

高速起動符号による無線通信回路の低消費電力化に関する研究

代表研究者 林 等 上智大学 理工学部 教授

1 はじめに

近年、近距離無線通信 (Near Field Communication: NFC)、RFID (Radio Frequency Identification) 通信、M2M (Machine to Machine) 通信のように、比較的小さな容量のデータを無線で送受信する通信方式が知られている。従来、受信機が同じ値のデータを連続して受信した場合でもクロックを再生しやすいように、1 ビット内で必ず論理値の状態遷移が発生するマンチェスタ符号を用いる方法が開示されている [1][2]。また、論理値「0」のデータに第 1 の波形を割り当て、連続しない論理値「1」のデータに第 2 の波形を割り当て、論理値「1」のデータが 2 つ以上連続する論理値「(例えば) 11」のデータに第 3 の波形を割り当てて通信する方法 (以降、「高速起動符号」と呼ぶ) も代表研究者により開示されている [3]。

本研究調査では、位相ロックループ (Phase Locked Loop: PLL) 回路のようなクロック再生回路を用いることなく受信データを高速に復号できる無線通信回路を実現することを目的とした。

高速起動符号により符号化すれば、クロック再生回路を用いる場合に比べて小規模な回路で復号データを得られるので、消費電力を低減することができる。また、クロック再生回路を用いる場合と異なり、ロックするまでの起動時間を要しないので、小容量のデータを効率的に受信することができる。さらに、NFC のような近距離無線通信方式だけではなく、例えば、M2M 通信方式によりセンサ間で情報を送受信するセンサネットワークをはじめとする、任意の通信機能を有する装置に適用できる。

2 符号化方式

非接触 IC カードの符号化方式は、「NFC-A」は変形ミラー符号とマンチェスタ符号、「NFC-B」は NRZ 符号、「NFC-F」はマンチェスタ符号を採用している [4]。

図 1 に、マンチェスタ符号を示す。1 ビット内で必ず論理値の状態遷移が発生するマンチェスタ符号を用いることで、送信機と受信機との間の距離が変動する場合であってもクロックの同期がはずれにくく、ノイズに強い通信を行うことができる。しかしながら、マンチェスタ符号では、送受信するデータ列によって、データの立ち上がりタイミング (低電圧状態から高電圧状態に状態遷移するタイミング) が変化するので、PLL 回路のようなクロック再生回路が必要であった。クロック再生回路を用いてクロックを再生する場合、消費電力が増加するとともに、クロック再生回路がロックするまでの起動時間が必要であるという問題があった。

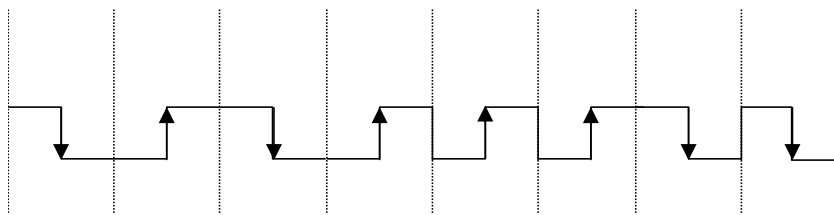


図 1 マンチェスタ符号

なお、各ビットの中心で必ず High/Low (H/L) の遷移が起きるマンチェスタ符号の特性を使ってクロックを抽出し、抽出したクロックを用いて受信信号に含まれるデータの検出を行う手法により、消費電力の大きいクロック信号源を用いないデータ検出手法も提案されている [5]。しかしながら、誤検出を回避するために、マンチェスタ符号の前半部および後半部をそれぞれ検出する必要がある。

さらに、複雑な PLL 回路と発振器を用いることなく符号を再生し、トランスポンダ上の集積回路の基準クロックを生成し、且つ 50% のデューティを満足する符号も提案されている [6][7]。図 2 に、従来例の波形を示す。送受信される波形の立ち上がりの間隔は、等間隔であり、送受信される波形は、波形 A と波形 B を合成して得られる。波形 A、B とも、必ず、中心に立ち上がりの状態遷移が存在する。波形 A、B 単独のそれぞれに符号「0」、「1」を割り振ると、図 3 に示すように、波形 B が連続した場合、波形の接続部に立ち上が

りの状態遷移が発生し、立ち上がりタイミングを一つのデータに対応させることが困難になる。そのため、この従来例では、図4に示すように、波形Aと波形Aの組み合わせを符号「0」を割り当て、波形Bと波形Aの組み合わせを符号「1」を割り当てるため、符号長が長くなる問題点を有していた。

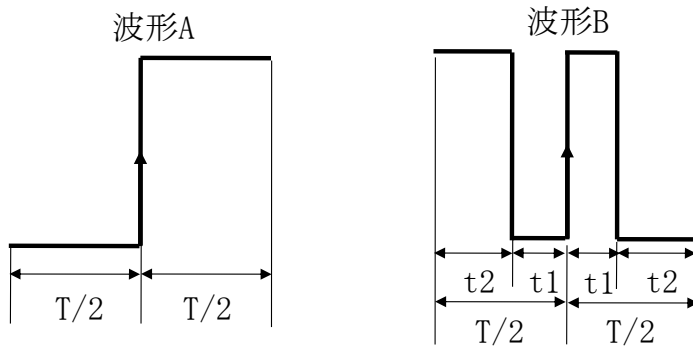
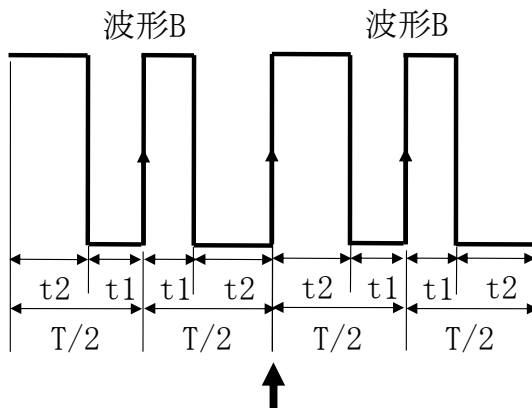


図2 従来例の波形



波形の接続部に立ち上がりの状態遷移が発生

図3 従来例の問題点

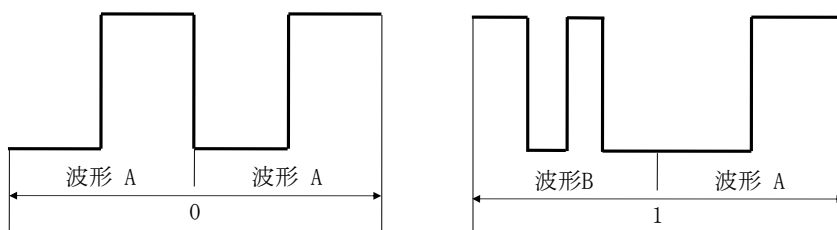


図4 従来例で用いる符号

図5に、高速起動符号を示す。データの立ち上がりタイミングが一定周期になるような第1波形、第2波形及び第3波形を用いるので、データの立ち上がりタイミングが変化する場合に比べて、一定周期のクロックを再生しやすい。しかし、PLL回路のようなクロック再生回路を用いることなくデータを復号化するための具体的な無線通信回路については検討されていなかった。

代表研究者は、高速起動符号による符号化方式の基本特許を権利化している（日本、米国、中国、欧州）。また、符号化回路／復号回路を考案し、特許を出願している [8][9]。

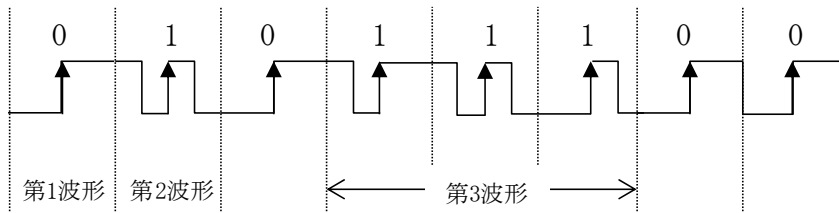


図5 高速起動符号

3 符号化回路と復号回路

図6に符号化回路を示す。また、符号化回路の中心となる遅延回路と選択回路を図7に示す。

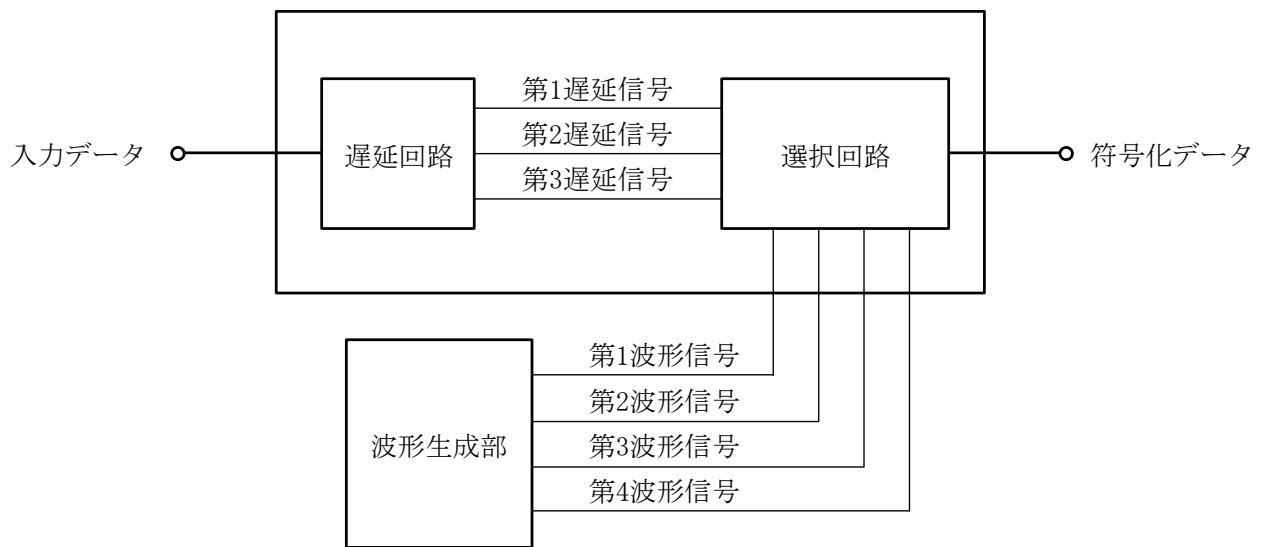


図6 符号化回路

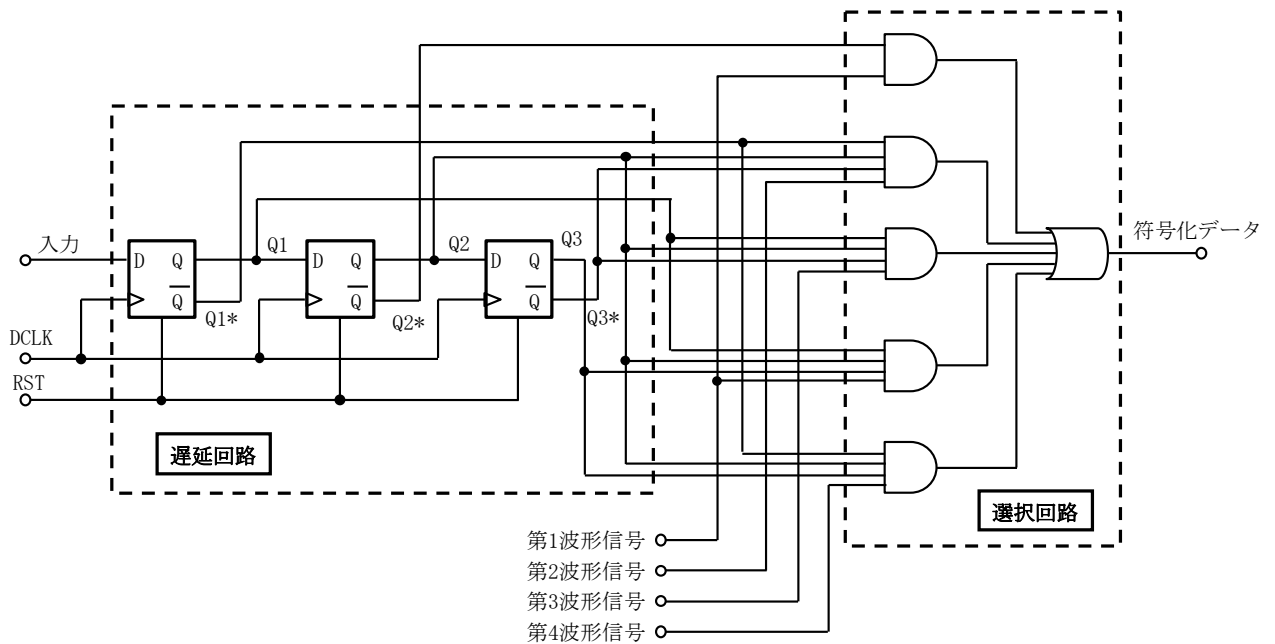


図7 遅延回路と選択回路

図8に復号回路を示す。遅延回路による遅延時間を d とした場合、 d を $T/4 < d < T/2$ を満たすように設

定する。

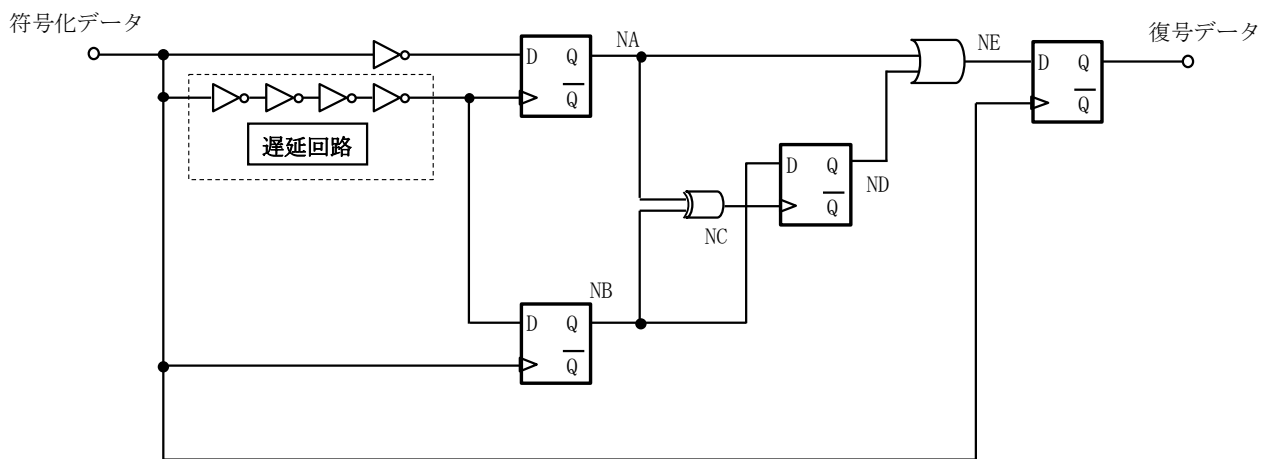


図8 復号回路

4 符号化回路と復号回路の作製

市販の汎用ロジック IC を用いて符号化回路を作製した。図9に、符号化回路の波形生成部の写真を示す。クロック信号についてはデータ発生器を使用して生成した。

同様に、市販の汎用ロジック IC を用いて復号回路を作製した。復号回路の遅延回路部分についてはデータ発生器を使用して生成した。

デジタルストレージオシロスコープを使用して出力信号の測定を行ったところ、それぞれ所定の動作が確認できた。

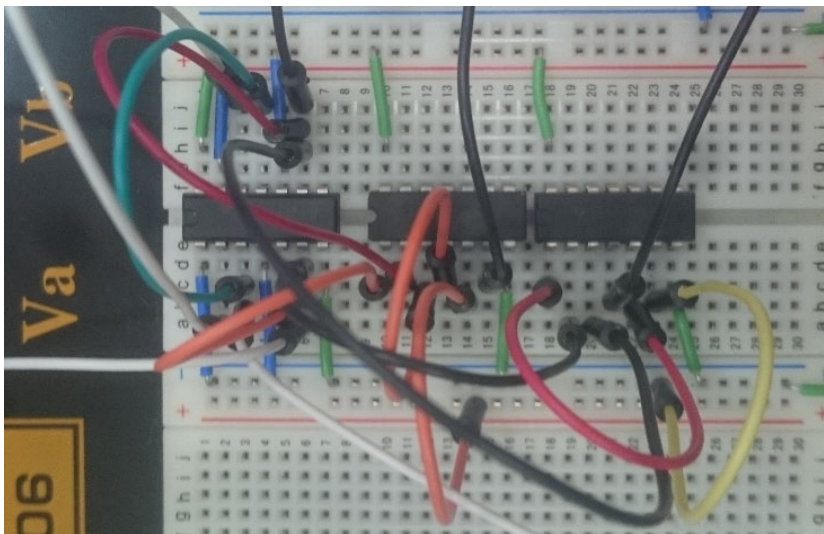


図9 符号化回路の波形生成部

5 まとめと今後の予定

本研究調査では、PLL 回路のようなクロック再生回路を用いることなく受信データを高速に復号できる無線通信回路を実現することを目的とした研究を行った。

東日本関東大震災以降、ICT を活用した防災・減災に関する取り組みが進んでいるが、災害対策等に導入が望まれる RFID システムとしては、災害時捜索支援システムや、被災地におけるトリアージデータのリアルタイム通報システム、大規模災害時における避難者把握システム、倒壊等危険家屋情報のリアルタイム収集システムなどがあり、これらへの適用を目指す予定である [10]。

【参考文献】

- [1] 鈴木、「信号処理装置及び信号処理方法」特開 2011-215865 号公報
- [2] D. Friedman, et al., “A low-power CMOS integrated circuit for field-powered radio frequency identification tags,” in Proc. 1997 IEEE 43rd ISSCC, CA, Feb. 8, 1997, pp. 294-295.
- [3] 林他、「非接触 RFID システムの通信方法、非接触 RFID システム、送信機及び受信機」特許第 3803364 号公報
- [4] 日経エレクトロニクス、2012 年 9 月 17 日号
- [5] 橘川、田島、平井、水谷、川上、「マンチェスタ符号を用いたクロック抽出回路およびデータ検出手法」信学技報 MW2014-147.
- [6] 田中他、「非接触カードの通信方法及び該通信に用いる集積回路」特開平 11-355365 号公報
- [7] S. Tanaka et al., “A coding scheme for field-powered RF IC tag systems,” in Proc. 1998 Symposium on VLSI Circuits, HI, Jun. 11-13, 1998, pp. 230-231.
- [8] 林、横島、「通信装置及び通信システム」特願 2014-005405
- [9] 林、横島、「通信装置及び通信システム」特願 2013-113633
- [10] 総務省 信越総合通信局 調査検討会「地域における安心安全のための RFID の利活用に関する調査検討」報告書

〈発表資料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
高速起動・低消費電力符号化方式の復号回路	Wireless Technology Park 2016 Academia Session Conference Proceedings	2016. 5
High-speed Start-up and Low-power Decoding Circuit for Wireless Sensor Networks	Proceedings of the 10th German Microwave Conference (GeMiC 2016)	2016. 3
High-speed Start-up and Low-power Decoding Circuit for Body-centric Communications	Proceedings of the IEEE MTT-S 2015 International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO 2015)	2015. 9