

問 7 スマートイヤホンに関する次の記述を読んで、設問に答えよ。

G 社は、専用のアプリケーションプログラム（以下、アプリという）をインストールしたスマートフォン（以下、スマホという）と Bluetooth で接続して、音楽などの音源再生機能、電話の通話機能、ノイズキャンセル機能、音声アシスト機能をもつスマートイヤホン（以下、S イヤホンという）を開発している。

利用者はアプリを用いて、S イヤホンの音源再生機能と通話機能の開始/停止の指示、及びノイズキャンセル機能と音声アシスト機能のオン/オフの設定を行うことができる。S イヤホンを用いて通話するときには、音源再生機能及び音声アシスト機能は使用できない。

S イヤホンは左右が独立しており、左耳に装着するイヤホン（以下、左イヤホンという）はスマホとペアリングする。右耳に装着するイヤホン（以下、右イヤホンという）とスマホとの通信は、左イヤホンが中継する。

S イヤホンは専用のケースに入れると電源がオフとなり充電が行われ、専用のケースから取り出すと電源がオンになる。

スマホ及び S イヤホンの概要を図 1 に、S イヤホンの機能を表 1 に示す。

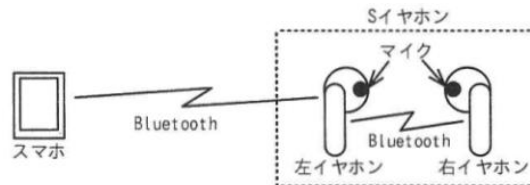


図 1 スマホ及び S イヤホンの概要

表 1 S イヤホンの機能

機能名	概要
音源再生機能	・ スマホから送信された音源データを、S イヤホンで音質補正して出力する。
音声アシスト機能	・ 左イヤホンでは、利用者が発した音声から、特定のキーワードを検出すると、続くフレーズをスマホへの指示として左イヤホンからスマホに送信し、スマホで解析して実行する。
通話機能	・ 利用者がスマホの操作で発信する、又は利用者のスマホに着信があると、S イヤホンは、a 及び b を停止して、通話開始を音声で知らせる。 ・ S イヤホンの、音声を出力するスピーカー及び音声を入力するマイクを使用して、音声データを入出力することで、利用者は通話することができる。
ノイズキャンセル機能	・ マイクから入力された S イヤホンの周囲の音（以下、環境音という）から、環境音を打ち消すデータを生成する。このデータをスピーカーの出力に合成して環境音を低減させる。

〔S イヤホンのハードウェア構成〕

S イヤホンは、左イヤホンと右イヤホンのそれぞれが、マイク及びスピーカーを接続した音声制御部、クロック部、通信部、それらを制御する制御部、及び電力部から成る。左イヤホンと右イヤホンとでハードウェア構成に違いはない。

左イヤホンのハードウェア構成を図 2 に S イヤホンの構成要素の機能概要を表 2 に示す。

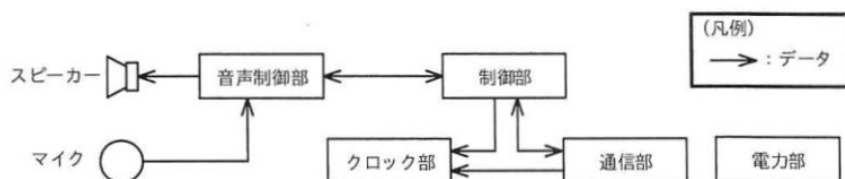


図 2 左イヤホンのハードウェア構成

表 2 S イヤホンの構成要素の機能概要

構成要素名	構成要素の機能
制御部	- 表 1 に示す機能を実現するために、音声制御部、クロック部、通信部を制御する。 - 左イヤホンの場合は、マイクから入力された音声データを解析して、特定のキーワードを検出する。 - 機能の使用状況に応じて、クロックの供給の停止又は適切な周波数を決定して、クロック部に指示する。 - クロック部への指示は、0、0.5、1、1.5、又は 2 の値である。この値に、基準周波数を乗じた周波数のクロックが供給される。0 のときは、クロックの供給が停止される。 - クロックの供給が停止されると、その時点の状態を保持したまま停止する。クロックが再度供給されると停止したところから再開する。
音声制御部	2 ミリ秒周期でマイクから入力された音声デジタルデータに変換して、制御部に送信する。 5 ミリ秒周期で制御部からデジタルデータを受信し、スピーカーで音声を出力する。その際、制御部から受信したノイズキャンセルデータを合成する。
クロック部	- 制御部の指示によって、指示された周波数のクロックの供給又は停止を行う。 - 停止したクロックの供給は、①特定のイベントによって再開する。このイベントを受けてから 5 ミリ秒後に、停止する直前の周波数でクロックの供給を再開する。
通信部	- Bluetooth を用いてスマホと通信を行う。内部にクロックをもち、電源オン後は常に動作する。 - 左イヤホンの場合は、スマホとペアリングした後、右イヤホンとスマホとの通信を中継する。 - スマホからのデータを受信すると、それを制御部に送信し、データを受信したことをクロック部に送信する。さらに、データが音源データ又は音声データの場合は、左右それぞれのイヤホン用のデータを取り出し、5 ミリ秒周期で制御部に送信する。 - 制御部から受信した音声データをスマホに送信する。
電力部	充電可能な電池を内蔵しており、各部に電力を供給する。

〔クロック部の動作〕

制御部の実行時間はクロックの周波数に反比例する。一方、消費電力はクロックの周波数が高いほど大きくなる。S イヤホンは電池駆動であるので、できる限り消費電力は小さくしたい。そこで、表 3 で示すように、機能の使用状況に応じてクロックの周波数を制御部の指示で適切に割り当てることとした。

表 3 機能の使用状況に応じたクロックの周波数の割当て

使用状況	機能				クロック部への周波数の指示
	音源再生	通話	ノイズキャンセル	音声アシスト	
待機時					0
音源再生 1	○			○	c
音源再生 2	○		○		d
通話時		○	△		e

凡例 ○：機能がオンである。 空白：機能がオフである。 △：機能のオン／オフが切替え可能である。

〔制御部のタスク〕

制御部はリアルタイム OS を使用している。電源オン時にメインタスクが生成される。左イヤホンと右イヤホンとで機能が異なるので、メインタスクはそのイヤホンで必要となるタスクだけを生成する。メインタスクを含め、それぞれのタスクは重複しない固有の優先度が割り当てられる。リアルタイム OS のタスクの状態は、実行状態、実行可能状態、又は待ち状態のいずれかである。

制御部のタスク一覧を表 4 に示す。クロックの周波数が基準周波数に等しいとき、タスクの実行に要する時間は表 4 に示す実行時間となる。スピーカータスク、マイクタスク及び特定語検出タスクは起動周期内に処理が完了しなければならない。起動周期内に処理が完了しない場合、音飛びやノイズなどの不具合が発生する。

表 4 制御部のタスク一覧

タスク名	タスクの機能	起動周期 ¹⁾	実行時間 ²⁾
メイン	・ほかのタスクから通知を受けると、通知に応じた処理を行う。 ・機能の使用状況に応じて、適切なクロックの周波数を決定して、クロック部に指示する。ただし、クロックの供給の停止はアイドルタスクが行う。		0.05
スピーカ	・音源再生時、音源データに音質補正を行い音声制御部に送信する。	5	3.4
	・通話時、音声データを音質補正は行わず、音声制御部に送信する。	5	0.5
マイク	・マイクから入力された音声データを処理する。 ・ノイズキャンセル機能の処理を行い、生成された環境音を打ち消すデータを音声制御部に送信する。	2	1.0
特定語検出	・マイクタスクから受けた音声データを解析して、特定のキーワードを検出する。	40	20
通信	・通信部からデータを受信すると、メインタスクに通知する。 ・ほかのタスクから通知を受けると、通信部に送信する。		0.05
アイドル	・メインタスクから指示があると、クロック部にクロックの供給の停止を指示する。		

注¹⁾ 起動周期はクロックの周波数に依存せず一定である。単位はミリ秒である。

注²⁾ 実行時間はクロックの周波数が基準周波数に等しいときの値である。単位はミリ秒である。

タスクの優先度は、通信タスクが最も高く、以下、メインタスク、[f]タスク、[g]タスク、[h]タスク、アイドルタスクの順である。

アイドルタスクは最も優先度が低いので、アイドルタスクが実行状態のとき、ほかのタスクの状態は [i]である。

設問 1 S イヤホンの機能について答えよ。

- (1) 表 1 中の [a], [b] に入れる適切な機能名を表 1 中の機能名で答えよ。
 (2) 表 2 中の下線①の特定のイベントとして適切なものを解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア 一定時間経過
 イ スマホからのデータを受信
 ウ 制御部からの指示を受信
 エ 電力部が電力を供給
 オ マイクから入力された音声データから特定のキーワードを検出

設問 2 表 3 中の [c] ~ [e] に入れる適切な数値の組合せを解答群の中から選び、記号で答えよ。ただし、メインタスクと通信タスクの実行時間、OS によるタスクの切替え時間は無視できるものとし、実行時間は供給されるクロックの周波数に反比例するものとする。

解答群

記号	c	d	e
ア	0.5	1	1.5
イ	1	1	0.5
ウ	1.5	1.5	2
エ	2	1	0.5
オ	2	1.5	1
カ	2	2	2

設問 3 制御部のタスクについて答えよ。

- (1) 本文中の [f] ~ [h] に入れるタスク名を、表 4 中のタスク名で答えよ。
- (2) 右イヤホンのメインタスクでは生成せず、左イヤホンのメインタスクだけが生成するタスクを、表 4 中のタスク名で答えよ。

設問 4 アイドルタスクについて答えよ。

- (1) 本文中の [i] に入れるリアルタイム OS のタスクの状態を答えよ。
- (2) クロックの供給を停止できるのは、表 3 における使用状況が待機時のときだけである。待機時以外でクロックの供給を停止できない理由を、タスクの起動周期の観点で 40 字以内で答えよ。