です。

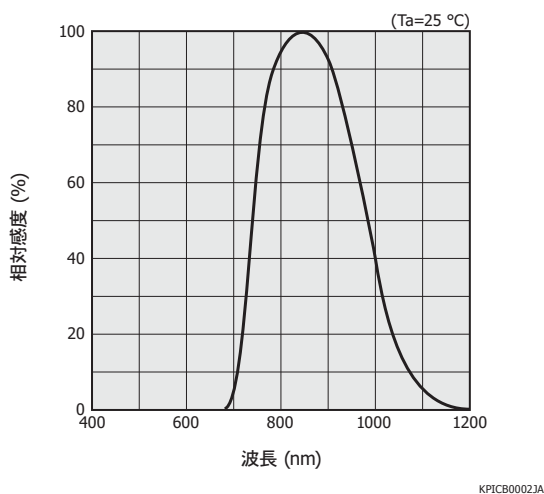
3 特性

[図3-1] 分光感度特性 (代表例)

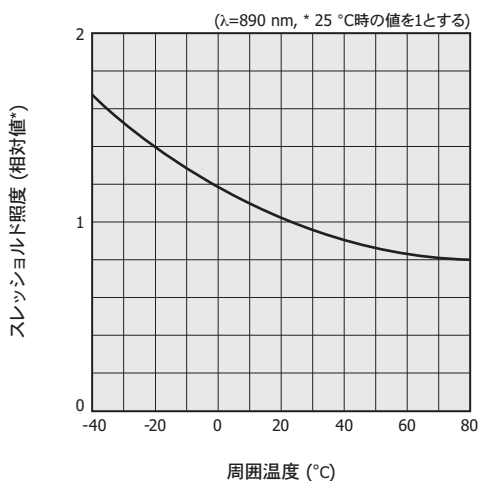
(a) S4282-51, S6986, S10053



(b) S6809, S6846, S7136/-10



[図3-2] 感度の温度特性 (代表例)



4 外乱光の除去原理

» 低周波外乱光の除去

プリアンプと次段のバッファアンプとの結合をC結合により行い、外乱光に起因する直流および低周波ノイズを信号と分離し低周波分を除去します。なお、S4282-51、S6986、S10053は、C結合以外にプリアンプ部に独自のAC増幅回路 [図2-2]を採用し、低周波外乱光の除去能力を高めています。

直流外乱光や低周波外乱光は一般的にその強度が大きく、受光素子に入射すると初段のアンプを飽和させる可能性があります。したがってフォトダイオードを接続する初段のアンプのダイナミックレンジを大きく取り、アンプの飽和によって信号成分が失われないようにする必要があります。図2-2に示すアンプ回路は、本体アンプ (A1)と照度測定用アンプ (A1')の2つのアンプから成り、本体アンプの入力端から低周波分の光電流を抜き取る構成になっています。PD1とPD2は接近して配置されたフォトダイオードで、面積比は式(1)となるように調整されています。

$$S1/S2 = Rf1' / Rc = K \cdots (1)$$

PD1とPD2の光電流をそれぞれI1、I2とすると、I2によるアンプA1'の出力電圧変化によってRcに流入する電流 I3は、A1の入力点が仮想接地のため式(2)で表されます。

$$I3 = (Rf1' \times I2) / Rc = K \cdots (2)$$

一方、式(1)によってI1/I2=Kが成り立つため式(3)で表されます。

$$I3 = Rf1' \times I1 / (Rc \times K) = I1 \cdots (3)$$

このようにPD1の光電流を抜き取る形になっています。A1'が飽和しなければ、A1の低周波外乱光による光電流分は実質0ですから、A1'の飽和によって全体のダイナミックレンジが決定されることになります。Rf1とRf2'の比をmとすると、ダイナミックレンジの拡大率はk × mとなります。一方、高周波入力光に対し、帰還容量 Cfと帰還抵抗 Rf1'とで決まるA1'の高域カットオフ周波数よりも充分高い周波数では、前述の電流抜き取りは行われませんから、A1のゲインはRf1となり、ゲインを落とさずに電流-電圧変換することが可能となります。

» 高周波外乱光の除去

(1) 非同期外乱光

LEDの駆動タイミング以外のタイミングの入射光を非同期外乱光と呼びます。この成分による影響は、同期検出によって排除することができます。

プリアンプの出力はコンパレータに入力され、基準電

圧と比較されてデジタル信号 S になります。このデジタル信号は同期検出ゲートに入力されます。同期検出ゲートには、このデジタル信号の他にタイミング信号 G も与えられていて、LEDの発光タイミングにおいてデジタル入力信号が“H”か“L”かを検出します。

光変調型フォトICの同期検出回路のブロック図を図4-1に示します。図4-1には、上記の同期検出ゲートの他にエッジ検出回路が設けてあります。非同期外乱光が入力されるとき、その周波数成分によって、コンパレータ出力のパルス化信号のパルス幅も小さまざまになります。これらの中でパルス幅の長いものは、LED駆動タイミング（同期検出タイミング）にオーバーラップする確率が高くなります。エッジ検出回路は、同期検出タイミングとオーバーラップした外乱光成分の影響を除去するために用いられます。図4-1の同期検出回路には、“H”“L”の出力端子“D”の他に“U”の出力端子が設けられています。エッジ検出回路の入力は、エッジ検出ウインドウ信号 W と信号入力 S です。エッジ検出回路は2つの入力を用いて、「エッジ検出ウインドウ信号のタイムスロット内の、入力信号の最後のエッジが立ち上がりエッジである」とき“H”を出力します。つまり、(W, S)の時系列 (1, 0) (1, 1) (0, 1)を受理する順序回路になっています。そして、同期検出ゲートで「信号あり」と判断されたのに、エッジ検出回路の出力が“L”であるときに、“U”出力端子には“L”が出力されるようになっていきます。“U”出力が“L”のときには、次段の判定回路（同期外乱光の影響を除去するステージ）の動作を保留します。

(2) 同期外乱光

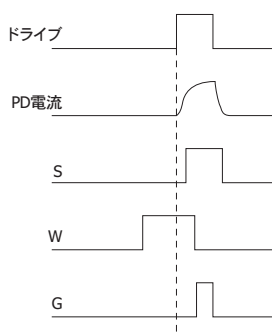
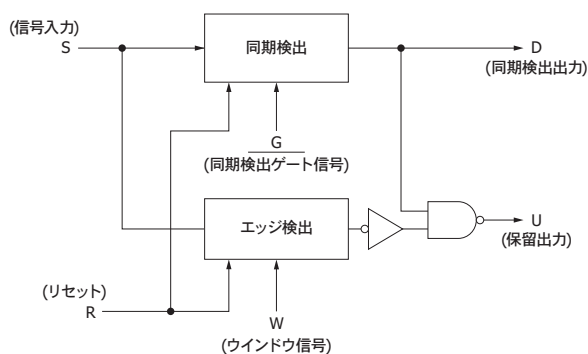
同期検出を行っても、同期検出タイミングに同期して入力される外乱光による信号は、LED光による信号と区別できません。しかし、外乱光の入射タイミングと同期検出のタイミングが連続して何度も一致することは、ほとんどありません。この性質を利用して同期外乱光の影響を排除することができます。光変調型フォトICでは、3回連続して同期検出が行われたときに「信号あり」、3回連続して同期検出が行われなかったときに「信号なし」の判定を行っています。この判定の能力をより高めるために、(a)で述べた“U”出力が用いられます。“U”出力が“L”のときには、同期検出は起こらなかったものとして判定を保留します。具体的には、判定は3段のシフトレジスタを用いて行われ、“U”出力が“L”のときにはシフトレジスタに加えるシフトクロックを禁止することによって、この機能を実現しています。図4-2に判定回路のブロック図を示します。

5 使い方

光変調型フォトICを用いると、外部に赤外LEDを接続することによって、外乱光の影響の少ない光同期検出型のリフレクタやフォトインタラプタを簡単に構成できます。赤外LEDの光が物体に当たり反射した光を検出し、物体の有無や接近を検出する反射型センサや、赤外LEDの光が物体に遮蔽されたかどうかをとらえて物体の有無や通過を検出する透過型センサに応用できます。

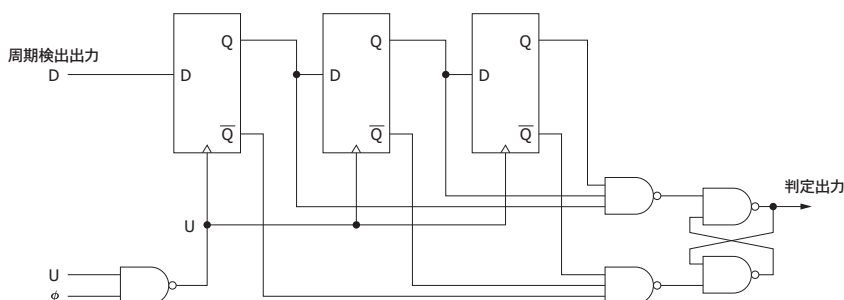
同期検出方式を行うために、光変調型フォトICと赤外

【図4-1】 同期検出回路のブロック図



KPIC00263A

【図4-2】 判定回路のブロック図



KPIC00273A

LEDを結線する必要がありますが、用途によっては結線できない場合があります。この場合は、非同期タイプを使用します。非同期タイプは外乱光除去能力は同期タイプに比べてやや劣りますが、赤外LEDと結線しないで使用することができます。

(1) LED駆動電流の増強方法

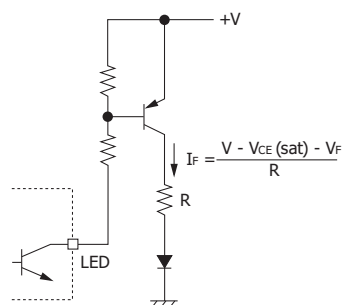
検知距離を長くする場合には、LED駆動電流を増強する必要があります。この場合、外部に駆動回路を追加します。外部回路の簡単な例としては、図5-1のようにPNPトランジスタを用いる方法があります。この他に、LED端子にプルアップ抵抗を接続して、いったんLED駆動パルスをロジック信号にしてから外部のLED駆動回路に入力する方法もあります [図5-2]。フォトICとLED駆動電流の電源ラインが共通の場合は、LED駆動電流により電源電圧の変動が誘発され、これが誤動作の原因となることがあります。この場合、フォトICの電源端子の安定化を図ってください。

(2) 感度の調整方法

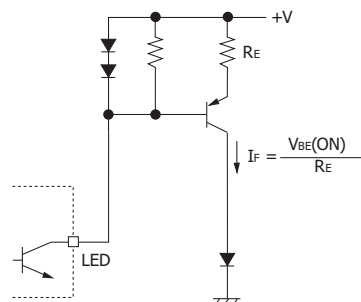
光変調型フォトICの感度を調整する端子はありません。感度調整が必要な場合は、LED駆動電流を調整します。S4282-51、S6986、S10053はLEDと並列に可変抵抗を挿入し、S6809、S6846、S7136/-10はLEDと直列に可変抵抗を挿入してLED駆動電流を調整します。なお、LED駆動を外部回路で行う場合には、外部回路の定数を調整してください。

[図5-1] LED駆動電流の増強方法

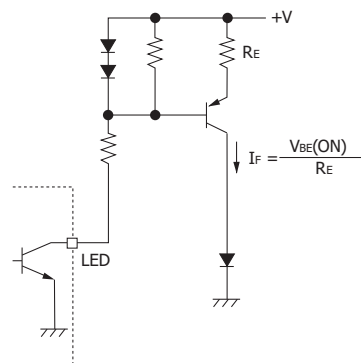
(a) 全タイプ



(b) S4282-51, S6986, S10053

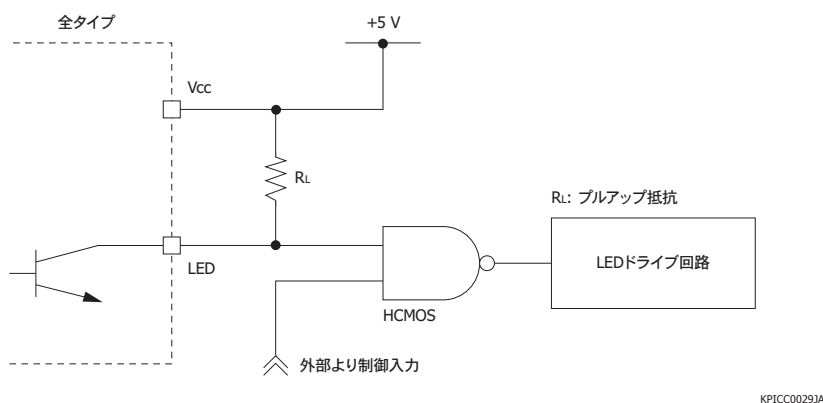


(c) S6809, S6846, S7136/-10



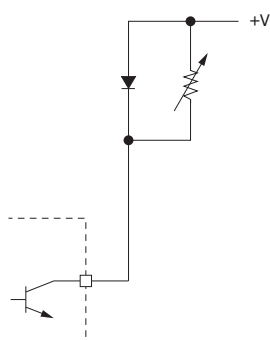
KP1CC0028JB

[図5-2] ロジック信号への変換

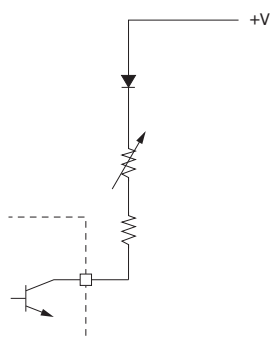


[図5-3] LED駆動電流の調整方法

(a) S4282-51, S6986, S10053



(b) S6809, S6846, S7136-10



本資料の記載内容は、令和元年5月現在のものです。

製品の仕様は、改良などのため予告なく変更することがあります。本資料は正確を期するため慎重に作成されたものですが、まれに誤記などによる誤りがある場合があります。本製品を使用する際には、必ず納入仕様書をご用命の上、最新の仕様をご確認ください。

本製品の保証は、納入後1年以内に瑕疵が発見され、かつ弊社に通知された場合、本製品の修理または代品の納入を限度とします。ただし、保証期間内であっても、天災および不適切な使用に起因する損害については、弊社はその責を負いません。

本資料の記載内容について、弊社の許諾なしに転載または複製することを禁じます。

浜松ホトニクス株式会社

www.hamamatsu.com

仙台営業所	〒980-0021	仙台市青葉区中央3-2-1 (青葉通プラザ11階)	TEL (022) 267-0121 FAX (022) 267-0135
筑波営業所	〒305-0817	茨城県つくば市研究学園5-12-10 (研究学園スクウェアビル7階)	TEL (029) 848-5080 FAX (029) 855-1135
東京営業所	〒105-0001	東京都港区虎ノ門3-8-21 (虎ノ門33森ビル5階)	TEL (03) 3436-0491 FAX (03) 3433-6997
中部営業所	〒430-8587	浜松市中区砂山町325-6 (日本生命浜松駅前ビル)	TEL (053) 459-1112 FAX (053) 459-1114
大阪営業所	〒541-0052	大阪府中央区安土町2-3-13 (大阪国際ビル10階)	TEL (06) 6271-0441 FAX (06) 6271-0450
西日本営業所	〒812-0013	福岡市博多区博多駅東1-13-6 (竹山博多ビル5階)	TEL (092) 482-0390 FAX (092) 482-0550

固体営業推進部 〒435-8558 浜松市東区市野町1126-1 TEL (053) 434-3311 FAX (053) 434-5184