

UoSAT-2のデータ取得用デモジュレータの開発

浅井 文男

Circuit Desing for UoSAT-2 Data Demodulator

Fumio ASAI

1980年代より欧米の大学では学生の教育と研究を目的とした人工衛星の設計・開発が活発に行われるようになった。UoSAT-2はイギリスのサレー大学・衛星工学研究所が開発したUoSATシリーズの中で現在稼働している最も初期の衛星である。この衛星のテレメトリデータやホールオービットデータは1200bpsのAFSK方式で変調され、145MHz帯のFM電波で送信されている。よって、これらのデータの受信・取得や解析は容易で、高等教育機関ばかりでなく初等中等教育機関の科学技術教育にも利用できる。しかし、これまでに公表されたUoSAT-2のデータ取得用デモジュレータに使用されているBell202規格のモデムICはすべて製造中止になっている。そこで現在入手可能なモデムICを使用してデモジュレータの設計・開発を行った。Bell202規格のモデムICを用いた標準的な回路構成のデモジュレータとともに、V.23規格のモデムICを用いた単純な回路構成のデモジュレータも試作したが、両者の性能に大きな違いはなかった。後者のデモジュレータは初等中等教育機関の児童・生徒でも容易に製作できることが特徴である。

1. はじめに

アマチュア無線愛好家が交信や実験をするための人工衛星を一般にアマチュア通信衛星と呼ぶ¹⁾。1980年代よりアメリカを中心とした欧米の高等教育機関が学生の教育や研究のために設計・製作した人工衛星が数多く打ち上げられている。1990年代に入ると開発途上国においても学生の教育やエンジニアの育成を目的とした人工衛星の開発が盛んになった。これらの人工衛星の中で制御コマンドや実験・観測データなどの伝送を行うためにアマチュア無線業務に割り当てられた周波数帯の電波を使用する衛星もアマチュア通信衛星と呼ばれている。アマチュア通信衛星は管制局が衛星に搭載された機器の動作状況を監視するためのテレメトリデータを標識電波に乗せて常時送信している。テレメトリデータには太陽電池パネルの温度や出力電流、磁束計やダストセンサーの出力電圧など、衛星機器の動作状態や動作環境を知ることができる情報が含まれている。衛星が軌道を一周する間に収集・蓄積したホールオービットデータやさまざまな実験・観測データを送信するために標識電波が使用されることもある。標識電波と各種データの送信にはおもに

VHF帯またはUHF帯の周波数と比較的単純な電波形式およびデータ伝送方式が使用されているので、これらのデータは簡便な受信装置で容易に取得できる。よって、アマチュア通信衛星と衛星データは高等教育機関のみならず初等中等教育機関の科学教育や技術教育の教材としても使用されている²⁾。

初等中等教育におけるアマチュア通信衛星と衛星データの教材化には児童・生徒でも容易に製作や操作ができる標識電波受信装置、データ取得装置、データ処理ソフトなどの開発が不可欠である。本稿ではアマチュア通信衛星UoSAT-2のASCIIデータを取得するために設計・開発した教材用デモジュレータの詳細を報告する。

2. UoSAT-2

2.1 UoSAT-2とは

イギリスのサレー大学・衛星工学研究所が設計・開発したアマチュア通信衛星UoSATシリーズの中で、現在も稼働している最も初期の衛星がUoSAT-2(UOSAT-OSCAR11)である³⁾。打ち上げ当初のUoSAT-2ではマイコン、CCDカメラ、ボイスシンセサイザー、ダストセンサーなどを使用したさまざまな実験が行われたが、現在

では標識電波を使用してテレメトリ、ホールオービットデータ、ニュースなどのASCIIデータを常時送信している。UoSAT-2は太陽同期軌道を周回しているため、毎日ほぼ同じ時間帯（日本標準時で02～04時と14～16時ごろ）に2、3回の可視時間（標識電波が受信できる時間）がある。表1にUoSAT-2の軌道データを示す。

表1 UoSAT-2の軌道データ

公転周期：98.0分	遠地点高度：678km
近地点高度：662km	離心率：0.0011
軌道傾斜角：97.8°	

2.2 標識電波とデータ伝送方式

UoSAT-2のVHF帯の標識電波は周波数が145.825MHzのFM電波を使用している。ASCIIデータは1200baud、1 start bit、7 data bits、1 even parity bit、2 stop bitsの調歩同期方式で伝送される。データ変調方式はAFSKである。ロジックとキャリヤトーンの関係を表2に示す。

表2 ロジックとキャリヤトーンの関係

	UoSAT-2	Bell202	V.23
logic 0	1200Hz	2200Hz	2100Hz
logic 1	2400Hz	1200Hz	1300Hz

3. デモジュレータ

UoSAT-2のASCIIデータを取得するには専用のデモジュレータまたは受信ソフトを使用する必要がある。受信ソフトとしてはRadio Raft⁴⁾と呼ばれるシェアウェアが提供されているが、MS-DOS用であること、インターフェイス(オペアンプ使用のコンパレータ)を自作する必要があること、インストールや操作が煩雑である等の理由により、初等・中等教育の教材には適していない。デモジュレータを使用すれば、復調されたASCIIデータはWindows 9x/Meに標準で添付されているハイパーターミナルのような汎用の通信ソフトで受信・保存ができる。

UoSAT-2のデータ伝送方式はロジックとキャリヤトーンの関係が逆であることを除けばBell202規格とほぼ同じである。これまでにBell202規格のモデムICを使用したデモジュレータが考案され、データの取得に利用されてきた。しかし、これらのデモジュレータに使用されているモデムICのTCM3105やAM7910は製造中止となり、現在では入手できない。そこで筆者は現在入手可能

なモデムICを使用して初等中等教育機関の児童・生徒でも用意に自作できる教材用のデモジュレータを設計・開発した。

3.1 MX614を用いたデモジュレータ

現在入手可能なBell202規格モデムICとして沖電気のMSM6947、MX-COM社のMX614、Consumer Microcircuits社のFX614がある。MX614とFX614は完全な互換性がある。MSM6947はアナログ信号用とデジタル信号用の電源がそれぞれ必要で取り扱いが面倒である。MX614(FX614)はBell202規格の代表的なモデムICであったTexas Instruments社のTCM3105とほぼ同じ機能もち単一電源で動作するので比較的単純な回路でデモジュレータを構成できる^{5), 6)}。16ピンプラスチックDIPパッケージのMX614P(FX614P)を使用したデモジュレータの回路図を図1に示す。

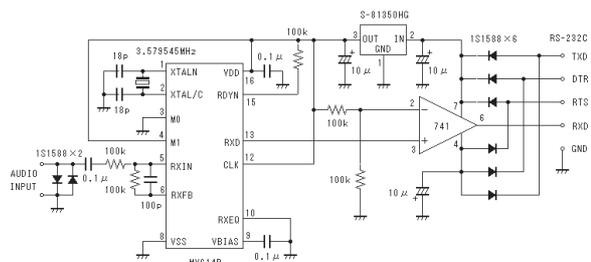


図1 MX614Pを用いたデモジュレータ

Bell202とUoSAT-2ではロジックとキャリヤトーンの関係が逆である。よってモデムICの出力を反転させる必要はない。しかし、モデムICの出力電圧はTTLレベルなので、これをRS-232C(EIA-232)レベルに変換しなければならない。レベル変換には通常MAX232のようなRS-232Cドライバ/レシーバICが用いられるが、図1の回路では汎用のオペアンプ741を用いたコンパレータを通すことでRS-232Cレベルに変換している。信号のロジックと電圧レベルの関係を表3に示す。オペアンプの出力値は試作回路での実測値である。

表3 ロジックと電圧レベルの関係

	TTLレベル	RS-232Cレベル	オペアンプの出力
logic 0	0V	+3 ~ +25 V	-5.7 V
logic 1	5V	-25 ~ -3 V	+7.2 V

電源はRS-232Cからとるようにしたので外部電源は必要ない。+5Vを得るための3端子レギュレータには低ドロップアウト型のS-81350HGを使用した。ユニバーサル

基板(サンハヤトのICB-86)に実装する場合の部品配置と配線例を図2に、また、実装例を写真1にそれぞれ示す。

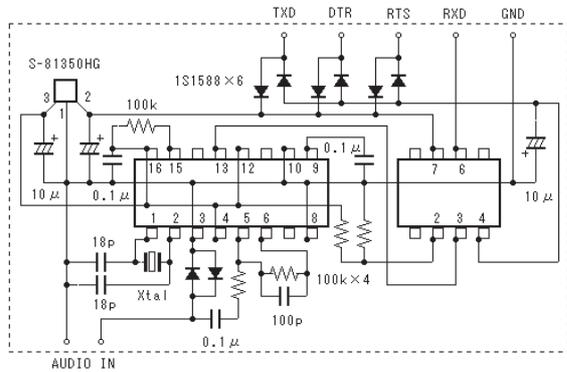


図2 回路図1の部品配置と配線例

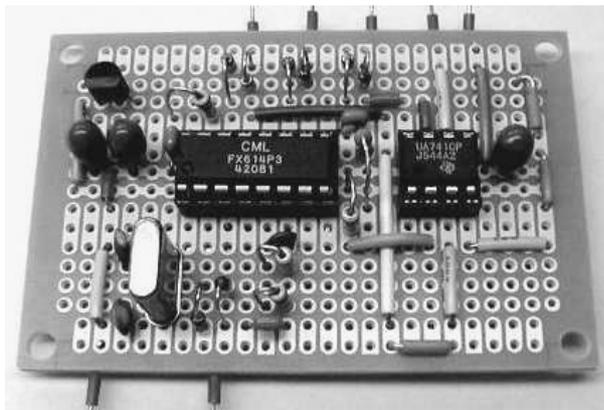


写真1 回路図1の実装例

現在入手可能なITU-V.23規格モデムICとして沖電気のMSM6927とMSM7125Bがある。MSM6927はアナログ信号用とデジタル信号用の電源がそれぞれ必要である

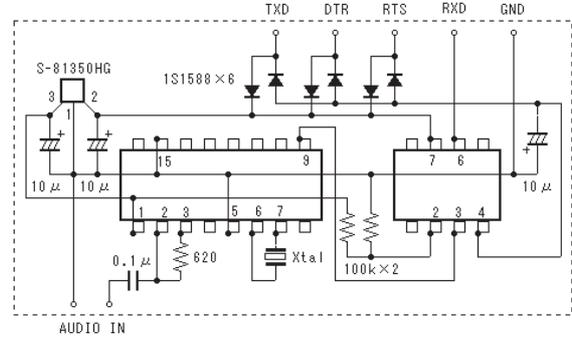


図4 回路図3の部品配置と配線例

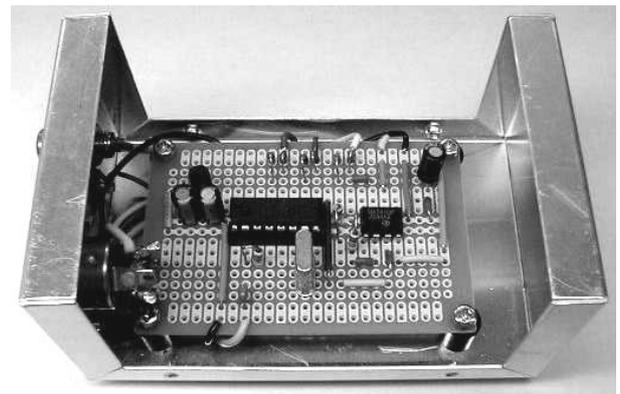


写真2 回路図3の実装例

3.2 MSM7512Bを用いたデモジュレータ

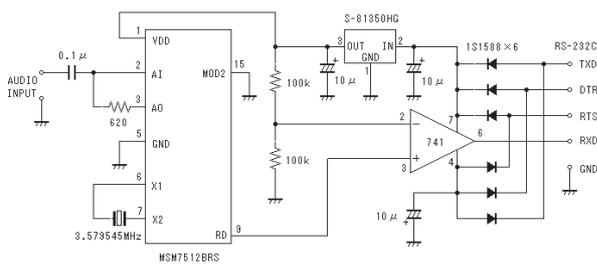


図3 MSM7512BRSを用いたデモジュレータ

が、MSM7512Bは単一電源で動作する⁷⁾。16ピンプラスティックDIPパッケージのMSM7512BRSを使用したデモジュレータの回路図を図3に示す。電源およびコンパレータの回路構成や使用部品は図1の回路と同じである。ユニバーサル基板に実装する場合の部品配置と配線例を図4に、また、実装例を写真2にそれぞれ示す。MSM7512Bの特徴は外付け部品が少なくてすむことである。この特徴を生かすため図3の回路から電圧レベルを変換するコンパレータを省略した簡易タイプのデモジュレータの回路図を図5に示す。ユニバーサル基板に実装する場合の部品配置と配線例を図6に、また、実装例を写真3にそれぞれ示す。

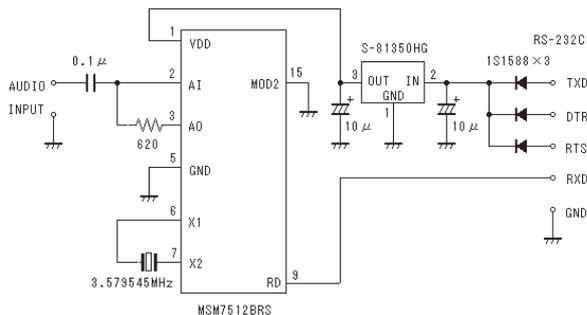


図5 簡易タイプのデモジュレータ

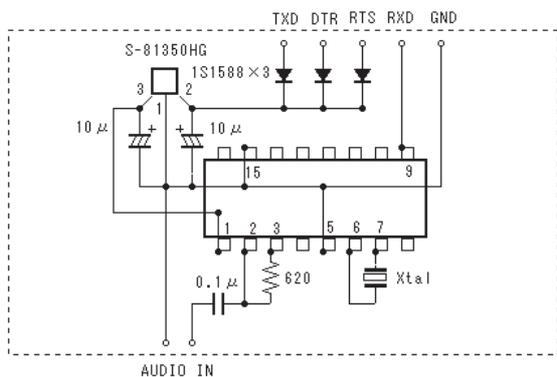


図6 回路図5の部品配置と配線例

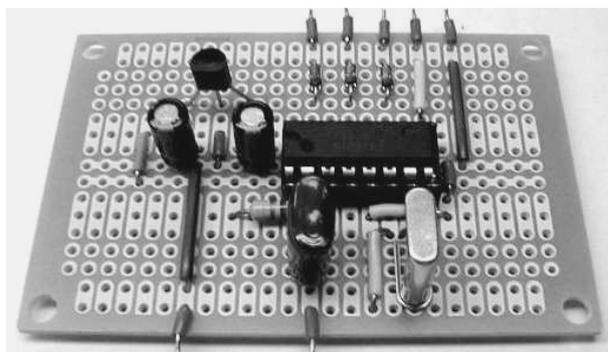


写真3 回路図5の実装例

4. おわりに

筆者の実験室に設置してあるUoSAT-2のデータ受信システム^{8), 9)}とTCM3105を用いたデモジュレータを使用して、今回、設計・開発した3種類のデモジュレータの復調性能を調査した。その結果、これらのデモジュレータはTCM3105を用いたデモジュレータとほぼ同等の復調性能をもつことが確かめられた。

本研究で設計・開発したデモジュレータの特徴をまとめると以下ようになる。

1)使用部品の入手が容易である

2)回路構成が単純であり、動作原理が理解しやすい

3)実用的な復調性能をもつ

これらのデモジュレータを教材として活用するためには復調データを受信・保存するための受信ソフトとテレメトリやホールオービットデータを解読するためのデータ処理ソフトが必要になる。現在、受信、解読、解析、表示、保存などの各機能を統合したWindows用のソフトウェアを開発している。デモジュレータとこのソフトを使用してデータ通信の原理や仕組みを学ぶための学習教材やUoSAT-2の標識電波の信号音およびASCIIデータをリアルタイムにインターネット上に配信するシステムをそれぞれ開発しており、これらの研究成果は筆者のホームページ¹⁰⁾で順次、公開していく予定である。

本研究は電気通信普及財団の平成12年度研究調査助成¹¹⁾を受けて行われたものである。

参考文献

- 1)Martin Davidoff; *The Radio Amateur's Satellite Handbook*, The American Radio Relay League (1998).
- 2)アマチュア通信衛星を初等・中等教育機関の教育活動に利用する試みに関しては、たとえば以下の文献やWebサイトを参照
・浅井文男：アマチュア衛星を利用した科学教育に関する研究，平成10年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書(1999).
・Citizen Explorer Project; <http://citizen-explorer.colorado.edu/>.
・Project Starshine; <http://www.azinet.com/starshine/>.
- 3)UoSAT-2のテレメトリ、ホールオービットデータ、デモジュレータ、データ処理ソフトなどに関しては、たとえば以下のWebサイトを参照
<http://www.users.zetnet.co.uk/clivew/oscar11.htm>.
- 4)<http://perso.wanadoo.fr/radioraft/>.
- 5)http://www.mxcom.com/data_bulletins/db614-4.pdf.
- 6)<http://www.cmlmicro.co.uk/products/datasheets/fx614ds.pdf>.
- 7)<http://www.oki.co.jp/semi/datadocs/doc-jpn/msm7512b.pdf>.
- 8)浅井文男：人工衛星のデータ取得と解析を取り入れた工学実験，工学・工業教育研究講演会講演論文集 pp.229-232 (1999).
- 9)浅井文男：UOSAT-2のホールオービットデータ取得と解析，奈良工業高等専門学校研究紀要，Vol.35, pp.71-74, (2000).
- 10)<http://www.info.nara-k.ac.jp/~asai/labo.html>.
- 11)<http://www.taf.or.jp/kjosei/get12/get-frame.html>.