

アナログ・デジタル混載視覚回路：時間差加重フィルタリングによる動き検出

Analog-Digital Hybrid Vision Circuits : Motion Detection with Time-domain Differential Filtering

花田 康平, 浅井 哲也, 雨宮 好仁

Hanada Kohei, Asai Tetsuya, and Amemiya Yoshihito

北海道大学 工学部

Department of Electrical Engineering, Hokkaido University

1. はじめに

視覚対象の動きを検出する「非同期アナログ・デジタル混載ビジョンチップ」のアーキテクチャを提案する。非積分型の画素（受光）回路は高速・連続動作が期待できるが、光入力のフリッカノイズ（ちらつき）によって誤った動きを検出する可能性が高い。そこで本稿では、フリッカノイズの影響を低減できる画素回路を新たに設計し、それをを用いた「方向選択性を持つ動き検出回路」を提案する。

2. 動き検出モデルの電子回路化

図 1 に提案する動き検出モデルを示す。このモデルは、i) 受光器 (PD_i)、ii) 時間微分回路 (R_i, F_i, T_i)、iii) 空間微分回路 (S_i) および iv) 相関回路 (C_i) を組み合わせ構成したものであり、ii) の遅延フィルタ (R_i と F_i) がフリッカノイズを減らす役割をはたす。時間微分回路の出力 (T_i) を受けて、iii) と iv) の回路が動きの方向を検出する。これら i) から iv) の回路を併せて「画素回路」と呼ぶことにする。

画素回路の構成を簡単にするために、ソース接地アンプを用いて遅延フィルタを構成する。遅延フィルタ F_i と R_i がそれぞれ「光入力の時間変化の立ち下がり遅延 [図 1(b)]」と「立ち上がり遅延 [図 1(c)]」を生成するような構成にすれば、 R_i と F_i の排他的論理和を計算することにより「光入力の時間変化 (T_i)」が得られる [図 1(d)]。この T_i と空間微分回路の出力 (S_i) の論理積を計算すれば、光入力の動き方向を検出できる (C_i)。たとえば、光入力が右方向 (PD_i から PD_{i+1}) に動いた場合は、 C_i の出力は T_i と同じになるが、反対方向 (PD_{i+1} から PD_i) に動いた場合は C_i の出力は 0 のままである。

図 2 に提案する動き検出回路を示す。実線で示した回路が一つの画素回路、破線で囲まれた領域の回路が時間微分回路を表す。フォトダイオード (PD_i) に光が入射すると V_{PD} が上昇して、トランジスタ $M2$ と $M4$ の nMOS ソース接地アンプの出力 (F_i, F'_i) が 0 に近づく。この状態から光入力なくなると ($V_{PD} \rightarrow 0$)、ソース接地アンプの出力部がハイインピーダンスになる。そのため、 F_i (F'_i) はすぐには電源電圧 (VDD) に戻らない。したがって、これらのアンプの出力部分で「光入力の時間変化の立ち下がり遅延」が生成される。また、 F'_i を反転して $M5$ の pMOS ソース接地アンプに与えると、光が入射されたときに R_i がハイインピーダンスになる。したがって、 $M5$ のアンプ出力部分で「光入力の時間変化の立ち上がり遅延」が生成される。これらの遅延の時定数を、アンプの負荷トランジスタのゲート電圧 (V_{ps} , V_{pl} , V_n) で調整し、立ち下がり遅延 (F_i) と立ち上がり遅延 (R_i) の排他的論理和を計算すれば、光入力の時間変化 (T_i) を検出できる。また、 F'_i と F'_{i+1} の排他的論理和 (差分絶対値) と T_i との論理積 (C_i) が動き方

向選択出力になる ($PD_i \rightarrow PD_{i+1}$ 方向のときに C_i が 1 になる)。

3. 測定結果

図 2 に示した画素回路を試作し、測定を行った。図 3 に画素回路の時間応答を示す ($VDD = 5\text{ V}$, $V_{ps} = 3.3\text{ V}$, $V_{pl} = 3.6\text{ V}$, $V_n = 0.9\text{ V}$)。図 3(a), (b), (c), および (d) はそれぞれ光入力電圧 (V_{PD})、立ち下がり遅延 (F_i)、立ち上がり遅延 (R_i)、および光入力の時間変化出力 (T_i) を表す。同図より、期待通りの遅延出力が得られると同時に、光が入射した時間と消えた時間で「光時間変化出力」が正しく得られることを確認した。また、これらの出力の論理演算 (S_i と C_i) により、方位選択出力が得られることが確認できた。

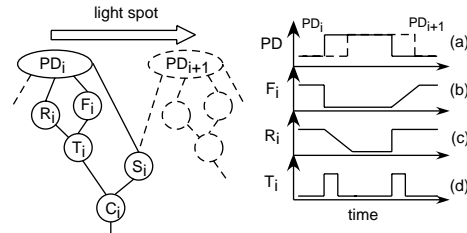


Fig. 1 Motion detection with time-domain differential filtering.

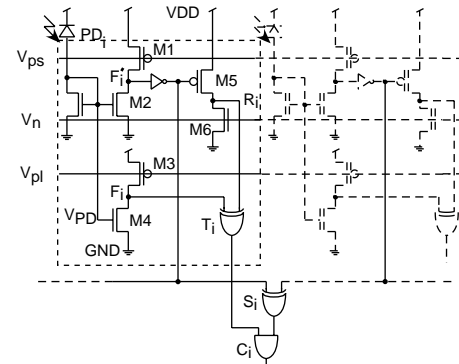


Fig. 2 Analog-digital hybrid vision circuits for motion detection.

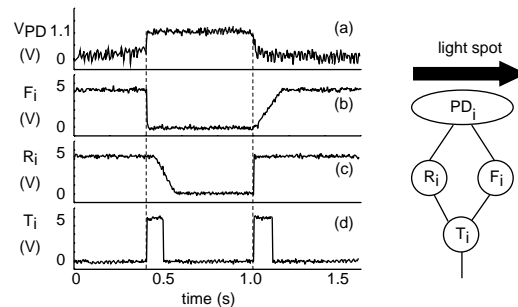


Fig. 3 Experimental results for the motion detection chip.