



20 成分調合型嗅覚ディスプレイの改善

Improvement of 20-components olfactory display

田辺寛起¹⁾, 恩田陽介²⁾, Dani Prasetyawan¹⁾, 中本高道¹⁾

Hiroki TANABE, Yosuke ONDA, Dani Prasetyawan . and Takamichi NAKAMOTO

1) 東京工業大学 (〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, tanabe.h.ai@m.titech.ac.jp)

2) 太陽誘電株式会社 (〒104-0031 東京都中央区京橋 2-7-19, onda@jty.yuden.co.jp)

概要: 嗅覚ディスプレイとはユーザーに匂いを提示する装置である。本研究は、従来は本体以外にファンクションジェネレータと RF パワーアンプの 2 つの外部装置が必要であったが、RF パワーアンプ回路の設計と FPGA の設計変更を行うことで、小型化することに成功した。RF パワーアンプは駆動時に熱を持つため、ヒートシンクを付けることで放熱する。駆動時のヒートシンクの温度を測定し、最適なヒートシンクのサイズを選定した。

キーワード: 嗅覚・味覚, 感覚・知覚, 提示, クロス・マルチモーダル

1. はじめに

人に匂いを提示する装置を嗅覚ディスプレイと呼ぶ。嗅覚ディスプレイは、医療や広告の分野で注目を集めており、特に近年 VR の没入感を高める機器として研究されてきた。しかし、従来の嗅覚ディスプレイは搭載した香料の数しか匂い提示できず、提示できる匂いの種類に限りがあるため、用途が限られてしまうという問題点があった[1]。

そこで筆者らは、要素臭を調合し、匂い提示を行う 20 成分調合嗅覚ディスプレイの開発に取り組んだ。要素臭は任意の比率で調合することで多様な匂いを再現することができ、本研究室では 185 の精油の香りを 20 種類の要素臭で再現できることを報告した[2]。従来の 20 成分調合型嗅覚ディスプレイ[3][4]では、外付けのファンクションジェネレータと RF パワーアンプが必要であったが、RF パワーアンプ回路の設計と FPGA(Field Programmable Gate Array)の設計変更を行うことで、小型化することに成功した。RF パワーアンプは駆動時に熱を持つため、ヒートシンクを付けることで放熱する。駆動時のヒートシンクの温度を測定し、最適なヒートシンクのサイズを選定した。

2. 嗅覚ディスプレイ

嗅覚ディスプレイシステムの全体図を図 1 に示す。嗅覚ディスプレイは、主に SAW デバイス駆動部と液体射出制御部の 2 つで構成されている。

SAW デバイス上に滴下された液滴は、表面弾性波のアカースティックストリーミング現象により、香料を霧化

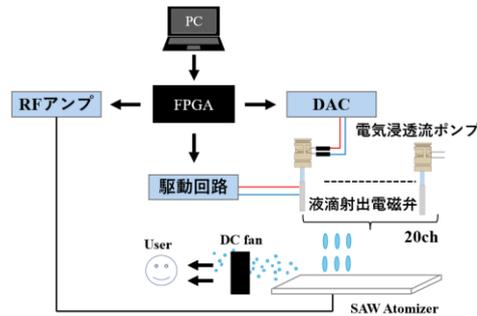


図 1: 嗅覚ディスプレイシステムの全体図

することができる。その香気はファンにより、ユーザーに届けられ、匂い提示が行われる。本システムでは、FPGA から出力した方形波を RF パワーアンプで増幅し、SAW デバイスに印加した。

液体射出制御部では、液滴射出電磁弁から滴下される量を制御することで任意の比率で香料の調合を行う。電気浸透流ポンプは、電圧により吐出量を制御できる装置であり、電磁弁の開閉周波数に応じて最適な圧力で電磁弁に液体を供給することができる。また電気浸透流ポンプと電磁弁は PC による制御が可能である。PC から FPGA にコマンドを送ると駆動回路を通じて電磁弁、DA(Digital-to-Analog)コンバータを通じて電気浸透流ポンプを駆動させることができる。電気浸透流ポンプはドライバー回路なしで直接 DA コンバータ(EVALAD5535BSDZ,

Analog Devices)から駆動可能である。

3. FPGA の設計変更

本嗅覚ディスプレイは FPGA 基板(ヒューマンデータ, AP68-06Z-A4 Rev2)を使用している。従来の嗅覚ディスプレイでは SAW デバイスを駆動させるためにファンクションジェネレータと RF パワーアンプを用いていた。FPGA からトリガー信号を送ることでファンクションジェネレータからの正弦波を制御していた。そこで FPGA の設計変更を行い, SAW デバイスを駆動させるための RF バースト波形を直接出力できるようにした。

3.1 DDS

DDS(Direct Digital Synthesizer)は単一発振源から任意波形, 任意周波数を作り出すデジタル回路である[5]。

N[bit]のカウンタCOUNTが用意されており, クロックの立ち上がりごとにFCWの値が加算し, 最上位ビットであるNbit目, すなわちCOUNT(N-1)を出力している, このとき, $0 \leq COUNT \leq 2^N - 1$ ならば出力は0, $2^N - 1 \leq COUNT \leq 2^N$ ならば出力は1となる。カウンタの値が 2^N を越えようとした場合, N+1bit目への繰り上がりによりNbitの範囲内では事実上リセットされる。つまりカウンタに $2^N - 1$ だけ加算するごとに0と1の出力が切り替わる。1クロックにつきカウンタにFCWずつ足していけばクロックが $M = 2^N - 1 \div FCW$ 回立ち上がるごとに0と1が切り替わる。0→1, 1→0と2回切り替わって1周期であるから出力はクロック $2M$ 回分となり,

$$f_{out} = f_{clk} \div 2M = f_{clk} \times \frac{FCW}{2^N}$$

FCWは1以上の自然数だから, 出力周波数の最小値は $\frac{f_{clk}}{2^N}$ となる。この値は出力周波数の分解能でもある。

FPGA の設計変更を行い, DDS を組み込むことで SAW デバイスを駆動するための波形を直接出力できるようにした。

4. RF パワーアンプ回路の設計

従来の嗅覚ディスプレイではアンプとして Mini-Circuits 社の High Power Amplifier(ZHL-5W-1+)を使用していたが, サイズが大きいう問題があった。そこで, RF パワーアンプ回路の設計を行うことで小型化することに成功した。RF パワーアンプはゲート駆動回路と E 級スイッチング回路から構成されている。

FPGA の信号ではパワーMOS FET のゲートをドライブできないことがある, FET の入力容量を充放電する時間の関係で遅延やデューティー比の変化が発生する可能性があるため, ゲート駆動回路を E 級スイッチング回路の前段に挿入した。

信号の増幅方式には多様な種類があるが, 今回の用途では特定周波数のみ増幅される方が都合がよく, ノンリニア

表 1 ヒートシンク

型番	サイズ
16PB017	16×25×16mm
17PB024	25×24×17mm
17PB046	46×25×17mm

かつシンプルな回路で構成できる E 級動作が適している。E 級アンプは実用的にも 80%~90%の効率が期待でき, 高効率であるため消費電力と発熱が少ないというメリットがある。E 級アンプとしては, パワーMOS FET(Vishay Siliconix, IRF510)の回路(出力 30W)を使用した。

4.1 ヒートシンクの選定

RF パワーアンプは駆動時に熱を持つため, ヒートシンクを付けることで放熱する。嗅覚ディスプレイで使用するときと同じ条件でヒートシンクの温度を測定し, 最適なヒートシンクのサイズを調査する。

4.1.1 ヒートシンクの温度測定

温度変化は非接触赤外線放射温度計(THI-301, TASCO)によってモニタリングした。また, 間欠的にオシロスコープ(DPO3020, Tektronix)で出力電圧を測定した。使用したヒートシンクは3種類で表1のとおりである。

4.1.2 測定結果

温度測定の結果を図2, 出力電圧の結果を図3に示す。

図2より, ヒートシンクの表面温度は徐々に上昇し, 500秒を過ぎると温度上昇が緩やかになることがわかった。また, ヒートシンクのサイズが16×25×16mmと25×24×17mmの場合では, 表面温度にあまり大きな違いがみられなかつ

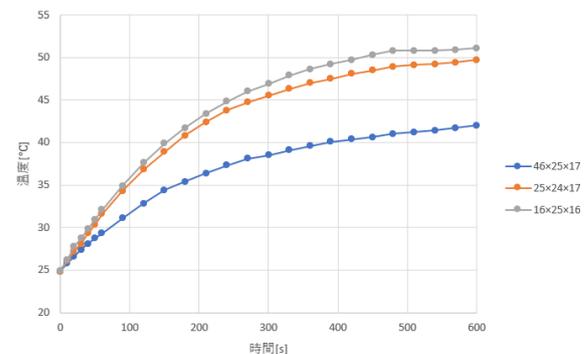


図2 ヒートシンク表面温度の時間変化

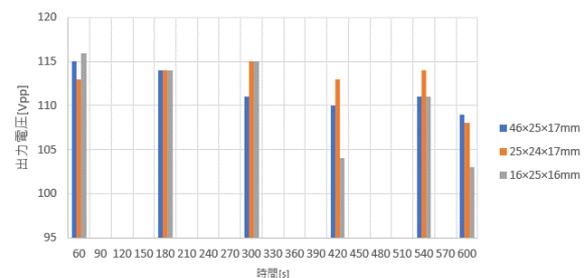


図3 出力電圧 (Vpp) の時間変化

た一方で、46×25×17mm の場合は明らかに温度上昇が緩やかであることがわかった。

図 3 より、出力電圧は若干低下したが、SAW デバイスの霧化に問題はなかった。

5. むすび

本研究では、RF パワーアンプ回路の設計と FPGA の設計変更を行うことで、小型化することに成功した。装置全体は従来 60×50cm だったのが 30×30cm となり、ケースに収納して持ち運ぶことが容易になった。駆動時のヒートシンクの温度を測定し、嗅覚ディスプレイに最適なヒートシンクのサイズを選定した。本実験は、人の出入りのない空調の効いた部屋で測定を行ったが、実際に使用する場合は人の出入りのある部屋であることが想定されるためヒートシンクはさらに高温になると考えられる。そのため、嗅覚ディスプレイに取り付けるサイズは 46×25×17mm を使用する。

参考文献

- [1] Qi Liu, Dehan Luo, Tengteng Wen, Zhuofeng Mo, Jingshan Li, Qingrong Li : The Odor Characterizations and Interactive Olfactory Display: A Survey, IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT), pp. 337-341, 2021.
- [2] Dani Prasetyawan, Takamichi Nakamoto: COMPARISON OF NMF WITH KULLBACK KULLBACK-LEIBLER DIVERGENCE AND ITAKURA ITAKURA-SAITO DIVERGENCE FOR ODOR APPROXIMATION, IEEE International Symposium on Olfaction and Electronic Nose (ISOEN), pp.1-3, 2019.
- [3] 伊関 方晶, Dani Prasetyawan, 横式 康史, 中本 高道: 多成分調合型嗅覚ディスプレイを用いた匂いの再現の研究, 電気学会論文誌E(センサ・マイクロマシン部門誌), 142 巻 4 号 pp.63-70, 2022.
- [4] 林 寛人, Dani Prasetyawan, 伊関 方晶, 中本 高道: 20 成分調合型嗅覚ディスプレイの匂い調合の最適化, 電気学会論文誌E(センサ・マイクロマシン部門誌), 143 巻 11 号 pp.338-343, 2023.
- [5] Pong P.Chu: EMBEDDED SOPC DESIGN WITHI NIOS II PROCESSOR AND VHDL EXAMLES, Wiley & Sons, Inc., pp.671-696, 2011.