

## 光センサ、 スマート・モバイル・デバイス内 での使用

### 要約

スマート・モバイル・ハンドヘルド・プラットフォームは、複数の通信規格から、さまざまなユーザ・インタフェース機能と洗練された電源管理機能まで、絶えず増加を続ける多様な機能を継続的に統合しています。本資料では、ユーザ・エクスペリエンスを高めると同時にバッテリー寿命を延ばす、光センサの進歩について検討します。超低消費電力の光近接センサの開発が進むと、ある程度の距離を隔てた



ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

### TECHNICAL NOTE

測定と非接触ジェスチャの検出に対応すると同時に、新しい電源管理技法をサポートできます。従来型の照度センサと統合すると、表示に使用する電力を最適化すると同時に、十分な照度を維持できます。

### モバイルの電力の枠組み

ベンダによる新モデルと新機能の投入に相関して、スマート・モバイル・デバイスの進化は日単位で発生しているように見受けられます。このような進化が可能になり、また加速されているのは、ムーアの法則が機能している間は、基本となるシリコン製品の技術が同じく進化しているからです。ムーアの法則は、単位コストあたりの集積回路素子数が毎年2倍になると説明しています[1]。

ムーアの法則は、消費電力が問題にならないことを想定しています。あるプロセス世代が次のプロセス世代に進むと、同じオンチップ機能に対応する消費電力が改善される、という現象が今のところ成立しています。ただし、スマート・モバイル・デバイスに対してますます多くの機能が追加されている現状では、省電力の取り組みをいくら続けても成果が急激に使い果たされてしまいます。また、実際に使用されているインタフェースの大部分は、バックライト・ディスプレイの輝度要件のように、人間の目の能力が基準になっています。バックライトに関して、大幅な電力改善が近い将来に発生すると期待することはできません。

バッテリー技術は、ムーアの法則に従いません。バッテリー技術は、1年間でおよそ3%のレートで改善しているように推定されており [2]、およそ25年のサイクルで性能が2倍になることに相当します。Figure 1から判断できるように、バッテリーは単純にシリコン製品の技術に追い付きません。

バッテリー技術の推進材料は、特長を強化する反面、制限を追加することもあり、設計者はバッテリーに多くを期待する代わりに、消費電力を削減してバッテリー寿命を延ばす革新的な方法を見出すために、シリコン製品の技術に着手しています。

電力を節約する最善の方法は、単純に電源スイッチをオフにすることです。消費電力の多いディスプレイ・バックライトの場合は、ユーザに不快感を感じさせない範囲で、できるだけ長くバックライトを

オフにすることが重要です。例えば、フリップカバーが閉じているときや、デバイスがホルダ内に格納されているとき、またはユーザが一定時間にわたって画面にタッチしていないときにそのことを検出するなど、複数の手法が存在します。最近の開発では、電話機を耳の近くで使用するなど、ディスプレイを点灯する必要がない方法でデバイスが使用されている状況を検出することを目的としています。

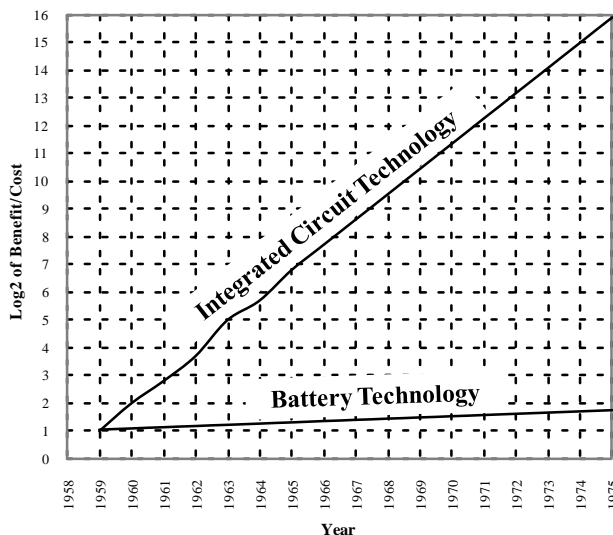


Figure 1. Moore's Law and Battery Technology

電力が必要とされる状況で、次のレベルの最適化は消費を最小限に抑えることです。バックライト付きディスプレイの場合、この手法は受け入れ可能な最小限のレベルまで照明レベルを下げることを意味します。明らかに、比較的暗い室内では、ディスプレイの輝度を大きく調光して、かなりの電力を節約することができます。一方、日光に照らされている条件下では、そのような照明レベルは明らかに不適切です。

## 電源管理を目的とした光近接センサ

近接センサは工業アプリケーションで長年にわたって使用されてきました。時に、製造プロセス・ラインでは、製品ユニットが近くを通過するときそのことを検出してきました。最も基本的なセンサは光遮蔽の手法を使用し、経路またはベルトの反対側にあるフォト・センサに対して光束を照射します。より高度なセンサは、測定対象の製品から、光源の近くに配置されているフォト・センサへ反射されてきた光を検出します。この手法は、物体がセンサに接近してきたときに検出を行うことができる遠近検出器、言い換えると距離検出器に分類されます。

これと同じ遠近接センサ技術が、スマート・モバイル・デバイスに適用されています。最も基本的な形態では、フリップリッドまたはキーボード・トレイを閉じる状況を検出するために、近接センサが機械式スイッチを置き換えることができます。また、電話が顔の近くにあるときにも、そのことを検出できます。

工業用近接センサは通常、可視光を使用しますが、スマート・モバイル・デバイス・アプリケーションでは可視光が望ましくない可能性もあります。近接センサの光源が、節約した分を上回る量のエネルギーを消費することは決して希望していません。波長を可視光スペクトルから近赤外線帯域に切り替え、連続測定系からサンプリング測定手法に切り替えると、モバイル・デバイスでこのような懸念を解消することができます。可視光スペクトルは、およそ390 nm～750 nmの波長です。リモート・コントロールで一般的に使用されている赤外線(IR) LEDは、875 nmの近赤外線(NIR)範囲を使用していますが、これは可視帯域のすぐ外側にあり、人間が熱として検知できる10,000 nmの波長の赤外線帯域とは明らかに区別されます。

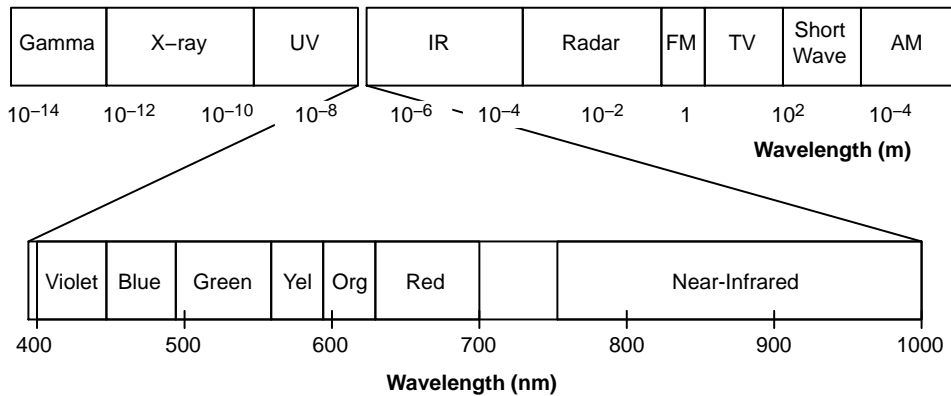


Figure 2. Visible and NIR Light Spectrum

シリコン製フォト・ダイオードには、Figure 3に示す広いスペクトル応答特性があり、可視光と近赤外線帯域の両方が含まれているので、LEDで生成された光の検出器として役に立ちます。有用な近接センサを製作するために、LEDの帯域外にある可視光と赤外線の両方をフィルタで除外することが望まれます。

LEDによる生成ではないあらゆる光は、背景ノイズと考えられます。太陽光、白熱灯、蛍光灯は、いずれも近赤外線放射の主要な光源です。これらのノイズ光源がLEDより輝度が高いのは珍しいことはありません。

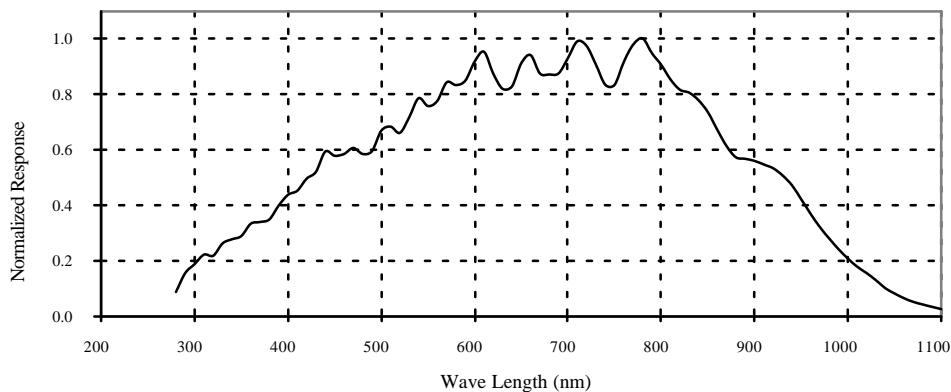


Figure 3. Silicon Photo-Diode Spectral Response

光学フィルタの適用も含め、さまざまなフィルタ処理手法が存在します。光学フィルタに加えて、非常に効果的な他の手法は、比較的高い周波数でLEDをパルス点灯し、フォト・ダイオードの信号を通過させる目的でハイパス・フィルタを使用することです。この手法には、LEDの消費電力を削減するという別の利点もあります。

有用かつ効果的な遠近接センサは、Figure 4に示すように、対象に対してパルス駆動のIR LEDを照射した後、反射された光信号を光学フィルタ経由でフォト・ダイオードで受光し、さらにハイパス・フィルタを経由する形で実現できます。この電気信号の

サンプリングと積分を実行すると、対象が近くにあるか遠く離れたところにあるかを判定できます。システムが正しく較正されていて、対象の反射率が既知の場合、実際の距離を計算できます。スマート・モバイル・デバイス・アプリケーションでは、肌や髪の色合いがさまざま、宝飾品などを身につけている可能性もあるので、反射率は十分既知とは言えない可能性があります。実際には、目に見える色合いとIR光の反射率との直接的な相関はほとんどありません。対象の正確な反射率を事前に把握することは困難ですが、有用な遠近センサを製作するために、いくつかの想定を行うことができます。

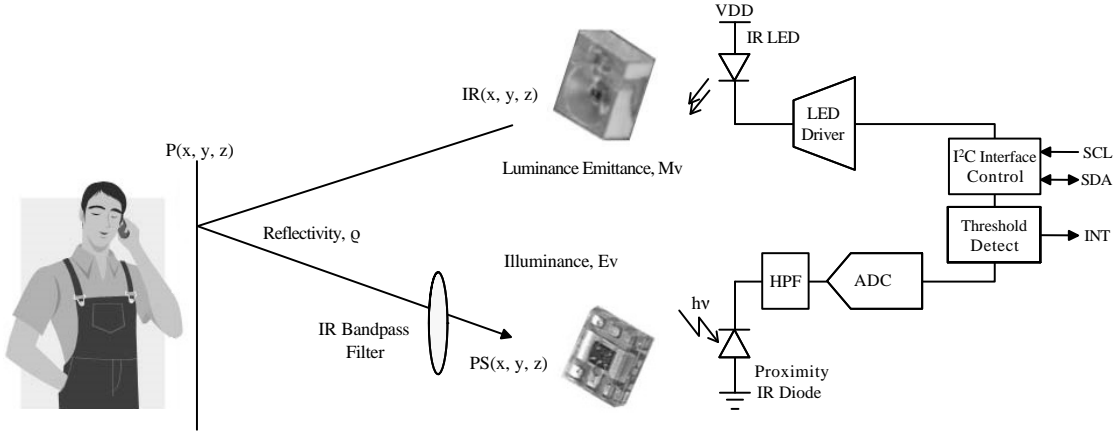


Figure 4. Near-Far Proximity Sensor

遠近接センサを手を持っている状態では、電話が耳の近くにあるときにディスプレイ・バックライトを消灯するという高度な電源管理機能を追加することもできます。また、スピーカフォンとハンドセットのボリューム・レベルの切り替えを行うことや、電話を耳に近付けるときや、耳から遠ざけるときに、ある程度のボリューム調整を行うこともできます。

数種類の近接センサを利用できます。アナログ近接センサは通常、外付け抵抗を使用して検出のスレッシュホールドを設定し、2番目の外付け抵抗を使用してLEDの駆動電流を設定します。

デジタル近接センサ・デバイスは一般的に、アナログ/デジタル・コンバータと何らかのDSPプロセシ

ングを使用して信号をフィルタ処理し、I²C-バス・インタフェース経由でさまざまなスレッシュホールド検出オプションを提供する方法で、洗練度をより高めています。近接センサの読取値は、I²Cインタフェースでアクセスでき、通常は単純な遠近信号を提供するために割り込みピンが用意されています。

モバイル・アプリケーション用の遠近センサ内にあるLEDを駆動するために使用する電力レベルはごくわずかであり、センサで受光する光の量は距離に応じて大幅に減衰します。したがって、受光器の感度は重要な特性です。

### 電源管理用の照度センサ(ALS)

これまでに目にしたように、シリコン製フォト・ダイオードは可視光とNIR(近赤外線)光に対して広い帯域の応答をもたらします。照度センサへの取り付けを正しく行くと、この機能を使用してバックライトを調光し、追加の省電力を達成することができます。

スペクトル応答が広い帯域にまたがることから、光の読み取りに関する誤検出の問題が発生する可能性があります。IR光源が存在する暗い室内でこの問題が発生する可能性があり、その場合はセンサが強

い光レベルを読み取ってバックライトを最大輝度で点灯させる可能性があります。ALSにとって理想的な状況は、Figure 5に示す「明所視」という、人間の目による光への応答を模倣することです。明所視での光への応答は、周辺の読取値を、近接センサのIRパス・フィルタを使用して近接センサから差し引く、またALSセンサの読取値から差し引くことによっておおよそ近似できます。さらに精度を高くする方法は、明所視に相当する光学フィルタをALSのフォト・ダイオードに適用することです。

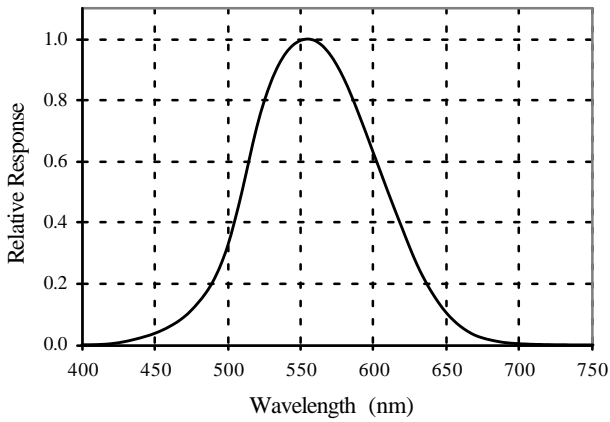


Figure 5. Photopic Light Response of the Human Eye [3]

Table 1. APPROXIMATE AMBIENT LIGHT INTENSITY LEVELS

Light Source	Illuminance (lux)
Direct Sunlight	100,000
Full Daylight	10,000
Overcast Day	1,000
Office Lighting	500
Office Hall Lighting	100
Family Living Room	50
Twilight	10
Deep Twilight	1
Full Moon	0.1
Quarter Moon	0.01
Starlight	0.001
Overcast Night	0.0001

数ルクスから65Kルクスまでの光強度範囲をカバーするALSデバイスが市場に存在します。これは、Table 1に示した一般的な周辺光条件によく適合します。直射日光は100Kルクス域に達しますが、実用面では65Kとの差はごくわずかです。最も有用なALSの範囲は1~1,000ルクスであり、1ルクスのときに最小解像度になります。

ALSデバイスは以前からスマート・モバイル・デバイスで使用されてきました。ただし、その用途は、画面の暗いガラス領域の背後にあるデバイスを見えなくすることで、入射光の量を最大90%減らします。この結果、望まれるALS感度範囲は0.1~100ルクスに低下し、0.1ルクスのときに最小解像度になります。

シリコン製フォト・ダイオードは、光子がPN接合部に照射されるたびに光電流を生成します。ただし、シリコン内部の熱ノイズ源を原因とする小電流も生成します。通常の輝度レベルが発生している状態では、このノイズは目立つものではありません。ただし、暗い条件下では、このノイズはかなりの大きさに達し、いわゆる暗電流が大きな測定誤差をもたらす可能性があります。ALSメーカーは、Figure 6に見られるようなさまざまな補償回路を開発してきました。暗電流補償は、曇りガラスの背後への配置に適した低ルクスのALSデバイスを選択する上で、重要な考慮事項になります。

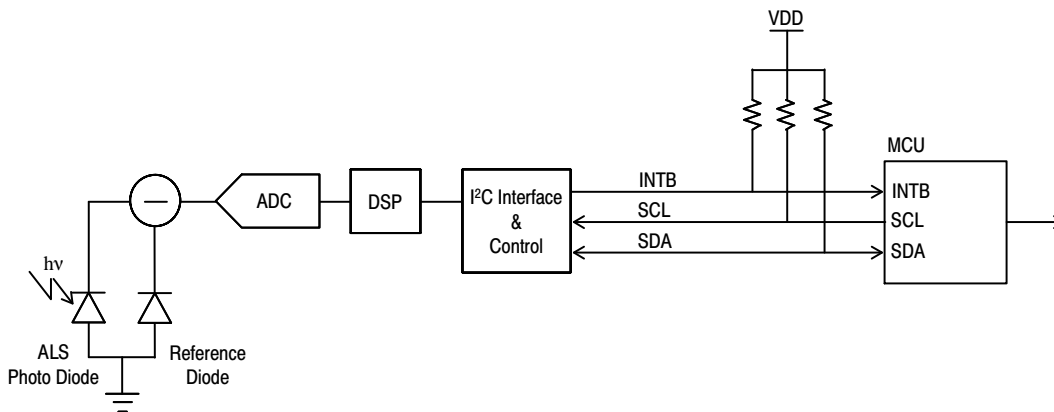


Figure 6. Dark Current Compensated Ambient Light Sensor

ALSを使用してバックライトを調光すると、どれぐらいの電力を節約できるのでしょうか。Figure 7に、周辺光条件と、ディスプレイの相対的な光度または輝度の関係を示します。LEDバックライトが、50 mAで駆動されて1,000ルクスの十分な照度を達成する1ストリングの白色LEDで構成され、最大の直射日光下で使用に耐えると想定しましょう。

例えば、平均的なユーザが、70%の時間帯は明るさが500ルクスの代表的なオフィス、5%の時間は最大の直射日光下、25%の時間は明るさが50ルクスの会議室で自分のスマート・モバイル・デバイス进行操作することを想定します(Table 2を参照)。

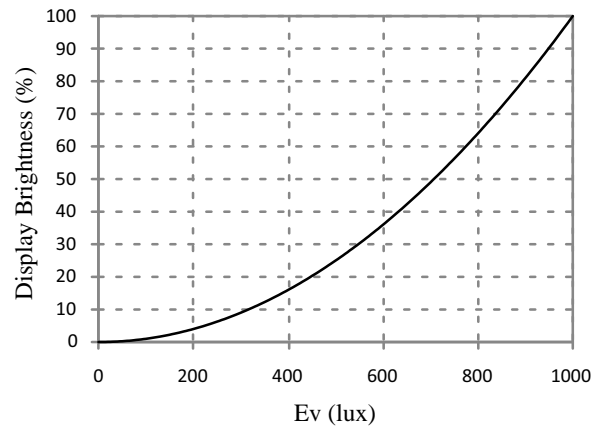


Figure 7. Display Brightness as a Function of Ambient Light Conditions [4]

Table 2.

Location	Display Current	Usage	Total Current
Office	25% * 50 = 12.5 mA	70%	8.75 mA
Daylight	100% * 50 = 50 mA	5%	2.5 mA
Conference Room	0.25% * 50 = 0.125 mA	25%	0.03 mA
Total		100%	11.28 mA

このシナリオでは、ALS制御されたバックライトの消費電力は、ALS制御されていないデバイスの50 mAに比べて、77%削減されています。

さまざまな照度センサが入手できます。アナログALSデバイスは通常、フォト・ダイオード、トランスインピーダンス・アンプ、何らかの種類の暗電流補償を統合しています。出力は通常、電流源であり、外付け抵抗を使用して電圧に変換できます。一部のアナログALSデバイスでは、複数のゲイン範囲に対応して、重複する光強度範囲での性能を最適化しています。

デジタルALSデバイスはアナログ・デジタル・コンバータを追加し、シリアル・データ・ストリームの形で結果を出力します。I<sup>2</sup>Cインタフェースが、デバイスのシリアル・インタフェースとして広く使用

されています。ほとんどのデジタルALSデバイスは、カウントと呼ばれるADCの線形バイナリ出力を供給し、カウントをルクスに等しい値に調整する何らかの手段を用意しています。代わりに、I<sup>2</sup>Cホスト・プロセッサ内で乗算処理を実行する方法で、調整を行うこともできます。

人間の目は、光の強度に対して非線形の応答を示します。バックライトを駆動する場合は、この特性を考慮に入れたいと思います。一部のALSデバイスは、人間の目をかなり適切に模倣する対数応答を出力します。平方根の応答も有用であるとみなされています。多くの場合、I<sup>2</sup>Cホスト・プロセッサ内で、線形から対数、または線形から平方根への変換が実行されており、算術演算か、簡略化された参照テーブルのどちらかを使用できます。

### 統合型の照度センサと近接センサ

小型のモバイル・デバイスの場合は、ディスプレイ・バックライトの調光と全体のチューニングを行うために、ALSとPSデバイスが有用です。両方のデバイスは、一般的に同じI<sup>2</sup>Cバス・インタフェース上で使用でき、どちらも光対応のパッケージ化を必要とします。これらのデバイスを結合するのはどうでしょうか。照度センサを近接センサに統合し、近接センサ・デバイスにアクセスするためのピンを追加しない場合は、部品購入コスト、および関連コストの削減に役立ちます。

一部のベンダは、LEDデバイスも同じパッケージに統合しています。ただし、この方法は、2つのセ

ンサを統合する場合に比べて、あまり実用的または有益ではありません。LEDデバイスはあまり複雑ではないシリコン・プロセスを使用しており、センサに比べるとかなり大きなシリコン面積を占有します。LEDを組み合わせる場合は、より高価なプロセスを使用してLEDを製造することになり、ソリューション全体のコストが上昇します。また、LEDは複数のベンダがさまざまなアプリケーション向けに大量生産しており、量産効果による経済性を、より特化されたデバイスで実現できるか、という課題も発生します。

## 他の近接センサ・アプリケーション

ここまでは遠近近接センサと、適切な距離計算を行うその能力について説明してきました。今度は、数学的側面に注目してみましょう。Figure 4に、LEDから反射物、さらにフォト・ダイオードに戻るまでの光の経路を示しています。光強度は、逆二乗法則、つまり強度が距離の2乗に反比例するという関係によって制御されます。この系での照度の式は、次のように表現できます。

$$E_v = \frac{\rho M_v}{(D_{IR} + D_{PS})^2}$$

ここで、

$\rho$ は物体の反射率

$M_v$ はIR LEDの光放射率

$D_{IR}$ および $D_{PS}$ はIR LEDから対象までの距離、および対象から近接センサまでの距離

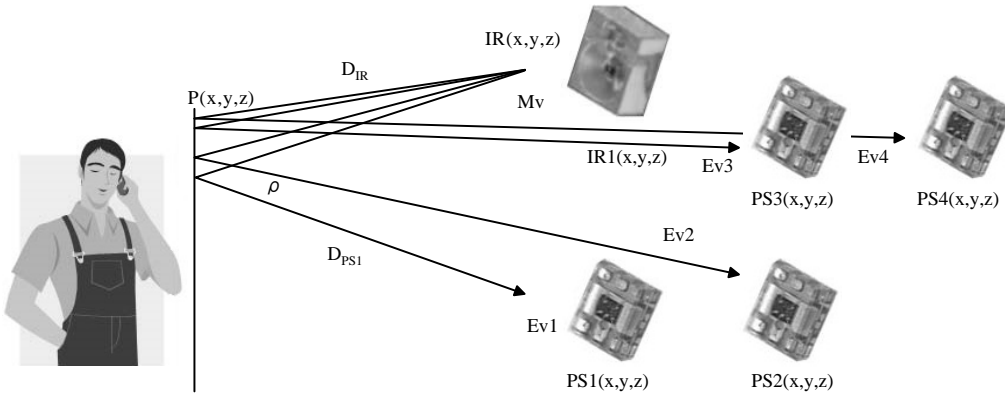


Figure 8. Distance Measurement with Four Light Paths

4番目の光の経路を追加すると、4つの未知数  $\{x,y,z,\rho\}$  を持つ4つの式を用意することになります。物体の位置とその反射率を次のように解決できます。

$$E_{v1} = \rho M_v / (D_{IR} + D_{PS1})^2$$

$$E_{v2} = \rho M_v / (D_{IR} + D_{PS2})^2$$

$$E_{v3} = \rho M_v / (D_{IR} + D_{PS3})^2$$

$$E_{v4} = \rho M_v / (D_{IR} + D_{PS4})^2$$

$$D_{IR}^2 = (x_P - x_{IR})^2 + (y_P - y_{IR})^2 + (z_P - z_{IR})^2$$

$$D_{PS1}^2 = (x_{PS1} - x_P)^2 + (y_{PS1} - y_P)^2 + (z_{PS1} - z_P)^2$$

$$D_{PS2}^2 = (x_{PS2} - x_P)^2 + (y_{PS2} - y_P)^2 + (z_{PS2} - z_P)^2$$

$$D_{PS3}^2 = (x_{PS3} - x_P)^2 + (y_{PS3} - y_P)^2 + (z_{PS3} - z_P)^2$$

$$D_{PS4}^2 = (x_{PS4} - x_P)^2 + (y_{PS4} - y_P)^2 + (z_{PS4} - z_P)^2$$

光源と受光器は較正可能であり、対象の反射率を把握している場合は、距離を計算できます。ただし、ほとんどのアプリケーションでは、反射率は不明なので、2つの未知数を持つ1つの式を使用することになります。

別の光源と受光器をペアとして追加するか、別の光源または受光器を追加してマルチプレクス形式の多重化を行うと、2つの未知数を持つ2つの式を用意して、2元連立方程式を解くことができます。2つの未知数を解決し、対象との距離、および対象の表面での反射率を把握することができます。

これらの事項をさらに拡張して、対象の相対位置を突き止めることもできます。対象の位置  $\{x,y,z\}$  は、3つの未知数を表しています。したがって、3つの光の経路を使用して、対象の位置を三角法で決定することができます。ただし、ここでも、対象の反射率を把握していることが前提になります。

ここで、 $x_{IR}$ 、 $y_{IR}$ 、 $z_{IR}$ 、 $x_{PS1}$ 、 $y_{PS1}$ 、 $z_{PS2}$ 、 $x_{PS2}$ 、 $y_{PS2}$ 、 $z_{PS3}$ 、 $x_{PS3}$ 、 $y_{PS3}$ 、 $z_{PS3}$ 、 $x_{PS4}$ 、 $y_{PS4}$ 、 $z_{PS4}$ は、設計によって把握できており、

LEDを駆動して既知の $M_v$ を照射し、

$E_{v1}$ 、 $E_{v2}$ 、 $E_{v3}$ 、 $E_{v4}$ を測定します。

この結果、 $\rho$ 、 $x_P$ 、 $y_P$ 、 $z_P$ を解くことができます。

4つの光の経路は、4つのLEDと1つの近接センサ、または1つのLEDと4つの近接センサ、さらには2つのLEDと2つのセンサを適切なセンサ・シーケンスで使用する方法で構築できます。LEDの数を減らすと、消費電力が減ります。

これ以降の説明では、各LEDが全方向に等しい強度で光を照射し、各近接センサはあらゆる方向からの光を等しい強度で受光することを想定します。ただし、どちらのデバイスでも、通常は角度によって大きな差が生じる収差が原因で、数式が複雑になって、有効範囲が制限されます。目的の有効範囲を通過する光の経路をより多く含めると、この有効範囲を拡大することができます。

反射率に関するいくつかの想定を行い、3つの光の経路を含む系を使用することにより、いくつかの実用的なアプリケーションを製作できます。通常、より多くの光の経路を用意して、より広い有効範囲を作成することになります。

近接センサの感度が重要なことは、すでに説明したとおりです。高度な近接センサ・アプリケーションでは、適切な精度で対象の位置を求めることが望まれる場合は、近接センサの解像度が重要な特性になります。

### ジェスチャ検出

多くのスマート・モバイル・デバイスは、ガラス面で1本以上の指をタッチして動かす方法で形成された特定のモーションを、ジェスチャ入力として検出します。例えば、1本の指を希望の方向にスライドすると、パンをジェスチャ入力することができます。ズーム、つまり拡大縮小は、2本の指の距離を近付けるか離すことによりジェスチャ入力できます。

光近接センサを行う場合は、ガラスにタッチする必要なしで、この概念を文字どおり空中に拡大することもできます。近似的な三角法により、ユーザの

指が左から右、または下から上に移動していることを検出し、パンのジェスチャ入力が行われたと判定することができます。ズームのジェスチャ入力は、単純に指を画面に近付けるか、画面から遠ざける移動操作です。この結果、画面に対するユーザの指の動きに応答して、3D形式でパンおよびズームをジェスチャ入力する非常に簡潔なシステムを用意できます。

Figure 9に、3つの光の経路を使用するジェスチャ検出システムと、入力に対応する、時間の経過に応じた近接センサの出力レベルを示します。

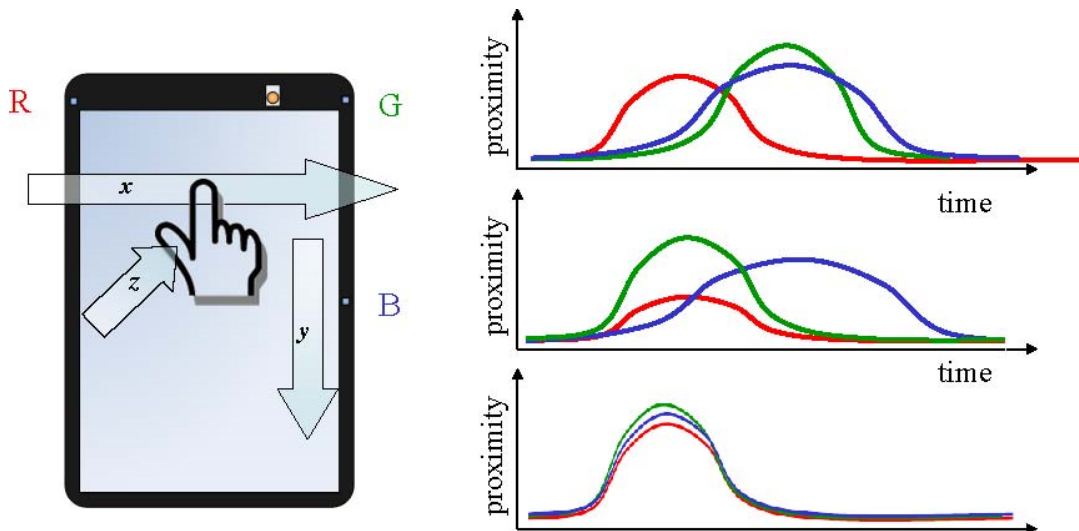


Figure 9. 3D Pan and Zoom Gesture Detection

他の3Dジェスチャ・モードも実現可能であり、物体を(または物体に対する視野を)左から右に向かって3D回転させる手法や、指の動きに応じて北極と南極を通過するルートを変化させる手法が考えられます。指の高さ、言い換えると画面との距離に応じてズームも同時に変化させることができます。

ジェスチャ・モードを開始および終了する、一連のジェスチャを定義することもできます。例えば、

検出スペースの中央付近で1本の指を小刻みに振る動作で、3Dのパンおよびズーム・モードを開始することができます。同様に、指を上下に小刻みに振る動作で、3D回転モードを開始できます。指を右(または左、または上)にすばやくワイプする方法で、ジェスチャ・モードの終了を示すこともできます。

### 結論

光センサ技術の進化は、スマート・モバイル・ハンドヘルド・プラットフォームの電源管理とユーザ・インタフェースの強化を推進しています。統合型の照度センサと近接センサは、消費電力を大幅に削

減し、バッテリー寿命を延ばすことができます。複数の光の経路を採用した近接センサ・システムは、非接触式の新しい3Dジェスチャ検出技法への可能性の扉を開きます。

## 参考文献

- [1] Moore, Gordon E., "Cramming more components onto integrated circuits", Electronics, Volume 38, Number 8, April 19, 1965.
- [2] Sperling, Ed, Chip Design Magazine, Oct 15, 2009.
- [3] CIE (1932). Commission internationale de l'Eclairage proceedings, 1931. Cambridge University Press, Cambridge.
- [4] Hewlett-Packard Corporation, Intel Corporation, Microsoft Corporation, Phoenix Technologies Ltd., Toshiba Corporation, Advanced Configuration and Power Interface Specification, Revision 4.0a, April 5, 2010, p 339.

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC)の登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。[www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf)。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起り得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとし、SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

## LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA  
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada  
Europe, Middle East and Africa Technical Support:  
Phone: 421 33 790 2910  
Japan Customer Focus Center  
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)  
Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>  
For additional information, please contact your local  
Sales Representative