

ハミング距離検索機能付き CAROM のチップ試作と測定

恩地 夏央[†] 藏野 貴教[†] 杉山 健太郎[†] 平谷 真之[†] 福原 雅朗[†]

[†] 東海大学情報通信学部組込みソフトウェア工学科

1. はじめに

ハミング距離検索機能付き CAROM(Content Addressable ROM:以下, H-CAROM と略記)は, 入力データと記憶データ間のハミング距離に基づく検索機能を有するため, 高速なあいまい検索の実現に有意とされている[1]が, これまでにチップ試作や評価の報告はなされていない. そこで我々は, H-CAROM の実機での振る舞いを検証することを目的として, H-CAROM のチップを試作し, そのチップの測定を行なった.

2. H-CAROM の構成と動作原理

H-CAROM は, 図 1 に示すように, (a)CAROM セルアレイ, (b)参照ハミング距離設定回路, (c)比較判定回路で構成されている. ここで, ビット長 m の入力データ IN および参照ハミング距離 D_{RF} ($D_{RF}=0,1,2,3$) が印加された際の H-CAROM の動作を以下に示す. まず, (a)において, IN と j ($j=1,2,\dots,n$, n :ワード数)ワード目の記憶データとの間のハミング距離 D_{ISj} に応じた一致線電圧 $V(ML_j)$ を生成すると同時に, (b)において, D_{RF} に応じた参照線電圧 $V(RL_j)$ を生成し, 続いて(c)において, 3つの制御信号 ϕ_{RS} , ϕ_T , ϕ_C のタイミングに合わせて $V(ML_j)$ と $V(RL_j)$ の大小関係を比較し, 次のような判定結果を出力する. すなわち, D_{ISj} が D_{RF} 以内のとき, $V(ML_j)$ は $V(RL_j)$ より高くなり, 出力電圧 $V(OUT_j)$ は論理“1”となる. 一方, D_{ISj} が D_{RF} より大きいとき, $V(ML_j)$ は $V(RL_j)$ より低くなり, $V(OUT_j)$ は論理“0”となる. したがって, $V(OUT_j)$ を観測することで, $D_{ISj} \leq D_{RF}$ を満たす記憶データを瞬時に検索できる.

3. チップ試作

本研究では, $2\mu\text{m}$ プロセスデザインルールを用いてマスクデータを作成し, H-CAROM のチップを試作した. CAROM セルアレイは $m=4$, $n=5$ とし, 図 1 内に示す記憶データを組込む. なお, 電源電圧 $V_{DD}=5[\text{V}]$ を論理“1”, 基準電圧 $GND=0[\text{V}]$ を論理“0”とする. 試作チップ画像を図 2 に示す.

4. 測定

表 1 は, IN を“0001”とし, D_{RF} をそれぞれ 0,1,2,3 とした際の, $V(ML_j)$, $V(RL_j)$, $V(OUT_j)$ の測定結果をまとめたものである. 例えば, $D_{RF}=2$ のとき $V(RL4)=V(RL5)=0.16[\text{V}]$ であるのに対し, 4ワード目の記憶データ“0111”と IN とのハミング距離 $D_{IS4}=2$ のとき $V(ML4)$ は $0.18[\text{V}]$ と $V(RL4)$ より高いので, $V(OUT4)=4.65[\text{V}]$ と V_{DD} に近い出力になっている. 一方, 5ワード目の記憶データ“1111”と IN とのハミング距離 $D_{IS5}=3$ のとき $V(ML5)$ は $0.12[\text{V}]$ と $V(RL5)$ より低く, $V(OUT5)=0.02[\text{V}]$ と GND に

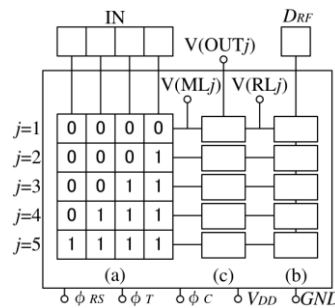


図 1 H-CAROM のブロック図

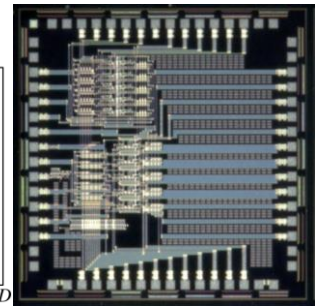


図 2 試作チップ

表 1 試作チップの測定結果(IN=“0001”)

D_{IS}	$V(ML_j)[\text{V}]$	D_{RF}	$V(RL_j)[\text{V}]$	$V(OUT_j)[\text{V}]$	D_{IS}	$V(ML_j)[\text{V}]$	D_{RF}	$V(RL_j)[\text{V}]$	$V(OUT_j)[\text{V}]$
1	0.03	0	0.75	0.00	2	0.18	0	0.75	0.02
		1	0.26	0.00			1	0.26	0.02
		2	0.16	0.48			2	0.16	4.65
		3	0.12	0.48			3	0.12	4.65
0	4.81	0	0.75	0.11	3	0.12	0	0.75	0.02
		1	0.26	4.99			1	0.26	0.02
		2	0.16	4.99			2	0.16	0.02
		3	0.12	4.99			3	0.12	0.02
1	0.33	0	0.75	0.02					
		1	0.26	4.02					
		2	0.16	4.66					
		3	0.12	4.66					

近い電圧が得られている. したがって, これらの場合では動作原理通りの結果が得られた.

また, 動作原理によると, 2ワード目の記憶データ“0001”と IN とのハミング距離 $D_{IS2}=0$ のときいずれの D_{RF} に対しても $V(OUT2)$ は論理“1”となる. しかし, 測定結果では, $D_{RF}=1,2,3$ のとき $V(OUT2)=4.99[\text{V}]$ と動作原理通りであるが, $D_{RF}=0$ のとき $V(OUT2)=0.11[\text{V}]$ と低い電圧が生成された.

5. まとめ

ハミング距離検索機能付き CAROM のチップ試作を行い, 測定を実施した結果, 概ね正常に判定できることを確認した. しかし, 条件によっては, 動作原理と異なる結果が出力された. 今後は, 誤動作の原因究明を進めるとともに, 実用性を高めるため記憶データを増やした H-CAROM の設計を行い, 組込み機器への実装を検討していく.

6. 謝辞

本研究のデバイスは, 北九州学術研究都市の共同研究開発センターで開催された「第 7 回ユニーク・自作チップ・コンテスト in ひびきの」において試作したものである. また, 本研究は, 東京大学大規模集積システム設計教育研究センターを通し, ケイデンス株式会社およびシノプシス株式会社の協力で行われたものである.

参考文献

[1] 近越他, “ハミング距離を有する CMROM の照合特性”, 信学論, Vol.J83-C, No.7, pp.658-659, 2000年7月.